

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**SINERGIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRAS METÁLICAS
SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL
CONCRETO $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$, FRENTE A SUS EFECTOS
INDIVIDUALES, JAÉN – 2024**

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

Autor: Bach. Jorge Junior Vásquez Acosta

Bach. Jorge Stani Cadena Piedra

Asesor: M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban

Línea de Investigación: LI_IC_01 Estructuras

JAÉN – PERÚ

Diciembre, 2024

Jorge J. Vásquez Acosta; Jorge S. Cadena Piedra

SINERGIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRAS METÁLICAS SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210KG...

- Quick Submit
- Quick Submit
- Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3212130848

Fecha de entrega

10 abr 2025, 4:31 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 abr 2025, 4:43 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

OSTA_Y_JORGE_STANI_CADENA_PIEDRA_-_Jorge_Stani_Cadena_Piedra.pdf

Tamaño de archivo

3.5 MB

87 Páginas

21.175 Palabras

112.657 Caracteres

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera

Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

12% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Small Matches (less than 15 words)

Top Sources

- 11% Internet sources
- 1% Publications
- 4% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 27 de diciembre del año 2024, siendo las 12:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Mg. Juan Alberto Contreras Moreto
Secretario : Dr. Fernando Demetrio Llatas Villanueva
Vocal : Dr. Erick Mac Key Delgado Bazán

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
(**X**) **Tesis**
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

"SINERGIA DEL MICROSILICE Y FIBRAS METALICAS SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2, FRENTE A SUS EFECTOS INDIVIDUALES. JAEN-2024", presentado por los Bachilleres **Jorge Junior Vásquez Acosta** y **Jorge Stani Cadena Piedra**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(**X**) **Aprobar** () Desaprobar (**X**) **Unanimidad** () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 12:40 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Mg. Juan Alberto Contreras Moreto
Presidente


Dr. Fernando Demetrio Llatas Villanueva
Secretario


Dr. Erick Mac Key Delgado Bazán
Vocal

DECLARACIÓN JURADA

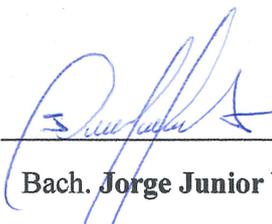
Yo, **Jorge Stani Cadena Piedra**, con DNI, N° 70084590 y **Jorge Junior Vásquez Acosta**, con DNI, N° 47376021, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaro bajo juramento que somos autores del trabajo de investigación titulado: **"SINERGIA DEL MICROSILICE Y FIBRAS METÁLICAS SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210KG/CM2, FRENTE A SUS EFECTOS INDIVIDUALES, JAÉN -2024"**, Cuya autoría es el resultado de nuestro esfuerzo, sacrificio y dedicación. El mismo que fue revisado por mi asesor, **Mg. Marco Antonio Gonzáles Santisteban**, quien dio la conformidad considerando matriz de desarrollo que exige la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Dejo constancia que en el supuesto que incurra en el incumplimiento de la originalidad de trabajo de investigación, o en el caso de incurrir en el plagio parcial o total del mismo soy consciente en los efectos que produzcan dicho incumplimiento.

Me ratifico en lo expresado y en señal de conformidad firmo la presente declaración jurada en la provincia de jaén, a los 18 días del mes de marzo del 2025. En forma conjunta con mi asesor.


Bach. **Jorge Stani Cadena Piedra**

DNI: 70084590


Bach. **Jorge Junior Vásquez Acosta**

DNI: 47376021


Mg. **Marco Antonio Gonzáles Santisteban**

DNI: 41693694

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Descripción de la realidad Problemática	13
1.2. Justificación	14
1.3. Hipótesis	15
1.4. Objetivos	16
1.4.1. Objetivos generales	16
1.4.2. Objetivos específicos	16
1.5. Antecedentes de la investigación	17
1.5.1. Internacionales	17
1.5.2. Nacionales	19
1.5.3. Regional y/o Local	21
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	23
2.1. Ubicación geográfica.....	23
2.2. Población, muestra y muestreo.....	23
2.2.1. Población.....	23
2.2.2. Muestra	23
2.2.3. Muestreo	24
2.3. Métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	25
2.3.1. Método	25
2.3.2. Técnicas e instrumentos.....	25
2.3.3. Procedimiento de recolección de datos.....	25
2.3.3.1. Características físicas y mecánicas de los agregados.....	26
2.3.3.2. Tratamiento de las fibras y compra del microsílíce	29
2.3.3.3. Resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce.....	30
2.3.3.4. Resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 2%, 4% y 6% de fibras metálicas	36
2.3.3.5. Resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM	39

2.3.4. Análisis de datos.....	43
2.3.4.1. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 14 días con adiciones de Micosílice	44
2.3.4.2. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 28 días con adiciones de Micosílice	45
2.3.4.3. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 14 días con adiciones de fibras metálicas	47
2.3.4.4. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 28 días con adiciones de fibras metálicas	48
2.3.4.5. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 14 días con adiciones combinatorias de microsílice y fibras metálicas.....	50
2.3.4.6. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 28 días con adiciones combinatorias de microsílice y fibras metálicas.....	51
III. RESULTADOS	53
3.1. Determinarla resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílice	53
3.1.1. Propiedades físicas del concreto fresco con microsílice.....	53
3.1.2. Resistencia a compresión del concreto con microsílice	54
3.2. Determinar la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas	56
3.2.1. Propiedades físicas del concreto fresco con fibras metálicas	56
3.3. Determinar la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0% M + 0% FM, 2% M+2% FM, 4% M+4% FM y 6% M+6% FM	60
3.3.1. Propiedades físicas del concreto fresco con microsílice y fibras metálicas	60
3.4. Establecer diferencias de la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsílice, fibras metálicas y de manera combinada microsílice más fibras metálicas	63
3.4.1. Comparativo de las propiedades físicas del concreto fresco con microsílice, fibras metálicas y microsílice + fibras metálicas.....	63
3.4.2. Comparativo de la resistencia a compresión del concreto con microsílice, fibras metálicas y combinación de microsílice + fibras metálicas	66
IV. DISCUSIÓN	68
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74

5.1. Conclusiones	74
5.2. Recomendaciones	75
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
AGRADECIMIENTO	81
DEDICATORIA	82
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especímenes cilíndricos de concretos tratados con microsílíce	21
Tabla 2. Especímenes cilíndricos de concretos tratados con fibras metálicas.....	21
Tabla 3. Especímenes cilíndricos de concretos tratados con fibras metálicas.....	23
Tabla 4. Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 14 días con adiciones de microsílíce	44
Tabla 5. Prueba ANOVA de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 14 días con adiciones de microsílíce	44
Tabla 6. Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 14 días con adiciones de microsílíce	45
Tabla 7. Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 28 días con adiciones de microsílíce	45
Tabla 8. Prueba ANOVA de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 28 días con adiciones de microsílíce	46
Tabla 9. Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 28 días con adiciones de microsílíce	46
Tabla 10. Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 14 días con adiciones de fibras.....	47
Tabla 11. Prueba ANOVA de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 14 días con adiciones de fibras	47
Tabla 12. Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 14 días con adiciones de fibras.....	48
Tabla 13. Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 28 días con adiciones de fibras.....	48
Tabla 14. Prueba ANOVA de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 28 días con adiciones de fibras	49
Tabla 15. Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 28 días con adiciones de fibras.....	49
Tabla 16. Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión f ^c =210kg/cm ² , a los 14 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas	50

Tabla 17. Prueba ANOVA de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas	49
Tabla 18. Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas	51
Tabla 19. Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas	51
Tabla 20. V Prueba ANOVA de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas	52
Tabla 21. Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, para las distintas adiciones de microsílíce y fibras metálicas a los 28 días.....	52
Tabla 22. Valores del Slump y temperatura para las diferentes adiciones de microsílíce	53
Tabla 23. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce a los 14 días.....	54
Tabla 24. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce a los 28 días.....	55
Tabla 25. Valores del Slump y temperatura para las diferentes adiciones de fibras metálicas	56
Tabla 26. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas a los 14 días.....	58
Tabla 27. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas a los 28 días.....	59
Tabla 28. Valores del Slump y temperatura para las diferentes adiciones de microsílíce + fibras metálicas	60
Tabla 29. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM a los 14 días	61
Tabla 30. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM a los 28 días	62
Tabla 31. Comparativo de los valores de temperatura para las diferentes adiciones de microsílíce, fibras metálicas y microsílíce + fibras metálicas	63

Tabla 32. Comparativo de los valores de slump para las diferentes adiciones de microsílíce, fibras metálicas y microsílíce + fibras metálicas	64
Tabla 33. Comparativo de la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsílíce, fibras metálicas y microsílíce + fibras metálicas a los 14 días ..	66
Tabla 34. Resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsílíce, fibras metálicas y microsílíce más fibras metálicas a los 28 días	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cantera Josecito – Fila alta - Jaén	26
Figura 2. Extracción de agregados en cantera Josecito, Fila alta - Jaén.....	26
Figura 3. Cemento Extraforte.....	26
Figura 4. Granulometría del agregado fino.....	27
Figura 5. Granulometría del agregado grueso.....	27
Figura 6. Material que pasa el tamiz N° 200 – agregado fino	27
Figura 7. Material que pasa el tamiz N° 200 – agregado grueso	27
Figura 8. Peso unitario suelto del agregado fino.....	28
Figura 9. Peso unitario suelto del agregado grueso.....	28
Figura 10. Peso unitario compactado del agregado fino	28
Figura 11. Peso unitario compactado del agregado grueso	28
Figura 12. Gravedad específica y absorción del agregado fino	29
Figura 13. Gravedad específica y absorción del agregado grueso	29
Figura 14. Alambre Negro recocido N° 16.....	29
Figura 15. Fibras metálicas	30
Figura 16. Microsílice-	30
Figura 17. Slump del concreto patrón	30
Figura 18. Temperatura del concreto patrón.....	30
Figura 19. Fabricación de probetas patrón.....	31
Figura 20. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón a los 14 días	31
Figura 21. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón a los 28 días	31
Figura 22. Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsíllice....	31
Figura 23. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsíllice	32
Figura 24. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsíllice....	32
Figura 25. Fabricación de probetas concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsíllice.....	32
Figura 26. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsíllice a los 14 días.....	32
Figura 27. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsíllice a los 28 días.....	33
Figura 28. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsíllice	33

Figura 29. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsilíce.....	33
Figura 30. Fabricación de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsilíce.....	33
Figura 31. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsilíce a los 14 días.....	34
Figura 32. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsilíce a los 28 días.....	34
Figura 33. Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsilíce.....	34
Figura 34. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsilíce	34
Figura 35. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsilíce.....	35
Figura 36. Fabricación de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsilíce.....	35
Figura 37. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsilíce a los 14 días.....	35
Figura 38. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsilíce a los 28 días.....	35
Figura 39. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas	36
Figura 40. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas	36
Figura 41. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas a los 14 días	36
Figura 42. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas a los 28 días	36
Figura 43. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas	37
Figura 44. V Temperatura del concreto patrón con 4% de fibras metálicas.....	37
Figura 45. Fabricación de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas	37
Figura 46. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas a los 14 días	37
Figura 47. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas a los 28 días °.....	38
Figura 48. Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas	38

Figura 49. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas°.....	38
Figura 50. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas	38
Figura 51. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas a los 14 días	39
Figura 52. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas a los 28 días	39
Figura 53. V Pesado de materiales para las diferentes dosificaciones combinatorias de microsílice + fibras.....	39
Figura 54. Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM	39
Figura 55. V Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM °.....	40
Figura 56. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM	40
Figura 57. V Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM a los 14 días.....	40
Figura 58. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM a los 28 días.....	40
Figura 59. Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM	41
Figura 60. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM °.....	41
Figura 61. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM	41
Figura 62. V Fabricación de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM.....	41
Figura 63. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM a los 14 días.....	42
Figura 64. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM a los 28 días.....	42
Figura 65. Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM°.....	42
Figura 66. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM.....	42
Figura 67. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM	43
Figura 68. V Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM a los 14 días.....	43
Figura 69. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM a los 28 días.....	43

Figura 70. Asentamientos del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsíllice°	53
Figura 71. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsíllice	54
Figura 72. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsíllice a los 14 días	55
Figura 73. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsíllice a los 28 días	56
Figura 74. Asentamientos promedio del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas	57
Figura 75. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas°	57
Figura 76. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas a los 14 días	58
Figura 77. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas a los 28 días	59
Figura 78. V Asentamientos promedio del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0% M + 0% FM, 2% M+2% FM, 4% M+4% FM y 6% M+6% FM.....	60
Figura 79. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0% M + 0% FM, 2% M+2% FM, 4% M+4% FM y 6% M+6% FM.....	61
Figura 80. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0% M + 0% FM, 2% M+2% FM, 4% M+4% FM y 6% M+6% FM a los 14 días °	62
Figura 81. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0% M + 0% FM, 2% M+2% FM, 4% M+4% FM y 6% M+6% FM a los 28 días	63
Figura 82. Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando microsíllice, fibras metálicas y microsíllice + fibras metálicas	64
Figura 83. Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando microsíllice, fibras metálicas y microsíllice + fibras metálicas	65
Figura 84. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsíllice, fibras metálicas y microsíllice más fibras metálicas a los 14 días	66
Figura 85. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsíllice, fibras metálicas y microsíllice más fibras metálicas a los 28 días	67

RESUMEN

La investigación, tuvo como objetivo determinar la sinergia del microsílíce y fibras metálicas sobre la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, frente a sus efectos individuales, Jaén – 2024, la metodología consistió en evaluar la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ con adiciones de 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce, de fibras metálicas y de manera combinada el microsílíce + fibras metálicas; cuyos resultados fueron que con microsílíce la resistencia a los 14 días fue de 215.0, 233.4, 204.9 y 246.5Kg/cm², y los 28 días de 233.1, 264.9, 223.2 y 276.3Kg/cm², para las fibras metálicas de 215, 218.7, 233.1 y 244 Kg/cm² a los 14 días y de 233.1, 235.3, 265.4 y 270.4Kg/cm² a los 28 días y finalmente el microsílíce + fibras metálicas se tuvo valores de 215, 222.3, 271.1 y 270.5Kg/cm²; y 233.1, 266.2, 287.8 y 266.5Kg/cm². Se concluye que el óptimo porcentaje de micosílíce es con el 6%, para las fibras también con el 6%, y de manera combinada microsílíce + fibras metálicas con el 4%. Existe una sinergia Microsílíce y Fibras metálicas con los porcentajes de 2% y 4%, sobre la resistencia del concreto, es decir existe un rendimiento mayor combinando, que individual.

Palabras claves: Concreto, Microsílíce, Fibras Metálicas, Resistencia a compresión, Sinergia.

ABSTRACT

The research aimed to determine the synergy of microsilica and metallic fibers on the compressive strength of concrete $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$, compared to their individual effects, Jaén - 2024, the methodology consisted of evaluating the compressive strength of concrete $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ with additions of 0%, 2%, 4% and 6% of microsilica, metallic fibers and in a combined manner microsilica + metallic fibers; whose results were that with microsilica the resistance at 14 days was 215.0, 233.4, 204.9 and 246.5Kg/cm², and at 28 days 233.1, 264.9, 223.2 and 276.3Kg/cm², for the metallic fibers of 215, 218.7, 233.1 and 244 Kg/cm² at 14 days and 233.1, 235.3, 265.4 and 270.4Kg/cm² at 28 days and finally the microsilica + metallic fibers had values of 215, 222.3, 271.1 and 270.5Kg/cm²; and 233.1, 266.2, 287.8 and 266.5 kg/cm². It is concluded that the optimum percentage of microsilica is 6%, for the fibers also 6%, and in a combined manner microsilica + metallic fibers with 4%. There is a synergy between microsilica and metallic fibers with percentages of 2% and 4%, on the resistance of the concrete, that is, there is a greater performance when combined than individually.

Keywords: Concrete, Microsilica, Metallic fibers, Compressive strength, Synergy.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad Problemática

A nivel internacional, la constante mejora de concreto u hormigón ha sido y sigue siendo una de las áreas de estudio clave para ingenieros e investigadores que buscan mejorar cada vez sus propiedades tanto físicas como mecánicas. Mejoras en las cualidades mecánicas a largo plazo, la resistencia a una edad temprana, la tenacidad, el volumen estable o la vida útil en entornos difíciles, entre otros. Es por ello que dar el mejor uso posible a las materias primas utilizadas para crear hormigón con resistencia normal es una necesidad para la creación de hormigones mejorados y de alta resistencia (Faghihmaleki y Nazari, 2023). Además, la conservación de las propiedades, forma y calidad original del hormigón a lo largo de su vida útil, ha presentado deficiencias y debilidades; y esto debido a que en el concreto se produce cambios químicos y físicos en su estructura interna debido al transporte de sustancias como líquidos, gases del entorno circundante, entre otros (Ghazy et al., 2016). La búsqueda no solo de elementos, sino también de metodologías para mejorar cada vez las propiedades del concreto está en constante avance.

Actualmente en el Perú, se ha venido investigando sobre nuevos materiales reemplazantes o adicionantes que aporten a mejorar las propiedades del concreto convencional, y esto debido a que los diversos elementos estructurales o no estructurales de concreto, están sujetas resistir cargas en condiciones extremas o cambio en el tipo de uso, errores de diseño y/o construcción, degradación de materiales (carbonatación o corrosión del refuerzo) y también la posible ocurrencia de accidentes como incendios, inundaciones, ráfagas de viento, sismos entre otros (Nuñez y Yapuchura, 2019). Además, a nivel nacional se ha visto la deficiencia de los concretos convencionales, y esto debido a que el Perú cuenta con diferentes tipos de climas, orografías y condiciones de ambientales; que hace que se requiera concretos mejorados que puedan hacer frente a los diversos factores dañinos de manera optima (Mallco y Huallpa, 2022). Es por ello que se requiere de seguir evolucionando y aportando, sobre el uso de numerosos productos que son adheridos para formar concretos de mejores características, ya sea en su proceso, su composición o dosificación.

A nivel regional, La monotonía y la estandarización del uso del concreto convencional en las diferentes construcciones viene siendo también un problema en nuestro medio por la falta de aplicación de conocimientos y metodologías actuales dando como resultado la insatisfacción del gobierno local y la población usuaria con la corta duración de las construcciones pese a la inversión dada y ejecutada, no lográndose el objetivo planteado, presentando usos temporales debido a la falta de deficiencias en sus propiedades del concreto; ocasionando en muchas veces el deterioro prematuro de los elementos estructurales (Arroyo y Ruiz, 2024). Coincidiendo el auge de nuevas tendencias de investigación para tener concretos más eficientes.

En la ciudad de Jaén la problemática no es ajena, y esto debido a que en la ciudad se visualiza diversas deficiencias del comportamiento de las estructuras de concreto, y esto debido a que posee limitantes como son su alta fragilidad; la baja capacidad de deformación o arqueamiento ante fisuras, entre otros. Por ello, es necesario plantear desafíos nuevos en el área de la ingeniería civil, incitando un avance técnico que asegure ventajas en las propiedades del concreto estructural y no estructural (Roña, 2022).

Finalmente nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Qué efecto tendrá la sinergia del microsílce y fibras metálicas sobre la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, frente a sus efectos individuales, Jaén – 2024?

1.2. Justificación

Con el presente estudio se pretenda dar solución a las deficiencias de los concretos convencionales, mediante la inclusión de elementos combinados, contribuyendo a dotar al concreto de propiedades mejoradas, por ende, tener estructuras durables, con comportamientos estructurales que van más allá de su diseño.

El microsílce y fibras metálicas. Si bien cada uno de estos materiales contribuyen independientemente a mejorar las características del concreto; la virtud del microsílce radica en formar compuestos superligantes al mezclarse con el cemento y agua; sin embargo, las fibras mejoran la resistencia de arrancamiento de la matriz a del concreto en su estado endurecido, es por ello que se requiere de estudios que logre maximizar las propiedades del hormigón. Por lo tanto, es necesario demostrar que la sinergia de usar

estos dos materiales juntos y cuantificar su relevancia en la respuesta del hormigón, en comparación con la mezcla de control patrón y sus efectos individuales.

Por otro lado, la combinación de dos elementos es un método prometedor para mejorar la las propiedades del concreto, aprovechando la sinergia positiva que podría llegar a tener el microsílíce y fibras metálicas, asimismo su desempeñando individual de cada uno de estos elementos.

La funcionalidad sinérgica del microsílíce y fibras metálicas en la mezcla de un concreto convencional con sus respectivas adecuaciones a requerimientos, logrará trascender en el aspecto social debido a su efecto positivo en el marco de tener estructuras más duraderas, ya que la finalidad es que la vías, puentes, estructuras de carácter público, y las edificaciones, perduren y tengan mejores respuestas estructurales, para el bienestar de la sociedad en conjunto.

1.3. Hipótesis

El efecto que tendrá la sinergia del microsílíce y fibras metálicas sobre la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, será 10% más, que sus efectos individuales, Jaén – 2024.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos generales

- Determinar la sinergia del microsílíce y fibras metálicas sobre la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, frente a sus efectos individuales, Jaén – 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce
- Determinar la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas
- Determinar la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0% M + 0% FM, 2% M+2% FM, 4% M+4% FM y 6% M+6% FM
- Establecer diferencias de la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar solo microsílíce, solo fibras metálicas y de manera combinada micosílíce más fibras metálicas

1.5. Antecedentes de la investigación

1.5.1. Internacionales

Juarez et al. (2023) en su estudio que tuvo como fin utilizar fibras de acero reciclado para mejorar el comportamiento estructural del pavimento rígido. La metodología consistió en realizar pruebas a compresión y flexión de especímenes de concreto con diversas adiciones de fibras a diferentes edades. Como resultados tuvo que para los tratamientos de 0%, 7.62kg/m³, 15.24kg/m³ y 22.86kg/m³ de fibras, el slump tuvo valores de 3.7, 2.7, 2.42, 1.98"; la resistencia a compresión a la edad de 7 días fue 170.47, 176.51, 181.44 y 187.41kg/cm²; a la edad de 14 día de 185.59, 194.88, 198.97 y 202.99kg/cm²; para la edad de 28 días fue de 221.43, 241.92, 246.62 y 253.04kg/cm². Concluyendo que la adición de fibras de acero reciclado al concreto aumenta su resistencia a la compresión y por ende mejora el comportamiento estructural del pavimento rígido.

Huamán et al. (2022) en su investigación que tuvo como objetivo comparar las cualidades físicas y mecánicas del hormigón tradicional y uno con fibras metálicas recicladas. La metodología consistió en realizar ensayos en laboratorio con diversas dosificaciones de fibras metálicas para evaluar su efecto en las propiedades mecánicas del material. Entre los resultados tuvo que para las adiciones de 0%, 0.6%, 1.5% y 6% de virutas de acero la resistencia compresión a los 7 días fue de 305379.0810, 10566665.375, 8711247.195 y 6338037.895N/m²; a los 14 días de 335.76, 123.99, 52.4 y 53.54kg/cm² y a los 28 días de 351.00, 128.21, 83.14 y 74.90kg/cm². Concluyó que el hormigón tradicional es superior a en resistencia a la compresión y tracción realizadas a los 7, 14 y 28 días de edad.

Alvansaz et al. (2022) en su artículo que tuvo como objetivo estudiar la Incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC). La metodología consistió en la realización de múltiples ensayos mecánicos al concreto con adiciones de nano sílice. Entre los resultados tuvo que para los tratamientos de 0%, 0.75%, 1.5%, 3% de nano sílice el asentamiento fue de 22, 19.50, 19 y 18cm; la resistencia a compresión a los 7 días fue de 45.36, 46.04, 46.97 y 46.63Mpa; a los 28 días de 61.16, 63.22, 66.22 y 65.21Mpa; a los 56 días de 69.08, 71.18, 74.01 y 71.05Mpa. Concluyó que la sustitución de nanosílice mostró viabilidad y beneficio en las cualidades físico-mecánicas de un

hormigón de desempeño alto, siendo a los 28 días de edad los resultados de los ensayos realizados determinaron que el porcentaje óptimo de nanosílice con respecto al hormigón patrón

Aisheh et al. (2022) en su estudio que tuvo como objetivo determine the influence of steel fibers and microsilica on the mechanical properties of ultra-high performance geopolymer concrete (UHP-GPC). La metodología consistió la utilización de tres fracciones de volumen diferentes de fibra de acero de 0%, 1%, 2% y 3% y cuatro volúmenes de microsíllice por la masa total del aglutinante de 5%, 10%, 15% y 25%, para luego evaluar sus propiedades del concreto. Entre los resultados tuvo que la resistencia patrón la compresión promedio para el 0%, 1%, 2% y 3% de fibras fueron de 102, 110, 129 y 156Mpas y de otro lado la resistencia a la compresión patrón fue de 128 MPa, cuando se utiliza un 5% y 10% de microsíllice, la resistencia caen un 19% y un 22%, respectivamente. Sin embargo, cuando el contenido de microsíllice aumenta al 15% y al 25%, se observan mejoras significativas en la resistencia a la compresión. Concluyó que cuando el volumen de microsíllice fue superior al 15 %, se observó unión más fuerte entre la matriz y la fibra de acero, lo que dio como resultado una mejora en las características mecánicas y de fractura del concreto. Si se utiliza una cantidad suficiente de microsíllice, se puede reducir el volumen de la fibra de acero sin perjudicar las características mecánicas y de fractura del hormigón.

Beltran (2020) en su estudio que tuvo como objetivo evaluar las cualidades mecánicas de un concreto reforzado de resistencia de 3000 psi, usando fibras metálicas. La metodología consistió en realizar ensayos mecánicos del concreto con adiciones de 3%, 5% y 7% de fibras, y compararlas con concreto convencional. Entre los resultados tuvo que para las adiciones de 0%, 3%, 5% y 7%, el asentamiento fue de 2.75", 2.67", 2.5" y 1.9"; la resistencia a compresión a los 7 días fue de 12.65, 11.0, 9.10 y 5.94Mpa; a los 14 días de 18.26, 14.11, 12.70 y 9.76Mpa; y a los 28 días de edad los valores fueron de 21.33, 17.66, 17.25 y 14.24Mpa. Concluyó que la fibra empleada no apporto beneficios mecánicos al concreto debido a que las fibras eran cortas y no se generaron enlaces entre los agregados, para brindar mayor resistencia a la tensión. Por lo cual, el tamaño y el tipo de material del cual están compuestas las fibras, son características fundamentales para implementarlas en una mezcla y obtener un beneficio mecánico en un concreto.

1.5.2. Nacionales

Mamani. (2023) en su tesis que tuvo como objetivo analizar las propiedades de un concreto de $F' C = 245 \text{ KG/CM}^2$ con adición de fibra Wirand FF3 para losas industriales. La metodología consistió analizar la resistencia con la adición de fibra metálicas para losas; en donde se analizó las losas 1,2,3 y 4, con proporciones de variación desde los 20 kg/m³ hasta los 30 kg/m³. Entre los resultados se tuvo que para las adiciones de 0kg/m³, 30kg/m³, a los 7 días tuvo una resistencia a compresión de 242 y 284kg/cm²; a los 14 días de 287 y 319kg/cm² y a los 28 días de 311 y 332kg/cm². Concluyó que las fibras metálicas adicionadas dan un material es dúctil, fuerte y resistente a las cargas que soporta constantemente las losas con dimensiones de 20m x 30m sin la existencia de juntas. Además, la proporción adecuada, así como el método constructivo aumenta las propiedades del concreto.

Garcia y Gutierrez (2022) en su estudio que tuvo como fin adicionar microsílíce en la resistencia del concreto en Trujillo, 2022. La metodología consistió en la realización de muestras de especímenes de concreto con adiciones de diversos porcentajes de microsílíce. Entre los resultados tuvo que para los porcentajes de 0%, 5%, 10 y 15% de microsílíce, la resistencia a compresión del concreto a los 14 días fue de 523, 560, 593 y 548kg/cm²; a los 21 días de 581, 612, 659 y 598kg/cm²; a los 28 días de 615, 659, 698 y 645kg/cm² y a los 56 días de 656, 700, 740 y 683kg/cm². Concluyó el efecto de la adición de microsílíce en los ensayos de resistencia a la compresión y flexión se manifestó que el 10% de adición de microsílíce obtuvo una mayor resistencia a la compresión con respecto al patrón.

Cajavilca y Calderon. (2022) en su tesis que tuvo como objetivo determinar el efecto de la adición de microsílíce en las características físicas y mecánicas del concreto, Juliaca–Puno. La metodología consistió en fabricar especímenes de concreto con diferentes adiciones de microsílíce. Entre los resultados se tuvo que los tratamientos de 0%, 3%, 6%, 9% 12% y 15% de microsílíce, la temperatura del concreto fue de 22.5, 24.6, 25.9, 27.1, 28.9 y 29.6°C; el slump de 3.8”, 3.71”, 3.6”, 3.4”, 3.28” y 3”, y que la resistencia a compresión a los 7 días fue de 167.7, 166.27, 175.60, 172.54, 172.11 y 168.53; a los 14 días de 192.16, 197.87, 203.92, 200.51, 196.56 y 193.67kg/cm² y a los 28 días de 217.40, 222.98, 228.48, 226.04, 223.04 y 221.47kg/cm². Concluyó que la

adición de microsílíce del 6% es la óptima que mejora las propiedades del concreto, además en cuanto a las propiedades físicas del concreto se aprecia que la mayor incidencia se tiene en el peso unitario y el revenimiento (slump).

Cuya (2022) en su estudio que tuvo como objetivo evaluar las fibras de acero reciclado y microsílíce en las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, para el uso en pavimento rígido, Ayacucho. La metodología consistió en la realización de probetas cilíndricas y vigas de concreto adicionado distintas dosis de fibras de acero reciclado de neumáticos y microsílíce, para luego evaluar sus propiedades físicas y mecánicas. Entre los resultados tuvo que para el 0%FA + 0%M, 6%FA + 5%M, 9%FA + 7.5%M y 12%FA + 10%M, el asentamiento fue de 4.1, 3.5, 3.3 y 3.1"; la temperatura de 20.2, 20.9, 21.36 y 22.63°C, la resistencia a compresión a los 7 días fue de 154.6, 155.4, 167.17 y 196.57kg/cm²; a los 14 días de 193.62, 218.2, 225.33 y 231.2kg/cm² y a los 28 días de 236.89, 245.08, 255.16 y 283.5kg/cm². Concluyó que la incorporación de fibras de acero reciclado de neumáticos y microsílíce en las propiedades del concreto son positivos para el uso en pavimentos de la siguiente manera; el slump se mantiene dentro del rango de diseño, la permeabilidad disminuye en 22.06%, la resistencia a compresión aumenta en 19.68%.

Accilio y Chancas (2020) en su estudio que tuvo como objetivo evaluar el concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando fibras de acero y microsílíce, Lima 2020. La metodología consistió en dosificaciones de concreto con mezclas de fibras de acero y microsílíce en diversos porcentajes, seguido evaluar sus propiedades físicas, seguido de sus propiedades mecánicas a diversas edades. Entre los resultados se tuvo que para los tratamientos de 0%FA + 0%M, 1%FA + 5%M, 1.5%FA + 7.5%M y 2%FA + 10%M, el slump fue de 5", 3.5", 2.5" y 2", la resistencia a compresión a los 7 días fue de 206, 216, 249 y 253kg/cm²; a los 14 días de 253, 267, 306 y 310kg/cm² y a los 28 días de 297, 308, 355 y 362kg/cm². Se concluyó que la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ al agregar fibras de acero y microsílíce, aumenta en 4% con para el primer tratamiento, 20% con para el tratamiento 2 y 22% para el 3 a los 28 días.

1.5.3. Regional y/o Local

Pérez (2024) en su estudio que tuvo como objetivo comparar la resistencia mecánica de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales, usando agregados de la zona en la ciudad de Cajamarca. La metodología consistió en caracterizar los áridos, realizar el diseño de concreto, se fabricaron probetas cilíndricas y prismáticas, con fibras utilizadas, las cuales se ensayaron después de 28 días. Entre los resultados se tuvo que para 0kg/m^3 , 15kg/m^3 , 30kg/m^3 y 50kg/m^3 de fibras metálicas, el slump presento valores de 3.7", 3.6", 3.3" y 3.1"; la temperatura fue de 19.80, 19.60, 19.70 y 19.80°C ; y la resistencia a compresión a los 28 días fue de 228.50, 211.81, 199.86 y 191.78kg/cm^2 . Concluyó que los filamentos derivados del acero hacen que la capacidad de soporte a fuerzas compresivas disminuya y que el módulo de rotura aumente.

Núñez (2023) en su tesis que tuvo como objetivo determinar el efecto de fibra de acero dramix® 5d 65/60 bg en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Jaén. La metodología consistió en la realización de ensayos a compresión de un concreto patrón con tres concretos incorporando fibras. Entre los resultados se tuvo para las adiciones de 0%, 1%, 1.5% y 2%, asentamientos de 87, 78, 60 y 38mm; la resistencia a compresión a la edad de 7 días fue de 235, 202, 219 y 234kg/cm^2 ; a los 14 días de 249, 239, 264 y 246kg/cm^2 . Concluyó que la adición del 2% de fibra de acero, incrementó la resistencia a la compresión del concreto hasta un 7.52%, siendo este porcentaje de incorporación el más óptimo.

Briones y Romero (2023) en sus tesis que tuvo como fin determinar la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con micro sílice (mSi) y nano sílice (Nano-SiO₂), Cajamarca–2022. La metodología consistió en realizar ensayos mecánicos con adiciones de micro sílice y otros con nano sílice y determinar diferencias. Entre los resultados se tuvo que para los tratamientos de 0%, 5% y 7.5% de microsíllice la resistencia del concreto a compresión tuvo valores a los 7 días de 222.78, 229.02 y 225.18kg/cm^2 ; a los 14 días de 296.47, 297.84 y 302.32kg/cm^2 ; a los 28 días de 305.93, 309.42 y 313.0kg/cm^2 . Concluyó que es con el 7.5% de microsíllice que se logra mejoras significativas en el concreto, por lo que su aplicación en campo es adecuada.

Gálvez y Sánchez (2023) en su tesis que tuvo como objetivo diseñar de concreto con partículas PET y fibras de acero, en la calle Gregoria Hornez-Chirinos San Ignacio-Cajamarca. La metodología consistió en realizar concretos con adiciones de PET y otros con adiciones de fibras de acero, para luego evaluar sus propiedades mecánicas y compararlas con las muestras patrón. Entre los resultados tuvo que para el 0%, 0.80%, 1% y 2% de fibras de acero, el slump tuvo valores de 7.50, 7.21, 7.12 y 7.01cm; la resistencia a compresión a la edad de 7 días fue de 150.68, 162.94, 166.95 y 173.13kg/cm²; a los 14 días de 191.83, 194.12, 195.74 y 201.35kg/cm²; a los 28 días de 237.03, 239.19, 242.35 y 250.26kg/cm². Concluyó que la inclusión de un 2% de fibra de acero, fue la más óptima; mostrando la mayor resistencia a la compresión, alcanzando 250.26 kg/cm² a los 28 días, superando notablemente al concreto patrón.

Torovero (2022) en su estudio que tuvo como objetivo Incorporar de fibra de acero en un concreto $F_c = 210$ kg/cm² para mejorar las propiedades físicas y mecánicas, Cajamarca-2022. La metodología consistió en el desarrollo de pruebas de resistencia de un concreto adicionando fibra de acero, para luego evaluar sus propiedades. Entre los resultados se tuvo que para los tratamientos de 0%, 0.4% y 1.2% de fibras, la resistencia a compresión a los 7 días fue de 150.92, 157.63 y 160.07kg/cm²; a los 14 días de 192.78, 194.24 y 203.07kg/cm² y a los 28 días de 233.33, 234.37 y 238.6kg/cm². Concluyó que se evidencia el aumento de resistencia a un ensayo de compresión de un concreto $f_c = 210$ kg/cm² más fibra de acero en diferentes porcentajes. El porcentaje de 0.4% y 1.2% es óptimo para aumentar la resistencia del concreto.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación geográfica

La investigación tuvo lugar en el distrito de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; en el laboratorio PURA coordenadas UTM WGS 84 fueron 742965.80 m E, 9369186.01 m N y altitud de 721msnm.

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

La población de un estudio es el universo o conjunto de elementos, que formará la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados (Arias et al., 2016). La población lo conformó todos los especímenes cilíndricos de resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

2.2.2. Muestra

La muestra es un subconjunto con características homogéneas que identifica la población, que serán usadas en un estudio (Mucha et al., 2021). La muestra del presente estudio estuvo conformada por tres bloques. La primera muestra por 24 especímenes cilíndricos de concreto de resistencia concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$, con adiciones de microsílíce en 0%, 2%, 4% y 6%, para las edades de 14 y 28 días; donde para cada porcentaje se realizaron 3 repeticiones.

Tabla 1

Especímenes cilíndricos de concretos tratados con microsílíce

Días	Patrón adicción en relación al peso del agregado fino			
	0% M	2% M	4% M	6% M
14	3	3	3	3
28	3	3	3	3
TOTAL	24			

Nota. Elaboración propia

La primera muestra estuvo conformada también por 24 especímenes cilíndricos de concreto de resistencia concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$, con adiciones de fibras en 0%, 2%,

4% y 6%, para las edades de 14 y 28 días; donde para cada porcentaje se realizaron 3 repeticiones.

Tabla 2

Especímenes cilíndricos de concretos tratados con fibras metálicas

Días	Patrón	adición en relación al peso del agregado fino		
	0%FP	2%FP	4%FP	6%FP
14	3	3	3	3
28	3	3	3	3
TOTAL		24		

Nota. Elaboración propia

Y por último la tercera estuvo conformada también por 24 especímenes cilíndricos de concreto de resistencia concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$, con adiciones combinatorias de microsílce y fibras en 0%, 2%, 4% y 6%, para las edades de 14 y 28 días; donde para cada porcentaje se realizaron 3 repeticiones.

Tabla 3

Especímenes cilíndricos de concretos tratados con fibras metálicas

Días	Patrón	adición en relación al peso del agregado fino		
	0%M + 0%FM	2%M + 2%FM	4%M + 4%FM	6%M + 6%FM
14	3	3	3	3
28	3	3	3	3
TOTAL		24		

Nota. Elaboración propia

2.2.3. Muestreo

El muestreo es la acción de elegir muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo; que pueden ser probabilísticas y no probabilísticas; siendo este último, donde los sujetos se seleccionan a base del conocimiento y juicio del investigador (Piedra y Manqueros, 2021). Se define que la investigación es tipo no probabilística, ya que la elección de la muestra fue según el juicio de los investigadores.

2.3. Métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

2.3.1. Método

La investigación aplicada identifica las necesidades, problemas u oportunidades del contexto, con el fin de aplicar conocimientos y responder a estos requerimientos aplicando el método científico (Castro et al., 2023). Deducimos que el presente estudio es aplicado debido a que, se ha identificado debilidades en las propiedades mecánicas, por ende, se pretende buscar soluciones mediante la sinergia de dos elementos que permitan al concreto mejorar sus características al forma parte de su estructura interna.

La investigación de enfoque cuantitativo se basa aspectos numéricos para estudiar, analizar y comprobar la información y datos, recurriendo a operaciones matemáticas (Castro et al., 2023). Al recolectar datos numéricos tanto de los ensayos de los agregados, de las propiedades físicas del concreto y de la resistencia a compresión del concreto en laboratorio siguiendo pasos sistematizados referimos que nuestro estudio será cuantitativo.

La investigación experimental consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento, para observar los efectos o reacciones que se producen (Alban et al., 2020). Al manipularse las adiciones de microsílíce y fibras metálicas sobre el concreto, existe manipulación de la variable independiente, donde lo efectos recaen en la resistencia; es por ello el estudio es experimental.

2.3.2. Técnicas e instrumentos

La observación será la técnica, donde se podrá registrar de manera ordenada los datos que recolecten tanto en campo como en laboratorio, los cuales permitirán determinar las principales propiedades físicas y mecánicas de los agregados y propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, con y sin la adición de fibras y microsílíce. Y Dentro de los instrumentos, se tiene las fichas de laboratorio, de los diferentes ensayos.

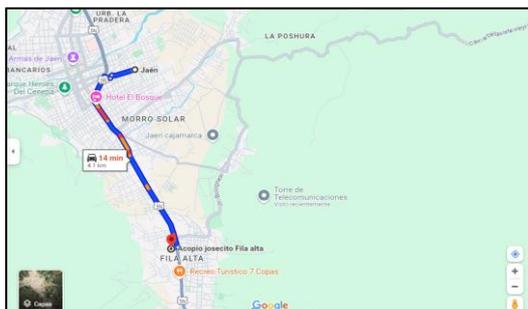
2.3.3. Procedimiento de recolección de datos

2.3.3.1. Características físicas y mecánicas de los agregados

Los agregados fueron obtenidos en la cantera Josecito de la ciudad de Jaén, donde se extrajo muestras representativas que fueron preparadas para su traslado al laboratorio según la normativa NTP 400.010. El cemento fue el portland tipo I, que se almacenó en laboratorio en un ambiente seco, con el fin de preservar sus componentes iniciales. En la segunda fase se procedió a realizar el cuarteo de los agregados según la NTP 400.043, efectuándose el análisis granulométrico según NTP 400.012, tanto para el agregado fino y grueso y el ensayo de material más fino que el tamiz N° 200 según NTP 400.018. Y finalmente se realizaron los ensayos de peso unitario del de ambos agregados según la NTP 400.017, y peso específico y absorción según NTP 400.021.

Figura 1

Ubicación de la cantera Josecito – Fila alta - Jaén



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la ubicación de la cantera Josecito donde se ha obtenido los agregados.

Figura 2

Extracción de agregados en cantera Josecito, Fila alta - Jaén



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el acopio de los agregados en la cantera Josecito – Fila alta – Jaén.

Figura 3

Cemento Extraforte



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el cemento usado, es el Pacasmayo extraforte de uso general.

Figura 4*Granulometría del agregado fino*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el tamizaje del material por las distintas mallas como del ensayo de análisis granulométrico del agregado fino.

Figura 5*Granulometría del agregado grueso*

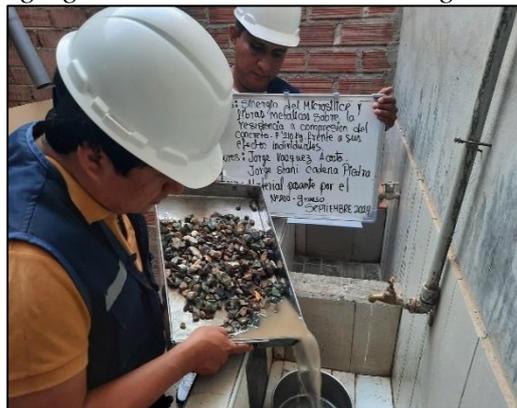
Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el tamizaje del material por las distintas mallas como del ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso.

Figura 6*Material que pasa el tamiz N° 200 – agregado fino*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el lavado del material por el tamiz N° 200, como parte del ensayo de material pasante del tamiz N° 200 del agregado fino.

Figura 7*Material que pasa el tamiz N° 200 – agregado grueso*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el lavado del material por el tamiz N° 200, como parte del ensayo de material pasante del tamiz N° 200 para el agregado grueso.

Figura 8*Peso unitario suelto del agregado fino*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el pesado del molde más material, como parte del ensayo de peso unitario suelto para el agregado fino

Figura 9*Peso unitario suelto del agregado grueso*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el llenado de material en el molde, como parte del ensayo de peso unitario suelto para el agregado grueso.

Figura 10*Peso unitario compactado del agregado fino*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el compactado con varilla del material en el molde, como parte del ensayo de peso unitario compactado para el agregado fino.

Figura 11*Peso unitario compactado del agregado grueso*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el compactado con varilla del material en el molde, como parte del ensayo de peso unitario compactado para el agregado grueso.

Figura 12

Gravedad específica y absorción del agregado fino



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la eliminación de aire del picnómetro, como parte del ensayo de gravedad específica y absorción para el agregado fino.

Figura 13

Gravedad específica y absorción del agregado grueso



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el pesado del agregado sumergido en agua, como parte del ensayo de gravedad específica y absorción para el agregado grueso.

2.3.3.2. Tratamiento de las fibras y compra del microsílíce

Las fibras metálicas, tuvieron como materia prima al alambre negro recocido N°16, que se le corto en longitudes de 5cm, dando como resultado fibras de L= de 5cm y un diámetro estándar de 1.59mm. Fueron almacenadas en baldes para impermeables hasta su uso, con el fin de que no sufra oxidación. El microsílíce se compró desde la ciudad de Chiclayo, donde su almacenamiento fue en un lugar seco y fresco, con el fin de evitar que absorba humedad. De la mencionado los elementos no sufrieron ningún otro tratamiento adicional.

Figura 14

Alambre Negro recocido N° 16



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la materia prima para la obtención de las fibras metálicas.

Figura 15*Fibras metálicas**Nota.* Elaboración propia.

La figura muestra las fibras metálicas que fueron usadas en la presente investigación.

Figura 16*Microsílice**Nota.* Elaboración propia.

La figura muestra el microsílíce que fue usado en la presente investigación.

2.3.3.3. Resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce

A. Probetas patrón**Figura 17***Slump del concreto patrón**Nota.* Elaboración propia.

La figura muestra la medición del asentamiento del concreto patrón.

Figura 18*Temperatura del concreto patrón**Nota.* Elaboración propia.

La figura muestra la medición del de la temperatura del concreto patrón.

Figura 19*Fabricación de probetas patrón*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la fabricación de las probetas de concreto patrón.

Figura 20*Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón a los 14 días*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el ensayo de resistencia a compresión de las probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón a los 14 días.

Figura 21*Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón a los 28 días*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra el ensayo de resistencia a compresión de las probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón a los 28 días.

B. Probetas patrón con 2% de microsílíce**Figura 22***Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce*

Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce.

Figura 23

Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce.

Figura 24

Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce.

Figura 25

Fabricación de probetas concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la fabricación de las probetas de concreto patrón con 2% de microsílíce.

Figura 26

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce a los 14 días.

Figura 27

Resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de microsílíce a los 28 días.

C. Probetas patrón con 4% de microsílíce

Figura 28

Slump del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsílíce



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsílíce.

Figura 29

Temperatura del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsílíce



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsílíce.

Figura 30

Fabricación de probetas de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsílíce



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la fabricación de probetas de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsílíce.

Figura 31

Resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsíllice a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsíllice a los 14 días.

Figura 32

Resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsíllice a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de microsíllice a los 28 días.

D. Probetas patrón con 6% de microsíllice

Figura 33

Dosificación del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsíllice



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la dosificación del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsíllice.

Figura 34

Slump del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsíllice



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de microsíllice.

Figura 35

*Temperatura del concreto
f'c=210kg/cm² patrón con 6% de
microsílice*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto f'c=210kg/cm² patrón con 6% de microsíllice.

Figura 36

*Fabricación de probetas de concreto
f'c=210kg/cm² patrón con 6% de
microsílice*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la fabricación de probetas de concreto f'c=210kg/cm² patrón con 6% de microsíllice.

Figura 37

*Resistencia a compresión del concreto
f'c=210kg/cm² patrón con 6% de
microsílice a los 14 días*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto f'c=210kg/cm² patrón con 6% de microsíllice a los 14 días.

Figura 38

*Resistencia a compresión del concreto
f'c=210kg/cm² patrón con 6% de
microsílice a los 28 días*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto f'c=210kg/cm² patrón con 6% de microsíllice a los 28 días.

2.3.3.4. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 2%, 4% y 6% de fibras metálicas

A. Probetas patrón con 2% de fibras metálicas

Figura 39

Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas.

Figura 40

Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto

$f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas.

Figura 41

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas a los 14 días.

Figura 42

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto

$f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2% de fibras metálicas a los 28 días.

B. Probetas patrón con 4% de fibras metálicas

Figura 43

Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas.

Figura 44

Temperatura del concreto patrón con 4% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto

$f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas.

Figura 45

Fabricación de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la fabricación de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas.

Figura 46

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas a los 14 días.

Figura 47

Resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4% de fibras metálicas a los 28 días.

C. Probetas patrón con 6% de fibras metálicas

Figura 48

Dosificación del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la dosificación del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas.

Figura 49

Slump del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas.

Figura 50

Temperatura del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas.

Figura 51

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas a los 14 días.

Figura 52

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6% de fibras metálicas a los 28 días.

2.3.3.5. Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM

Figura 53

Pesado de materiales para las diferentes dosificaciones combinatorias de microsílíce + fibras



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra los agregados pesados, así, como el microsílíce y las fibras, para las dosificaciones combinatorias.

A. Probetas patrón con 2%M + 2%FM

Figura 54

Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM

Figura 55

Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM.

Figura 56

Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM.

Figura 57

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM a los 14 días

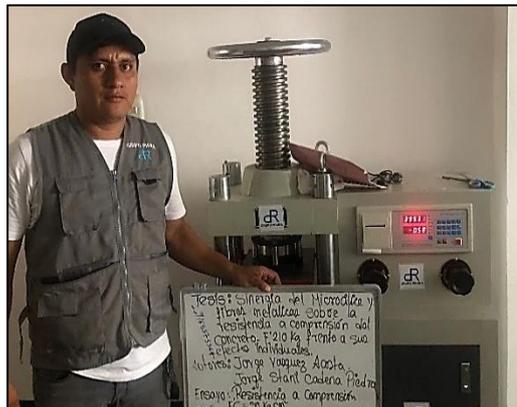


Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM a los 14 días.

Figura 58

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 2%M + 2%FM a los 28 días.

B. Probetas patrón con 4%M + 4%FM

Figura 59

Dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM

Figura 60

Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM.

Figura 61

Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM

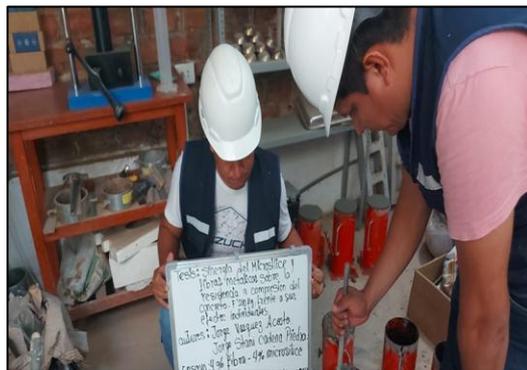


Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM.

Figura 62

Fabricación de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la fabricación de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM.

Figura 63

*Resistencia a compresión del concreto
 $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M +
 4%FM a los 14 días*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM a los 14 días.

Figura 64

*Resistencia a compresión del concreto
 $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M +
 4%FM a los 28 días*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 4%M + 4%FM a los 28 días.

C. Probetas patrón con 6%M + 6%FM

Figura 65

*Dosificación del concreto
 $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M +
 6%FM*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la dosificación del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM

Figura 66

*Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$
 patrón con 6%M + 6%FM*

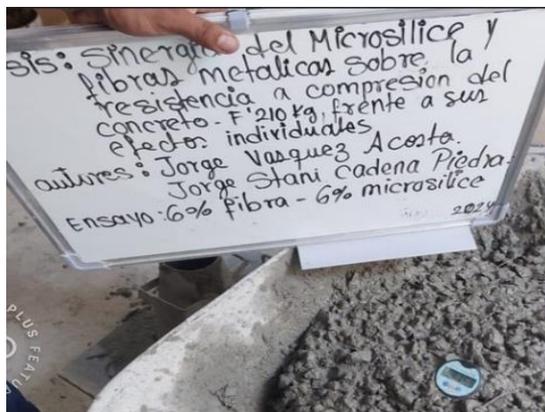


Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición del slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM.

Figura 67

*Temperatura del concreto
 $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M +
 6%FM*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la medición de la temperatura del concreto patrón con 6%M + 6%FM.

Figura 68

*Resistencia a compresión del concreto
 $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M +
 6%FM a los 14 días*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM a los 14 días.

Figura 69

*Resistencia a compresión del concreto
 $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M +
 6%FM a los 28 días*



Nota. Elaboración propia.

La figura muestra la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ patrón con 6%M + 6%FM a los 28 días.

2.3.4. Análisis de datos

Para la interpretación de resultados se usará el programa Excel y para procesamiento de los datos estadísticamente se realizará un análisis de varianza a fin de determinar si existe o no diferencias significativas entre las muestras tratadas y de haber se realizará una prueba de comparaciones múltiples, específicamente, la prueba tukey para determinar el mejor tratamiento, mediante el software SPSS.

2.3.4.1. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 14 días con adiciones de Micosílice

Tabla 4

Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones de micosílice

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a compresión del concreto con micosílice	Se basa en la media	0.985	3	8	0.447
	Se basa en la mediana	0.247	3	8	0.861
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.247	3	7.287	0.861
	Se basa en la media recortada	0.895	3	8	0.484

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 4, se presenta la verificación de la homogeneidad de varianzas, donde se cumple que $\text{Sig} > 0.05$, entonces se afirma que, existe homogeneidad de varianzas, es decir los grupos son homogéneos. Es posible continuar con la prueba ANOVA.

Tabla 5

Prueba ANOVA de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones de micosílice

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3115.227	3	1038.409	30.944	0.000
Dentro de grupos	268.460	8	33.557		
Total	3383.687	11			

Nota. IBM spss statistics 27.

De la tabla 5, se presenta un valor de $\text{Sig} < 0.05$, esto indica que en al menos en uno de sus tratamientos existe diferencias significativas o igualdad en la resistencia, es decir que existe variación al añadir micosílice al concreto con respecto de la muestra patrón.

Tabla 6

Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones de microsilíce

Microsilíce	N	RESISTENCIA		
		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
	4,00	3	204.9000	
Tukey B ^a	,00	3	215.0067	
	2,00	3		233.3833
	6,00	3		246.5467

Nota. IBM spss statistics 27.

De la tabla 6, se presenta valores comparativos del nivel de significancia de las medias para cada tratamiento, donde se tiene que los valores con los tratamientos del 4% y patrón (0%) se encuentran en el mismo subconjunto, es decir no presenta diferencias significativas, siendo estadísticamente iguales. Para los tratamientos del 2% y 6% los valores se encuentran en distintos subconjuntos, que al compararlos con el patrón estos presentan diferencias significativas con respecto al patrón, tendiendo a incrementar.

2.3.4.2. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 28 días con adiciones de Micosilíce

Tabla 7

Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones de microsilíce

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a compresión del concreto con microsilíce	Se basa en la media	2.143	3	8	0.173
	Se basa en la mediana	0.851	3	8	0.504
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.851	3	5.588	0.518
	Se basa en la media recortada	2.031	3	8	0.188

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 7, se presenta la verificación de la homogeneidad de varianzas, donde se cumple que $\text{Sig} > 0.05$, entonces se afirma que, existe homogeneidad de varianzas, es decir los grupos son homogéneos. Es posible continuar con la prueba ANOVA.

Tabla 8

Prueba ANOVA de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones de microsílíce

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5742.435	3	1914.145	177.219	0.000
Dentro de grupos	86.408	8	10.801		
Total	5828.843	11			

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 8, se presenta un valor de Sig < 0.05, esto indica que en al menos en uno de sus tratamientos existe diferencias significativas o igualdad en la resistencia, es decir que existe variación al añadir microsílíce al concreto con respecto de la muestra patrón.

Tabla 9

Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones de microsílíce

RESISTENCIA					
Microsílíce	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
	4,00	3	223.1833		
Tukey B ^a	,00	3		233.1367	
	2,00	3			264.8567
	6,00	3			276.2967

Nota. IBM spss statistics 27.

De la tabla 9, se presenta valores comparativos del nivel de significancia de las medias para cada tratamiento, donde se tiene que con el 4% al compararlos con el patrón estos presentan diferencias significativas, tendiendo a disminuir. Para los tratamientos del 2% y 6% los valores se encuentran en distintos subconjuntos, y al compararlos con el patrón estos presentan diferencias significativas, tendiendo a incrementar.

2.3.4.3. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 14 días con adiciones de fibras metálicas

Tabla 10

Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones de fibras

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a compresión del concreto con fibras metálicas	Se basa en la media	3.005	3	8	0.095
	Se basa en la mediana	0.909	3	8	0.478
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.909	3	3.566	0.519
	Se basa en la media recortada	2.807	3	8	0.108

Nota. IBM spss statistics 27.

De la tabla 10, se presenta la verificación de la homogeneidad de varianzas, donde se cumple que $\text{Sig} > 0.05$, entonces se afirma que, existe homogeneidad de varianzas, es decir los grupos son homogéneos. Es posible continuar con la prueba ANOVA.

Tabla 11

Prueba ANOVA de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones de fibras

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1611.593	3	537.198	26.916	0.000
Dentro de grupos	159.668	8	19.959		
Total	1771.262	11			

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 11, se presenta un valor de $\text{Sig} < 0.05$, esto indica que en al menos en uno de sus tratamientos existe diferencias significativas o igualdad en la resistencia, es decir que existe variación al añadir fibras metálicas al concreto con respecto de la muestra patrón.

Tabla 12

Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones de fibras

		RESISTENCIA		
Fibras metálicas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
	,00	3	215.0067	
Tukey B ^a	2,00	3	218.6833	
	4,00	3		233.1433
	6,00	3		243.9833

Nota. IBM spss statistics 27.

De la tabla 12, se presenta valores comparativos del nivel de significancia de las medias para cada tratamiento, donde se tiene que los valores con los tratamientos del 2% y patrón (0%) se encuentran en el mismo subconjunto, es decir no presenta diferencias significativas, siendo estadísticamente iguales. Para los tratamientos del 4% y 6% los valores se encuentran en distintos subconjuntos, es decir presentan diferencias significativas con respecto al patrón, tendiendo a incrementar.

2.3.4.4. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 28 días con adiciones de fibras metálicas

Tabla 13

Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones de fibras

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a compresión del concreto con fibras metálicas	Se basa en la media	0.827	3	8	0.515
	Se basa en la mediana	0.348	3	8	0.792
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.348	3	6.160	0.793
	Se basa en la media recortada	0.787	3	8	0.534

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 13, se presenta la verificación de la homogeneidad de varianzas, donde se cumple que $\text{Sig} > 0.05$, entonces se afirma que, existe homogeneidad de varianzas, es decir los grupos son homogéneos. Es posible continuar con la prueba ANOVA.

Tabla 14

Prueba ANOVA de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones de fibras

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3452.043	3	1150.681	32.042	0.000
Dentro de grupos	287.297	8	35.912		
Total	3739.340	11			
Total	1771.262	11			

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 14, se presenta un valor de Sig < 0.05, esto indica que en al menos en uno de sus tratamientos existe diferencias significativas o igualdad en la resistencia, es decir que existe variación al añadir fibras metálicas al concreto con respecto de la muestra patrón.

Tabla 15

Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones de fibras

RESISTENCIA				
ELEMENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
Tukey B ^a	,00	3	233.1367	
	2,00	3	235.2967	
	4,00	3		265.4267
	6,00	3		270.4133

Nota. IBM spss statistics 27.

De la tabla 15, se presenta valores comparativos del nivel de significancia de las medias para cada tratamiento, donde se tiene que los valores con los tratamientos del 2% y patrón (0%) se encuentran en el mismo subconjunto, es decir no presenta diferencias significativas, siendo estadísticamente iguales. Para los tratamientos del 4% y 6% los valores se encuentran en el mismo subconjunto, es decir son iguales, sin embargo, con respecto al patrón estos presentan diferencias significativas, tendiendo a incrementar.

2.3.4.5. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 14 días con adiciones combinatorias de microsilíce y fibras metálicas

Tabla 16

Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones combinatorias de microsilíce y fibras metálicas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a compresión del concreto con microsilíce y fibras metálicas	Se basa en la media	2.163	3	8	0.170
	Se basa en la mediana	0.781	3	8	0.537
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.781	3	5.108	0.552
	Se basa en la media recortada	2.037	3	8	0.187

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 16, se presenta la verificación de la homogeneidad de varianzas, donde se cumple que $\text{Sig} > 0.05$, entonces se afirma que, existe homogeneidad de varianzas, es decir los grupos son homogéneos. Es posible continuar con la prueba ANOVA.

Tabla 17

Prueba ANOVA de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones combinatorias de microsilíce y fibras metálicas

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8231.619	3	2743.873	73.335	0.000
Dentro de grupos	299.325	8	37.416		
Total	8530.944	11			

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 17, se presenta un valor de $\text{Sig} < 0.05$, esto indica que en al menos en uno de sus tratamientos existe diferencias significativas o igualdad en la resistencia, es decir que existe variación al añadir microsilíce y fibras metálicas al concreto con respecto de la muestra patrón.

Tabla 18

Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 14 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas

		RESISTENCIA		
Microsílíce y Fibras Metálicas		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
	,00	3	215.0067	
Tukey B ^a	2,00	3	222.3300	
	6,00	3		270.4633
	4,00	3		271.1200

Nota. IBM spss statistics 27.

De la tabla 18, se presenta valores comparativos del nivel de significancia de las medias para cada tratamiento, donde se tiene que los valores con los tratamientos del 2% y patrón (0%) se encuentran en el mismo subconjunto, es decir no presenta diferencias significativas, siendo estadísticamente iguales. Para los tratamientos del 4% y 6% los valores se encuentran en el mismo subconjunto, es decir que estos son también iguales, además estos presentan diferencias significativas con respecto al patrón, tendiendo a incrementar.

2.3.4.6. Análisis de datos de la resistencia a compresión a los 28 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas

Tabla 19

Prueba de homogeneidad de varianzas de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a compresión del concreto con microsílíce y fibras metálicas	Se basa en la media	1.972	3	8	0.197
	Se basa en la mediana	0.556	3	8	0.659
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.556	3	5.089	0.666
	Se basa en la media recortada	1.820	3	8	0.221

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 19, se presenta la verificación de la homogeneidad de varianzas, donde se cumple que $\text{Sig} > 0.05$, entonces se afirma que, existe homogeneidad de varianzas, es decir los grupos son homogéneos. Es posible continuar con la prueba ANOVA.

Tabla 20

Prueba ANOVA de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, a los 28 días con adiciones combinatorias de microsílíce y fibras metálicas

ANOVA					
RESISTENCIA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4591.672	3	1530.557	89.344	0.000
Dentro de grupos	137.049	8	17.131		
Total	4728.721	11			

Nota. IBM spss statistics 27

De la tabla 20, se presenta un valor de Sig < 0.05, esto indica que en al menos en uno de sus tratamientos existe diferencias significativas o igualdad en la resistencia, es decir que existe variación al añadir microsílíce y fibras metálicas al concreto con respecto de la muestra patrón.

Tabla 21

Prueba comparaciones múltiples de la resistencia a compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$, para las distintas adiciones de microsílíce y fibras metálicas a los 28 días

RESISTENCIA				
Microsílíce y Fibras Metálicas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
,00	3	233.1367		
2,00	3		266.1867	
6,00	3		266.5000	
Tukey B ^a	4,00	3		287.8400

Nota. IBM spss statistics 27.

De la tabla 21, se presenta valores comparativos del nivel de significancia de las medias para cada tratamiento, donde se tiene que los valores con los tratamientos del 2% y 6% se encuentran en el mismo subconjunto, es decir son iguales, y al compararlos con el patrón estos tienden a incrementarse. Para el tratamiento del 4% sus valores al compararlos con el patrón estos presentan diferencias significativas, tendiendo a aumentar también.

III. RESULTADOS

3.1. Determinarla resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce

3.1.1. Propiedades físicas del concreto fresco con microsílíce

Tabla 22

Valores del Slump y temperatura para las diferentes adiciones de microsílíce

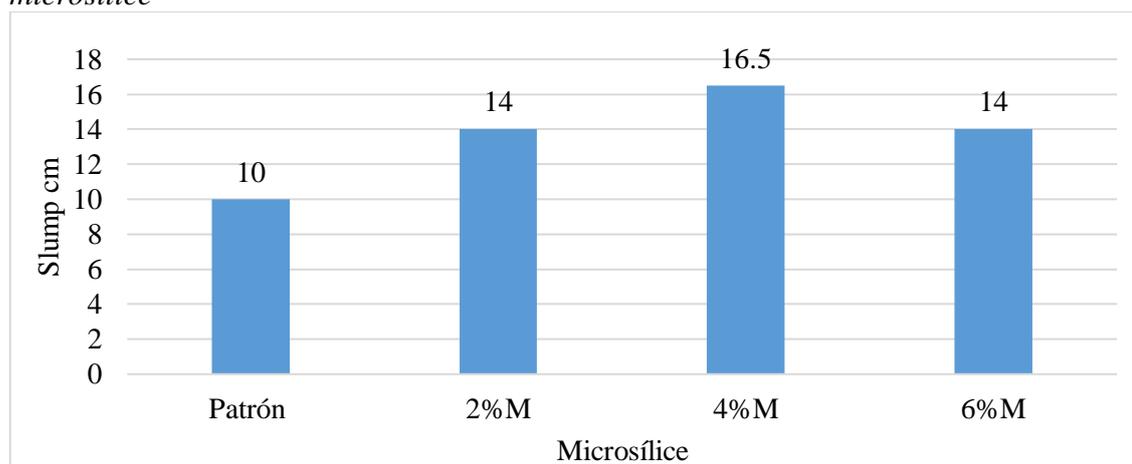
Microsílíce	Slump (cm)	Temperatura (°c)
0%	10	28.8
2%	14	30
4%	16.5	29.9
6%	14	30.6

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 22, se muestra el asentamiento del concreto con adiciones de microsílíce en los porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6%, los cuales fueron 10, 14, 16.5 y 14.0 cm, respectivamente. Además, la temperatura fue de 28.8, 30, 29.9 y 30.6°C.

Figura 70

Asentamientos del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce

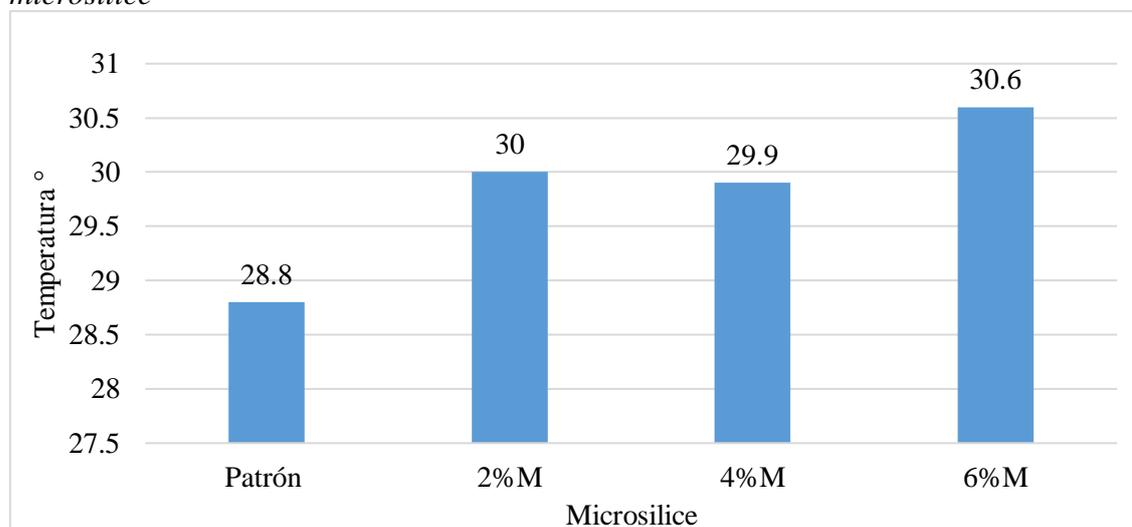


Nota. Elaboración propia.

En la figura 70, se muestra el asentamiento del concreto para las diferentes adiciones de microsílíce donde se visualiza que con el 4% se presenta su mayor aumento, tendiendo a disminuir luego.

Figura 71

Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsíllice



Nota. Elaboración propia.

En la figura 71, se tienen las temperaturas del concreto fresco con las distintas adiciones de microsíllice, donde la temperatura tiende a aumentar de algún modo a medida que incluye más microsíllice.

3.1.2. Resistencia a compresión del concreto con microsíllice

Tabla 23

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsíllice a los 14 días

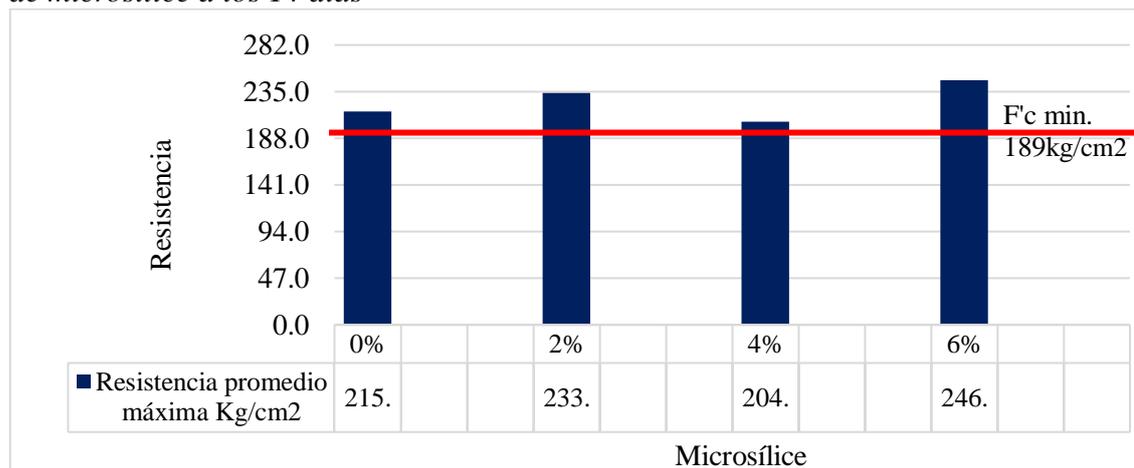
Edad (días)	Microsíllice	F'c (Kg/cm ²)	F'c promedio (Kg/cm ²)	F'c mínima (90%*f'c)	Condición
14 días	Patrón (0%)	209.07	215	189.00	Cumple OK
		212.89			
		223.06			
		230.32			
	2%	238.78	233.4		Cumple OK
		231.05			
		207.04			
	4%	197.13	204.9		Cumple OK
		210.53			
		242.61			
	6%	248.39	246.5		Cumple OK
		248.64			

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 23, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 14 días, para las diferentes adiciones de microsílíce, donde se visualiza que para todos los tratamientos se logra cumplir la resistencia mínima requerida para esa edad.

Figura 72

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

En la figura 72, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 14 días, con adiciones de microsílíce, donde serán con el 2% y con el 6% que la resistencia tiende a crecer.

Tabla 24

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce a los 28 días

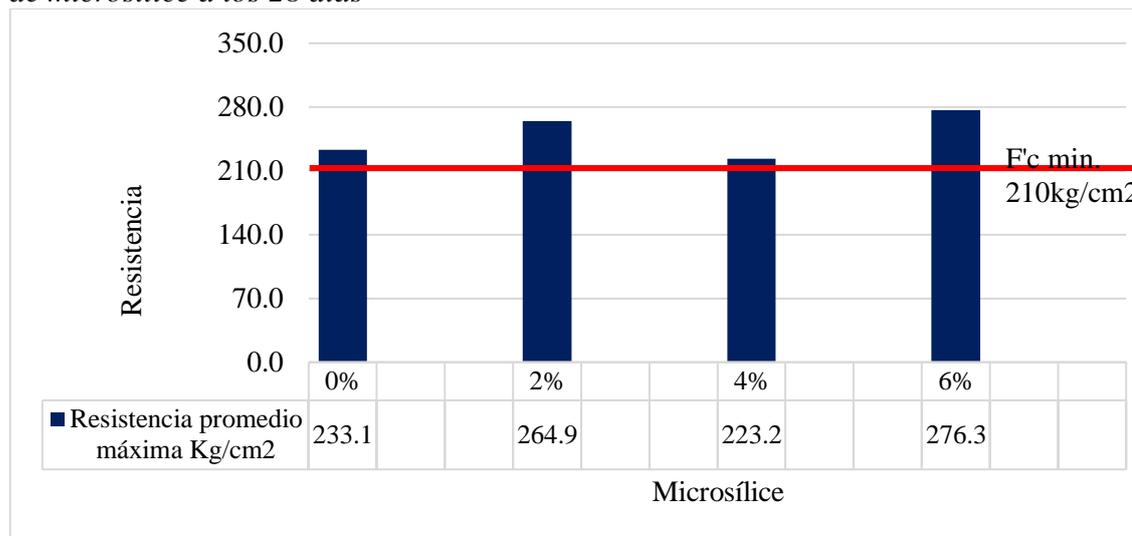
Edad (días)	Microsílíce	F'c (Kg/cm2)	F'c promedio (Kg/cm2)	F'c mínima (100%*f'c)	Condición
28 días	Patrón (0%)	232.17	233.1	210	Cumple OK
		236.3			
		230.94			
		265.21			
	2%	265.22	264.9		Cumple OK
		264.14			
		227.52			
		272.57			
	4%	217.96	223.2		Cumple OK
		224.07			
		272.57			
		277.12			
6%	279.2	276.3	Cumple OK		
	277.12				

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 24, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días, para las diferentes adiciones de microsílíce, donde se visualiza que para todos los tratamientos se logra cumplir la resistencia mínima requerida para esa edad.

Figura 73

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de microsílíce a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

En la figura 73 se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días, con adiciones de microsílíce, donde serán con el 2% y con el 6% que la resistencia tiende a crecer.

3.2. Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas

3.2.1. Propiedades físicas del concreto fresco con fibras metálicas

Tabla 25

Valores del Slump y temperatura para las diferentes adiciones de fibras metálicas

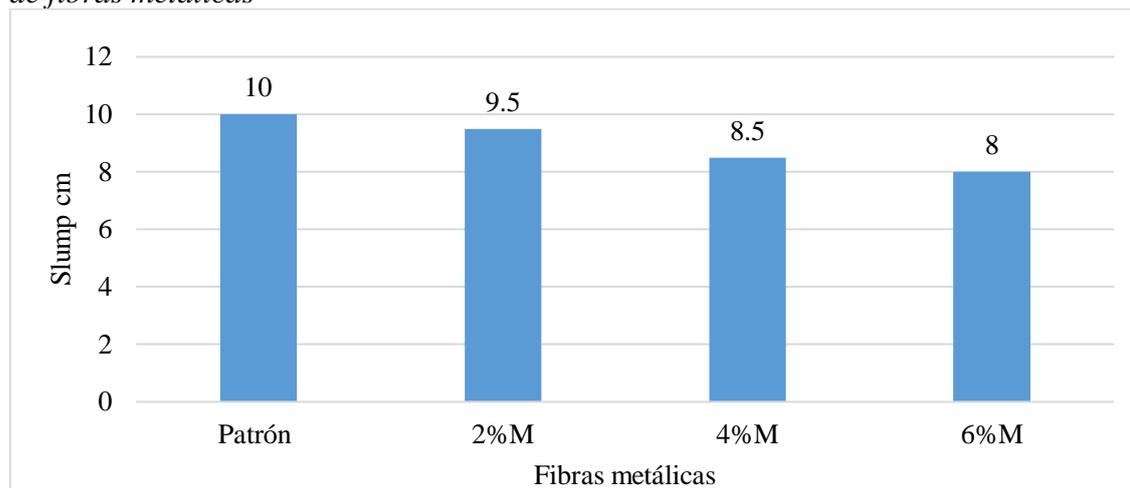
Fibras Metálicas	Slump (cm)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
0%	10	28.8
2%	9.5	28.3
4%	8.5	28.4
6%	8	29

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 25, se muestra el asentamiento del concreto con adiciones de fibras metálicas en los porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6%, los cuales fueron 10, 9.5, 8.5 y 8 cm, respectivamente. Además, la temperatura fue de 28.8, 28.3, 28.4 y 29°C.

Figura 74

Asentamientos promedio del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas

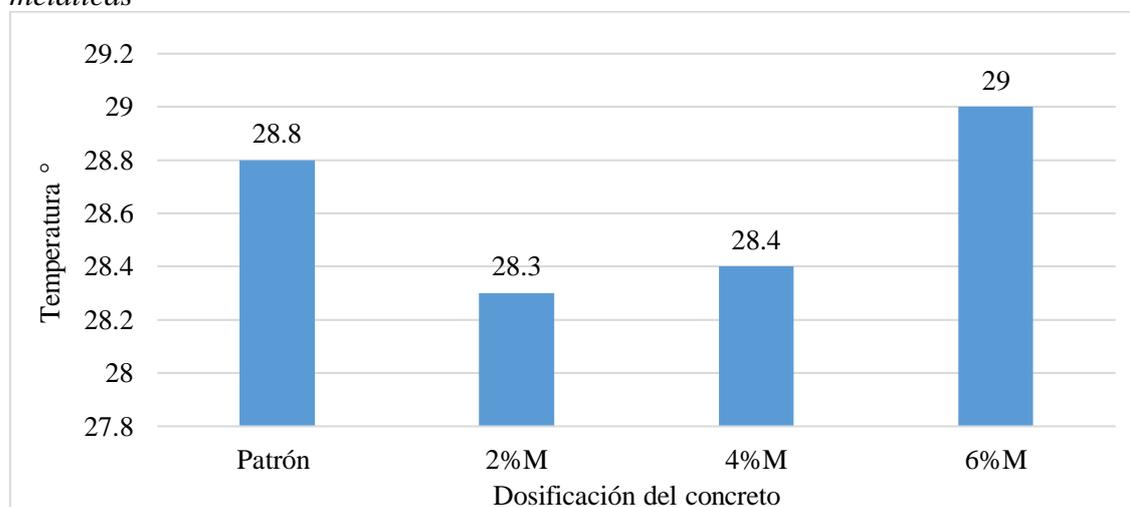


Nota. Elaboración propia.

En la figura 74, se muestra el asentamiento del concreto para las diferentes adiciones de microsílce donde se visualiza que el slump tiende a disminuir conforma se incrementan las fibras.

Figura 75

Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

En la figura 75, se tienen las temperaturas del concreto fresco con las distintas adiciones de fibras metálicas, donde la temperatura disminuye para los dos primeros tratamientos, luego aumenta levemente con el 6%, con respecto al patrón.

Tabla 26

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas a los 14 días

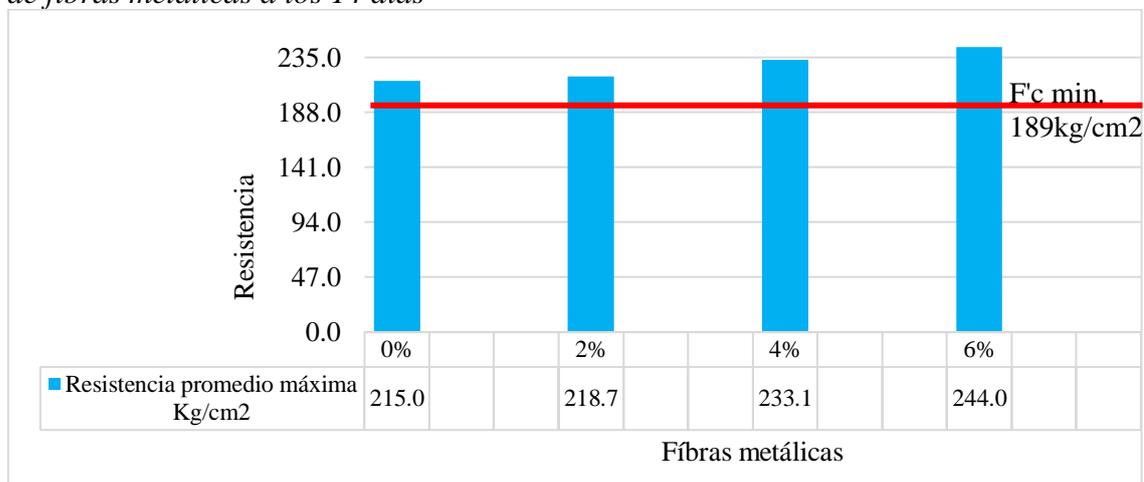
Edad (días)	Fibras	F'c (Kg/cm ²)	F'c promedio (Kg/cm ²)	F'c mínima (90%*f'c)	Condición
14 días	Patrón (0%)	209.07	215.0	189.00	Cumple OK
		212.89			
		223.06			
	2%	213.77	218.7		Cumple OK
		219.52			
		222.76			
	4%	230.93	233.1		Cumple OK
		233.21			
		235.29			
	6%	243.85	244.0		Cumple OK
		242.62			
		245.48			

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 26, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 14 días, para las diferentes adiciones de fibras metálicas, donde se visualiza que para todos los tratamientos se logra cumplir la resistencia mínima requerida para esa edad.

Figura 76

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

En la figura 76, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 14 días, con adiciones de fibras metálicas, donde las resistencias son directamente proporcionales a las adiciones de fibras.

Tabla 27

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas a los 28 días

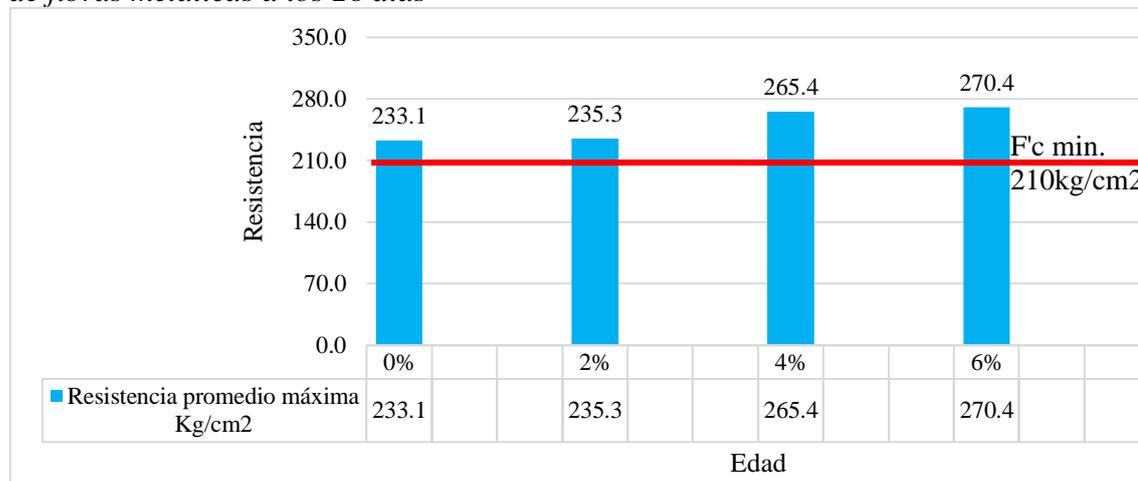
Edad (días)	Fibras	F'c (Kg/cm ²)	F'c promedio (Kg/cm ²)	F'c mínima (100%*f'c)	Condición
28 días	Patrón (0%)	232.17	233.1	210.00	Cumple OK
		236.3			
		230.94			
		236.4			
	2%	228.08	235.3		Cumple OK
		241.41			
		257.17			
		267.63			
	4%	271.48	265.4		Cumple OK
		270.92			
		264.21			
		276.11			
6%	264.21	270.4	Cumple OK		
	276.11				

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 27, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días, para las diferentes adiciones de fibras metálicas, donde se visualiza que para todos los tratamientos se logra cumplir la resistencia mínima requerida para esa edad.

Figura 77

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%, 2%, 4% y 6% de fibras metálicas a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

En la figura 77, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días, con adiciones de fibras metálicas, donde las resistencias son directamente proporcionales a las adiciones de fibras.

3.3. Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM

3.3.1. Propiedades físicas del concreto fresco con microsilíce y fibras metálicas

Tabla 28

Valores del Slump y temperatura para las diferentes adiciones de microsilíce + fibras metálicas

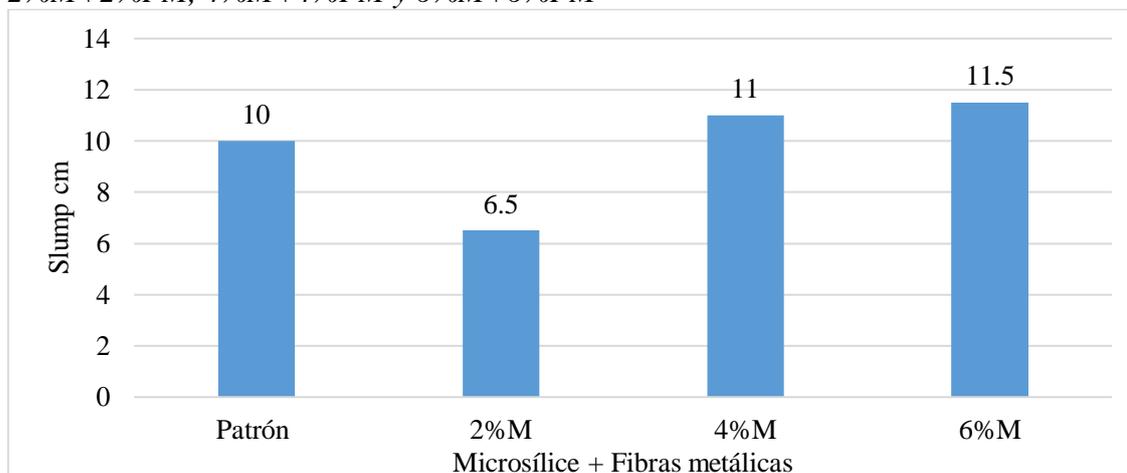
Microsilíce + Fibras Metálicas	Slump	Temperatura (°C)
0%M+0%F	10	28.8
2%M+2%F	6.5	31.2
4%M+4%F	11	31
6%M+6%F	11.5	31.5

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 28, se muestra el asentamiento para el concreto con las adiciones de microsilíce y las fibras metálicas en los porcentajes de 0%M+0%F, 2%M+2%F, 4%M+4%F y 6%M+6%F, los cuales fueron 10, 6.5, 11 y 11.5 cm, respectivamente. Además, la temperatura fue de 28.8, 31.2, 31 y 31.5°C

Figura 78

Asentamientos promedio del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM

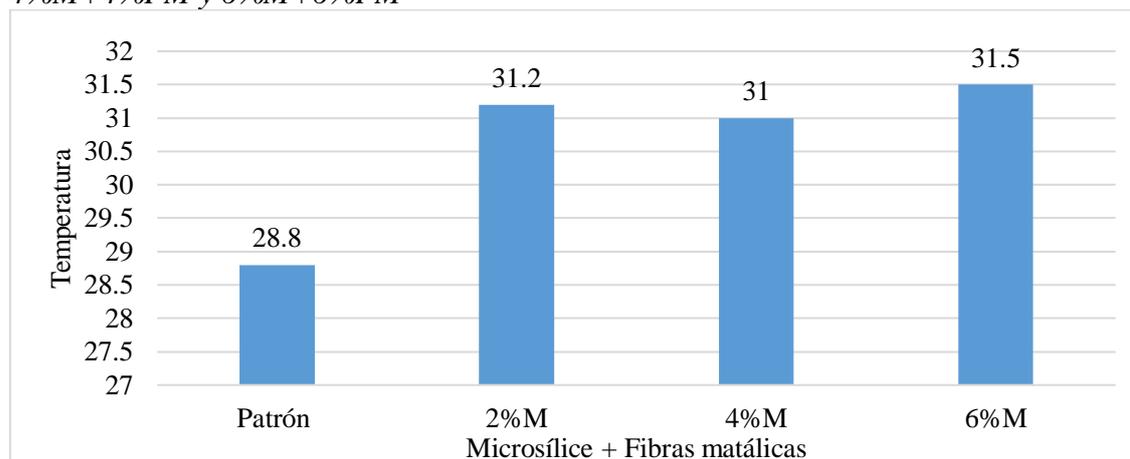


Nota. Elaboración propia.

En la figura 78, se muestra el asentamiento del concreto para las diferentes adiciones de microsílíce + fibras metálicas, donde se visualiza que el slump solo para el primer tratamiento tiende a disminuir, sin embargo, tendió a aumentar para los tratamientos de 4%M+4%FM y 6%M+6%FM.

Figura 79

Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM



Nota. Elaboración propia.

En la figura 79, se tienen las temperaturas del concreto fresco con las distintas adiciones de microsílíce + fibras metálicas, donde la temperatura tendió a crecer significativamente y sucesivamente.

Tabla 29

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM a los 14 días

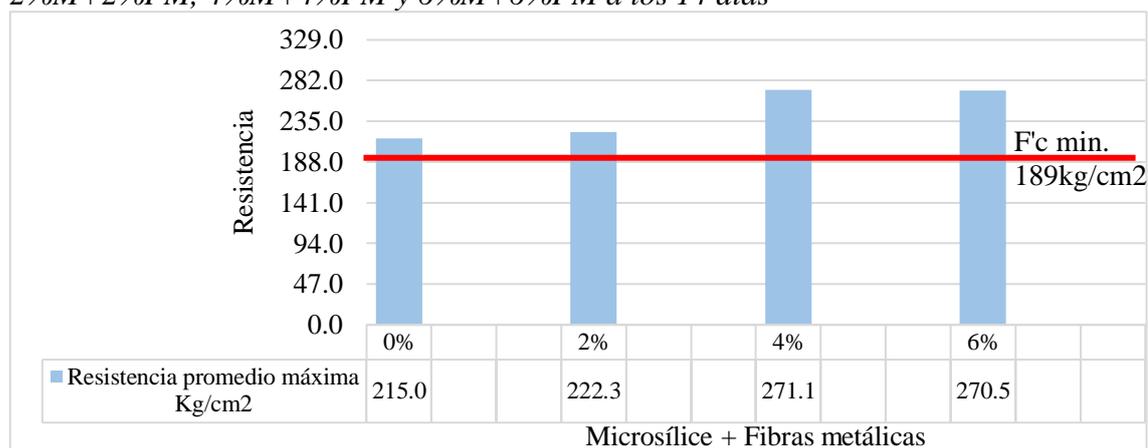
Edad (días)	Microsílíce + Fibras	F'c (Kg/cm ²)	F'c promedio (Kg/cm ²)	F'c mínima (90%*f'c)	Condición
14 días	Patrón (0%)	209.07	215.0	189.00	Cumple OK
		212.89			
		223.06			
		212.69			
	2%	230.22	222.3		Cumple OK
		224.08			
		271.77			
		272.55			
	4%	269.04	271.1		Cumple OK
		273.7			
		266.2			
		271.49			
6%	270.5	270.5	Cumple OK		
	270.5				
	270.5				
	270.5				

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 29, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ a los 14 días, para las diferentes adiciones de microsíllice + fibras metálicas, donde se visualiza que para todos los tratamientos se logra cumplir la resistencia mínima requerida.

Figura 80

Resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

En la figura 80, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ a los 14 días, con adiciones de microsíllice + fibras metálicas, donde las resistencias son directamente proporcionales a las adiciones combinatorias de microsíllice + fibras metálicas.

Tabla 30

Resistencia a compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM a los 28 días

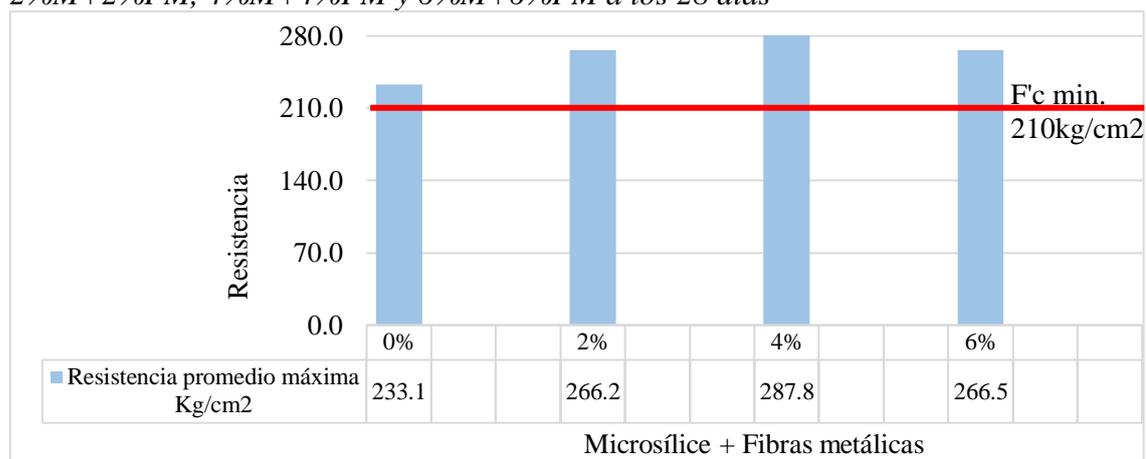
Edad (días)	Microsíllice + Fibras	F ^c (Kg/cm ²)	F ^c promedio (Kg/cm ²)	F ^c mínima (100%*f ^c)	Condición
28 días	Patrón (0%)	232.17	233.1	210	Cumple OK
		236.3			
		230.94			
		268.29			
	2%	262.69	266.2		Cumple OK
		267.58			
		282.17			
		295.2			
	4%	287.8	Cumple OK		
		286.15			
		268.53			
		263.57			
6%	266.5	Cumple OK			
	267.4				

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 30, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días, para las diferentes adiciones de microsíllice + fibras metálicas, donde se visualiza que para todos los tratamientos se logra cumplir la resistencia mínima requerida para esa edad.

Figura 81

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

En la figura 81, se presenta la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días, con adiciones parciales de microsíllice y fibras metálicas en porcentaje de 0%, 2%, 4% y 6%, donde con el 4% presenta un incremento numérico significativo. Además, todas cumplen con el porcentaje de desarrollo mínimo.

3.4. Establecer diferencias de la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsíllice, fibras metálicas y de manera combinada microsíllice más fibras metálicas

3.4.1. Comparativo de las propiedades físicas del concreto fresco con microsíllice, fibras metálicas y microsíllice + fibras metálicas

Tabla 31

Comparativo de los valores de temperatura para las diferentes adiciones de microsíllice, fibras metálicas y microsíllice + fibras metálicas

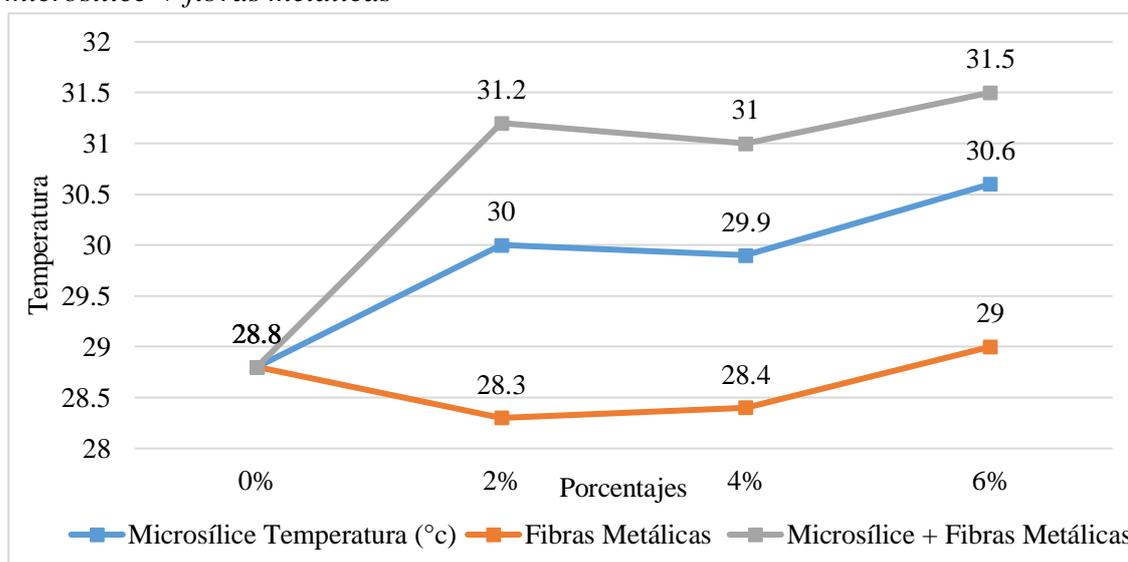
Porcentajes	Microsíllice	Fibras Metálicas	Microsíllice + Fibras Metálicas
	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		
0%	28.8	28.8	28.8
2%	30	28.3	31.2
4%	29.9	28.4	31
6%	30.6	29	31.5

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 31, se muestra las temperaturas del concreto fresco para los diferentes porcentajes y elementos, donde al agregar solo con fibras al concreto, la temperatura oscila entre 28.3 a 29°C, al agregar solo microsilice entre 29.9°C a 30.6°C y a incluir ambos elementos de manera combinada, la temperatura varía entre 31.2°C a 31.5°. En general es decir que, con respecto a la temperatura patrón de 28.8°C, las fibras tienen un leve aumento, seguido del microsilice y finalmente las combinaciones de ambos.

Figura 82

Temperatura del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando microsilice, fibras metálicas y microsilice + fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

En la figura 82, se tienen las temperaturas del concreto fresco solo con microsilice, solo con fibras y de manera combinada, donde se deduce que al combinar de ambos elementos se tiene una sinergia sobre la temperatura, es decir aumenta aún más, que sus temperaturas individuales.

Tabla 32

Comparativo de los valores de slump para las diferentes adiciones de microsilice, fibras metálicas y microsilice + fibras metálicas

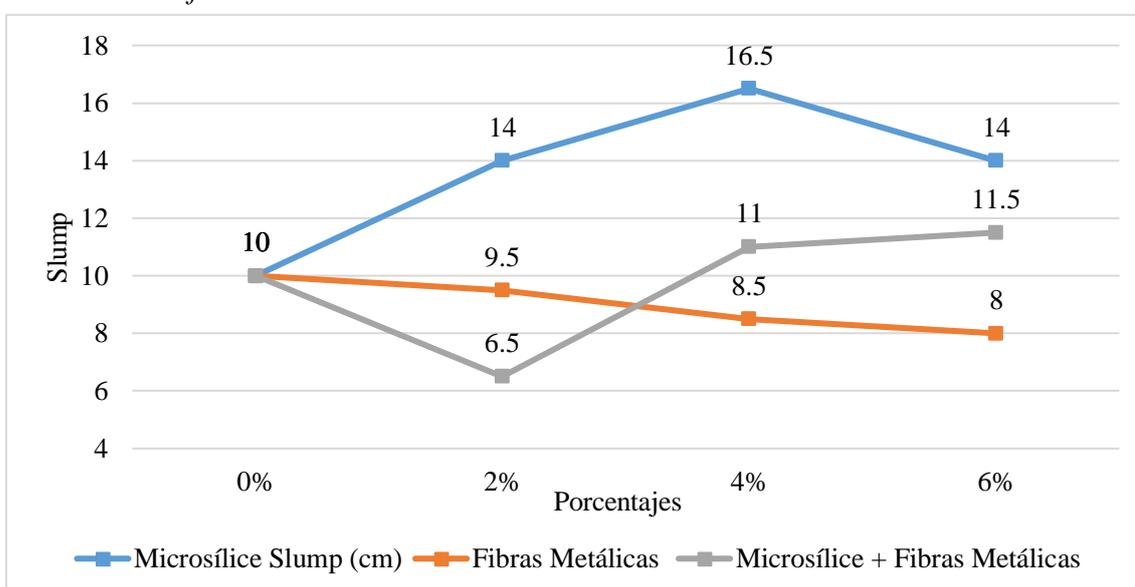
Porcentajes	Microsilice	Fibras Metálicas	Microsilice + Fibras Metálicas
Slump (cm)			
0%	10	10	10
2%	14	9.5	6.5
4%	16.5	8.5	11
6%	14	8	11.5

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 32, se muestra las temperaturas del concreto fresco para los diferentes porcentajes y elementos, donde al agregar solo microsíllice al concreto este tiende a hacer más trabajable al concreto, alcanzando su punto máximo con el 4%; a diferencia de las fibras metálicas que hacen que el asentamiento disminuya a medida que se adiciona este elemento, con respecto al slump patrón. Al incluir ambos elementos al concreto el slump presenta un comportamiento aleatorio es decir disminuye con el primer tratamiento, para luego tender a crecer con los demás porcentajes, superando sucesivamente al patrón.

Figura 83

Slump del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, incorporando microsíllice, fibras metálicas y microsíllice + fibras metálicas



Nota. Elaboración propia.

En la figura 83, se tienen las temperaturas del concreto fresco solo con microsíllice, solo con fibras y de manera combinada, se deduce de forma genérica que, al combinar de ambos elementos, estos tienden a presentar valores intermedios, es decir asentamientos superiores al de la fibras metálicas e inferiores a las del microsíllice.

3.4.2. Comparativo de la resistencia a compresión del concreto con microsílíce, fibras metálicas y combinación de microsílíce + fibras metálicas

Tabla 33

Comparativo de la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsílíce, fibras metálicas y microsílíce + fibras metálicas a los 14 días

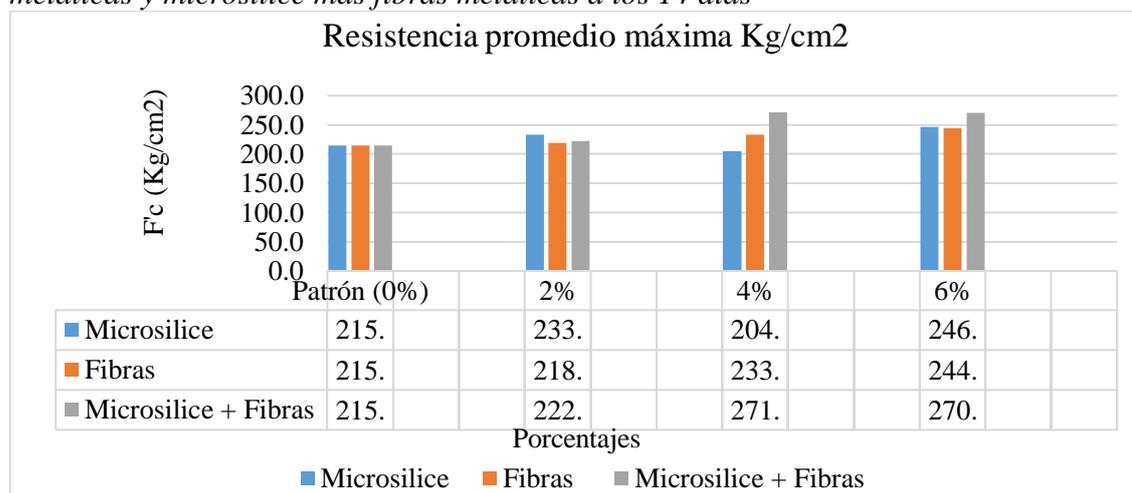
Porcentajes	Microsílíce	Fibras metálicas	Microsílíce + Fibras metálicas
Patrón (0%)	215	215	215
2%	233.4	218.7	222.3
4%	204.9	233.1	271.1
6%	246.5	244	270.5

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 33, se tiene la resistencia a compresión del concreto los 14 días para las diversos porcentajes y elementos, donde para la inclusión de microsílíce presenta mejores resultados que el que las fibras, es decir que mientras que con el 4% de fibras se logra alcanzar un valor, el microsílíce lo alcanzo con el 2%, así sucesivamente, de otro lado al combinar microsílíce con fibras, se logra tener resistencias superiores desde el 4% en adelante.

Figura 84

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsílíce, fibras metálicas y microsílíce más fibras metálicas a los 14 días



Nota. Elaboración propia.

En la figura 84, se tiene la resistencia a compresión del concreto los 14 días para las diversos porcentajes y elementos, donde se deduce que al combinar de ambos elementos se tiene una sinergia sobre la resistencia, es decir aumenta aún más, que sus temperaturas individuales, después del 4%.

Tabla 34

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsilíce, fibras metálicas y microsilíce más fibras metálicas a los 28 días

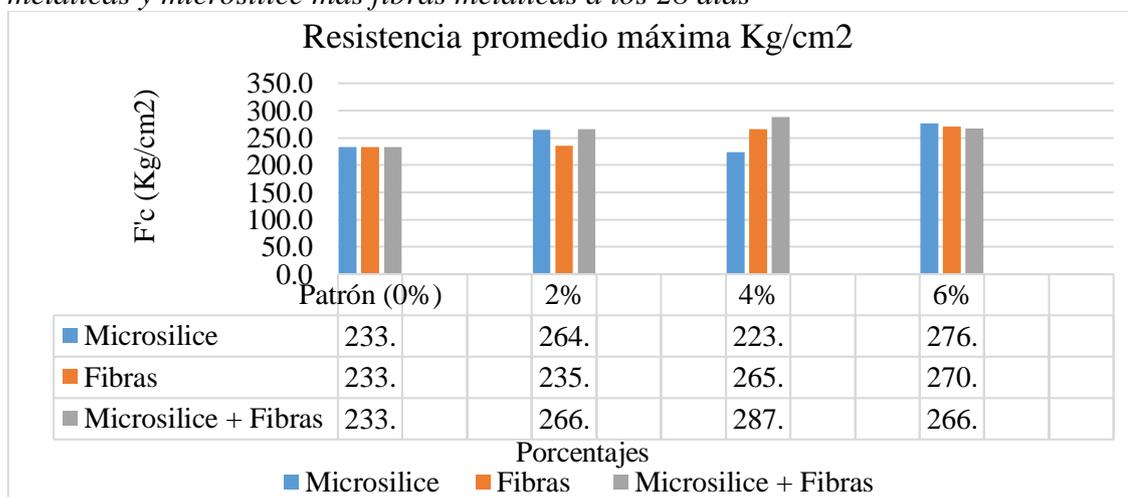
Porcentajes	Microsilíce	Fibras metálicas	Microsilíce + Fibras metálicas
Patrón (0%)	233.1	233.1	233.1
2%	264.9	235.3	266.2
4%	223.2	265.4	287.8
6%	276.3	270.4	266.5

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 34, se tiene la resistencia a compresión del concreto los 28 días para las diversos porcentajes y elementos, donde al adicionar microsilíce, este logra presentar resistencias altas desde el primer tratamiento, luego aumentando solo de manera leve para los demás porcentajes, siendo lo contrario para las fibras que tiene un aumento bajo para el primer porcentaje, incrementándose de manera considerable para el 4% hasta el 6%. Al final las resistencias de ambos elementos con el 6% fueron idénticas. Sin embargo, al combinar microsilíce con fibras, se logra tener resistencias superiores con el 2% y 4%

Figura 85

Resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al incorporar microsilíce, fibras metálicas y microsilíce más fibras metálicas a los 28 días



Nota. Elaboración propia.

En la figura 85, se tiene la resistencia a compresión del concreto los 28 días para las diversos porcentajes y elementos, donde se deduce que al combinar de ambos elementos se tiene una sinergia sobre la resistencia, es decir aumenta aún más, que sus resistencias individuales, son con el 2% y 4%, siendo este último porcentaje que maximiza los valores.

IV. DISCUSIÓN

Entre las propiedades físicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² al adicionar microsílíce en porcentaje de 0%. 2% 4% y 6%, se tuvo un asentamiento de 10, 14, 16.5 y 14 cm, lo cual evidencia un aumento progresivo del slump, es decir este elemento hace trabajable al concreto llegando a un asentamiento máximo con el 4%; además la temperatura tiende a crecer respecto de la muestra patrón, no llegando a sobrepasar la temperatura máxima del concreto en estado fresco, es decir de 32°C. Estos resultados difieren en cierta forma con Alvansaz et al. (2022) en su artículo que tuvo como objetivo estudiar la Incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC), donde tuvo que el asentamiento para el 0%, 0.75%, 1.5%, 3% de sílice fue de 22, 19.50, 19 y 18cm, es decir tendieron a disminuir, sin embargo; Nia y Shafei (2024) refieren que, en su habitualidad, la adición de microsílíce reduce su trabajabilidad de las mezclas probadas, haciéndolas menos fluidas. Sin embargo, otros resultados de la literatura no se alinean con esta observación, indicando que estos valores pueden variar a una disminución o aumento, y esto debido a las reacciones que puedan producir, los compuestos del agua, agregados entre otros. De otro lado el aumento de la temperatura se debe al alto contenido de alúmina y sílice del microsílíce, lo cual aumenta la concentración aún más del humo de sílice, del que ya posee el cemento, formando más geles aluminosilicato de calcio, lo que da como resultado un aumento de la temperatura, de la resistencia a la compresión y la densidad (Pratap, 2024). La resistencia a compresión promedio del concreto $f'c=210$ kg/cm² al adicionar microsílíce en 0%. 2% 4% y 6%, a la edad de 14 días fue de 215, 233.4, 204.9 y 246.5 kg/cm², lo cual serán para el 2% y 6% que las resistencias presentan aumentos significativos en 18.40kg/cm² y 31.5kg/cm²; la resistencia a los 28 días fue de 233.1, 264.9, 223.2 y 276.3kg/cm², lo cual indica que también serán con el 2% y 6% que se tienen incrementos considerables es decir en 31.8kg/cm² y 43.2kg/cm². En general serán con el 6% que el microsílíce logra maximizar el valor de la resistencia. Además, todas las resistencias promedio halladas, para las edades y diferentes sustituciones cumplen con porcentaje de desarrollo mínimo que se requiere, es decir del 90 % a los 14 días y del 100% a los 28 días. Se evidencia el incremento de la resistencia a compresión del concreto de manera significativa a medida que se adiciona el microsílíce en sus distintos porcentajes realizados, a excepción con el 4%. Estos resultados se discuten con Cajavilca y Calderon. (2022) en su tesis que tuvo como objetivo determinar el efecto de la adición

de microsíllice en las características físicas y mecánicas del concreto, Juliaca–Puno, donde tuvo que para las adiciones de 0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15% de microsíllice, la resistencia a compresión a los 14 días fue de 192.16, 197.87, 203.92, 200.51, 196.56 y 193.67 kg/cm² y a los 28 días de 217.40, 222.98, 228.48, 226.04, 223.04 y 221.47 kg/cm², estos resultados son semejantes al de nuestro estudio en el sentido que tienden a mejorar la resistencia del concreto, pero difiere ya que solo con el 4% de alguna manera la resistencia disminuye con respecto al patrón en nuestro estudio. A pesar de que los autores Cajavilca y Calderon. (2022), han incorporado microsíllice hasta en un 15%, han obtenido valores bajos, es decir que la resistencia del concreto a los 14 días, ni con el 15% han logrado alcanzar la resistencia obtenida con el 2% de nuestro estudio, sucediendo de la misma manera a la edad de 28 días. y esto se debe que la virtud del microsíllice, que radica en su reacción química no solo con los compuestos de sí mismo, sino con los elementos del concreto.

Al incluir en el concreto $f'_c=210$ kg/cm² fibras metálicas en porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6%, se tuvo asentamientos de 10, 9.5, 8.5 y 8 cm, lo cual evidencia una disminución con respecto a la muestra patrón a medida que se incrementa las fibras metálicas; además la temperatura tiende a crecer respecto de la muestra patrón, pero levemente, es decir las fibras no generan cambios en la temperatura del concreto. Según Faris et al. (2021) en su estudio comparación de la adición de fibras de acero rectas y con gancho en el hormigón geopolimérico sobre las propiedades físicas y mecánicas, obtuvo también que las fibras de acero en el concreto tienden a reducir la trabajabilidad del hormigón. Es decir, el asentamiento del hormigón disminuirá significativamente cada vez más, y esto es debido que las fibras, forman en la matriz del concreto, el llamado entrelazado, no dando posibilidad a que los áridos se separen. Además, refiere el autor que en su habitualidad estas las fibras no se suelen presentar efectos sobre la temperatura del concreto lo cual es concordante con nuestro estudio. Otro factor que influye en que las fibras tiendan a reducir el asentamiento es la geometría y la forma de las fibras que influye en la trabajabilidad del hormigón; es decir que la longitud de 5cm usadas en el presente estudio, es suficiente para tener un efecto sobre el slump. La resistencia a compresión promedio del concreto $f'_c=210$ kg/cm² al adicionar fibras metálicas, a la edad de 14 días fue de 215, 218.7, 233.1 y 244 kg/cm²; indicando aumentos progresivos a medida que se adicionan fibras, estadísticamente siendo significativos solo para el 4% y

6% de fibras, logrando alcanzar una resistencia máxima con el 6%, es decir un aumento en 29kg/cm². A los 28 días la resistencia fue de 233.1, 235.3, 265.4 y 270.4 kg/cm², presentando el mismo comportamiento que la resistencia a los 14 días, alcanzando un aumento máximo de 37.3kg/cm² con respecto al patrón con el 6% de fibra. Asimismo, todas las resistencias promedio halladas, para las edades y diferentes sustituciones cumplen con porcentaje de desarrollo mínimo también, para las diferentes edades evaluadas. Se evidencia el incremento de la resistencia a compresión del concreto de manera significativa a medida que se adiciona las fibras metálicas en sus distintos porcentajes, siendo numérico para el 2% y significativos para el 4% y 6%. Juárez et al. (2023) en su estudio que tuvo como fin utilizar fibras de acero reciclado para mejorar el comportamiento estructural del pavimento rígido, tuvo que para las adiciones de 0kg/m³, 7.62kg/m³, 15.24kg/m³ y 22.86kg/m³ de fibras, la resistencia a compresión a los 14 días fue de 185.59, 194.88, 198.97 y 202.99kg/cm²; para la edad de 28 días fue de 221.43, 241.92, 246.62 y 253.04kg/cm²; lo cual concuerda con nuestro estudio en cierta forma, puesto que las fibras también tienden a aumentar la resistencia del concreto. En nuestro estudio se adicionó fibras en 0%. 2% (9.2kg/m³), 4% (18.40kg/m³) y 6% (27.6kg/m³), es decir estas cantidades son aleatorias con las de Juárez et al., por lo que los resultados deberían tener una forma lógica y sucesiva, lo cual no sucede, es decir la resistencia a los 14 días para 7.62kg/m³ de fibras obtenido por Juárez et al. debería estar entre los valores del 0% y 2% (9.2kg/m³) de nuestro estudio; y así para todas sus demás adiciones. Y esto podría deberse a que las fibras más cortas son más eficientes que las fibras más largas, como lo sucedido en nuestro estudio que fue de 5cm y la de Juárez et al. superiores. Es deducible que las fibras pueden seguir aumentando la resistencia del concreto después del 6%

Al incluir de manera combinada el microfibrado + fibras metálicas en el concreto $f'_c=210$ kg/cm², en porcentajes de 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM, se tuvo asentamientos de 10, 6.5, 11 y 11.5 cm, lo cual evidencia una disminución con el primer tratamiento, sin embargo para el 4%M+4%FM y 6%M+6%FM, tiende a incrementarse en 1 y 1.5cm con respecto a la muestra patrón; además la temperatura tiende a crecer respecto de la muestra patrón, llegando casi hasta la temperatura máxima permitida del concreto, el valor fue de 31.5°C. A los 14 días, la resistencia a compresión promedio del concreto $f'_c=210$ kg/cm² al adicionar 0%M +

0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM, fue de 215.0, 222.3, 271.1 y 270.5 kg/cm²; evidenciado de manera general aumentos numéricos progresivos, sin embargo, estadísticamente con el primer tratamiento no existe variaciones significativas con respecto al patrón, existiendo solo con el 4%M+4%FM y 6%M+6%FM, además siendo los valores de estos iguales estadísticamente. A los 28 días las resistencias fueron de 233.1, 266.2, 287.8 y 266.5 kg/cm², lo cual sugiere que aumentos representativos con el 2%M+2%FM y 4%M+4%FM, comparándolo con la resistencia patrón. Tanto para las edades 14 y 28 días el concreto logra sus máximos valores con el 4%M+4%FM. De otro lado todas las resistencias promedio halladas, para las edades y diferentes sustituciones cumplen con porcentaje de desarrollo mínimo que se requiere. No se presentan estudios de combinación de microsílíce y fibra en las mismas cantidades, pero sí distintas como la de Accilio y Chancas (2020) en su estudio que tuvo como objetivo evaluar el concreto $f'_c = 210$ kg/cm² agregando fibras de acero y microsílíce, Lima 2020, donde al adicionar al concreto de manera combinada los porcentajes de 0%FA + 0%M, 1%FA + 5%M, 1.5%FA + 7.5%M y 2%FA + 10%M, se tuvo que, a los 14 días de 253, 267, 306 y 310kg/cm² y a los 28 días de 297, 308, 355 y 362kg/cm², estos datos resultan coherentes con los encontrados en nuestro estudio puesto que la combinación de fibras + microsílíce, sí logran incrementar las propiedades. Además, demuestra que la combinación de productos es un potencial de las propiedades del concreto

Al comparar la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210$ kg/cm², adicionando microsílíce, con los valores obtenidos de las fibras metálicas tenemos que, tanto para la edad de 14 días y 28 días, con el primer tratamiento de microsílíce al concreto rápidamente logra tener aumentos significativos, sin embargo al incluir en porcentajes más altos, es decir en 4% y 6% la resistencia tiende a aumentar levemente; sucediendo lo contrario con las fibras metálicas que tiene aumentos bajos con el 2% y a medida que incrementan las cantidades las resistencias aumentan de manera significativa; en forma concluyente se tienen que mientras que con el 4% de fibras se logra alcanzar un valor, el microsílíce lo alcanza con el 2%; a pesar de esto al final con el 6% las resistencias tienden a ser muy similares. Comparando la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210$ kg/cm², adicionando de manera combinada Microsílíce + Fibras metálicas con sus resistencias individuales a los 14 días tenemos que, con el 2% el microsílíce alcanza un aumento de 31.8kg/cm², las fibras de 2.2kg/cm² y al combinarlos en 33.1kg/cm² con

respecto al patrón, siendo con las combinación que se logran mejores resultados; para el porcentaje del 4%, el microsílce tiene un efecto negativo con respecto al patrón, sucediendo lo contrario con las fibras que tiene un aumento en 32.3kg/cm², y de 54.7kg/cm² para la combinación; y finalmente con el 6%, el microsílce tuvo aumento en 43.20kg/cm², las fibras en 37.40kg/cm² y para la combinación aumentó en 33.4kg/cm². De manera deductible existe una sinergia Microsílce y Fibras metálicas con los porcentajes de 2% y 4%, sobre la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, es decir existe un rendimiento mayor combinando Microsílce + Fibras metálicas, que de manera individual. En forma general el estudio concuerda Li et al. (2024). Puesto que refiere que mediante la incorporación sinérgica de fibras metálicas y microsílce, su estudio preparó con éxito un concreto de alta resistencia y alta tenacidad con una resistencia a la compresión superior a 90 MPa, que no se logró superar al incluir estos elementos de manera individual. Todo lo mencionado se relaciona con lo mencionado por Aisheh et al. (2022) refiriendo que las fibras mejoran sustancialmente la resistencia al impacto y la ductilidad del concreto, además de controlar fisuras y grietas. Y el microsílce desempeña un papel vital en el fortalecimiento de las características mecánicas y a largo plazo, ya que su tamaño de partícula fina y propiedades puzolánicas le permiten empaquetarse densamente dentro de la matriz, llenando huecos y espacios porosos. Esto da como resultado una microestructura más impermeable, disminuyendo la absorción de agua en el concreto, es así que estas características han sido demostradas en plazos específicos, faltando evaluar su comportamiento en el tiempo, se deduce la confirmación del potencial sinérgico del refuerzo de fibra y microsílce en la resistencia del concreto. Por primera vez, obtuvimos nuevos conocimientos fundamentales sobre la formación de la microestructura del hormigón reforzado con fibra con un aditivo ligero de sílice micro nanomodificado y desarrollamos ideas sobre el trabajo conjunto de piedra de cemento nanomodificada con fibra dispersa en hormigón ligero reforzado con fibra con un mayor coeficiente de calidad estructural.

De la hipótesis planteada, que si la sinergia del microsílce y fibras metálicas sobre la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, será 10% más, que sus efectos individuales, Jaén – 2024, se tiene que a los 14 días solo con microsílce el concreto logra su máximo aumento en 14.65% con respecto al patrón, las fibras en 13.48% y al combinar microsílce + fibras aumenta en 26.09%; es decir que la sinergia de microsílce + fibras

aumenta en más del 10% la resistencia que su efectos individuales; sin embargo a los 28 días la resistencia del concreto al adicionar microsílíce logra un aumento máximo en 18.53%, con fibras de 16.00% y de manera combinada en 23.46%, lo cual es último no es 10% más que sus aumentos individuales. Por ende, la hipótesis se cumple parcialmente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² al adicionar microsílíce en los porcentajes de 0%. 2% 4% y 6%, a los 14 días fueron 215, 233.4, 204.9 y 246.5 kg/cm²; y a los 28 días se obtuvieron 233.1, 264.9, 223.2 y 276.3kg/cm². Siendo con el 6% que presenta su máximo aumento de la resistencia.
- La resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² al adicionar fibras metálicas en los porcentajes de 0%. 2% 4% y 6%, a los 14 días fueron 215, 218.7, 233.1 y 244 kg/cm²; y a los 28 días se obtuvieron 233.1, 235.3, 265.4 y 270.4 kg/cm². Siendo con el 6% que presenta su máximo aumento de la resistencia.
- Los resultados de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² al adicionar de manera combinada microsílíce + fibras metálicas en los porcentajes de 0%M + 0%FM, 2%M+2%FM, 4%M+4%FM y 6%M+6%FM, a los 14 días fueron 215.0, 222.3, 271.1 y 270.5 kg/cm²; y a los 28 días se obtuvieron 233.1, 266.2, 287.8 y 266.5 kg/cm². Siendo con el 4% que presenta su máximo aumento de la resistencia.
- Al comparar la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm², adicionando solo microsílíce, solo fibras metálicas y de manera combinada Microsílíce + Fibras metálicas, se tuvo que existe una sinergia del Microsílíce y Fibras metálicas con los porcentajes de 2% y 4%, sobre la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm², es decir existe un rendimiento mayor combinando, que individual.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda evaluar las propiedades del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, empleando nano sílice y establecer diferencias con la presente investigación, en referencia al microsilice.
- Se recomienda evaluar las propiedades del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, empleando fibras de longitudes inferiores de 5cm y establecer diferencias con el presente estudio, en referencia con las fibras empleadas.
- Se recomienda experimentar porcentajes mayores del 6% de fibras metálicas combinado con el 6% de microsilice, puesto que las fibras influyeron mejorando las propiedades del concreto con incremento en la resistencia significativamente.
- Se recomienda emplear la dosificación de 4%M+4%FM., puesto que el porcentaje en mención presentó un comportamiento esencial en la mezcla del concreto, conllevando a un aumento fundamental en la resistencia a la compresión.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accilio Alvarado, Y. y Chancas Quispe, T. (2020). *Evaluación del concreto $F'c= 210$ kg/cm² agregando fibras de acero y microsílíce*, Lima 2020 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57350>
- Alban, G. P., Arguello, A. E. y Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860/1363>
- Alvansaz, M. F., Bombon, C. y Rosero, B. (2022). Estudio de la Incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC). *INGENIO*, 5(1), 12-21. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/INGENIO/article/view/3786>
- Aisheh, Y. I. A., Atrushi, D. S., Akeed, M. H., Qaidi, S., & Tayeh, B. A. (2022). Influence of steel fibers and microsilica on the mechanical properties of ultra-high-performance geopolymer concrete (UHP-GPC). *Case Studies in Construction Materials*, 17, 01245. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509522003771>
- Arias Gómez, J., Villasís-Keever, M. y Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista alergia México*, 63(2), 201-206. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Arroyo Arce, R. y Ruiz Mines, A. (2024). *Análisis de la resistencia del concreto $f'c 210$ kg/cm² usando fibra de yute con aditivo plastificante Sikament 290n*, Cajamarca 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35947>
- Beltran Bermudez, J. (2020). *Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto reforzado de resistencia de 3000 psi (21 Mpa), a partir de la implementación de fibras metálicas obtenidas de procesos industriales* [Tesis doctoral, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/24066/2020diegobeltran?sequence=17&isAllowed=y>
- Briones Chavez, J. y Romero Pereda, W. (2023). *Resistencia del concreto $f' c 210$ Kg/cm² con micro sílice (mSi) y nano sílice (Nano-SiO₂)*, Cajamarca–2022 [Tesis de

- pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/33928>
- Cajavilca Choquemamani, J. y Calderon Mamani, R. (2022). *Influencia de la adición de microsílíce en las propiedades físicas y mecánicas para mejorar el concreto, Juliaca–Puno* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110802>
- Castro Maldonado, J., Gómez Macho, L. y Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v27n75/0123-921X-tecn-27-75-140.pdf>
- Cuya Pillaca, E. T. (2022). *Fibras de acero reciclado de neumáticos y microsílíce en las propiedades del concreto $f'c= 210 \text{ Kg/Cm}^2$, para el uso en pavimento rígido, Av. La Victoria, distrito San Juan Bautista-Ayacucho-2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96032>
- Faghihmaleki, H., y Nazari, H. (2023). Estudio de laboratorio del efecto del metacaolín y la microsílíce en el rendimiento del hormigón de alta resistencia que contiene fibras Forta. *Advances in Bridge Engineering*, 4 (1), 11. <https://link.springer.com/article/10.1186/s43251-023-00091-4>
- Faris, M. A., Abdullah, M. M. A. B., Muniandy, R., Abu Hashim, M. F., Błoch, K., Jež, B., ... & Ghazali, M. F. (2021). Comparison of hook and straight steel fibers addition on malaysian fly ash-based geopolymer concrete on the slump, density, water absorption and mechanical properties. *Materials*, 14(5), 1310. <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/5/1310>
- Galvez Mejia, N. y Sanchez Fernandez, J. (2023). *Diseño de concreto con partículas PET y fibras de acero, en la calle Gregoria Hornez–Chirinos San Ignacio-Cajamarca 2023* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/142053>
- Garcia Leyva, I. y Gutierrez Roldan, L. (2022). *Adición de microsílíce en la resistencia del concreto en Trujillo, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

- Repositorio Institucional Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/106985>
- Ghazy, A., Bassuoni, MT, Maguire, E. y O'Loan, M. (2016). Propiedades de los morteros reforzados con fibra que incorporan nanosílice. *Fibers*, 4 (1), 6.
<https://www.mdpi.com/2079-6439/4/1/6>
- Huamán Changa, M., Rodríguez Gozar, T. y Díaz Garamendi, D. (2022). Comparación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional y el hormigón con fibras metálicas recicladas. *Gaceta Técnica*, 23(2), 23-37.
http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1856-95602022000200023&script=sci_arttext
- Juarez Viera, P., Sanchez Zapata, E. y De La Cruz Vega, S. (2023). Utilización de fibras de acero reciclado para mejorar el comportamiento estructural del pavimento rígido. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(120), 8-18.
http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-48212023000300008&script=sci_arttext
- Li, H., Jin, P., Yan, C., Zhang, N. y Li, L. (2024). Impacto de la fibra de polietileno y la microsílice en las propiedades de fractura del hormigón geopolímero de alta resistencia y alta tenacidad (HSHTGC). *Desarrollos en el entorno construido*, 18, 100399. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165924000802>
- Mamani Chura, M. (2023). *Análisis de la resistencia a la compresión y flexión de un concreto de $F' C = 245 \text{ KG/CM}^2$ con adición de fibra metálica Wirand FF3 para losas industriales* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Universidad Privada de Tacna.
<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3085>
- Mallco Calderon, N. y Huallpa Cuadros, L. (2022). *Influencia de la adición de las partículas de Nano Silice en las propiedades físico mecánicas del concreto de alto desempeño de resistencia a la compresión de $f' c = 280 \text{ kg/cm}^2$, en el distrito de Lircay-Angaraes-Huancavelica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Universidad Nacional de Huancavelica.
<https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/5010>
- Mucha-Hospinal, L., Chamorro-Mejía, R., Oseda-Lazo, M. y Alania Contreras, R. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Desafíos*, 12(1), 50-57.
<http://revistas.udh.edu.pe/index.php/udh/article/view/253e/23>

- Nia, S. B., & Shafei, B. (2024). Synergistic Effects of Nano and Micro Silica on Fresh and Hardened Properties of Self-Consolidating Concrete. *Case Studies in Construction Materials*, e03443. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509524005941>
- Núñez Martínez, V. y Yapuchura Condor, Y. (2019). *Diseño de mezcla con el método modelo de empaquetamiento compresible y uso del vidrio molido en concreto de alta resistencia, Huancavelica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/b8a564e8-3bbc-4090-b361-52a090f1afe3>
- Núñez Huaman, A. (2023). *Influencia de la incorporación de fibra de acero dramix® 5d 65/60 bg en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm en la ciudad de Jaén departamento de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6238>
- Pérez Espejo, R. J. (2024). *Comparación de la resistencia mecánica de un concreto de $f'c = 210$ kg/cm² con adiciones de fibras metálicas, no metálicas y naturales, usando agregados de la cantera El Gavilán en la ciudad de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6516>
- Piedra, J. A. y Manqueros, J. M. (2021). El muestreo y su relación con el diseño metodológico de la investigación. *Manual de temas nodales de la investigación cuantitativa. Un abordaje didáctico*, 81. <https://centro-investigacion-innovacion-educativa.bravesites.com/files/documents/306aa3ba-3be8-4e59-ab4d-51508f7513c6.pdf#page=82>
- Pratap, B. (2024). Analysis of the Synergistic Effects of Micro Silica on the mechanical and Durability Properties of Geopolymer Concrete Incorporating Phosphogypsum. *Journal of Building Engineering*, 109831. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710224013998>
- Roña Delgado, V. V. (2022). *Análisis comparativo del comportamiento mecánico y físico del concreto con adición de fibra plástica chema y sika, Jaén-2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103418>

Toroverero Saldaña, D. (2022). *Incorporación de fibra de acero en un concreto $F_c = 210$ kg/cm² para mejorar las propiedades físicas y mecánicas, Cajamarca-2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110204>

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por protegernos, darnos fuerzas y vida para conseguir este proyecto tan anhelado.

A nuestros padres, por el apoyo incondicional y ánimos en cada momento de este proceso educativo para lograr a ser un ingeniero civil.

A nuestro hermanos y amigos, por su apoyo incondicional, en cada momento de este trance de formación.

Bach. Jorge Junior Vásquez Acosta

Bach. Jorge Stani Cadena Piedra

DEDICATORIA

Este estudio está dedicado a Dios quien siempre ha sido nuestra guía en todo momento, nuestro protector y a quienes damos las gracias por otorgarnos salud en todo este tiempo. A nuestros padres y familiares quien con todo amor y apoyo incondicional en cada momento nos han permitido llegar a cumplir este anhelado objetivo.

Bach. Jorge Junior Vásquez Acosta

Bach. Jorge Stani Cadena Piedra

ANEXOS

Anexo 1

Operacionalización de variables

	Variables	Dimensiones	Indicador	unidad	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección de información
Variables Independientes	Microsílice + Fibras metálicas	Dosificación	0% M+0% FM	Kg	Observación	Ficha de recolección de datos
			2% M+2% FM			
	4% M+4% FM					
	6% M+6% FM					
	Microsílice	Dosificación	0.00%	Kg		
			2.00%			
Fibras metálicas	Dosificación	4.00%	Kg			
		6.00%				
		0.00%				
		2.00%				
Variable dependiente	Resistencia a compresión del concreto f'c=210kg/cm2	Propiedad mecánica	4.00%	Kg/cm2		Ficha de ensayo resistencia a compresión
			6.00%			
			Ensayo a compresión a los 14 y 28 días			

Nota. Elaboración propia.

