

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de  
algarrobo**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Gustavo Jenner Padilla Soriano**

**ASESOR**

**Evelyng Lorena Rios Villanueva**

<https://orcid.org/0000-0003-4690-7022>

**Chiclayo, 2026**

**Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con  
fibras de algarrobo**

PRESENTADA POR  
**Gustavo Jenner Padilla Soriano**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Ruben Eli Estrada Chunga  
PRESIDENTE

Jose Alberto Acero Martinez  
SECRETARIO

Evelyng Lorena Rios Villanueva  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis padres Anshelit y Jenner; a mis hermanos y a mi abuela Grimaldina. El apoyo constante fue la base para encaminarme inquebrantablemente hacia adelante y el amor incondicional que me dan será siempre mi mayor motivación para llevarles felicidad a nuestro hogar con mis acciones en esta vida. A ellos les debo quién soy y por ellos no me permitiré rendirme ante las dificultades que se me presenten. Gracias por estar ahí y por acompañarme en este largo camino; los amo.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por brindarme salud, fortaleza y por colocar oportunidades en mi camino para demostrar la persona que soy y brindarles felicidad a mis seres queridos. Gracias a mis hermanos Su Ann y Song Joo, por su cariño y comprensión durante este tiempo. Gracias a mi abuela Grimaldina, por estar presente en mi vida y por ser un ejemplo de esfuerzo para alcanzar mis metas.

# Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	19%
2	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.ufscar.br">repositorio.ufscar.br</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="https://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Trabajo del estudiante	<1%
10	<a href="https://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
11	<a href="https://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>17</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>18</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>19</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>22</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>22</b>
<b>Bases teóricas .....</b>	<b>24</b>
Concreto.....	24
Propiedades del concreto .....	27
Fibras en el concreto.....	28
Fibras naturales.....	28
Fibras de algarrobo (FA).....	29
Características del algarrobo .....	29
Normativas.....	29
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>30</b>
<b>Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>30</b>
<b>Diseño de investigación .....</b>	<b>30</b>
<b>Población, muestra y muestreo .....</b>	<b>30</b>
Población y muestra .....	30
<b>Criterios de selección .....</b>	<b>34</b>
<b>Operacionalización de variables .....</b>	<b>37</b>
<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>39</b>
<b>Procedimientos .....</b>	<b>39</b>
Adquisición de los materiales .....	39
Obtención y preparación de las fibras de algarrobos .....	39
Ejecución de ensayos físicos a los AF y AG .....	40
Caracterización física y química de las fibras de algarrobo .....	49

<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>64</b>
<b>Resultados de la caracterización física y química de la FA.....</b>	<b>64</b>
Medidas y Densidad de la fibra de algarrobo .....	64
<b>Resultados del ensayo de granulometría de los agregados.....</b>	<b>65</b>
Granulometría del agregado grueso .....	65
Granulometría del agregado fino .....	66
<b>Resultado del ensayo de pesos unitarios de los agregados.....</b>	<b>67</b>
Pesos unitarios seco suelto del AG .....	67
Pesos unitarios seco compactado del AG .....	68
Pesos unitarios seco suelto del AF.....	68
Pesos unitarios seco compactado del AF.....	68
<b>Resultados del ensayo de pesos específicos y porcentaje de absorción de los AG y AF</b> .....	<b>69</b>
Pesos específicos y porcentaje de absorción del AG .....	69
Pesos específicos y porcentaje de absorción del AF.....	69
<b>Resultados del ensayo de contenido de humedad de los AG y AF.....</b>	<b>70</b>
Ensayo de contenido de humedad del AG.....	70
Ensayo de contenido de humedad del AF .....	70
Realización del diseño de mezcla.....	70
<b><i>Incorporación de la FA en la mezcla del concreto .....</i></b>	<b>71</b>
<b>Resultados de los ensayos realizados al concreto .....</b>	<b>72</b>
Resultados del ensayo de RC del concreto .....	72
Resultados del ensayo de RT del concreto .....	75
Resultados del ensayo de RF del concreto .....	76
Resultados del ensayo de RS del concreto .....	77
Resultados de ensayo de reacción química de las probetas .....	87
Resultados del ensayo de asentamiento (slump) del concreto en estado fresco .....	87
Resultados del ensayo de densidad (peso unitario) del concreto en estado fresco .....	88

<b>Resultados de la evaluación económica entre el concreto común y el concreto con FA</b>	<b>90</b>
<b>Discusiones</b>	<b>95</b>
Las propiedades físicas y químicas de la FA	95
Trabajabilidad del concreto	95
Resistencia a compresión inicial	96
Resistencia a tracción	97
Resistencia a la flexión	97
Resistencia a los sulfatos	98
Reacción química	99
Densidad del concreto	99
Evaluación económica	100
<b>Conclusiones</b>	<b>101</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>102</b>
<b>Referencias</b>	<b>103</b>
<b>Anexos</b>	<b>106</b>
<b>Panel de ensayos de laboratorio</b>	<b>106</b>
<b>Panel de ensayos de laboratorio del agregado fino y agregado grueso</b>	<b>108</b>

## Lista de anexos

<i>Anexo 1: Ficha de validación de ensayos de laboratorio .....</i>	<b>106</b>
<i>Anexo 2: Ficha de validación de ensayos de laboratorio .....</i>	<b>107</b>
<i>Anexo 3: Ficha de ensayo de granulometría del agregado fino.....</i>	<b>108</b>
<i>Anexo 4: Ficha de ensayo de granulometría del agregado grueso .....</i>	<b>109</b>
<i>Anexo 5: Ensayo de contenido de humedad, agregado fino y grueso .....</i>	<b>110</b>
<i>Anexo 6: Ensayo de peso unitario del agregado fino .....</i>	<b>111</b>
<i>Anexo 7: Ensayo de peso unitario del agregado grueso .....</i>	<b>112</b>
<i>Anexo 8: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso.....</i>	<b>113</b>
<i>Anexo 9: Carta de autorización del ensayo de densidad de la fibra de algarrobo.....</i>	<b>114</b>
<i>Anexo 10: Ficha de ensayo de densidad de la fibra de algarrobo .....</i>	<b>115</b>
<i>Anexo 11: Fichas de cálculo del diseño de mezcla del concreto .....</i>	<b>116</b>
<i>Anexo 12: Ensayo de caracterización química de la fibra de algarrobo .....</i>	<b>123</b>
<b>Anexo 13: Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión al concreto patrón</b>	<b>124</b>
<b>Anexo 14: Resultados del ensayo de la resistencia a compresión con adición de 1% FA .....</b>	<b>125</b>
<b>Anexo 15: Resultados del ensayo de resistencia a compresión con adición de 2% FA..</b>	<b>125</b>
<b>Anexo 16: Resultados de ensayos de resistencia a compresión con adición de 3% FA .</b>	<b>127</b>
<b>Anexo 17: Resultados del ensayo de la resistencia a la tracción en el concreto patrón y al concreto con adiciones .....</b>	<b>128</b>
<b>Anexo 18: Resultados de ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón y al concreto con diferentes adiciones.....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo 19: Validación de ensayos de resistencia de sulfatos .....</b>	<b>130</b>
<b>Anexo 20: Resultados del ensayo de resistencia a los sulfatos en el concreto patrón ....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo 21: Resultados del ensayo de resistencia a los sulfatos con adición de 1%FA....</b>	<b>132</b>
<b>Anexo 22: Resultados del ensayo de resistencia de los sulfatos con adición del 2%FA.</b>	<b>133</b>
<b>Anexo 23: Resultados del ensayo de resistencia de los sulfatos con adición del 3%FA.</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 24: Certificado de registro de la propiedad industrial.....</b>	<b>135</b>

<b>Anexo 25: Certificación de calibración .....</b>	<b>137</b>
<b>Anexo 26: Resultados del ensayo de reacción química del concreto patrón con sus diferentes adiciones .....</b>	<b>140</b>

## Lista de tablas

<b>TABLA I CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO .....</b>	<b>24</b>
<b>TABLA II GRANULOMETRIA PARA AF .....</b>	<b>25</b>
<b>TABLA III GRANULOMETRÍA PARA AGREGADOS GRUESOS [15].....</b>	<b>26</b>
<b>TABLA IV MUESTRAS PARA MEDICIÓN DEL SLUMP Y TEMPERATURA DEL CONCRETO.....</b>	<b>31</b>
<b>TABLA V MUESTRAS DE ENSAYOS DE PESO UNITARIO .....</b>	<b>31</b>
<b>TABLA VI MUESTRAS DE ENSAYOS DE RC.....</b>	<b>31</b>
<b>TABLA VII MUESTRAS PARA ENSAYOS DE RT.....</b>	<b>32</b>
<b>TABLA VIII MUESTRAS PARA ENSAYOS DE RS.....</b>	<b>32</b>
<b>TABLA IX MUESTRAS PARA ENSAYOS DE RF.....</b>	<b>32</b>
<b>TABLA X MUESTRAS PARA ENSAYOS DE REACCIÓN QUÍMICA .....</b>	<b>33</b>
<b>TABLA XI TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>37</b>
<b>TABLA XII RESISTENCIA DE COMPRESIÓN REQUERID .....</b>	<b>51</b>
<b>TABLA XIII MEDIDAS Y DENSIDAD DE LA FIBRA DE ALGARROBO.....</b>	<b>64</b>
<b>TABLA XIV DATOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AG .....</b>	<b>65</b>
<b>TABLA XV DATOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AF.....</b>	<b>66</b>
<b>TABLA XVI PROMEDIO DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AG.....</b>	<b>67</b>
<b>TABLA XVII PROMEDIO DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AG .....</b>	<b>68</b>
<b>TABLA XVIII DATOS DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AF .....</b>	<b>68</b>
<b>TABLA XIX DATOS DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO .....</b>	<b>69</b>
<b>TABLA XX DATOS DEL ENSAYO PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AG .</b>	<b>69</b>
<b>TABLA XXI DATOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AF.....</b>	<b>69</b>
<b>TABLA XXII DATOS DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AG ...</b>	<b>70</b>
<b>TABLA XXIII DATOS DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AF... </b>	<b>70</b>

<b>TABLA XXIV RESISTENCIA DE COMPRESIÓN REQUERIDA .....</b>	<b>70</b>
<b>TABLA XXV DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO EN PESO .....</b>	<b>71</b>
<b>TABLA XXVI DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO EN VOLUMEN .....</b>	<b>71</b>
<b>TABLA XXVII CANTIDAD DE MATERIALES POR VOLUMEN DEL CONCRETO CON ADICIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>TABLA XXVIII RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC DE 0% FA CONCRETO PATRÓN.....</b>	<b>73</b>
<b>TABLA XXIX RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC DE 1% FA.....</b>	<b>73</b>
<b>TABLA XXX RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC DE 2% DE FA.....</b>	<b>74</b>
<b>TABLA XXXI RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC DE 3% DE FA .....</b>	<b>74</b>
<b>TABLA XXXII RC INICIAL DEL CONCRETO EN TODAS SUS VARIACIONES CON FA.....</b>	<b>75</b>
<b>TABLA XXXIII RESULTADOS DEL ENSAYO DE RT.....</b>	<b>75</b>
<b>TABLA XXXIV RT DEL CONCRETO EN TODAS SUS VARIACIONES CON FA... </b>	<b>76</b>
<b>TABLA XXXV RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF CON ADICIÓN DE FA .....</b>	<b>76</b>
<b>TABLA XXXVI RF DEL CONCRETO EN TODAS SUS VARIACIONES CON FA... </b>	<b>77</b>
<b>TABLA XXXVII RESULTADOS DEL ENSAYO DE RS AL CONCRETO PATRÓN</b>	<b>77</b>
<b>TABLA XXXVIII EXPANSIÓN ACUMULADA Y UNITARIA DEL CONCRETO PATRÓN.....</b>	<b>77</b>
<b>TABLA XXXIX RESULTADOS DEL ENSAYO DE RS AL CONCRETO CON ADICIÓN DE 1% FA .....</b>	<b>79</b>
<b>TABLA XL EXPANSIÓN ACUMULADA Y UNITARIA DLE CONCRETO CON ADICIÓN 1% FA.....</b>	<b>80</b>
<b>TABLA XLI RESULTADOS DEL ENSAYO DE RS AL CONCRETO CON ADICIÓN DE 2% FA .....</b>	<b>82</b>
<b>TABLA XLII EXPANSIÓN ACUMULADA Y UNITARIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN 2% FA.....</b>	<b>82</b>
<b>TABLA XLIII RESULTADOS DEL ENSAYO DE RS AL CONCRETO CON ADICIÓN DE 3% FA .....</b>	<b>84</b>
<b>TABLA XLIV EXPANSIÓN ACUMULADA Y UNITARIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN 3% FA.....</b>	<b>85</b>

<b>TABLA XLV RESULTADOS DE ENSAYO DE REACCIÓN QUÍMICA PARA CONCRETO PATRÓN Y SUS RESPECTIVAS ADICIONES DE FA .....</b>	<b>87</b>
<b>TABLA XLVI RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SEGÚN PORCENTAJE DE ADICIÓN .....</b>	<b>87</b>
<b>TABLA XLVII RESULTADOS DE LA DENSIDAD DEL CONCRETO PATRÓN MAS ADICIONES .....</b>	<b>88</b>
<b>TABLA XLVIII ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO PATRÓN (0%FA).....</b>	<b>90</b>
<b>TABLA XLIX ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 1% FA .....</b>	<b>91</b>
<b>TABLA L ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 2% FA ...</b>	<b>92</b>
<b>TABLA LI ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 3% FA .</b>	<b>93</b>
<b>TABLA LII COMPARACIÓN DE LA DIFERENCIA ECONÓMICA DE LOS CONCRETOS.....</b>	<b>94</b>

## Lista de figuras

Fig. 1. Obtención de los residuos de algarrobo de la empresa Bello Cantiere.....	39
Fig. 2. Corte para obtener la FA .....	40
Fig. 3. Pesado y cuarteo de la muestra de AG utilizado .....	41
Fig. 4. Tamizado del AG .....	41
Fig. 5. Pesos de la muestra de AG retenido en los tamices .....	42
Fig. 6. Pesado y lavado del AF.....	42
Fig. 7. Muestra húmeda colocada en el horno .....	43
Fig. 8. Pesos de la muestra del AF retenido en los tamices.....	43
Fig. 9. Peso del molde y del AG para el ensayo de peso unitario seco suelto .....	44
Fig. 10. Peso del molde y del AG para el ensayo de peso unitario compactado .....	44
Fig. 11. Peso del molde y del AF para el ensayo de peso unitario seco suelto.....	45
Fig. 12. Peso del molde y del AF para el ensayo de peso unitario seco compactado .....	45
Fig. 13. Muestra de AG saturada y peso de la canastilla .....	46
Fig. 14. Pesos de la muestra 01 de AG para ensayo de peso específico y absorción; antes de sumergir, sumergido y secado del horno.....	46
Fig. 15. Pesos de la muestra 02 de AG para ensayo de peso específico y absorción; antes de sumergir, sumergido y secado al horno.....	47
Fig. 16. Peso de la muestra de AF y peso de la fiola .....	47
Fig. 17. Introducción del agua y arena en la fiola, material dentro de la fiola y después de 24 horas .....	48
Fig. 18. Introducción del agua y arena en la fiola, material dentro de la fiola y después de 24 horas .....	48
Fig. 19. Peso de la muestra de AG; antes y después de meterlo al horno .....	48
Fig. 20. Peso de la muestra de AF, antes y después de meterlo al horno .....	49
Fig. 21. Procedimiento del ensayo de caracterización química.....	50
Fig. 22. Procedimiento del ensayo de trabajabilidad (slump) .....	52
Fig. 23. Medición del asentamiento para el concreto patrón .....	52
Fig. 24. Medición del asentamiento (slump) para el concreto con 1% FA.....	53

<b>Fig. 25. Medición del asentamiento (slump) para el concreto con 2% de FA.....</b>	<b>53</b>
<b>Fig. 26. Medición del asentamiento para el concreto con 3% FA.....</b>	<b>54</b>
<b>Fig. 27. Pesado de la muestra con concreto para ensayo de densidad.....</b>	<b>55</b>
<b>Fig. 28. Ensayo de densidad con 1% FA de adición al concreto .....</b>	<b>55</b>
<b>Fig. 29. Ensayo de densidad con 2% FA de adición.....</b>	<b>56</b>
<b>Fig. 30. Ensayo de densidad con 3% de fibra de algarrobo al concreto .....</b>	<b>56</b>
<b>Fig. 31. Procedimiento de elaboración de probetas cilíndricas de 20 cm x 10 cm de concreto .....</b>	<b>57</b>
<b>Fig. 32. Procedimiento de elaboración de probetas cilíndricas de 30 cm x 15 cm de concreto .....</b>	<b>57</b>
<b>Fig. 33. Colocación de muestra de concreto en la máquina para el ensayo de resistencia a compresión .....</b>	<b>58</b>
<b>Fig. 34. Esquema de tipos de fracturas.....</b>	<b>58</b>
<b>Fig. 35. Realización de probetas del ensayo de resistencia a la tracción .....</b>	<b>59</b>
<b>Fig. 36. Realización de moldes de vigas de concreto .....</b>	<b>60</b>
<b>Fig. 37. Realización del ensayo de la Resistencia a la flexión .....</b>	<b>61</b>
<b>Fig. 38. Diagrama de un dispositivo para ensayar a flexión vigas con cargas a los tercios .....</b>	<b>61</b>
<b>Fig. 39. Realización del ensayo de la resistencia a los sulfatos .....</b>	<b>62</b>
<b>Fig. 40. Realización del ensayo de reacción química.....</b>	<b>62</b>
<b>Fig. 41. Curva granulométrica del AG .....</b>	<b>66</b>
<b>Fig. 42. Curva granulométrica del agregado fino .....</b>	<b>67</b>
<b>Fig. 43. Comparación del asentamiento del concreto según cada porcentaje FA .....</b>	<b>88</b>
<b>Fig. 44. Densidades del concreto según cada porcentaje de adición.....</b>	<b>89</b>
<b>Fig. 45. Variación de longitud del concreto patrón.....</b>	<b>78</b>
<b>Fig. 46. Variación de longitud de la barra 2 del concreto patrón .....</b>	<b>78</b>
<b>Fig. 47. Variación de longitud de la barra 3 del concreto patrón .....</b>	<b>79</b>
<b>Fig. 48. Expansión promedio de las muestras del concreto patrón .....</b>	<b>79</b>
<b>Fig. 49. Variación de longitud del concreto con adición de 1% FA.....</b>	<b>80</b>

<b>Fig. 50. Variación de longitud de la barra 2 del concreto con adición de 1% FA.....</b>	<b>81</b>
<b>Fig. 51. Variación de longitud de la barra 3 del concreto con adición de 1% FA.....</b>	<b>81</b>
<b>Fig. 52. Expansión de promedio de las muestras del concreto con adición 1% FA .....</b>	<b>81</b>
<b>Fig. 53. Variación de longitud de la barra 1 del concreto con adición de 2% FA.....</b>	<b>83</b>
<b>Fig. 54. Variación de longitud de la barra 2 del concreto con adición de 2% FA.....</b>	<b>83</b>
<b>Fig. 55. Variación de longitud de la barra 3 del concreto con adición de 2% FA.....</b>	<b>84</b>
<b>Fig. 56. Expansión de longitud de las muestras del concreto con adición 2% FA .....</b>	<b>84</b>
<b>Fig. 57. Variación de longitud de la barra 1 del concreto con adición de 3% FA.....</b>	<b>85</b>
<b>Fig. 58. Variación de longitud de la barra 2 con adición de 3% FA.....</b>	<b>86</b>
<b>Fig. 59. Variación de longitud de la barra 3 con adición de 3% FA.....</b>	<b>86</b>
<b>Fig. 60. Expansión de longitud de las muestras del concreto con adición 3% FA .....</b>	<b>86</b>
<b>Fig. 61. Comparación de precios unitarios del concreto sin adición y del concreto con adición .....</b>	<b>94</b>

## Lista de ecuaciones

<i>Ecuación 1:</i> .....	40
<b>Ecuación 2:</b> .....	54
<b>Ecuación 3:</b> .....	58
<b>Ecuación 4:</b> .....	59
<i>Ecuación 5:</i> .....	72
<i>Ecuación 6:</i> .....	72
<i>Ecuación 7:</i> .....	72

## Resumen

La fibra de algarrobo (FA) podría ser usada en las construcciones por ser una alternativa para añadir resistencia en las estructuras, las FA tiene la finalidad de contribuir al conocimiento en el sector de la construcción. La presente investigación se centrará en la incorporación de fibras de algarrobo (FA) para evaluar las propiedades mecánicas del concreto con porcentajes de 1%, 2% y 3% del volumen del concreto. Inicialmente se realizaron pruebas de concreto en estado fresco, como la temperatura, densidad y asentamientos (slump) para cada porcentaje de las fibras de algarrobo (FA). Para eso, la longitud de cada fibra será de 2 cm – 3 cm. Asimismo, se realizaron ensayos de resistencias de compresión, resistencias de tracción, resistencia de flexión, resistencia a los sulfatos y reacción químicas. Los resultados que se obtuvo en los distintos ensayos aumentaron su resistencia en todas las muestras, siendo el 2% de FA la de mayor aumento seguida del 3% de FA.

**Palabras clave:** Fibra de Algarrobo, concreto simple, concreto con adición, fibras naturales, concreto, propiedades físicas – mecánicas.

### **Abstract**

Carob fiber (FA) could be used in constructions as an alternative to add strength to structures; FA is intended to contribute to knowledge in the construction sector. The present research will focus on the incorporation of carob fibers (FA) to evaluate the mechanical properties of concrete with percentages of 1%, 2% and 3% of the concrete volume. Initially, fresh concrete tests were carried out, such as temperature, density and slump for each percentage of carob fibers (FA). For this, the length of each fiber will be 2 cm - 3 cm. In addition, compressive strength, tensile strength, flexural strength, sulfate resistance and chemical reaction tests were carried out. The results obtained in the different tests increased the resistance in all the samples, being the 2% FA the one with the highest increase, followed by the 3% FA.

**Keywords:** Carob fiber, plain concrete, concrete with addition, natural fibers, concrete, physical and mechanical properties.

## Introducción

En el plano mundial, se ejecuta la producción de toneladas de concreto simple, equivalente a más de 10 mil millones. Este material está constituido habitualmente por una matriz de cemento, agua y agregados (ya sean finos o gruesos), y aditivos como acelerantes, retardantes y reductores, entre otros, el cual se ha utilizado ampliamente como material esencial en las distintas construcciones a nivel mundial [1]. Por ello, la mayor necesidad actual de las obras se basa en el mejoramiento de las resistencias mediante la incorporación de materiales que proporcione mejoras en las propiedades de dicho material, siendo este un método eficaz, ya que beneficia las estructuras, prolongando su periodo de vida útil, garantizando la seguridad en las construcciones ante condiciones climáticas, exposición a contaminantes químicos en el entorno, entre otros componentes que favorecen negativamente a la disminución de dicha resistencia de este material [2].

China, cuenta con un índice alto de acaparamiento en la industria de la construcción, por lo tanto, cuenta con un nivel de trabajo alto. Esta industria durante su desarrollo emplea cotidianamente la madera para revestimientos, carpintería, techos, u otros. Por ello, siempre existirá en gran escala la obtención de residuos de madera, los cuales no tienen un final eco amigable. Los residuos de la madera como los pequeños cortes y el aserrín pueden causar problemas medioambientales y en la salud. Por lo tanto, es necesario reorientar el uso de los residuos de la madera hacia opciones innovadoras, la mejor opción de reutilizar los residuos de madera e incorporándolos a base de cemento [3].

El sector de la industria de la madera del Perú, el censo del 2017 en comparación del año pasado, la madera experimentó esta vez una diferencia del 46,2%. Las empresas del Perú tienen una presencia importante, con un 96% de las microempresas enfocadas al manejo forestal, primera transformación y segunda transformación. En cambio, el 77% de las empresas fabricantes de madera se dedican a la fabricación de muebles, mientras que solo el 14,5% esta relacionada con el aserrín [3].

Actualmente, las fibras se encuentran incorporadas al concreto, estas se basan en materiales compuestos plásticos y cementosos, lo cual produce que rasgos mecánicos aumenten, entre ellas la resistencia a la compresión, flexión y tracción. En todo el mundo se venden distintos tipos de fibras como por ejemplo las fibras de madera (algarrobo, yute, etc.), fibras de vidrio, etc. La venta de fibras es beneficioso especialmente para los países con un desarrollo con economía atrasada [4].

Durante los últimos años se presenta continuamente la problemática la que se centra en el medio ambiente entorno al desarrollo de las empresas que suministran los residuos de madera

para satisfacer la demanda. Por lo tanto, este material se reutilizará para incorporarlo al concreto como fibras de madera (algarrobo), tendrá un enfoque simple para mejorar las resistencias mecánicas que contribuyen a la tenacidad tanto a compresión, flexión y tracción. Los estudios han revelado que incorporar fibras de madera aumenta las resistencias del concreto. De esta manera, se describen los mecanismos que explican claramente en cómo se desenvuelven las fibras de madera en el concreto [4].

La actual investigación se centrará en la incorporación de las fibras de algarrobo en la elaboración del concreto simple, estas fibras favorecerán a la mejora de los ensayos del concreto con el propósito de contribuir al conocimiento en el sector de la construcción explorando los beneficios donde las estructuras resulten ser más resistentes. Por esta razón, se planteó la siguiente pregunta:

¿En cuánto influye la incorporación de las fibras de algarrobo en el aumento de propiedades mecánicas en el concreto simple?

Se plantea la siguiente hipótesis: La incorporación de fibras de algarrobo en el concreto simple mejora sus propiedades mecánicas como la compresión, flexión y tracción.

Este estudio pretende complementar el conocimiento existente sobre el uso de fibras de algarrobos en el concreto y se puede utilizar como orientación en las investigaciones futuras [4].

En base a todo lo mencionado, el objetivo general de la actual investigación es demostrar que la incorporación de fibras de algarrobo en el concreto simple aumenta sus propiedades mecánicas del concreto. De esta forma, como parte del objetivo general se pretende los siguientes objetivos específicos: Caracterizar las propiedades físicas y químicas de las fibras de algarrobo, determinar la resistencia a la compresión para las muestras de concreto sin adición y para las muestras de concreto con adición de fibras de algarrobo, determinar la resistencia a la tracción para las muestras de concreto sin adición y para las muestras de concreto con adición de fibras de algarrobo, determinar la resistencia a la flexión para las muestras de concreto sin adición y para las muestras de concreto con adición de fibras de algarrobo, determinar la resistencia de sulfatos para las muestras de concreto sin adición y para las muestras de concreto con adición de fibras de algarrobo, determinar la reacción química para las muestras de concreto sin adición y para las muestras de concreto con adición de fibras de algarrobo, determinar la temperatura del concreto para las muestras sin adición y para las muestras que contengan adición de fibras de algarrobo, determinar los asentamientos del concreto para las muestras sin adición y para las muestras que contengan adición de fibras de algarrobo, determinar la densidad del concreto para las muestras sin adición y para las muestras que contengan adición

de fibras de algarrobo y determinar la diferencia de costos entre la elaboración de un concreto común y la elaboración de un concreto incorporando las fibras de algarrobo.

## Revisión de literatura

### *Antecedentes*

La investigación realizada por los autores Ahmad y Zhou, tiene por objetivo investigar las propiedades y estudios de diferentes tipos de fibras, utilizados en el concreto. Lo cual, analizan distintos métodos sobre incorporaciones de fibras naturales para el mejoramiento tanto las propiedades físicas o mecánicas. Asimismo, nuestra investigación ha demostrado que el uso de fibras naturales como adición al concreto busca solucionar el impacto ambiental a largo plazo en la industria de la construcción. Finalmente, la mayoría de los especialistas encontraron que las características del concreto se incrementan con la inscripción de fibras hasta un 1%, pero, al adicionar fibras reduciría las propiedades por la falta de trabajabilidad, se recomienda utilizar el 1% de fibras [5].

Por otro lado, la investigación realizada por los autores Tamanna, Raman, Jamil y Hamid, sobre el aumento de las construcciones a todo ello va incrementando en los materiales y cementos utilizados, para su fabricación del concreto. Por ende, este material como es el cemento incrementa su impacto negativo al medio ambiente, asimismo hay aplicaciones directamente beneficiosas que son necesarios para estos materiales, lo cual viene a ser las cenizas de residuos de madera que se obtienen de aserraderos y otras empresas que queman madera, por eso se busca optar por soluciones. Por consiguiente, estos residuos que son de madera buscan mejorar las propiedades adecuadas del concreto dado [6].

Según los autores Kammoun y Trabelsi en su investigación tiene como objetivo realizar un concreto eco amigable a partir de fibras de tuna y evaluar sus propiedades físico-mecánicas. Asimismo, este estudio se enfoca ciertamente en el impacto de la longitud de las fibras en el concreto, por lo cual utiliza el agua caliente como tratamiento de las fibras de tuna, con el fin de demostrar dichas propiedades físicas - mecánicas y térmicas, del material mencionado. De ello se obtuvo como resultados que, de acuerdo con la cantidad requerida de fibras de tuna utilizadas sobre concreto se logrará el mejoramiento de la tenacidad a la flexión del 170%, del mismo modo se evidencian mejoras en cuanto a la ligereza (hasta un 25% más ligero que el concreto convencional) y las propiedades térmicas (una reducción del 42% respecto a la conductividad térmica). Sin embargo, utilizar dicho recurso (tuna) aumenta la tenacidad a la compresión, el cual es apto incluso si el contenido de fibras de tuna es 15 kg/m<sup>3</sup>, y se incrementa las variaciones dimensionales sin acercarse al límite propuesto de los valores de retracción para el concreto [7].

Según el autor Hamada, existe un interés creciente en la viabilidad de los materiales de construcción, por lo cual el uso de fibras naturales son recursos renovables, y no solo contribuyen con el mejoramiento de las resistencias mecánicas, como por ejemplo la firmeza a la tracción y a la flexión, también favorece a la reducción de costos. La desventaja significativa de la fibra natural es su capacidad de absorber la humedad relativamente elevada, por lo tanto, reduce la adherencia del concreto y las fibras, afectando al rendimiento del concreto. A través del tratamiento físico y químico se puede mejorar la resistencia de envejecimiento de las fibras naturales. Una estrategia de mejoramiento productivo implica la utilización de fibras naturales para crear tejidos o fibras de celulosa [8].

Asimismo, la investigación realizada por Mansilla tiene como propósito comparar en como influyen las fibras de eucalipto en las condiciones mecánicas (resistencia a compresión o flexión), el resultado superior de tenacidad a la compresión, el concreto es susceptible a fisuraciones y fallar por fragilidad. Además, el recurso más viable para mitigar los daños es agregando fibras naturales. Por lo tanto, en comparación entre fibras sintéticas y fibras naturales, son los costos y el alto uso de la energía, las fibras naturales es la solución más razonable, principalmente teniendo en cuenta que las fibras naturales son residuos de las empresas industriales. Los resultados muestran que las propiedades mecánicas convencionales se reducen ligeramente y la trabajabilidad es aceptable, a diferencia de otras fibras [9].

Las fibras naturales cuentan con bajos costos lo cual impulsa a la industria de la construcción sea un campo sostenible ya que estas fibras tienen gran variedad de características donde su desempeño se basa en las condiciones físicas o mecánicas. Por eso, las fibras de beterraga cumplen un rol importante en el concreto porque modifica las propiedades mecánicas lo cual vuelve más resistentes a las estructuras. Por lo tanto, las fibras de beterraga pueden ser una oportunidad para usar atributos específicos en países que aún se están desarrollando, porque están al alcance en grandes cantidades [10].

La investigación realizada por el autor Franz, cuyo objetivo fue analizar la tenacidad a compresión del  $f'_c$  del concreto, específicamente cuando se añade ceniza de madera con los siguientes porcentajes 1%, 2% y 3%. Es un estudio aplicativo e interpretativo con métodos cuantitativos, donde se realizaron 36 probetas para adicionar las cenizas de virutas de madera en diferentes porcentajes, los cuales son 9 para 0%, 9 para 1%, 9 para 2% y 9 para 3%. Asimismo, la observación se utilizó como herramienta de registrar los datos, lo cual se contó con fichas técnicas que brinda el laboratorio de suelos. También se utilizó el programa de Excel en el que procesaron la información obtenida de los ensayos, dichos datos se demostraron a partir de gráficos y porcentajes. Por lo tanto, los datos obtenidos por cada ensayo (28 días)

fueron: 0% alcanzó una resistencia de 104.42%, para 1% obtuvo una resistencia de 112.88%, para 2% obtuvo una resistencia de 110.44%, para 3% obtuvo una resistencia de 106.21% [11].

### ***Bases teóricas***

#### ***Concreto***

La Norma E.060 se trata generalmente de un material compuesto por agua, cemento (portland u otros), agregados finos (AF) y agregados gruesos (AG). Asimismo, se puede agregar los aditivos o algún tipo de refuerzo como fibras [12].

#### **Composición del concreto**

- **Cemento**

Este tipo de material es muy esencial para las construcciones porque la composición del agua y otros materiales, formará una mezcla endurecida, alcanzando propiedades con muy buena resistencia [13].

La NTP 334.009, precisa al cemento portland elaborado por la micronización del Clinker, que consiste principalmente en silicato de calcio, dicho material incluye sulfato de calcio y posiblemente caliza como aditivo en el transcurso de la molienda [14]. Asimismo, se detallará los tipos y usos del cemento, los cuales son clasificados por la NTP 334.009 [14], se clasifican en:

TABLA I  
CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO

<b>TIPO</b>	<b>USOS</b>
Tipo I	Uso general
Tipo II	Uso general - moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación
Tipo III	Altas resistencias iniciales
Tipo IV	Bajo calor de hidratación
Tipo V	Alta resistencia a los sulfatos

- **Agregados**

En este caso, son componentes pequeños los cuales pueden ser escoria, arena, piedra o grava, asimismo, se emplea componentes con capacidad a endurecerse para formar el concreto [14].

Según la NTP 400.037, se refiere al grupo de componentes ya sean artificiales o naturales, quienes pueden ser elaboradas o fabricadas, dichas dimensiones se encuentran en la norma [15].

Se mostrará la tabla sobre los requerimientos de granulometría del AF, respecto a la NTP 400.037 [15]:

TABLA II  
GRANULOMETRIA PARA AF

<b>Tamiz</b>	<b>% pasa</b>
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
0,600 mm (No. 30)	25 a 60
0,300 mm (No. 50)	5 a 30
0,150 mm (No. 100)	0 a 10
0,075 mm (No. 200)	0 a 3

En los límites granulométricos agregados gruesos tendrá que cumplir las condiciones de la siguiente tabla según el tamaño respecto a la NTP 400.037 [15]

**TABLA III**  
**GRANULOMETRÍA PARA AGREGADOS GRUESOS [15]**

Huso	Tamaño máximo nominal	% pasa por los tamices normalizados														
		100 mm (4pulg.)	90 mm (3 1/2pulg.)	75 mm (3 pulg.)	63 mm (2 1/2pulg.)	50 mm (2 pulg.)		37.5 mm (1 1/2pulg.)	25.0 mm (1 pulg.)	19.0 mm (3/4 pulg.)	12.5 mm (1/2 pulg.)	9.5 mm (3/8 pulg.)	4.75 mm (N°.04)	2.36 mm (N°.08)	1.18 mm (N°.16)	300 mm (N°.50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in.)	100	90 a 100	-	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.)	-	-	100	-	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in.)	-	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 in. a N°4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 9 mm (1 1/2 a 3/4 in.)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	-	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 a N°4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 in a N°4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 in a N°4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in a N°4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-	-
8	9.5 mm a 2.56 mm (3/8 in a N°8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5	-
9	4.75 mm a 1.18 mm (N°4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	-

- **Agregados finos**

Estos agregados son partículas redondas y de texturas finas, se demostró que al mezclar se necesita poca agua. La dimensión de la partícula del agregado es fundamental por necesidad del agua [16].

- **Agregado grueso**

Muchas investigaciones demuestran que tiene una alta tenacidad a compresión con un dominante conjunto de cemento y poca relación de a/c. Por recomendación, dicho agregado se tiene que perseverar en lo mínimo [16].

- **Agua**

Este componente es muy significativo para el concreto, desempeña un rol muy sustancial sobre el fraguado del cemento, eso permite que el concreto obtenga su resistencia y endurezca [17].

- **Aditivos**

Según la NTP 334.001, se le incorpora al cemento en cantidades donde se requieran el uso necesario para el mejoramiento de las resistencias del concreto. Los ejemplos de aditivos pueden ser: reductores, retardadores, aceleradores, etc. [18].

### *Propiedades del concreto*

- **Concreto: Propiedades físicas.**

- ✓ **Manejabilidad o trabajabilidad**

Respecto al concreto (estado fresco), este punto es una característica, donde demuestra sobre su capacidad de transportar, posicionar, vibrar para una compactación y acabar sin segregación alguna. Se mide usando “cono de Abrams” o “Slump” [14].

- ✓ **Consistencia**

La consistencia es la expresión utilizada para detallar el estado líquido de una mezcla cuando está fresca, si fluye o no fluye, a eso se denomina contenido de humedad del estado de fluidez [14].

- ✓ **Plasticidad**

La plasticidad tiene la condición en el concreto de fácil moldear, pero cuando se retira del molde, la condición del concreto cambiará lentamente. Por lo tanto, no es posible tener en cuenta mezclas plásticas, ni líquidas y ni secas [14].

- ✓ **Segregación**

La desintegración de materiales o distribución uniforme de los elementos del concreto. Esto conlleva a las diferencias sobre el tamaño, mala calidad, mal transporte, mala vibración, etc. [14].

- ✓ **Exudación**

Propiedad donde separa el agua de la mezcla, por las diferentes densidades, tiende a elevarse a la superficie, se controla mediante aditivos [14].

✓ **Temperatura**

Es una propiedad que perjudican a los componentes que se emplean en el concreto, especialmente el contenido de aire y slump (asentamientos) [13].

• **Concreto:** Propiedades mecánicas - Estado endurecido.

✓ **Impermeabilidad**

Se define como la capacidad que tiene dicho material a la resistencia del agua u otros tipos de sustancias líquidas [13].

✓ **Resistencia a la compresión (RC)**

Se da cuando el concreto tiene por soportar la carga máxima antes de la compresión. Esta definición se aplica en concretos, aceros, adobe, etc. [13].

✓ **Resistencia a la flexión (RF)**

Es cuando la viga tiende a soportar la tensión máxima de la viga antes de que se agriete. Por ejemplo, la flexión existe en las vigas o losas [14].

✓ **Resistencia a la tracción (RT)**

Corresponde al material que puede soportar el resistencia máxima basado en la sección transversal [14].

✓ **Resistencia de Sulfatos (RS)**

La resistencia de sulfatos del concreto es muy compleja porque existen diversos mecanismos de ataque de los sulfatos que provocan la deterioración de las estructuras de concreto [19].

### ***Fibras en el concreto***

Son fibras que se le incorporan al concreto durante la mezcla, dichas fibras suelen ser cortas y disponibles en diferentes tamaños, formas y espesores [2].

### ***Fibras naturales***

Obtenidas de flora y fauna, las cuales son aptas para ser transformadas en hálales, como el algodón, lana, yute, entre otros. En comparación de las fibras comunes, las mencionadas al encontrarse en estado natural necesitan de un previo proceso de adecuación, dentro de dicho proceso se puede encontrar a la purificación o limpieza de la fibra para un mejor resultado [2].

### ***Fibras de algarrobo (FA)***

Las fibras de algarrobo se utilizan para fortalecer las propiedades mecánicas del concreto, dicho componente actúa como refuerzo al concreto, por lo cual resulta beneficioso para las pruebas de compresión, tracción y flexión, ya que requiere mayor resistencia en el concreto [2].

#### **¿Qué es el algarrobo?**

El algarrobo es proveniente del nombre científico *Prosopis alba*, este árbol es muy duradero y resistentes a la humedad, por lo tanto, son empleados en edificaciones. En nuestro país se centra la mayor parte de su producción, asimismo su producción se encuentra en el centro de Suramérica. Otro punto muy importante es que tienen muy buena resistencia a la tracción – flexión [20].

### ***Características del algarrobo***

- **Dureza**

Este tipo de madera es muy duradera y resistente, apta para ser utilizada en lugares donde requieran altas resistencias [20].

- **Resistencia a la humedad**

El algarrobo es absorbente del agua, por eso se aplica en estructuras que estén expuestas al agua [20].

- **Resistencia a la tracción – flexión**

Es una madera muy resistente, mayormente se emplean en columnas y vigas [20].

### ***Normativas***

Se detallará las normativas que se utilizarán en esta investigación:

- Normas Técnicas Peruanas (NTP).
- Norma E. 060 Concreto armado.
- ASTM C125.

## **Materiales y métodos**

### ***Tipo y nivel de investigación***

El tipo de investigación es experimental porque se utilizará un material con la manipulación deliberada de variable independiente, contrariamente a la hipótesis. En la variable dependiente se encontrará el estímulo donde estará de manera ausente y presenta, depende al tipo de muestras que se utilizará la variable independiente y algunas que no. Se evaluarán las características del concreto con proporción de FA en diferentes proporciones, asimismo, los datos conseguidos se compararán con un concreto simple sin adición de fibras de algarrobo.

### ***Diseño de investigación***

La actual investigación muestra un diseño experimental, ya que se optó por utilizar la variable independiente para el grupo experimental, asimismo, un grupo debe de ser el encargado de hacer el control en el que no se introducirá la variable independiente, para fines de tener un patrón como estándar de comparación.

### ***Población, muestra y muestreo***

#### ***Población y muestra***

La población y muestra del estudio de la presente investigación serán las 88 probetas y 24 ensayos de vigas elaboradas de concreto simple, los cuales estarán definidas por los siguientes ensayos: tenacidad a compresión, tracción, sulfatos, flexión y reacción química.

TABLA IV  
MUESTRAS PARA MEDICIÓN DEL SLUMP Y TEMPERATURA DEL CONCRETO

Numero de Mezclas para ensayos asentamiento del concreto y Temperatura				
Muestras	Cantidad de Fibras de madera (algarrobo)	Tandas Asentamiento (Slump)	Tandas temperatura C°	Total de tandas
Concreto patron	0%	1	1	<b>8</b>
Adición de Fibras de madera (Algarrobo)	1%	1	1	
	2%	1	1	
	3%	1	1	

*Fuente: Elaboración propia*

TABLA V  
MUESTRAS DE ENSAYOS DE PESO UNITARIO

Numero de Mezclas para ensayos de Peso Unitario			
Muestras	Cantidad de Fibras de madera (algarrobo)	Tandas	Total de tandas
Concreto patron	0%	1	<b>4</b>
Adición de Fibras de madera (Algarrobo)	1%	1	
	2%	1	
	3%	1	

*Fuente: Elaboración propia*

TABLA VI  
MUESTRAS DE ENSAYOS DE RC

Muestras para ensayos de Resistencia a Compresión							
Muestras	Cantidad de Fibras de madera (algarrobo)	f'c=210kg/cm2					Total de tandas
		3 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias	
Concreto patron	0%	3	3	3	3	3	<b>60</b>
Adición de Fibras de madera (Algarrobo)	1%	3	3	3	3	3	
	2%	3	3	3	3	3	
	3%	3	3	3	3	3	

*Fuente: Elaboración propia*

TABLA VII  
MUESTRAS PARA ENSAYOS DE RT

<b>Muestras para ensayos de Resistencia a la Tracción</b>			
<b>Muestras</b>	<b>Cantidad de Fibras de madera (algarrobo)</b>	<b>f'c=210kg/cm2</b>	<b>Total de tandas</b>
		<b>28 días</b>	
<b>Concreto patron</b>	0%	3	<b>12</b>
<b>Adición de Fibras de madera (Algarrobo)</b>	1%	3	
	2%	3	
	3%	3	

*Fuente: Elaboración propia*

TABLA VIII  
MUESTRAS PARA ENSAYOS DE RS

<b>Muestras para ensayos de Resistencia a los Sulfatos</b>			
<b>Muestras</b>	<b>Cantidad de Fibras de madera (algarrobo)</b>	<b>f'c=210kg/cm2</b>	<b>Total de tandas</b>
		<b>28 días</b>	
<b>Concreto patron</b>	0%	3	<b>12</b>
<b>Adición de Fibras de madera (Algarrobo)</b>	1%	3	
	2%	3	
	3%	3	

*Fuente: Elaboración propia*

TABLA IX  
MUESTRAS PARA ENSAYOS DE RF

<b>Muestras para ensayos de Resistencia a la Flexión</b>			
<b>Muestras</b>	<b>Cantidad de Fibras de madera (algarrobo)</b>	<b>f'c=210kg/cm2</b>	<b>Total de tandas</b>
		<b>28 días</b>	
<b>Concreto patron</b>	0%	3	<b>12</b>
<b>Adición de Fibras de madera (Algarrobo)</b>	1%	3	
	2%	3	
	3%	3	

*Fuente: Elaboración propia*

TABLA X  
MUESTRAS PARA ENSAYOS DE REACCIÓN QUÍMICA

<b>Muestras para ensayos de Reacción Química</b>			
<b>Muestras</b>	<b>Cantidad de Fibras de madera (algarrobo)</b>	<b>f'c=210kg/cm2</b>	<b>Total de tandas</b>
		<b>28 dias</b>	
<b>Concreto patron</b>	0%	1	<b>4</b>
<b>Adición de Fibras de madera (Algarrobo)</b>	1%	1	
	2%	1	
	3%	1	

*Fuente: Elaboración propia*

### *Crterios de seleccin*

En esta investigacin se aplicar un muestreo intencional basado en algunas perspectivas subjetivas o no probabilsticos. Lo cual, se seleccionar muestras basndose en experiencia de estudios anteriores, mediante el conocimiento de la poblacin y de su comportamiento en relacin con las caractersticas especficas de la investigacin. La finalidad es garantizar la autenticidad de las muestras proporcionadas, por eso se optó por revisar muestras de estudios de diferentes artculos.

Por lo tanto, se le adicionar 3 porcentajes al concreto, esos son, 1%, 2% y 3%. Por lo cual, se eligieron esos porcentajes respecto a los estudios realizados en los antecedentes, ya que al agregarle dichas proporciones al concreto mejorar su resistencia. Asimismo, se tomó en cuenta que la fibra de algarrobo se tiene que adicionar en pequeas proporciones para obtener resultados que beneficien en las propiedades mecnicas, ya que segn estudios la madera en mayor proporcin puede absorber agua del concreto. Se concluy, que por experiencia y basndome en los estudios de los antecedentes se utilizarán los porcentajes del inicio: 1%, 2% y 3%; dicho eso se mencionar algunos antecedentes:

- La investigacin realizada por los autores Ahmad y Zhou, tiene por objetivo investigar las propiedades y estudios de diferentes tipos de fibras, utilizados en el concreto. Lo cual, analizan distintos mtodos sobre incorporaciones de fibras naturales para el mejoramiento tanto las propiedades fsicas o mecnicas. Asimismo, nuestra investigacin ha demostrado que el uso de fibras naturales como adicin al concreto busca solucionar el impacto ambiental a largo plazo en la industria de la construccin. Finalmente, la mayora de los especialistas encontraron que las caractersticas del concreto se incrementan con la adiciones de fibras hasta un 1%, pero, al adicionar fibras reduciría las propiedades por la falta de trabajabilidad, se recomienda utilizar el 1% de fibras [5].
- Segn el autor Hamada, existe un inters creciente en la viabilidad de los materiales de construccin, por lo cual el uso de fibras naturales son recursos renovables, y no solo contribuyen con el mejoramiento de las resistencias mecnicas, como por ejemplo la tenacidad a la traccin y a la flexin, tambin favorece a la reduccin de costos. La desventaja significativa de la fibra natural es su capacidad de absorber la humedad relativamente elevada, por lo tanto, reduce la adherencia del concreto y las fibras, afectando al rendimiento del concreto. A travs del tratamiento fsico y qumico se puede mejorar la resistencia de envejecimiento de las fibras naturales.

Una estrategia de mejoramiento productivo implica la utilización de fibras naturales para crear tejidos o fibras de celulosa [8].

- Las fibras naturales cuentan con bajos costos lo cual impulsa a la industria de la construcción sea un campo sostenible ya que estas fibras tienen gran variedad de características donde su desempeño se basa en las características físicas o mecánicas. Las fibras de beterraga cumplen un rol importante en el concreto porque modifica las características mecánicas lo cual vuelve más resistentes a las estructuras. Por lo tanto, las fibras de beterraga pueden ser una oportunidad para usar atributos específicos en países que aún se están desarrollando, porque están al alcance en grandes cantidades [10].
- La investigación realizada por el autor Franz, este estudio es analizar la tenacidad a compresión del  $f'c$  del concreto, específicamente cuando se añade ceniza de madera con los siguientes porcentajes 1%, 2% y 3%. Es un estudio aplicativo e interpretativo con métodos cuantitativos, donde se realizaron 36 probetas para adicionar las cenizas de virutas de madera en diferentes porcentajes, los cuales son 9 para 0%, 9 para 1%, 9 para 2% y 9 para 3% [11].

Se utilizará la resistencia mínima de  $f'c = 210kg/cm^2$  para todas las muestras con diferentes porcentajes respecto con las características mecánicas, los cuales son RC, RT y RF.

Según la NTP 339.034 tanto para el ensayo de la RC y las muestras de especímenes cilíndricas, se decidió utilizar el mínimo de especímenes de 3 respecto a porcentaje/edad, para la comprobación de diseño de mezcla y para porcentaje/tiempo se utilizará 3 especímenes [21].

Para el ensayo de la RT nos guiaremos de la NTP 339.084, sobre el procedimiento y del número de especímenes cilíndricas, se decidió a utilizar el mínimo de 3 especímenes [22].

Según la NTP 339.078 tanto para el estudio de la RF y los especímenes de moldes de vigas, se decidió utilizar 3 especímenes [23].

En el ensayo de resistencia de sulfatos nos guiaremos de la NTP 334.094, los especímenes cilíndricos, se decidió utilizar 3 especímenes para ver el tema de resultados por si presenta alguna falla [19].

Para el ensayo de la reacción química se hizo 3 ensayos (Cloruros, sulfatos y sales solubles tanto a la probeta patrón y con sus respectivas adiciones, para eso nos guiaremos de las siguientes normas: NTP 400.042 [24] y NTP 339.152 [25].

Según la NTP 339.046 la densidad se determinará para cada tanda de concreto fresco, en total se tendrá 4 tandas [26].

Para el ensayo de asentamiento (Slump) nos guiamos de la NTP 339.035 nos indica lo siguiente; para hallar el asentamiento del concreto se hará un ensayo por cada porcentaje, obteniendo un total de 4 tandas [27].

De la misma forma, para la temperatura se determinará por cada tanda del concreto fresco, en total 4 tandas, según la NTP 339.184 [28].

## Operacionalización de variables

TABLA XI  
TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	RANGO DE APLICACIÓN	MÉTODO DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b>	Fibras de algarrobo	Propiedades físicas	Cantidad de Fibra de algarrobo	gr	0%	Balanza
					1%	
					2%	
					3%	
			Densidad	gr/cm3	1.154	NTP 334.005 - 2011
		Propiedades químicas	Reacción Química	gr/cm3	-	NTP 400.042 NTP 339.152
		Dosificación	% en peso % en volumen	%	-	Diseño de mezcla
	Algarrobo	Longitud de fibra	cm	2 - 3	Calibrador Vernier	
<b>DEPENDIENTE</b>	Concreto	Diseño de mezcla	Resistencia inicial del diseño	Kg/cm2	210	-
		Caracterización de los agregados	Granulometría	gr	-	NTP 400.012 - ensayo de granulometría
			Contenido de humedad	%	-	NTP 339.185
			Peso unitario	Kg/m3	-	ASTM C-29 y NTP 400.017
			Peso específico y absorción	gr/cm3 - %	-	ASTM C-128 y NTP 400.022
		Propiedades Mecánicas - concreto endurecido con adición	Resistencia a la Compresión	Kg/cm2	Concreto con adición de 0%, 1%, 2% y 3%; curado de 3, 7, 14, 21 y 28 días	NTP 339.034 - Ensayo de Resistencia a la Compresión
			Resistencia a la Tracción	Kg/cm2	Concreto con adición de 0%, 1%, 2% y 3%; curado de 28 días	NTP 339.084 - Ensayo de Resistencia a la Tracción
			Resistencia a la Flexión	Kg/cm2	Concreto con adición de 0%, 1%, 2% y 3%;	NTP 339.078 - Ensayo de Resistencia a la Flexión

				curado de 28 días	
		Resistencia a los sulfatos	Kg/cm <sup>3</sup>	Concreto con adición de 0%, 1%, 2% y 3%; curado de 28 días	NTP 334.094 - Resistencia a los sulfatos
		Reacción química	gr/cm <sup>3</sup>	Concreto con adición de 0%, 1%, 2% y 3%; curado de 28 días	NTP 400.042 NTP 339.152
	Propiedades físicas - concreto fresco	Temperatura	C°	-	NTP 339.184/ASTM C-1064
		Asentamientos (Slump)	Pulg	-	NTP 339.035/ASTM C-143
		Peso unitario (densidad)	kg/m <sup>3</sup>	-	NTP 339.046/ASTM C-138

*Fuente: Elaboración propia*

### *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

- **Técnicas:**

La técnica que se utilizará es de observación directa, lo que indica que se prestará atención a los acontecimientos y se anotará la información.

- **Instrumentos:**

- ✓ Ficha para anotar datos, en la que se redactarán los datos obtenidos por el investigador.
- ✓ Se utilizará manuales con la finalidad de llevar a cabo los ensayos de laboratorios.

### *Procedimientos*

#### *Adquisición de los materiales*

El primer paso a desarrollar fue la adquisición de los materiales a usar, dichos materiales fueron cemento, agregados y fibra de algarrobo.

#### *Obtención y preparación de las fibras de algarrobos*

Los residuos de algarrobo utilizados en este estudio fueron obtenidos en la empresa Bello cantiere. El proceso de obtención comenzó con la recolección de los residuos en dicha empresa en las áreas asignadas, después se procedió a limpiarlas para eliminar impurezas, luego se cortó en trozos para obtener las fibras de 2 cm o 3 cm de longitud. Finalmente, las fibras fueron seleccionadas adecuadamente para el uso de la investigación.

**Materiales:** Cuter, guantes y balanza.



**Fig. 1.** Obtención de los residuos de algarrobo de la empresa Bello Cantiere



**Fig. 2.** Corte para obtener la fibra de algarrobo

### *Ejecución de ensayos físicos a los AF y AG*

#### *Ensayo granulométrico de los agregados*

Este ensayo es una prueba para comprobar la dimensión de átomos de los agregados (finos o gruesos) presentes en un espécimen. Esto se hace mediante tamices regulables ajustados según el tamaño del agregado. Asimismo, esta prueba es de particular importancia al diseñar mezclas de concreto, ya que proporciona resultados necesarios, tales como, ejemplo de finura y máximo nominal. Lo cual se encuentra definido en la siguiente ecuación, según la NTP 400.012 [29]:

*Ecuación 1:*

*Fórmula para el módulo de fineza*

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado } (6+3 + 1 \frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{3}{8} + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

En este ensayo se necesitó lo siguiente:

- balanza,
- varilla,
- tamices.

### Agregado grueso

Se saca un espécimen representativo del material para luego realizar un cuarteo y se escogen los dos especímenes mejor gradados, luego se realizó el tamizado por las mallas 1" hasta la N°16. Finalmente se pesa el material retenido en cada tamiz y se procesan los datos.



**Fig. 3.** Pesado y cuarteo de la muestra de AG utilizado



**Fig. 4.** Tamizado del AG



**Fig. 5.** Pesos de la muestra de AG retenido en los tamices

### **Agregado Fino**

Se saca un espécimen representativo del material para luego realizar un cuarteo y se escogen los dos especímenes mejor gradados. Se sigue con un lavado por la malla N°200 del espécimen elegido y se coloca a secar en el horno. Una vez el espécimen seco, se pesa el total y se lleva a cabo el tamizado por las mallas 3/8” hasta la N°200 para luego pesar de manera individual el retenido de cada tamiz y se procesan los datos.



**Fig. 6.** Pesado y lavado del AF



**Fig. 7.** Muestra húmeda colocada en el horno



**Fig. 8.** Pesos de la muestra del AF retenido en los tamices

### ***Ensayo de peso unitario del agregado***

El peso unitario es un ensayo donde se describe un método para determinar los pesos unitarios seco sueltos y compactados, tanto en AF y AG. Esto es según la NTP 400.017 [30].

#### **Materiales que se utilizaron:**

- Balanza
- Probetas
- Piedra  $\frac{3}{4}$
- Varilla

### Agregado grueso

**Peso unitario seco suelto:** El molde se pesa y luego se sitúa la piedra dentro del molde hasta llenarlo, enrasar y luego pesar.



**Fig. 9.** Peso del molde y del AG para el ensayo de peso unitario seco suelto

**Peso unitario seco compactado:** El molde se pesa y luego se ubica la piedra en el molde; para eso se tiene que colocar la piedra en 3 capas, luego se tiene que variar 25 veces en cada capa en forma de espiral y en cada capa se tiene que golpear con un martillo 15 veces por el alrededor del molde; al terminar se tiene que enrasar y pesar.



**Fig. 10.** Peso del molde y del AG para el ensayo de peso unitario compactado

### Agregado fino

**Peso unitario seco suelto:** El molde se pesa y luego se coloca la piedra dentro del molde hasta llenarlo, enrasar y luego pesar.



**Fig. 11.** Peso del molde y del AF para el ensayo de peso unitario seco suelto

**Peso unitario seco compactado:** El molde se pesa y luego se sitúa la arena en el molde; para eso se tiene que colocar la piedra en 3 capas, luego se tiene que variar 25 veces en cada capa en forma de espiral y en cada capa se tiene que golpear con un martillo 15 veces por el alrededor del molde; al terminar se tiene que enrasar y pesar.



**Fig. 12.** Peso del molde y del AF para el ensayo de peso unitario seco compactado

***Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción de los agregados***

Esta prueba se diseñará usando la normativa NTP 400.021 [31] y la NTP 400.022 [32]; con esas normativas se determinará el peso específico y el porcentaje de absorción.

**Materiales que se utilizaron:**

- Fiola
- Canastilla
- Balanza

### Agregado grueso

Para esta prueba, el espécimen se sumerge 24 horas, luego se remueve del agua y se seca superficialmente para ser pesado. Luego de eso se hará uso de la canastilla la cual también debe ser pesada, con la ayuda de la balanza se pesará el espécimen sumergido. Asimismo, se deja el espécimen en el horno para luego pesarla.



**Fig. 13.** Muestra de AG saturada y peso de la canastilla



**Fig. 14.** Pesos de la muestra 01 de AG para ensayo de peso específico y absorción; antes de sumergir, sumergido y secado del horno



**Fig. 15.** Pesos de la muestra 02 de AG para ensayo de peso específico y absorción; antes de sumergir, sumergido y secado al horno

### **Agregado fino**

Se escoge un espécimen representativo que pase por la malla N°04. Se viene a pesar la fiola y inmediatamente se coloca al espécimen dentro de la fiola añadiendo agua destilada. Se deja reposar 24 horas y luego se extrae el agua excedente hasta la marca y se pesa la fiola + la espécimen+ el agua. Se saca el espécimen en una tara y se pone al horno a secar por 24 horas, finalmente se pesa de nuevo el espécimen seco.



**Fig. 16.** Peso de la muestra de AF y peso de la fiola



**Fig. 17.** Introducción del agua y arena en la fiola, material dentro de la fiola y después de 24 horas



**Fig. 18.** Introducción del agua y arena en la fiola, material dentro de la fiola y después de 24 horas

### *Ensayo de contenido de humedad*

#### **Agregado grueso**

Se escoge un espécimen representativo, se pesa y se sitúa en el horno por 24 horas  $\pm$  4 horas para finalmente pesar el espécimen seco.



**Fig. 19.** Peso de la muestra de AG; antes y después de meterlo al horno

### **Agregado fino**

Se escoge una muestra representativa, se pesa y se sitúa en el horno por 24 horas  $\pm$  4 horas para finalmente pesar el espécimen seco.



**Fig. 20.** Peso de la muestra de AF, antes y después de meterlo al horno

### ***Caracterización física y química de las fibras de algarrobo***

#### ***Ensayo para determinar la densidad de la fibra de algarrobo***

En este estudio se usó la normativa NTP 334.005 [33], es un método donde se determinó la densidad de la fibra de algarrobo (FA).

Los instrumentos que se manipularon para el estudio son los siguientes:

- Botella de Le Chatelier.
- Termómetro digital.
- Balanza digital.

#### **Observaciones:**

- Muestreo, caracterización y ensayo realizado.
- El líquido utilizado es kerosene.
- Se ejecutó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C.
- La lectura inicial se tomó luego de garantizar el volumen del líquido.

Como resultado del ensayo de densidad de la fibra de algarrobo se obtuvo el siguiente dato de 1.154 gr/cm<sup>3</sup>.

#### ***Ensayo para determinar la reacción química de la fibra de algarrobo***

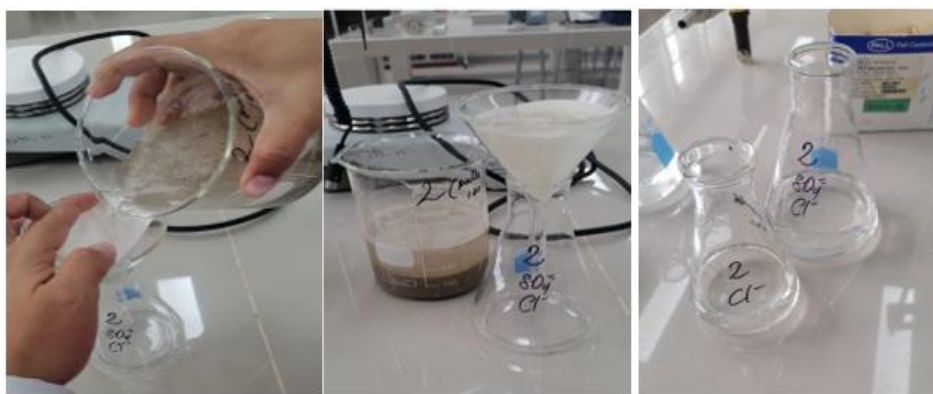
Para determinar la reacción química de la fibra de algarrobo, se hizo a través de 3 ensayos (Cloruros, sulfatos y sales solubles), en estos ensayos se usó la NTP 400.042 [24] y NTP 339.152 [25].

El procedimiento del ensayo es el siguiente:

- Tamizado malla N° 100.
- 100 gr. Para cloruros y 100 gr. para sulfatos y sales solubles.
- A cada 100 gr. se agrega 300 ml de agua destilada, luego se agitó por una hora; se deja en reposo por 24 horas.
- Al siguiente día se filtran las muestras, en un matraz, para que se analice el método gravimétrico.
- Para los sulfatos se toma 50 ml, se coloca 3 gotas de ácido nítrico para estabilizar el ph, a los 60° C, se coloca 5 ml de cloruro al 10% se de deja por 2 horas a una temperatura de 80°C, luego se filtra (filtro de 125 ml), se lava con agua caliente.
- Por lo tanto, resulta a ubicar a una cápsula.

### Resultados:

- **Cloruros:** 50.80 mg/kg.
- **Sulfatos:** 49.78 mg/kg.
- **Sales solubles:** 5250.00 mg/kg.



**Fig. 21.** Procedimiento del ensayo de caracterización química

### *Diseño de mezcla: realización de los ensayos de agregados fino y grueso*

Para la elaboración del DM se tendrá que determinar las dosificaciones mediante el método del comité 211 del ACI.

La resistencia teórica del concreto utilizada es de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , por lo cual tiene una resistencia requerida de  $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ , mediante la siguiente tabla se calculó la resistencia requerida:

TABLA XII  
RESISTENCIA DE COMPRESIÓN REQUERIDA

$f'_c$ especificado	$f'_{cr}$
< 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
> 350	$1.1f'_c + 50$

Según especificaciones de los agregados y depende de los resultados de los resultados se elige el TMN de la piedra, el TMN del agregado grueso no debe ser mayor de:

- $1/5$  de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
- $3/4$  del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras.
- $1/3$  del peralte de la losa.

Luego se eligió el tipo de estructura, en este caso es en columnas, entonces el valor máximo del slump es de 4 y el mínimo de 1.

Se procede a determinar el contenido de aire atrapado, se mide en % y depende del tamaño máximo nominal.

Asimismo, se determinó el contenido de agua, para eso nos guiamos del valor de Slump y el TMN, depende a eso obtendremos el valor del volumen del agua en  $\text{lt/m}^2$  del concreto.

En la relación agua/cemento se halló mediante una interpolación, donde se utilizó el concreto sin aire incorporado y el concreto con aire incorporado. Luego se obtuvo el contenido de cemento, se halla utilizando el contenido de agua entre la relación a/c.

Finalmente, se halló las dosificaciones del concreto en peso y del concreto en volumen.

#### ***Cantidad de adición de fibra de algarrobo***

La cantidad de fibra de algarrobo se determinará mediante el cálculo por porcentaje del volumen del concreto, usando el valor de la densidad de la fibra del algarrobo para obtener un resultado en kg.

#### ***Elaboración del concreto***

Al realizar posteriormente las pruebas previstas, se debe mezclar concreto y luego tomar muestras cilíndricas y muestras de vigas. Por lo tanto, el concreto se producirá mediante una mezcladora (trompo), en la que se mezclarán todos los materiales. Se realizarán varias tandas, entre ellos en concreto sin ninguna adición y en concreto incorporado de fibras de algarrobo dependiendo los porcentajes descritos en la variable independiente

### *Ensayos en estado fresco*

#### **Ensayo de Slump**

Para el asentamiento se usará la NTP 339.035 [27]. El propósito es determinar el proceso para garantizar que el concreto en el asentamiento, por medio de la medición de la diferencia de la longitud vertical del concreto al retirar el cono de Abrams. Por lo tanto, se verificará que el concreto este compactado con la barra de acero. Este proceso se realizará para cada tanda.



**Fig. 22.** Procedimiento del ensayo de trabajabilidad (slump)

- **Tanda 01**

Se ejecutó el ensayo de trabajabilidad (slump) para el concreto patrón.



**Fig. 23.** Medición del asentamiento para el concreto patrón

- **Tanda 02**

Se llevó a cabo el ensayo de slump para el concreto con proporción al 1% de FA.



**Fig. 24.** Medición del asentamiento (slump) para el concreto con 1% FA

- **Tanda 03**

Se realizó el estudio de trabajabilidad (slump) del concreto con proporción al 2% de FA..



**Fig. 25.** Medición del asentamiento (slump) para el concreto con 2% de FA

- **Tanda 04**

Se llevó a cabo la prueba de trabajabilidad (slump) para el concreto con proporción al 3% de FA.



**Fig. 26.** Medición del asentamiento para el concreto con 3% FA

### *Densidad del concreto en estado fresco*

Para la densidad se usó la NTP 339.046, se describió en cómo se realizó el proceso de la densidad. La mezcla se pone en un recipiente de control y se irá varillando para compactar, con el fin de enrasar y limpiar el molde para luego pesarlo [26]. La densidad se calcula según la fórmula:

Ecuación 2:

Fórmula para la densidad del concreto

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m}$$

$$\text{Densidad - Peso Unitario} = \frac{(\text{Masa del recipiente con concreto} - \text{Masa del recipiente})}{\text{Volumen del recipiente de medida}}$$

Se usará el molde para probeta de material plástico, de los cuales sus medidas fueron de 30cm de alto con 15cm de diámetro.

- **Tanda 01**

La densidad se determinó con la muestra patrón, es decir, sin adición de fibras de algarrobo (0% FA).



**Fig. 27.** Pesado de la muestra con concreto para ensayo de densidad

- **Tanda 02**

Se determinó la densidad para el espécimen con adición de 1% de fibra de algarrobo (1% FA).



**Fig. 28.** Ensayo de densidad con 1% FA de adición al concreto

- **Tanda 03**

La densidad con la proporción del 2% de FA al concreto (2% FA).



**Fig. 29.** Ensayo de densidad con 2% FA de adición

- **Tanda 04**

Se determinó la densidad con la densidad del 3% de fibra de algarrobo al concreto (3%FA).



**Fig. 30.** Ensayo de densidad con 3% de fibra de algarrobo al concreto

***Realización de probetas de concreto y curado***

La realización de probetas cilíndricas, se hará uso de moldes cilíndricos, varilla compactadora de acero, martillo de goma, y otras herramientas que se requieran. Asimismo, se guiará de la NTP 339.033 y de igual forma para el curado, el uso de agua potable limpia y a temperatura [34].

El moldeo de los recipientes que se usó tiene las siguientes medidas, 20 cm de alto y 10 cm de ancho, también se utilizaron los moldes de 30 cm de alto y 15 cm de ancho, el llenado se realiza en dos capas, por cada capa se llevó a cabo un varillado de 25 veces, consiguiendo los 15 golpes por cada capa alrededor del molde. Finalmente, se enrazó y con el badilejo se trató de dar un acabado más parejo.



**Fig. 31.** Procedimiento de elaboración de probetas cilíndricas de 20 cm x 10 cm de concreto



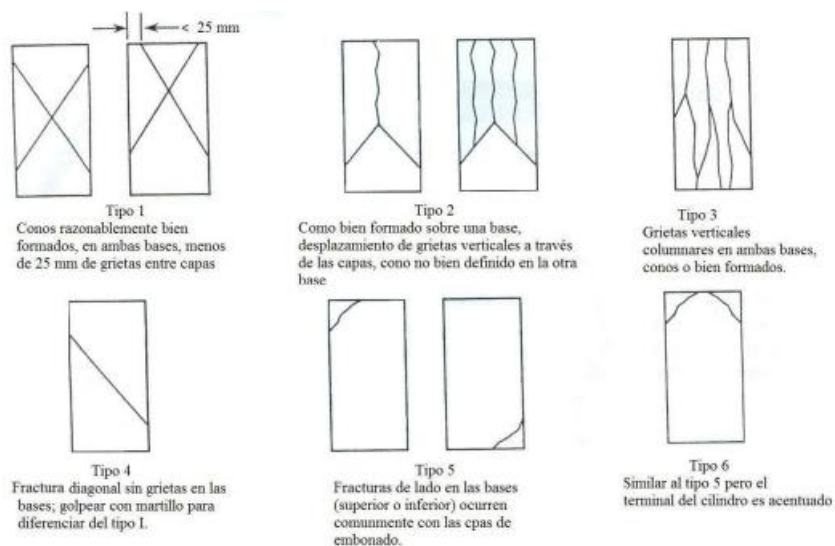
**Fig. 32.** Procedimiento de elaboración de probetas cilíndricas de 30 cm x 15 cm de concreto

### ***Ensayo de resistencia a la compresión del concreto***

Será elaborado a través de la NTP 339.034, comprobar la RC de muestras del concreto. Este método implica someter muestras de concreto a cargas de compresión axial hasta que fallen. El valor numérico de la resistencia de la muestra se hallará en función de la resistencia máxima dividido con el área. Por lo cual, se debe comprobar el tipo de fractura según la figura 2 de la normativa [21].



**Fig. 33.** Colocación de muestra de concreto en la máquina para el ensayo de RC



**Fig. 34.** Esquema de tipos de fracturas

La realización del ensayo se hará en dos momentos, el primero antes de la adición de fibras de algarrobo, para establecer la tenacidad que da al inicio, el segundo momento se adicionará las fibras de algarrobo para saber la resistencia final.

Es necesario calcular la densidad de las muestras en estado endurecido, para determinar dividiendo la masa de la muestra entre su volumen, calculando:

*Ecuación 3:*

*Fórmula de la densidad [19]*

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} = \frac{\text{Masa del espécimen (kg)}}{\text{Volumen del espécimen (m}^3\text{)}}$$

Por lo contrario, si es que el volumen del espécimen es hallado del peso sumergido, se calcula:

*Ecuación 4:*

*Fórmula para calcular el volumen a través del peso sumergido [19]*

$$V = \frac{w - w_s}{\gamma_a} = \frac{\text{Masa del espécimen} - \text{Masa aparente del espécimen sumergido (kg)}}{\text{Densidad del agua a } 23^{\circ}\text{C} = \left(997.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

### ***Ensayo de resistencia a la tracción***

Este ensayo se utilizará la NTP 339.084, emplean una carga de compresión diametral a lo largo de la muestra de concreto a una cierta rapidez hasta que se produce la grieta. Esta carga provoca un esfuerzo de tracción en el plano de carga y una tensión de compresión relativamente grande en las proximidades de la carga [22].

En este ensayo los especímenes tendrán las siguientes medidas 30 cm de alto y 15 cm de ancho, se harán 3 especímenes por cada porcentaje con todo el concreto patrón, dicho proceso se verificará a los 28 días.



**Fig. 35.** Realización de probetas del ensayo de RT

### ***Realización de Moldes vigas de concreto y curado***

Para la realización de moldes vigas, se hará uso de especímenes viga, con sus respectivas herramientas, lo cual no debe pasar las 3 horas para poder realizar el primer ensayo. Asimismo, se guiará de la NTP 339.033 y de igual manera para el curado, agua y a temperatura [34].

En este método se utilizó moldes de vigas de 15 cm de alto con 15 cm de ancho y 50 cm de largo, para las cuales el llenado en 2 capas y por cada capa se llevó a cabo un varillado de 55 veces y los respectivos golpes con el martillo de goma entre 15 veces en torno en todo el molde de la viga. Finalmente, se enrazó y con ayuda del badilejo se trató de dar un acabado lo más parejo y limpio.



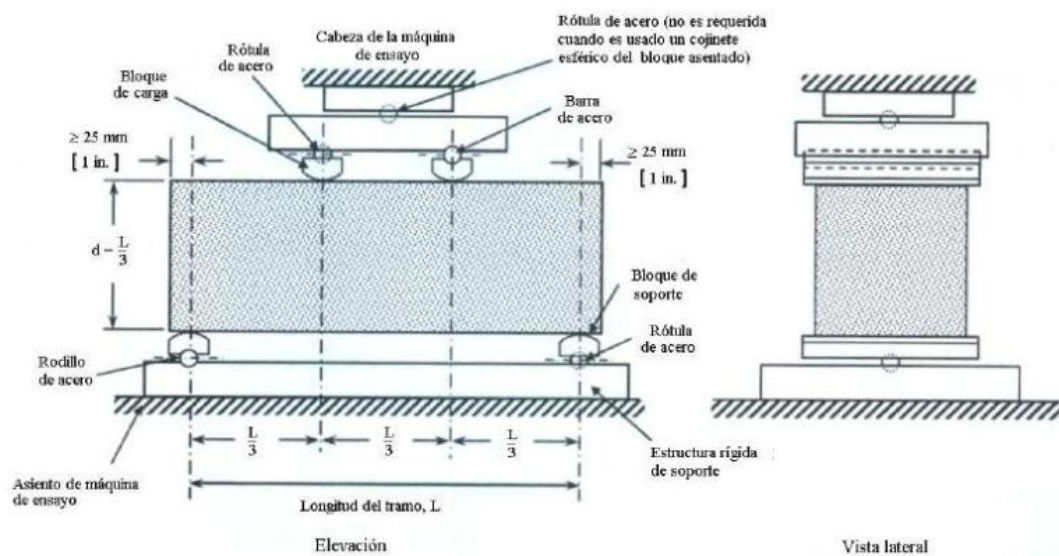
**Fig. 36.** Realización de moldes de vigas de concreto

### ***Ensayo de resistencia a la flexión***

Este ensayo se utilizarán moldes de vigas, según la NTP 339.078, se realiza un acto de ejercer presión sobre la viga en los tercios de su luz que se origine la falla. Depende del lugar de fallo se hallará el ejemplo de rotura, respecto de si se localiza en el tercio medio o a una longitud que no supere al 5% de su luz libre [23].



**Fig. 37.** Realización del ensayo de la RF



**Fig. 38.** Diagrama de un dispositivo para ensayar a flexión vigas con cargas a los tercios

### *Ensayo de resistencia a los sulfatos*

Este ensayo de RS se utilizarán moldes de vigas, según NTP 334.094, las barras serán sumergidas en contenedores que sean resistentes a la corrosión como el plástico, vidrio o cerámica. También debe contar con una tapa para que selle el recipiente donde la solución no se evapore. La solución contendrá 50 gr. de sulfato de sodio disueltos en 900 ml de agua y con adición de 100 ml de agua destilada [19].



**Fig. 39.** Realización del ensayo de la RS

***Ensayo de reacción química de las probetas***

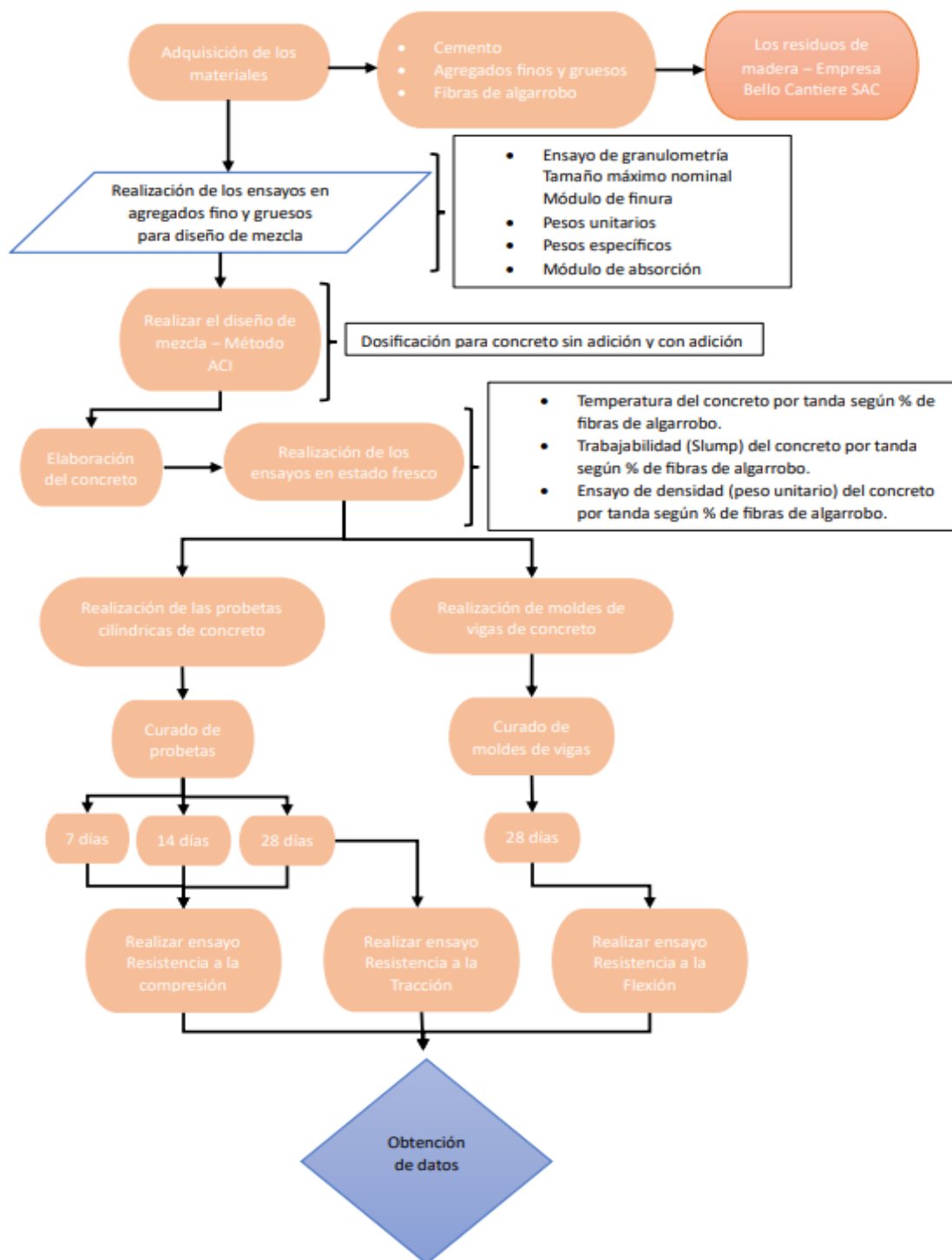
Para el ensayo de reacción química se utilizarán especímenes cilíndricos, según NTP 400.042 y NTP 339.152, los especímenes se someten a un curado de 28 días, para que luego se hagan los ensayos de cloruros, sulfatos y sales solubles [24], [25].



**Fig. 40.** Realización del ensayo de reacción química

## Diagrama del procedimiento

Esquema 1  
Procedimiento de ejecución



Fuente: Elaboración propia

## Resultados y discusión

### *Resultados de la caracterización física y química de la FA*

La fibra de algarrobo (FA) es de categoría fina y su procedencia peruana. Por lo tanto, fue adquirida de los residuos de la empresa “Bello Cantiere SAC”, el cual se le hizo ensayos físicos (longitud y densidad) y químicos (sulfatos, cloruros y sales solubles); dichos resultados se mostrarán a continuación.

### *Medidas y Densidad de la fibra de algarrobo*

El valor promedio de longitud de las fibras de algarrobo oscila entre 2 y 3 cm, determinado mediante el uso de un calibrador Vernier como método de medición.

Para comprobar la densidad de la fibra de algarrobo (FA) lo estipulado por la NTP 334.005 [33], obteniéndose un resultado de 1.154 gr/ cm<sup>3</sup> en la densidad de la fibra de algarrobo por el método mencionada.

TABLA XIII  
MEDIDAS Y DENSIDAD DE LA FIBRA DE ALGARROBO

Valor Promedio Longitud	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Método de Medición
2 cm - 3 cm	1.154	Calibrador Vernier

*Fuente: Elaboración propia*

## Resultados del ensayo de granulometría de los agregados

### Granulometría del agregado grueso

Para los ensayos respectivos se realizó con el AG fue originario de la cantera “Pátapo La Victoria”, ubicada en Pátapo, Lambayeque. Los resultados del estudio son los siguientes:

TABLA XIV  
DATOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AG

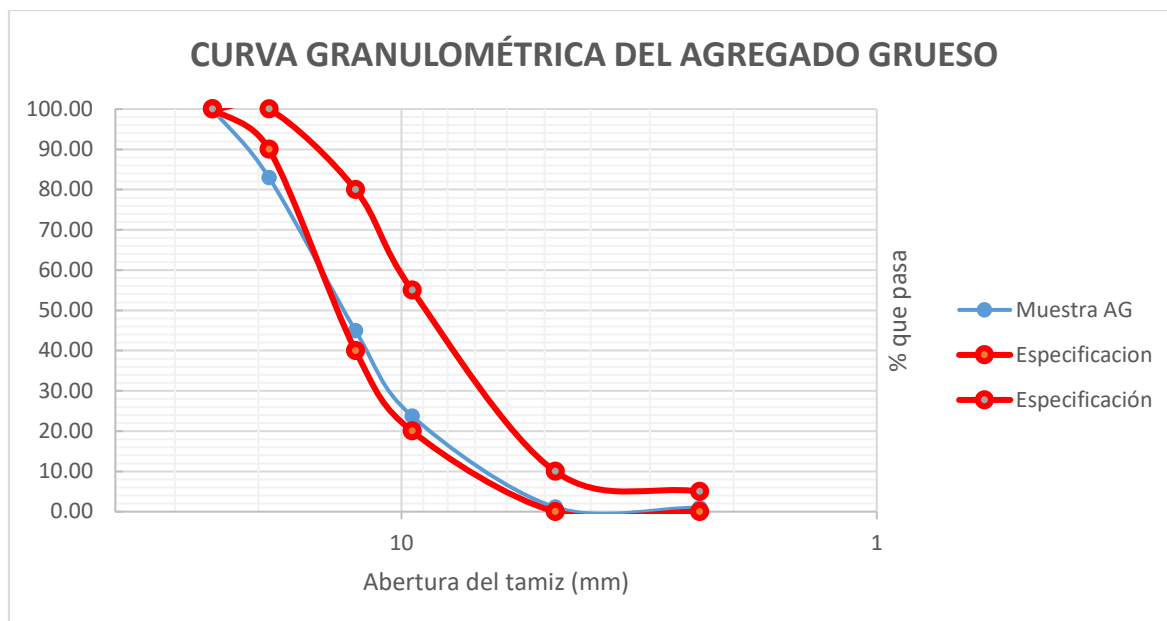
N° de malla	Abertura	Peso retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa	Especificaciones tamaño nominal	
	mm	gr	%	%	%		
2 1/2 "	63	0	0.00	0.00	100.00	-	-
2 "	50	0	0.00	0.00	100.00	-	-
1 1/2 "	37.5	0	0.00	0.00	100.00	-	-
1 "	25	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4 "	19	765	17.01	17.01	82.99	90	100
1/2 "	12.5	1709	38.00	55.01	44.99	40	80
3/8 "	9.5	956	21.26	76.27	23.73	20	55
N° 4	4.75	1017	22.62	98.89	1.11	0	10
N° 8	2.36	5	0.11	99.00	1.00	0	5
N° 16	1.18	22	0.49	99.49	0.51	-	-
Fondo	-	23	0.51	100.00			
Total		4497					

TMN =	3/4 "
TM =	1 "

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla XIII se logra apreciar que el tamaño máximo nominal del AG fue de 3/4", el cual es un dato que será de suma jerarquía para realizar el diseño de mezcla.

Por lo cual se mostrará la curva de granulometría del AG (Fig. 41), es representada en color azul y del huso 67, está representado de color rojo, los cuales evidencian que el AG está casi en su totalidad dentro de los parámetros del huso, dado eso el TMN fue de 3/4", respectivo a la NTP 400.037 [16].



**Fig. 41.** Curva granulométrica del AG

### *Granulometría del agregado fino*

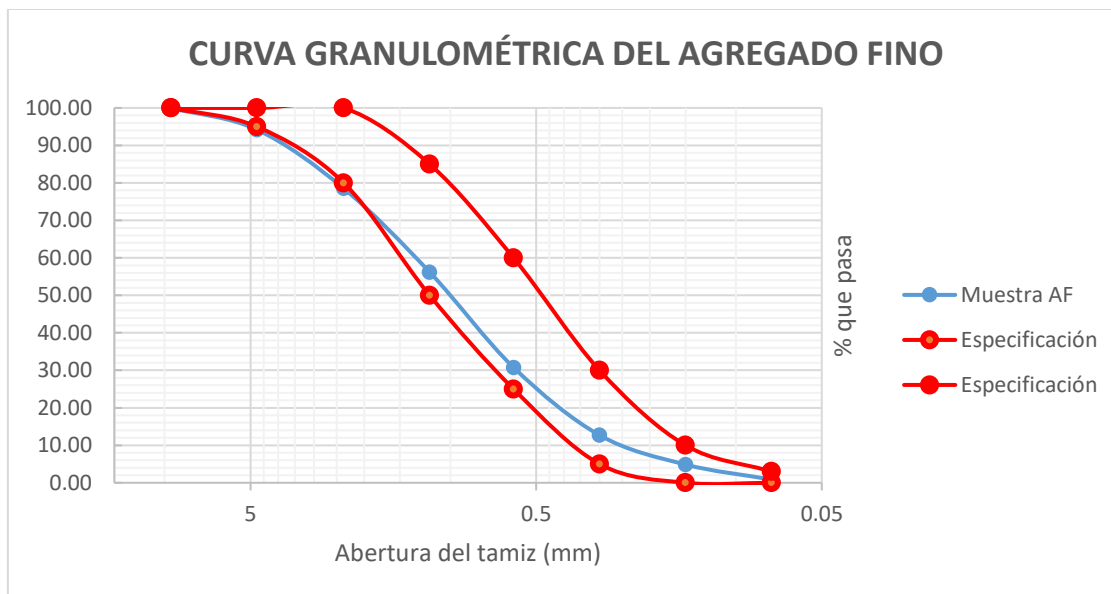
Para los ensayos respectivos se realizó con el AF fue procedente de la cantera “Pátapo La Victoria”, situada en Pátapo, Lambayeque. Los resultados del estudio son los siguientes:

TABLA XV  
DATOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AF

N° de malla	Abertura	Peso retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa	Especificaciones tamaño nominal	
	mm	gr	%	%	%		
3/8 "	9.5	0	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	52.97	5.79	5.79	94.21	95	100
N° 8	2.36	143.39	15.68	21.47	78.53	80	100
N° 16	1.18	204.34	22.34	43.80	56.20	50	85
N° 30	0.6	232.66	25.43	69.24	30.76	25	60
N° 50	0.3	165.22	18.06	87.30	12.70	5	30
N° 100	0.15	71.62	7.83	95.13	4.87	0	10
N° 200	0.075	36.64	4.01	99.14	0.86	0	3
Fondo	-	7.91	0.86	100.00			
Total		914.75					

*Fuente: Elaboración propia*

En la Tabla XIV se logra apreciar que el ejemplo de finza del AF, dato que será usado para el diseño de mezcla. Entonces, se valora la siguiente curva granulométrica del AF (Fig. 42), donde se encuentra en los parámetros de la NTP 400.037 [15].



**Fig. 42.** Curva granulométrica del AF

### *Resultado del ensayo de pesos unitarios de los agregados*

#### *Pesos unitarios seco suelto del AG*

Como resultados se consiguió que el peso unitario seco suelto del AG es de 1361.92 kg/cm<sup>2</sup>, se mostrará los respectivos cálculos:

TABLA XVI  
PROMEDIO DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AG

Muestra	Promedio
	kg/m <sup>3</sup>
2	1361.92

*Fuente: Elaboración propia*

***Pesos unitarios seco compactado del AG***

Como resultados se consiguió que el peso unitario seco compactado del AG es de 1532.75 kg/cm<sup>2</sup>, se mostrará los respectivos cálculos:

**TABLA XVII**  
**PROMEDIO DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AG**

Muestra	Promedio
	kg/m <sup>3</sup>
2	1532.75

*Fuente: Elaboración propia*

***Pesos unitarios seco suelto del AF***

Como resultados se consiguió que el peso unitario seco suelto del AF es de 1479.99 kg/cm<sup>2</sup>, se mostrará los respectivos cálculos:

**TABLA XVIII**  
**DATOS DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO SUELTO DEL AF**

Muestra	Promedio
	kg/m <sup>3</sup>
2	1479.99

*Fuente: Elaboración propia*

***Pesos unitarios seco compactado del AF***

Como resultados se logró que el peso unitario seco compactado del AF es de 1699.17 kg/cm<sup>2</sup>, se mostrará los respectivos cálculos:

TABLA XIX  
DATOS DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

Muestras	Promedio
	kg/m <sup>3</sup>
2	1699.17

*Fuente: Elaboración propia*

***Resultados del ensayo de pesos específicos y porcentaje de absorción de los AG y AF***

***Pesos específicos y porcentaje de absorción del AG***

El resultado que se obtuvo es que el peso específico del AG fue de 2.408 g/cm<sup>2</sup> y su absorción de 1.00%. los datos utilizados se registran en la siguiente tabla:

TABLA XX  
DATOS DEL ENSAYO PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AG

	Promedio	
A. Porcentaje de absorción	0.998	%

*Fuente: Elaboración propia*

***Pesos específicos y porcentaje de absorción del AF***

El resultado que se consiguió es que el peso específico del AG fue de 2.537 g/cm<sup>2</sup> y su absorción de 0.72%. los datos utilizados se registran en la siguiente tabla:

TABLA XXI  
DATOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AF

	Promedio	
A. Porcentaje de absorción	0.720	%

*Fuente: Elaboración propia*

### **Resultados del ensayo de contenido de humedad de los AG y AF**

#### **Ensayo de contenido de humedad del AG**

El resultado para el contenido de humedad es de 0.33% para el AG. Los datos conseguidos se presentarán en la siguiente tabla:

TABLA XXII  
DATOS DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AG

<b>D. Contenido de humedad</b>	0.003344	
	<b>0.33</b>	<b>%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### **Ensayo de contenido de humedad del AF**

El resultado para el contenido de humedad es de 2.51% para el AF. Los datos conseguidos se presentarán en la siguiente tabla:

TABLA XXIII  
DATOS DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AF

<b>D. Contenido de humedad</b>	0.025115	
	<b>2.51</b>	<b>%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### **Realización del diseño de mezcla**

Para el DM nos regimos por el ACI 211, teniendo en cuenta los efectos de las pruebas de los agregados y el peso específico del cemento Pacasmayo tipo Ico es de 2.97 g/cm<sup>3</sup> donde se especifica en su ficha técnica.

La resistencia teórica del concreto utilizada es de  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, por lo cual tiene una resistencia requerida de  $f'_{cr} = 294$  kg/cm<sup>2</sup>, mediante la siguiente tabla se calculó la RQ:

TABLA XXIV  
RESISTENCIA DE COMPRESIÓN REQUERIDA

<b>f<sub>c</sub> especificado</b>	<b>f<sub>cr</sub></b>
< 210	f <sub>c</sub> + 70
210 a 350	f <sub>c</sub> + 84
> 350	1.1f <sub>c</sub> + 50

Debido al TMN de  $\frac{3}{4}$ " se seleccionó por elegir un asentamiento de 3" a 4", el contenido de aire es del 2%, en cuanto al volumen del agua es de 205 lt/m<sup>3</sup>, por lo tanto, la relación a/c es de 0.5560. Asimismo, el módulo de fineza del AF se halló mediante el AG por unidad de volumen de concreto (b/bo) es de 0.5773, en base a estos datos se procedió a realizar los cálculos restantes que corresponden al diseño de mezcla.

Detalle de materiales por m<sup>3</sup> del concreto:

Cemento =	368.71 kg/m <sup>3</sup> de concreto	→	8.68	bls/m <sup>3</sup> de concreto
Agregado Fino =	718.78 kg/m <sup>3</sup> de concreto			
Agregado Grueso =	884.81 kg/m <sup>3</sup> de concreto			
Agua =	205 lt/m <sup>3</sup> de concreto			

Corrección de agua y aporte de agua de los agregados por m<sup>3</sup>:

Cemento =	368.71 kg/m <sup>3</sup> de concreto	→	8.68	bls/m <sup>3</sup> de concreto
Agregado Fino =	736.83 kg/m <sup>3</sup> de concreto			
Agregado Grueso =	887.77 kg/m <sup>3</sup> de concreto			
Agua =	197.99 lt/m <sup>3</sup> de concreto			

Por consiguiente, se obtiene la dosificación en peso y en volumen:

TABLA XXV  
DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO EN PESO

<u>C</u>	<u>AF</u>	<u>AG</u>	/	<u>AGUA</u>
1.00 kg	2.00 kg	2.41 kg	/	22.82 lt por bolsa

*Fuente: Elaboración propia*

TABLA XXVI  
DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO EN VOLUMEN

<u>C</u>	<u>AF</u>	<u>AG</u>	/	<u>AGUA</u>
1.00	1.98	2.64	/	22.82 lt por bolsa

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Incorporación de la FA en la mezcla del concreto***

Para la proporción de FA a la mezcla del concreto se hizo a través de las adiciones de dichos porcentajes establecidos se basa al volumen del concreto ( $m^3$ ), utilizando el resultado de la

densidad de la fibra de algarrobo para obtener la dosificación necesaria en peso, a continuación, los resultados se describirán:

*Ecuación 5:*

*Cálculo en peso de fibra de algarrobo de 1% para 1 m<sup>3</sup>*

$$FA_{1\%} = (1\text{m}^3 \text{ de concreto} \times 1\%) \times 1150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 11.50 \text{ kg}$$

*Ecuación 6:*

*Cálculo en peso de fibra de algarrobo en 2% para 1 m<sup>3</sup>*

$$FA_{2\%} = (1\text{m}^3 \text{ de concreto} \times 2\%) \times 1150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 23.00 \text{ kg}$$

*Ecuación 7:*

*Cálculo en peso de fibra de algarrobo en 3% para 1 m<sup>3</sup>*

$$FA_{3\%} = (1\text{m}^3 \text{ de concreto} \times 3\%) \times 1150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 34.50 \text{ kg}$$

En la siguiente tabla se mostrarán las dosificaciones:

TABLA XXVII

CANTIDAD DE MATERIALES POR VOLUMEN DEL CONCRETO CON ADICIONES

Materiales por 1 m <sup>3</sup> de concreto	Porcentajes de FA			
	0%	1%	2%	3%
Cemento (kg/m <sup>3</sup> Co)	368.71	368.71	368.71	368.71
Agregado fino (kg/m <sup>3</sup> Co)	736.83	736.83	736.83	736.83
Agregado grueso (kg/m <sup>3</sup> Co)	887.77	887.77	887.77	887.77
Agua (lt/m <sup>3</sup> Co)	197.99	197.99	197.99	197.99
fibra de algarrobo (kg/m <sup>3</sup> Co)	0.00	11.50	23.00	34.50

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Resultados de los ensayos realizados al concreto***

#### ***Resultados del ensayo de RC del concreto***

Se realizaron para el concreto patrón y a las distintas proporciones de adición, en las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días para cada porcentaje. Los datos se agruparán en la siguiente tabla:

TABLA XXVIII  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC DE 0% FA CONCRETO PATRÓN

Muestra	f'c promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
0% FA	134.73
0% FA	204.00
0% FA	233.27
0% FA	226.10
0% FA	286.53

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla XXXI se observa que la tenacidad promedio del concreto patrón a los 28 días de edad de 286.53  $kg/cm^2$ . Este concreto fue diseñado a un f'c requerido de 294  $kg/cm^2$  y un f'c teórico de 210  $kg/cm^2$ .

A continuación, se mostrarán las tablas de los resultados de tenacidad a la compresión para las muestras con adición de FA.

TABLA XXIX  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC DE 1% FA

Muestra	f'c promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1% FA	185.90
1% FA	202.53
1% FA	227.97
1% FA	236.93
1% FA	247.27

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla XXXII se observan los datos del ensayo de RC asociados al porcentaje de adición de 1%, dicha tabla presenta que a los 28 días en promedio se consiguió una resistencia de 247.27  $kg/cm^2$ , donde presentó una depreciación de resistencia inicial y comparándola con la resistencia patrón, ha disminuido 39.26  $kg/cm^2$ .

TABLA XXX  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC DE 2% DE FA

Muestra	f'c promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
2% FA	155.20
2% FA	169.97
2% FA	206.13
2% FA	220.20
2% FA	231.43

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla XXXIII se observan los datos del ensayo de RC asociados al porcentaje de adición de 1%, dicha tabla presenta que a los 28 días en promedio se consiguió una tenacidad de 231.43 kg/cm<sup>2</sup>, donde presentó una depreciación de resistencia inicial y comparándola con la resistencia patrón, ha disminuido 55.10 kg/cm<sup>2</sup>.

TABLA XXXI  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC DE 3% DE FA

Muestra	f'c promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
3% FA - 02	170.10
3% FA - 05	162.90
3% FA - 08	192.67
3% FA - 11	248.13
3% FA - 14	236.93

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla XXXIV se observan los datos del ensayo de RC asociados al porcentaje de adición de 1%, dicha tabla presenta que a los 28 días en promedio se logró una tenacidad de

236.93 kg/cm<sup>2</sup>, donde presentó una depreciación de resistencia inicial y comparándola con la resistencia patrón, ha disminuido 49.60 kg/cm<sup>2</sup>.

Se detallará en la siguiente tabla las distintas variaciones que se obtuve a los 28 días de cada adición de FA y llamadas RC que servirán como base para contrastar los resultados que se verán más adelante.

TABLA XXXII  
RC INICIAL DEL CONCRETO EN TODAS SUS VARIACIONES CON FA

Adición de FA (%)	f'c inicial (kg/cm <sup>2</sup> )
0%	286.53
1%	247.27
2%	231.43
3%	236.93

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Resultados del ensayo de RT del concreto***

Se realizaron para el concreto patrón y a las distintas proporciones de adición, en las edades de 28 días. Los datos se agruparán en la siguiente tabla:

TABLA XXXIII  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RT

Muestra	f'c promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>0% FA</b>	<b>12.86</b>
<b>1% FA</b>	<b>18.56</b>
<b>2% FA</b>	<b>23.56</b>
<b>3% FA</b>	<b>24.65</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla XXXVI se identifica que el concreto patrón a los 28 días se obtuvo un f'c de 12.86 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con adición de 1% FA a los 28 días se consiguió un f'c de 18.56

kg/cm<sup>2</sup>, en las probetas con adición del 2% FA se consiguió un f'c de 23.56 kg/cm<sup>2</sup> y para las probetas con adición del 3% FA se consiguió un f'c de 24.65 kg/cm<sup>2</sup>.

En la siguiente tabla XXXVII se detallará las distintas variaciones que se obtuvo a los 28 días de cada adición de fibra de algarrobo y llamadas tenacidad a compresión que servirán como base para contrastar los resultados que se verán más adelante.

TABLA XXXIV  
RT DEL CONCRETO EN TODAS SUS VARIACIONES CON FA

Adición de FA (%)	Aumentó (kg/cm <sup>2</sup> )
0%	-
1%	5.70
2%	11.79
3%	10.70

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Resultados del ensayo de RF del concreto***

Se realizaron para el concreto patrón y las proporciones de FA, en las edades de 28 días para cada porcentaje. Los datos se agruparán en la siguiente tabla:

TABLA XXXV  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF CON ADICIÓN DE FA

Muestra	f'c promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>0% FA</b>	<b>35.26</b>
<b>1% FA</b>	<b>35.71</b>
<b>2% FA</b>	<b>38.73</b>
<b>3% FA</b>	<b>39.24</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla XXXVIII, se identifica que el concreto patrón a los 28 días se obtuvo un f'c de 35.26 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto con adición de 1% FA a los 28 días se logró un f'c de 35.71 kg/cm<sup>2</sup>, en las probetas con adición del 2% FA se consiguió un f'c de 38.24 kg/cm<sup>2</sup> y para las probetas con adición del 3% FA se logró un f'c de 39.24 kg/cm<sup>2</sup>.

En la siguiente tabla 39 se detallará las distintas variaciones que se obtuvo a los 28 días de cada proporción de fibra de algarrobo y llamadas tenacidad a compresión que servirán como base para contrastar los resultados que se verán más adelante.

TABLA XXXVI  
RF DEL CONCRETO EN TODAS SUS VARIACIONES CON FA

Adición de FA (%)	Aumentó (kg/cm <sup>2</sup> )
0%	-
1%	0.45
2%	3.98
3%	3.48

*Fuente: Elaboración propia*

### ***Resultados del ensayo de RS del concreto***

Se realizaron para el concreto patrón y a las distintas proporciones de adición, en las edades de 28 días para cada porcentaje. Los datos se agruparán en la siguiente tabla:

TABLA XXXVII  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RS AL CONCRETO PATRÓN

TIEMPO DE LECTURA	PROMEDIO DE LAS BARRAS
Semana 0	3.802
Semana 1	3.822
Semana 2	3.907
Semana 3	3.928
Semana 4	3.928
Semana 8	3.985
Semana 12	4.055
Semana 16	4.098

*Fuente: Elaboración propia*

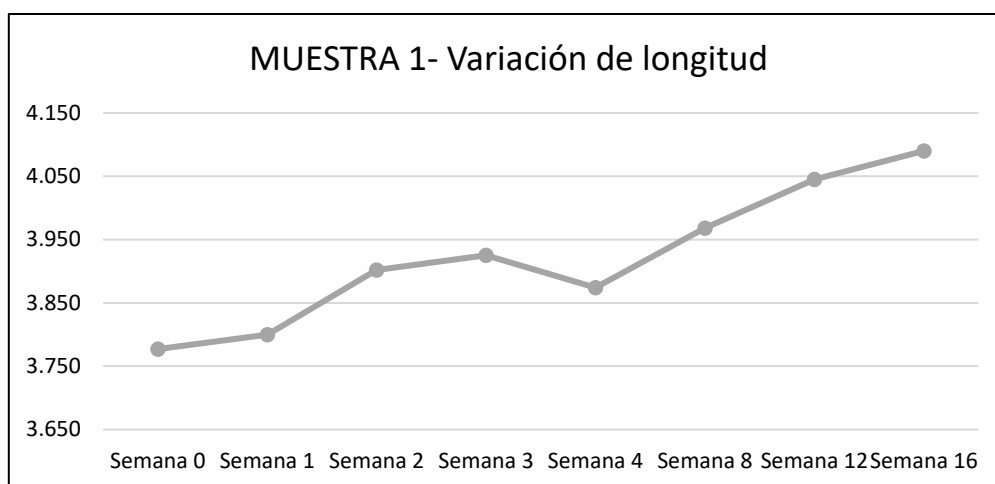
TABLA XXXVIII  
EXPANSIÓN ACUMULADA Y UNITARIA DEL CONCRETO PATRÓN

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %

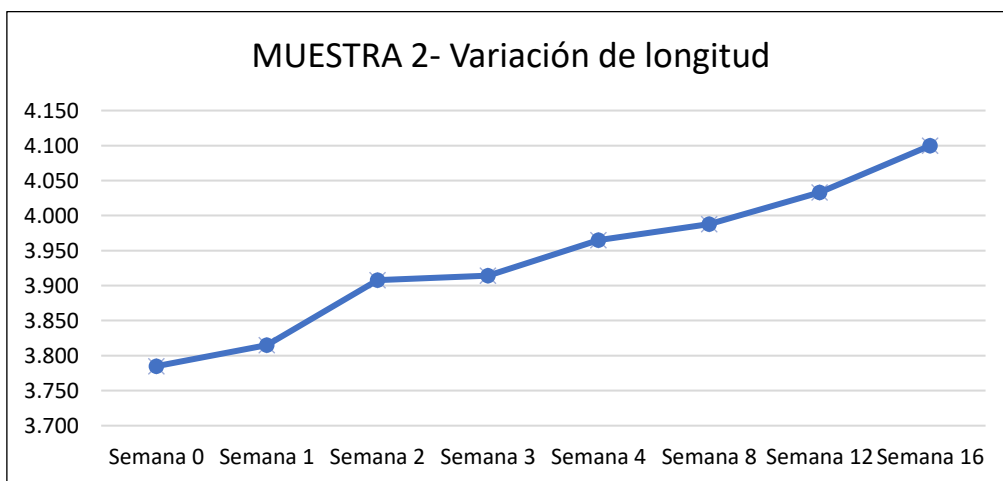
0.0232 %	0.008 %
0.1488 %	0.042 %
0.3000 %	0.050 %
0.4508 %	0.050 %
0.6704 %	0.073 %
0.9740 %	0.101 %
1.3292 %	0.118 %

*Fuente: Elaboración propia*

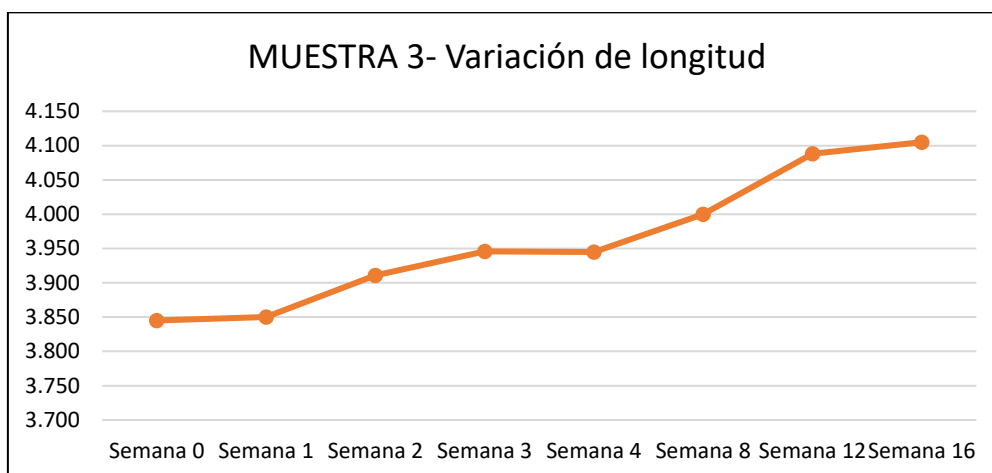
En la tabla XL y XLI, se observan los datos de las 3 barras, el tiempo de lectura se tomó desde la semana 0 hasta la semana 16; donde también se describe los resultados de la expansión acumulada y unitaria, por lo tanto, las siguientes gráficas detallan las muestras y la expansión promedio.



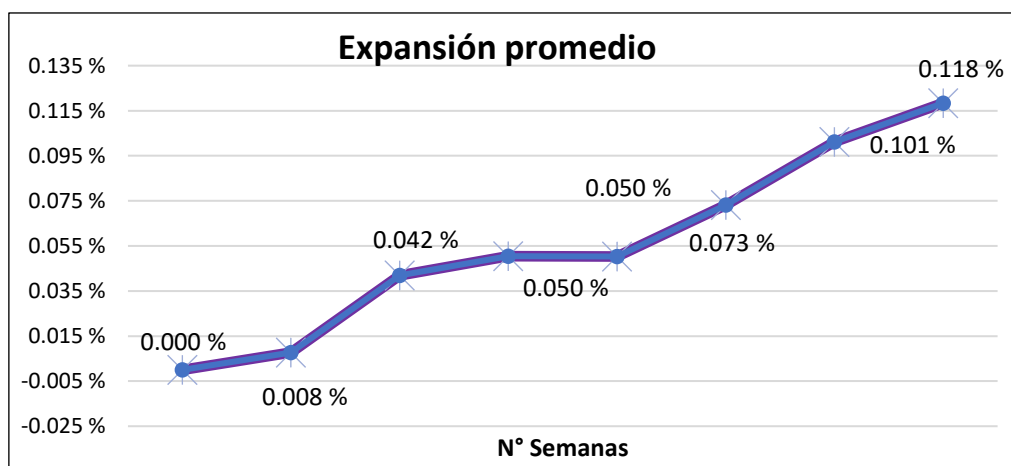
**Fig. 43.** Variación de longitud del concreto patrón



**Fig. 44.** Variación de longitud de la barra 2 del concreto patrón



**Fig. 45.** Variación de longitud de la barra 3 del concreto patrón



**Fig. 46.** Expansión promedio de las muestras del concreto patrón

A continuación, para las barras de concreto con proporción de 1% de FA, los datos se detallarán en la siguiente tabla:

TABLA XXXIX  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RS AL CONCRETO CON ADICIÓN DE 1% FA

TIEMPO DE LECTURA	PROMEDIO DE LAS BARRAS
Semana 0	3.818
Semana 1	3.830
Semana 2	3.891
Semana 3	3.927
Semana 4	3.940
Semana 8	3.970

Semana 12	4.058
Semana 16	4.116

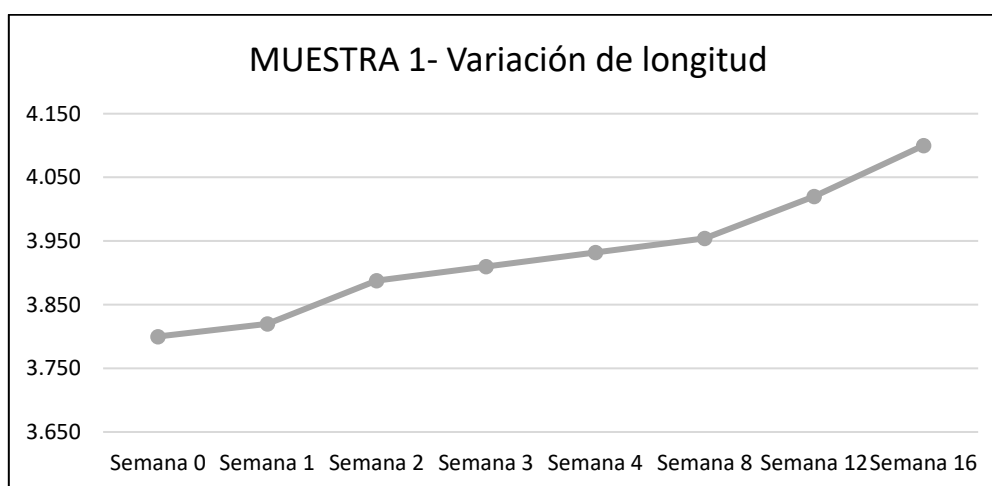
*Fuente: Elaboración propia*

TABLA XL  
EXPANSIÓN ACUMULADA Y UNITARIA DLE CONCRETO CON ADICIÓN 1% FA

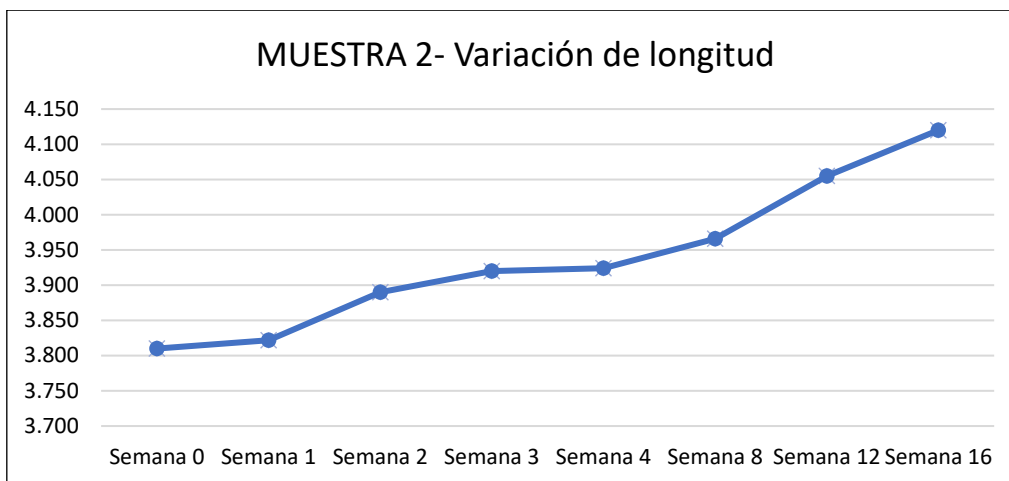
Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0140 %	0.005 %
0.1012 %	0.029 %
0.2320 %	0.044 %
0.3784 %	0.049 %
0.5604 %	0.061 %
0.8480 %	0.096 %
1.2052 %	0.119 %

*Fuente: Elaboración propia*

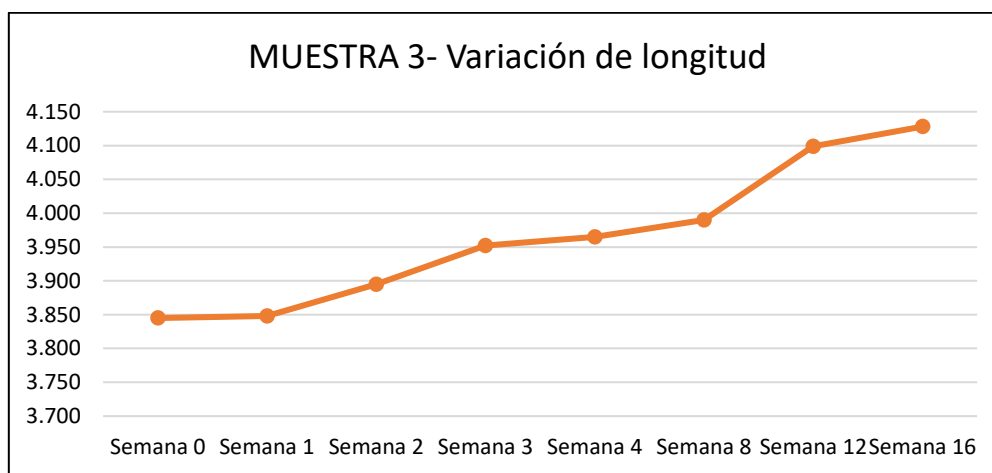
En la tabla XLII y XLIII, se observan los datos de las 3 barras con adición de 1% FA, el tiempo de lectura se tomó desde la semana 0 hasta la semana 16; donde también se describe los resultados de la expansión acumulada y unitaria, por lo tanto, las siguientes gráficas detallan las muestras y la expansión promedio.



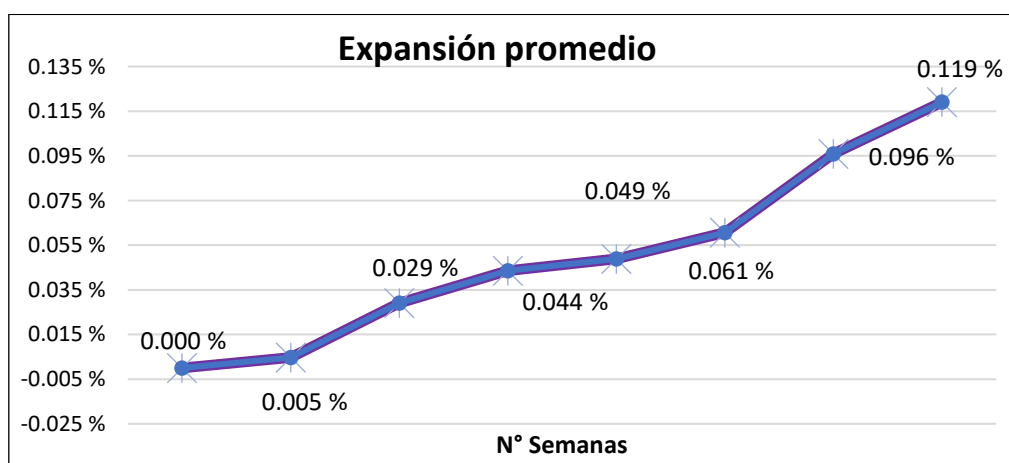
**Fig. 47.** Variación de longitud del concreto con adición de 1% FA



**Fig. 48.** Variación de longitud de la barra 2 del concreto con adición de 1% FA



**Fig. 49.** Variación de longitud de la barra 3 del concreto con adición de 1% FA



**Fig. 50.** Expansión de promedio de las muestras del concreto con adición 1% FA

Por consiguiente, para las barras de concreto con proporción de 2% de fibra de algarrobo, los datos se detallarán en la siguiente tabla:

TABLA XLI  
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RS AL CONCRETO CON ADICIÓN DE 2% FA

<b>TIEMPO DE LECTURA</b>	<b>PROMEDIO DE LAS BARRAS</b>
Semana 0	3.856
Semana 1	3.866
Semana 2	3.889
Semana 3	3.900
Semana 4	3.926
Semana 8	3.960
Semana 12	4.030
Semana 16	4.134

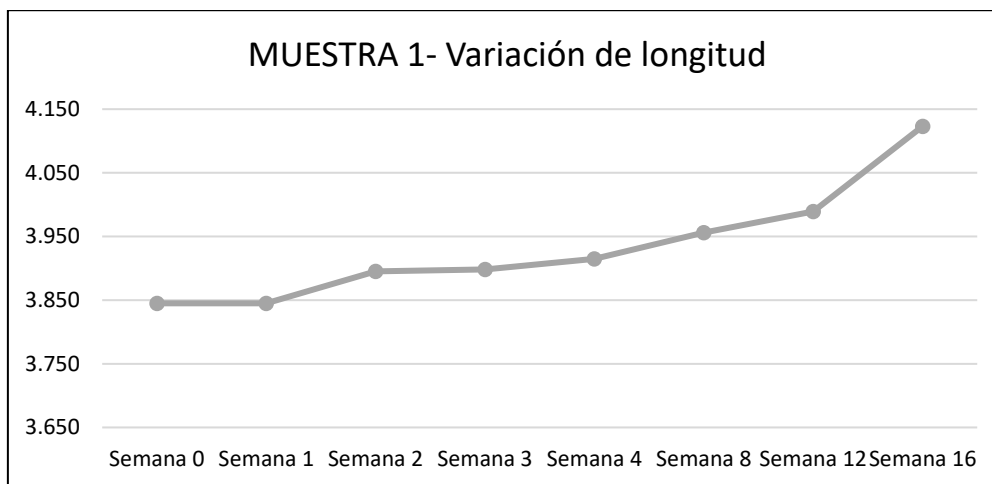
*Fuente: Elaboración propia*

TABLA XLII  
EXPANSIÓN ACUMULADA Y UNITARIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN 2% FA

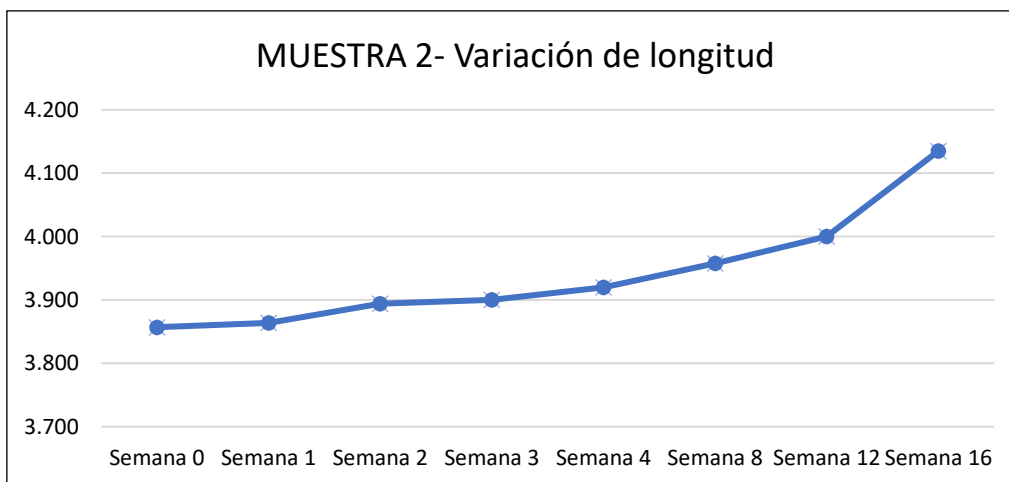
<b>Expansión Acumulada</b>	<b>Expansión Unitaria</b>
0.0000 %	0.000 %
0.0120 %	0.004 %
0.0520 %	0.013 %
0.1052 %	0.018 %
0.1892 %	0.028 %
0.3144 %	0.042 %
0.5232 %	0.070 %
0.8576 %	0.111 %

*Fuente: Elaboración propia*

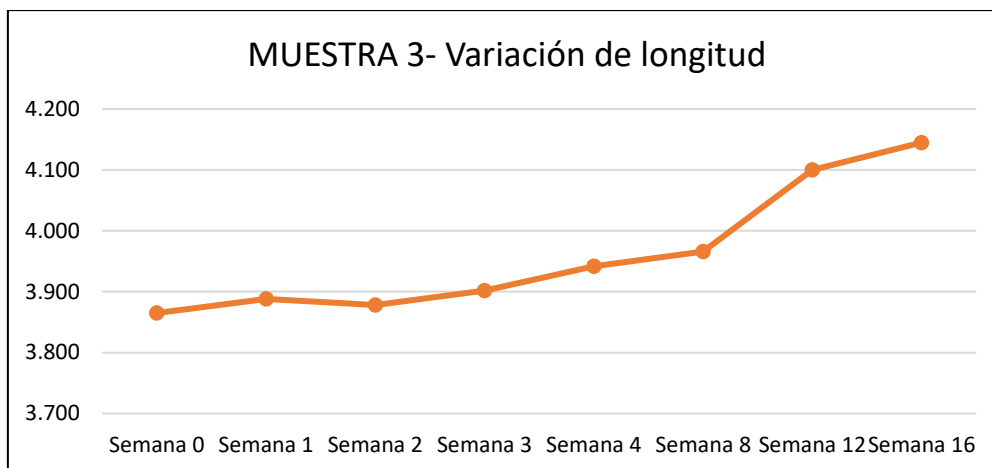
En la tabla XLIV y XLV, se observan los datos de las 3 barras con adición de 2% FA, el tiempo de lectura se tomó desde la semana 0 hasta la semana 16; donde también se describe los resultados de la expansión acumulada y unitaria, por lo tanto, las siguientes gráficas detallan las muestras y la expansión promedio.



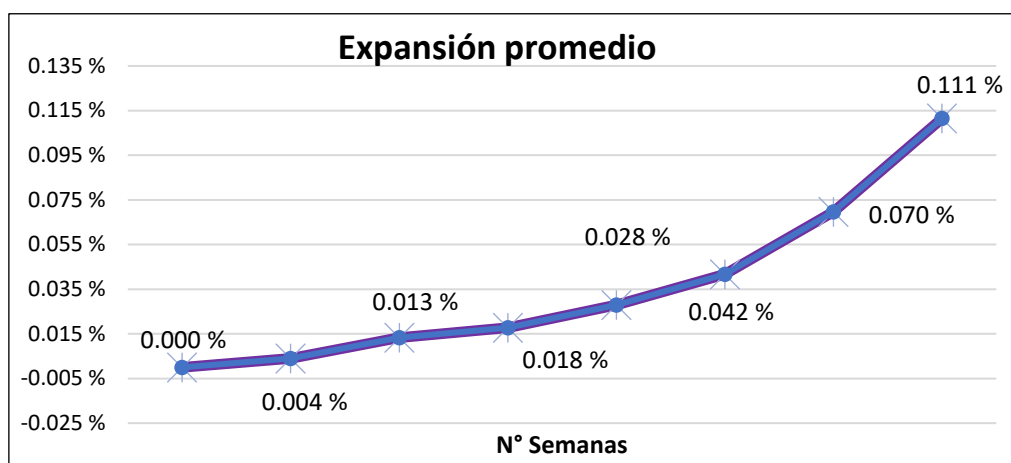
**Fig. 51.** Variación de longitud de la barra 1 del concreto con adición de 2% FA



**Fig. 52.** Variación de longitud de la barra 2 del concreto con adición de 2% FA



**Fig. 53.** Variación de longitud de la barra 3 del concreto con adición de 2% FA



**Fig. 54.** Expansión de longitud de las muestras del concreto con adición 2% FA

A continuación, para las barras de concreto con proporción de 3% de fibra de algarrobo, los datos se detallarán en la siguiente tabla:

TABLA XLIII

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RS AL CONCRETO CON ADICIÓN DE 3% FA

TIEMPO DE LECTURA	PROMEDIO DE LAS BARRAS
Semana 0	3.85
Semana 1	3.87
Semana 2	3.91
Semana 3	3.91
Semana 4	3.93
Semana 8	3.96
Semana 12	4.05

Semana 16	4.14
-----------	------

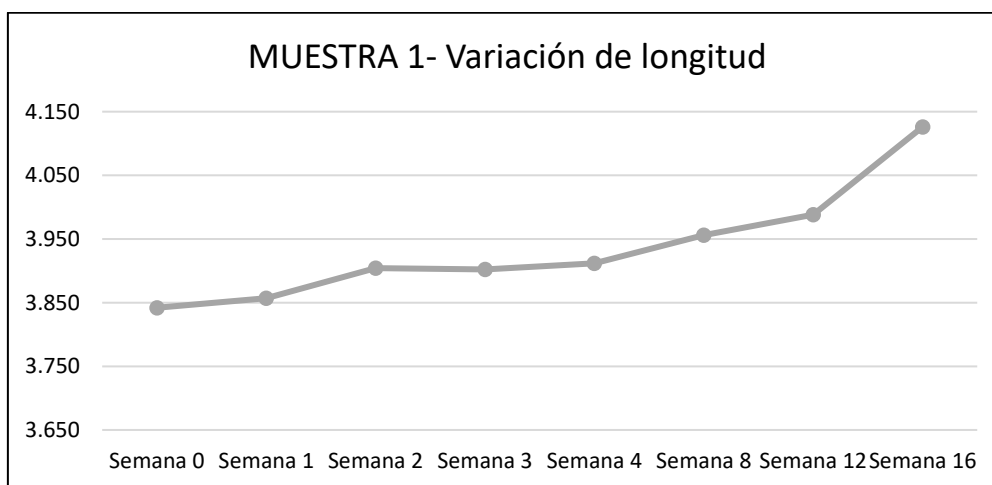
*Fuente: Elaboración propia*

TABLA XLIV  
EXPANSIÓN ACUMULADA Y UNITARIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN 3% FA

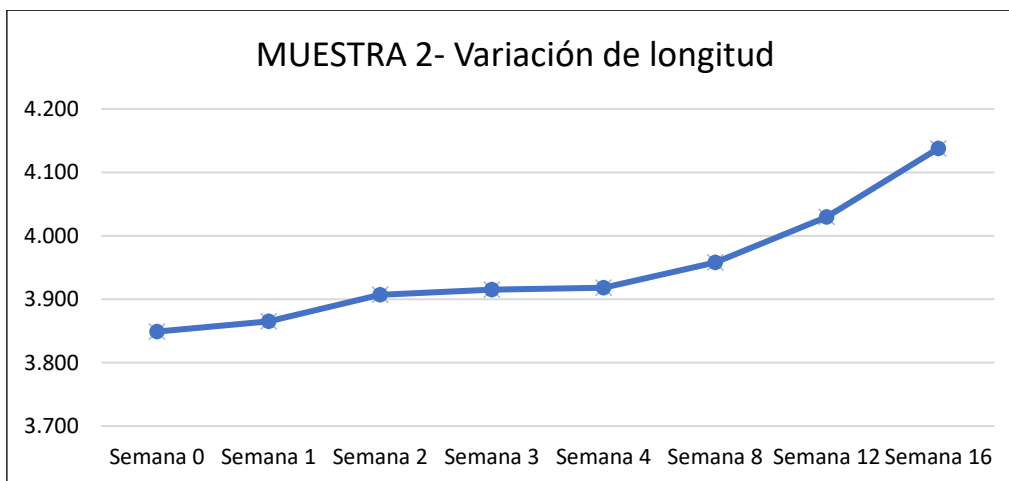
Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0280 %	0.009 %
0.0944 %	0.022 %
0.1656 %	0.024 %
0.2568 %	0.030 %
0.3888 %	0.044 %
0.6240 %	0.078 %
0.9768 %	0.118 %

*Fuente: Elaboración propia*

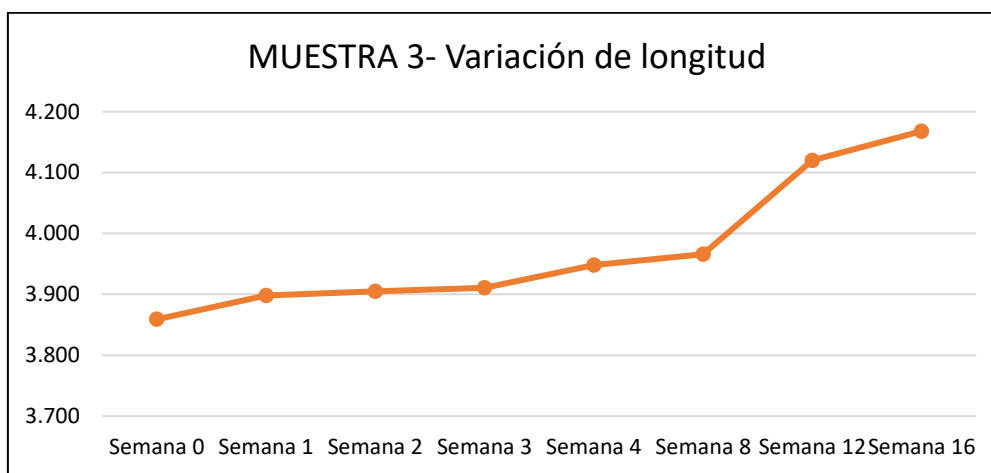
En la tabla XLVI y XLVII, se observan los datos sobre las 3 barras con adición de 3% FA, el tiempo de lectura se tomó desde la semana 0 hasta la semana 16; donde también se describe los resultados de la expansión acumulada y unitaria, por lo tanto, las siguientes gráficas detallan las muestras y la expansión promedio.



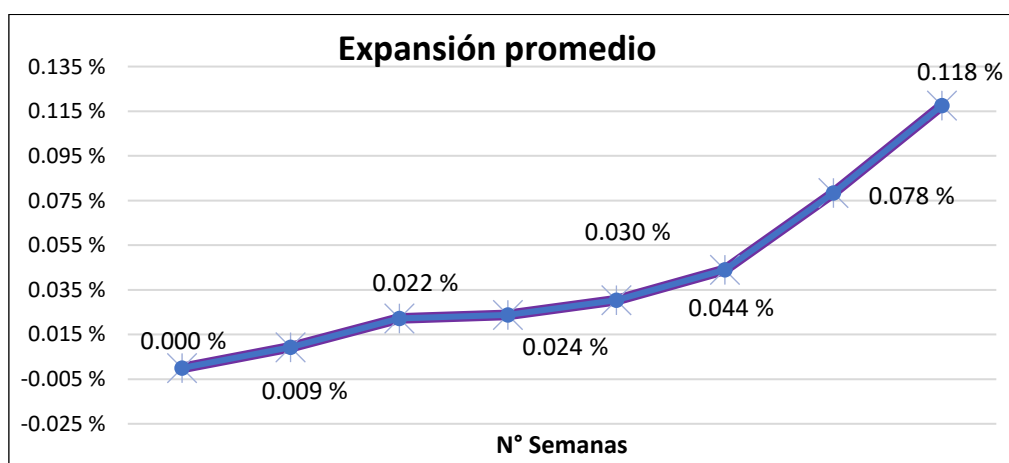
**Fig. 55.** Variación de longitud de la barra 1 del concreto con adición de 3% FA



**Fig. 56.** Variación de longitud de la barra 2 con adición de 3% FA



**Fig. 57.** Variación de longitud de la barra 3 con adición de 3% FA



**Fig. 58.** Expansión de longitud de las muestras del concreto con adición 3% FA

### ***Resultados de ensayo de reacción química de las probetas***

Se realizaron para el concreto patrón y a las diferentes proporciones de adición, en las edades de 28 días para cada porcentaje. Los datos se agruparán en la siguiente tabla:

TABLA XLV  
RESULTADOS DE ENSAYO DE REACCIÓN QUÍMICA PARA CONCRETO PATRÓN Y  
SUS RESPECTIVAS ADICIONES DE FA

Parámetro	PROMEDIO
Cloruros	214.813
Sulfatos	195.382
Sales Solubles	21456.21

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla XLVIII, se observa las consecuencias del estudio de reacción química del concreto patrón y con sus respectivas adiciones de FA, se sometió a los ensayos de cloruros, sulfatos y sales solubles.

### ***Resultados del ensayo de asentamiento (slump) del concreto en estado fresco***

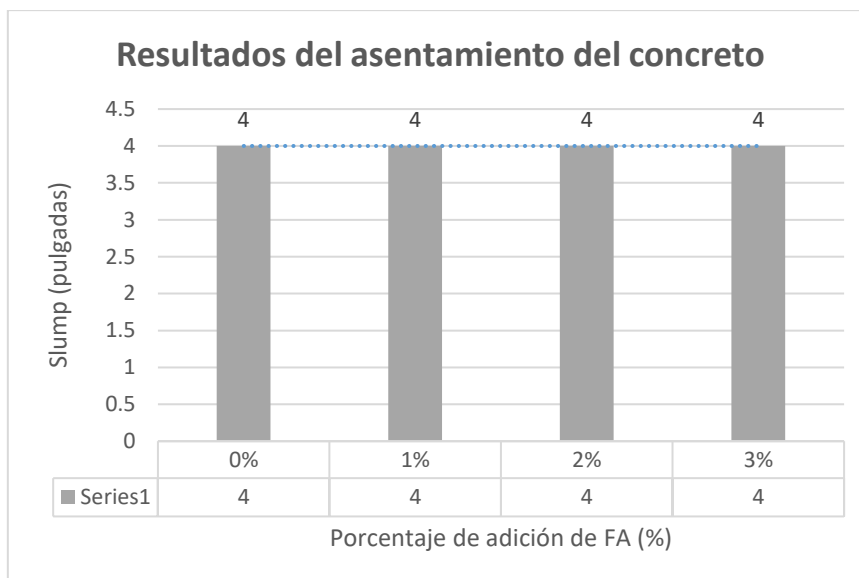
La medición del slump para cada ensayo según la adición que contenía. A continuación, se mostrarán los resultados:

TABLA XLVI  
RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO SEGÚN PORCENTAJE DE  
ADICIÓN

Tandas	Slump	
	(pulg)	(cm)
Tanda 01	4	10.2
Tanda 02	4	10.2
Tanda 03	4	10.2
Tanda 04	4	10.2

*Fuente: Elaboración propia*

Según la tabla XXIX, los datos de los asentamientos de cada proporción se mantuvieron en cada porcentaje evaluado, por lo tanto, no afectó la trabajabilidad del concreto en los porcentajes con adición.



**Fig. 59.** Comparación del asentamiento del concreto según cada porcentaje FA

***Resultados del ensayo de densidad (peso unitario) del concreto en estado fresco***

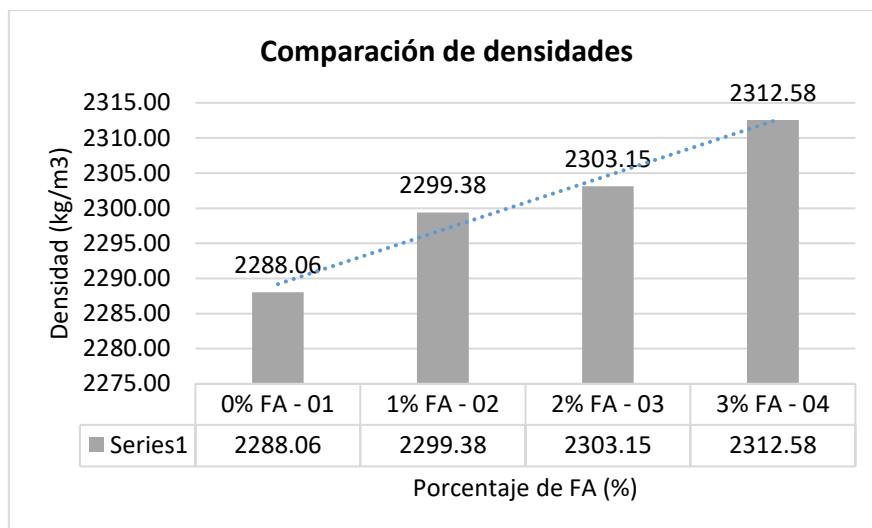
Para el ensayo de densidad o peso unitario de las muestras del concreto, primero se pesa el molde, consecutivamente, se tomó lectura el peso del molde + el concreto y adición. Los datos se resumen en las siguientes tablas:

TABLA XLVII  
RESULTADOS DE LA DENSIDAD DEL CONCRETO PATRÓN MAS ADICIONES

Muestras	Densidad promedio (kg/m <sup>3</sup> )
4	2300.79

*Fuente: Elaboración propia*

Según la tabla XXX se observa que el promedio de la densidad del concreto patrón más adiciones es de 2300.79 kg/m<sup>3</sup>. Asimismo, se muestra un gráfico detallando la comparación de la densidad de cada porcentaje:



**Fig. 60.** Densidades del concreto según cada porcentaje de adición

### **Resultados de la evaluación económica entre el concreto común y el concreto con FA**

Para tener resultados sobre la evaluación económica o la diferencia de costos sobre un concreto común y el concreto con proporciones de fibra de algarrobo, primero se hizo un análisis de precio unitario, lo cuales están basados en distintas partidas como el del concreto para columnas de  $f'c = 210kg/cm^2$  de CAPECO. En cuanto a la mano de obra se tuvo en cuenta una cuadrilla de 2 operarios, 2 oficiales y 10 peones con un rendimiento de  $10 \frac{m^3}{día}$ . En cuanto a equipos, se consideró una mezcladora de  $9 p^3$  y un vibrador a gasolina de 4HP, teniendo en cuenta los precios de la revista de costos. Respecto a los materiales, las cantidades en bolsas y  $m^3$  de material por  $m^3$  de concreto, como se obtuvo en el diseño de mezcla en circunstancias húmedas, con el 20% de desperdicio.

A continuación, se revelan resultados de APU para el concreto patrón de  $f'c = 210kg/cm^2(0\%FA)$ .

TABLA XLVIII

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO PATRÓN (0%FA)

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>PARTIDA</b>	<b>Concreto patrón <math>f'c = 210 kg/cm^2</math></b>				<b>Fecha: 24/10/2024</b>	
<b>RENDIMIENTO:</b>	10	$m^3/día$	<b>Precio Total Por <math>m^3</math>: S/ 575.59</b>			
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
<b>1. Mano de obra</b>						<b>236.88</b>
Operario	hh	2	1.600	S/ 27.71	S/ 44.34	
Oficial	hh	2	1.600	S/ 21.79	S/ 34.86	
Peón	hh	10	8.000	S/ 19.71	S/ 157.68	
<b>2. Materiales</b>						<b>321.93</b>
Cemento Portland tipo Ico (42.5 kg)	bolsa	-	9.109	S/ 24.68	S/ 224.83	
Arena gruesa	$m^3$	-	1.536	S/ 36.90	S/ 56.67	
Piedra chancada de 1/2"	$m^3$	-	0.682	S/ 57.40	S/ 39.16	
Agua	$m^3$	-	0.208	S/ 6.14	S/ 1.28	
<b>3. Equipos y herramientas</b>						<b>16.78</b>
Mezcladora de concreto $9 p^3$	hm	1	0.800	S/ 4.49	S/ 3.59	
Vibrador de concreto 4 HP	hm	1	0.800	S/ 7.60	S/ 6.08	
Herramientas manuales	% MO		3%	S/ 236.88	S/ 7.11	

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, su espécimen la tabla XLIX donde muestra el resultado del costo por m<sup>3</sup> del concreto patrón, siendo 575.59, el cual en su mayoría está siendo abarcado por el costo de los siguientes materiales.

Asimismo, se mostrarán los resultados de los precios unitarios para 1m<sup>3</sup> de concreto con adición de FA en 1%, 2% y 3%.

**TABLA XLIX**  
**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 1% FA**

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>PARTIDA :</b> Concreto f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> + 1% de Fibra de algarrobo				<b>Fecha:</b> 24/10/2024		
<b>RENDIMIENTO:</b>		10	m <sup>3</sup> /día	<b>Precio Total Por m<sup>3</sup>:</b> S/ 587.09		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
<b>1. Mano de obra</b>						<b>236.88</b>
Operario	hh	2	1.600	S/ 27.71	S/ 44.34	
Oficial	hh	2	1.600	S/ 21.79	S/ 34.86	
Peón	hh	10	8.000	S/ 19.71	S/ 157.68	
<b>2. Materiales</b>						<b>333.43</b>
Cemento Portland tipo Ico (42.5 kg)	bolsa	-	9.109	S/ 24.68	S/ 224.83	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	1.536	S/ 36.90	S/ 56.67	
Piedra chancada de 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.682	S/ 57.40	S/ 39.16	
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.208	S/ 6.14	S/ 1.28	
Transporte Fibra de algarrobo (1%)	bolsa	-	1.150	S/ 10.00	S/ 11.50	
<b>3. Equipos y herramientas</b>						<b>16.78</b>
Mezcladora de concreto	hm	1	0.800	S/ 4.49	S/ 3.59	
Vibrador de concreto 4 HP	hm	1	0.800	S/ 7.60	S/ 6.08	
Herramientas manuales	% MO		3%	S/ 236.88	S/ 7.11	

*Fuente: Elaboración propia*

En la siguiente tabla L se nota la diferencia que hay entre los costos de un concreto patrón con un monto de 575.59 y un concreto con adición del 1% de FA teniendo un costo de 587.09, la diferencia económica es de 11.50.

TABLA L  
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 2% FA

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>PARTIDA :</b> Concreto f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> + 2% de Fibra de algarrobo				<b>Fecha:</b> 24/10/2024		
<b>RENDIMIENTO:</b>		10	m <sup>3</sup> /día	<b>Precio Total Por m<sup>3</sup>: S/ 598.59</b>		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
<b>1. Mano de obra</b>						<b>236.88</b>
Operario	hh	2	1.600	S/ 27.71	S/ 44.34	
Oficial	hh	2	1.600	S/ 21.79	S/ 34.86	
Peón	hh	10	8.000	S/ 19.71	S/ 157.68	
<b>2. Materiales</b>						<b>344.93</b>
Cemento Portland tipo Ico (42.5 kg)	bolsa	-	9.109	S/ 24.68	S/ 224.83	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	1.536	S/ 36.90	S/ 56.67	
Piedra chancada de 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.682	S/ 57.40	S/ 39.16	
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.208	S/ 6.14	S/ 1.28	
Transporte Fibra de algarrobo (2%)	bolsa	-	2.300	S/ 10.00	S/ 23.00	
<b>3. Equipos y herramientas</b>						<b>16.78</b>
Mezcladora de concreto	hm	1	0.800	S/ 4.49	S/ 3.59	
Vibrador de concreto 4 HP	hm	1	0.800	S/ 7.60	S/ 6.08	
Herramientas manuales	% MO		3%	S/ 236.88	S/ 7.11	

*Fuente: Elaboración propia*

En la siguiente tabla LI se logra reconocer la diferencia que hay entre los costos de un concreto patrón con un monto de 575.59 y un concreto con adición del 2% de FA teniendo un costo de 598.59, la diferencia económica es de 23.

TABLA LI  
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DEL CONCRETO CON 3% FA

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>PARTIDA :</b> Concreto f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> + 3% de Fibra de algarrobo				<b>Fecha:</b> 24/10/2024		
<b>RENDIMIENTO:</b>		10	m <sup>3</sup> /día	<b>Precio Total Por m<sup>3</sup>: S/ 613.00</b>		
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
<b>1. Mano de obra</b>						<b>236.88</b>
Operario	hh	2	1.600	S/ 27.71	S/ 44.34	
Oficial	hh	2	1.600	S/ 21.79	S/ 34.86	
Peón	hh	10	8.000	S/ 19.71	S/ 157.68	
<b>2. Materiales</b>						<b>359.34</b>
Cemento Portland tipo Ico (42.5 kg)	bolsa	-	9.109	S/ 24.68	S/ 224.83	
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	-	1.536	S/ 36.90	S/ 56.67	
Piedra chancada de 1/2"	m <sup>3</sup>	-	0.682	S/ 57.40	S/ 39.16	
Agua	m <sup>3</sup>	-	0.682	S/ 6.14	S/ 4.19	
Transporte Fibra de algarrobo (3%)	bolsa	-	3.450	S/ 10.00	S/ 34.50	
<b>3. Equipos y herramientas</b>						<b>16.78</b>
Mezcladora de concreto	hm	1	0.800	S/ 4.49	S/ 3.59	
Vibrador de concreto 4 HP	hm	1	0.800	S/ 7.60	S/ 6.08	
Herramientas manuales	% MO		3%	S/ 236.88	S/ 7.11	

*Fuente: Elaboración propia*

En la siguiente tabla LII se logra reconocer la diferencia que hay entre los costos de un concreto patrón con un monto de 575.59 y un concreto con adición del 3% de FA teniendo un costo de 613, la diferencia económica es de 37.41.

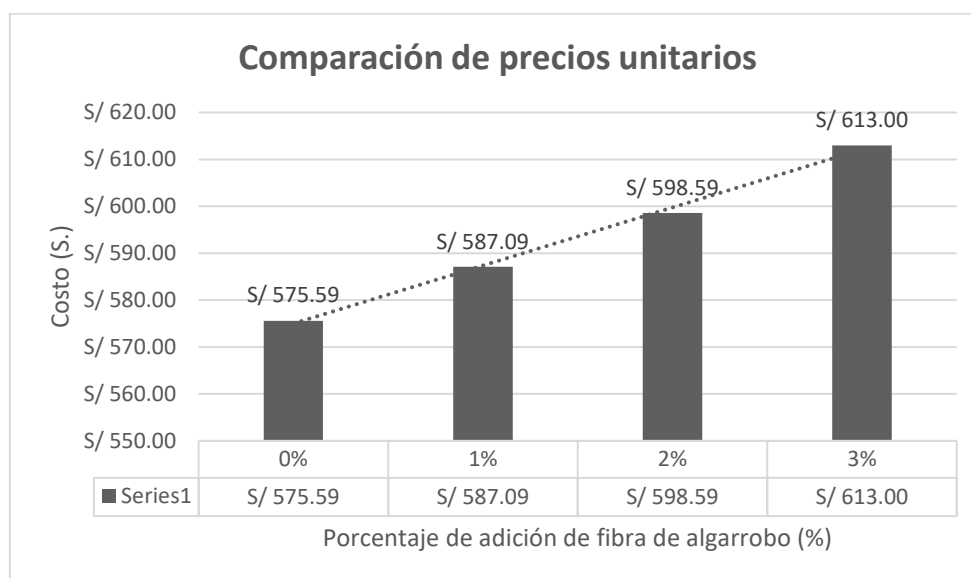
Todos los datos de las diferencias económicas se agrupan en el siguiente cuadro:

TABLA LII  
COMPARACIÓN DE LA DIFERENCIA ECONÓMICA DE LOS CONCRETOS

Cantidad de FA adicionada (%)	Costo por m3 (S/.)	Diferencias de costo respecto al costo patrón	
		(S/.)	(%)
		0%	S/ 575.59
1%	S/ 587.09	S/ 11.50	2.0%
2%	S/ 598.59	S/ 23.00	4.0%
3%	S/ 613.00	S/ 37.41	6.5%

*Fuente: Elaboración propia*

Según la tabla LIII se puede considerar que los costos por m<sup>3</sup> de los distintos concretos según su adición, donde se observa la relación directa entre el costo y la cantidad de FA adicionada, mientras más sea la adición de FA, más caro será el precio unitario del concreto. Asimismo, se muestra la figura donde se nota la diferencia de costos.



**Fig. 61.** Comparación de precios unitarios del concreto sin adición y del concreto con adición

## ***Discusiones***

### ***Las propiedades físicas y químicas de la FA***

La caracterización física y química de la fibra de algarrobo presenta resultados significativos que tienen implicaciones importantes en su uso en aplicaciones constructivas, especialmente en la fabricación de concretos. Dicho esto, el valor de la densidad en este estudio es de 1.154 gr/cm<sup>3</sup> (TABLA XXII), con lo que se compara con una densidad de 1.777 gr/cm<sup>3</sup> reportada en investigaciones previas [5]. Esta diferencia de 0.023 gr/cm<sup>3</sup>, aunque poca, puede ser crucial en términos de las propiedades mecánicas del material compuesto. La longitud de la fibra, que varía entre 2 a 3 cm (TABLA XXIII), también es relevante, ya que estudios sugieren que menores longitudes de fibra tienden a mejorar la resistencia del concreto. La variación en la longitud de la fibra, desde 0.2 a 3 cm, indica que el proceso de preparación y adición de la FA puede influir significativamente en las propiedades del concreto [5], [6], [7]. Según el autor Tamanna, explica sobre la relación entre la longitud de la fibra y la resistencia del concreto es un aspecto crítico. A menor longitud de fibra pueden distribuirse más uniformemente en la matriz del concreto, lo que mejora la interacción entre la fibra y el cemento, aumentando así la resistencia mecánica del material compuesto. Esto se alinea con estudios que han demostrado que la adición de las fibras con longitudes adecuadas puede mejorar significativamente la RT y RF del concreto [6], [7].

El análisis químico de la FA revela contenidos de 50.80 mg/kg de cloruros, 49.78 mg/kg de sulfatos y 5250.00 mg/kg de sales solubles. Estos valores son indicativos de su potencial para mejorar la resistencia del concreto al incorporarse en la mezcla. Según el autor Kammouna, la adición de FA ha incrementado la resistencia del concreto en un 40%, elevando los niveles de estas propiedades a 132 mg/kg a 153 mg/kg [6]. Esto sugiere que la FA no solo actúa como un refuerzo mecánico, sino que también puede influir en la reacción química del cemento, mejorando la microestructura y la durabilidad del concreto.

### ***Trabajabilidad del concreto***

La trabajabilidad es un parámetro crítico en el diseño de mezcla de concreto, ya que influye directamente en la facilidad de manejo, colocación y compactación del concreto. En la investigación mencionada se logró mantener un asentamiento de 4" para el concreto sin adiciones (0%FA) y para los concretos con adiciones de 1%, 2% y 3% de FA. Según el autor Hamada, este rango de asentamiento es indicativo de una consistencia balanceada y adecuada

para la mayoría de construcciones [8]. En otras investigaciones, como la del autor Kammoun, reportaron una reducción significativa en la trabajabilidad del concreto, resultando con un slump de solo 1". Esta disminución se atribuye a la cantidad y tipo de material utilizado, así como a la absorción de agua por parte de los agregados. La absorción de agua es un factor crucial, ya que puede disminuir la trabajabilidad gradualmente con el aumento del contenido de agua en la mezcla (WWA) [6].

En la investigación actual, se verificará que la trabajabilidad no afectó la resistencia inicial del concreto. Esto se debe a que la relación agua/cemento se mantenga constante a lo largo de las diferentes proporciones de adición de FA. Según el autor Hamada, la relación agua/cemento es fundamental para determinar la resistencia del concreto, y cualquier cambio en esta relación puede impactar significativamente en las propiedades mecánicas del material [8].

### ***Resistencia a compresión inicial***

La resistencia a la compresión del concreto patrón, sin adición de FA, se evaluó diferentes edades (3,7,14,21 y 28 días) y mostró un comportamiento satisfactorio. A los 28 días, el promedio de resistencia del concreto patrón fue de 286.53 kg/cm<sup>2</sup> (TABLA XXXV), lo que se acerca a la resistencia requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>. Al comparar la resistencia del concreto patrón con la de las muestras que contienen adiciones de FA (1%, 2% y 3%), se obtendrá una disminución en la resistencia a medida que aumentaba el porcentaje de FA. Las tablas XXXII, XXXIII y XXXIV; detallan estos resultados, indicando que la resistencia disminuye con el aumento de la adición de FA. A los 28 días, las muestras con adición de FA decrecen en 39.30 kg/cm<sup>2</sup>, 55.10 kg/cm<sup>2</sup> y 49.6 kg/cm<sup>2</sup> para los porcentajes de 1%, 2% y 3% respectivamente, lo que presenta disminuciones porcentuales de 14%, 19% y 17%, con respecto al concreto patrón.

Los resultados obtenidos en esta investigación se compararon con estudios previos que también evaluaron el efecto de la adición de FA en la RC. Según el autor Tamanna, reportaron resistencias promedios menores, específicamente 219.276 kg/cm<sup>2</sup>, 237.048 kg/cm<sup>2</sup> y 223.042 kg/cm<sup>2</sup> [6]. En contraste con Kammoun, los resultados obtenidos del ensayo de la resistencia a compresión fueron inferiores por un 24 a 29% [7]. lo que sugiere que los resultados de esta investigación son más altos incluso con la adición de FA.

### ***Resistencia a tracción***

La resistencia a tracción del concreto patrón, sin adición de FA, se evaluó a los 28 días y mostró un comportamiento satisfactorio. El promedio final del concreto patrón fue de 23.56 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica un desempeño adecuado según los parámetros establecidos. Al comparar la resistencia de tracción del concreto patrón con las muestras que contienen adiciones de FA del 1%, 2% y 3%, se observará un aumento significativo en la resistencia a medida que aumenta el porcentaje de FA. Estos resultados se detallan en la Tabla XXXVI y muestran que, la adición de FA mejora la resistencia a tracción.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que la adición de FA aumenta la resistencia a la tracción del concreto. Específicamente a los 28 días, las muestras con proporciones de FA mostraron un incremento de 5.70 kg/cm<sup>2</sup>, 11.79 kg/cm<sup>2</sup> y 10.70 kg/cm<sup>2</sup> para los porcentajes de 1%, 2% y 3% donde se detalla en la Tabla XXXVII. Según investigaciones del autor Hamada, han demostrado que la unión de materiales como fibras puede mejorar significativamente la resistencia a la tracción del concreto, también han reportado aumentos en la resistencia requerida en 37.2% y un 47.5% con adición de fibras [8]. lo que sugiere que los resultados de esta investigación son más altos incluso con la adición de FA. Según el autor tamanna, destaca que la edad de curado juega un rol importante en la resistencia del concreto a mayor curado, se espera mejor resistencia [6]. La mejora en la resistencia de tracción observada en esta investigación puede atribuirse, en parte, a las edades de curado y a la interacción del concreto y las FA.

### ***Resistencia a la flexión***

La resistencia de flexión del concreto patrón, sin adición de fibras de algarrobo, se evaluó a los 28 días y mostró un comportamiento satisfactorio. Con un  $f'_c$  de 210kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia requerida de 294 kg/cm<sup>2</sup>, el promedio final de resistencia a la flexión del concreto patrón fue de 37.0 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica un desempeño adecuado. Al comparar la resistencia a la flexión del concreto patrón con las muestras que contienen adiciones de FA (1%, 2% y 3%) se observará un aumento en la resistencia a medida que aumentaba el porcentaje de FA. Aunque la muestra patrón demostró una resistencia inicialmente mayor, las adiciones de FA resultaron en mejoras significativas. Estos resultados se detallan en la TABLA XXXVIII y muestran que, a los 28 días, las muestras con adiciones de FA aumentaron la resistencia a la flexión en 0.45 kg/cm<sup>2</sup>, 3.98 kg/cm<sup>2</sup> y 3.48 kg/cm<sup>2</sup> para los porcentajes de 1%, 2% y 3% respectivamente. El mejor resultado se obtuvo con una adición del 2% de FA, lo que sugiere que este porcentaje es bueno

para maximizar los beneficios en la resistencia a la flexión. Estos hallazgos se alinean con investigaciones previas que han demostrado que la unión de fibras y otros materiales puede mejorar significativamente la resistencia del concreto [6], [7]. Otros estudios sobre la adición de fibras han reportado aumentos en la resistencia requerida del orden del 19.31% y 23% [8]. Lo que sugiere que la mejora observada en esta investigación es consistente con los beneficios esperados de tales adiciones.

### ***Resistencia a los sulfatos***

La evaluación de la resistencia a los sulfatos del concreto es crucial para determinar su durabilidad y resistencia a los ataques químicos, especialmente en entornos agresivos. Los resultados obtenidos a los 28 días para las vigas del concreto patrón, sin adición de FA, mostraron un comportamiento creciente en la resistencia desde la semana 0 hasta la 16, indicando un desempeño satisfactorio (TABLA XL). Este comportamiento es consistente con las expectativas para un concreto bien formulado y curado. Se evaluaron cuatro diseños de concreto, cada uno con tres muestras, con porcentajes de FA de 0%, 1%, 2% y 3%. La expansión promedio observada en estas muestras fue de 0.118%, 0.118%, 0.111% y 0.119% respectivamente. Estos valores indican que la incorporación de FA no aumentó significativamente la expansión del concreto debido al ataque de sulfatos, lo que sugiere una menor penetración y deterioro en las vigas de concreto.

Según autor Kammoun, los resultados obtenidos del concreto con adición de FA mostraron un impacto positivo en la resistencia al ataque de sulfatos [7]. La incorporación de fibras en porcentajes del 1% al 2% mejoró significativamente la resistencia del concreto a este tipo de ataque químico [7]. Esto se debe a que las fibras ayudan a reducir la porosidad del concreto y a mejorar su microestructura, lo que a su vez reduce la penetración de iones sulfato un 0.5% y minimiza el deterioro [11].

Los resultados de este estudio tienen implicaciones importantes para la durabilidad del concreto en entornos donde el ataque de sulfatos es una preocupación significativa. Por eso, el autor Kammoun, habla sobre la adición de FA puede ser una estrategia efectiva para mejorar la resistencia del concreto a los sulfatos, lo que prolonga la vida útil de las estructuras y reduce los costos de mantenimiento [7].

### ***Reacción química***

Los resultados obtenidos después de 28 días en las muestras patrón, sin adición de fibras de algarrobo (FA 0%), mostraron datos irregulares en los ensayos de cloruros, sulfatos y sales solubles. Los ensayos revelaron concentraciones significativas de cloruros (66.565 mg/kg, 49.23 mg/kg, 49.45 mg/kg y 49.568 mg/kg), sulfatos (62.568 mg/kg, 44.23 mg/kg, 44.26 mg/kg y 44.324 mg/kg) y sales solubles (6095.210 mg/kg, 5050 mg/kg, 5160 mg/kg y 5151 mg/kg) en las muestras. Estas variaciones sugieren una posible reacción química dentro del concreto, lo que podría afectar su durabilidad y resistencia a largo plazo. La adición de fibras de algarrobo (FA) en porcentajes de 1%, 2% y 3% fue evaluada para su impacto en la resistencia y la durabilidad del concreto. De acuerdo con Kammoun, la incorporación de fibras puede interferir con el proceso de hidratación del cemento, especialmente si no se agregan en las proporciones correctas [7]. Esta interferencia puede resultar en un deterioro de las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del concreto, como se ha observado en otras investigaciones donde se observa que hay una mejora del 4 % de la resistencia de las [5]. En la investigación de Ahmad, presenta una aplicación de sulfatos de sodio al concreto donde describe que la resistencia aumenta un 10% y compara con un concreto patrón donde la resistencia de sulfatos mejora un 30%. Sin embargo, la adición de materiales como la fibra de algarrobo puede reducir la porosidad y mejorar la resistencia del concreto, lo que generalmente aumenta la durabilidad, también, Ahmad habla sobre el control de las concentraciones de iones y la reactividad de áridos, esto podría no ser suficiente para prevenir el deterioro [5].

### ***Densidad del concreto***

Los resultados obtenidos para la densidad del concreto en estado fresco mostraron valores de 2288.06 kg/m<sup>3</sup>, 2299.38 kg/m<sup>3</sup>, 2303.15 kg/m<sup>3</sup> y 2312.58 kg/m<sup>3</sup> para las mezclas con 0%, 1%, 2% y 3% de fibra de algarrobo (FA), respectivamente. Estos valores indican un aumento gradual en la densidad del concreto con la adición de FA. La diferencia de densidades entre las mezclas con FA y la mezcla patrón sin FA (0% FA) fue de 11.32 kg/m<sup>3</sup>, 15.09 kg/m<sup>3</sup> y 24.52 kg/m<sup>3</sup> para las adiciones de 1%, 2% y 3% de FA. , respectivamente. Estas diferencias sugieren que la FA contribuye a un aumento en la densidad del concreto, aunque no necesariamente de manera lineal. Los porcentajes de aumento en la densidad fueron de 0.49%, 0.66% y 1.07% para las adiciones de 1%, 2% y 3% de FA, respectivamente, en comparación con el patrón concreto de 0% FA. Este aumento, aunque modesto, indica que la incorporación de FA puede mejorar la compactación y reducir la porosidad del concreto. Según el autor Ahmad, habla del aumento en

la densidad con el incremento de FA se puede atribuir a la capacidad de las fibras de algarrobo para reducir la porosidad del concreto. Las FA, al ser materiales puzolánicos, reaccionan con el hidróxido de calcio producido durante la hidratación del cemento, formando compuestos que llenan los poros y mejoran la densidad del concreto. Es importante destacar que la investigación logró conseguir concretos con densidades mínimas de  $1177.00 \text{ kg/m}^3$  en otros contextos [5], [6]. Esta variabilidad sugiere que la densidad final del concreto depende de múltiples factores, incluyendo la proporción de FA, el tipo de agregados utilizados y las condiciones de curado.

### ***Evaluación económica***

Según la tabla XLIX el precio del concreto con 0% FA por  $\text{m}^3$  fue de S/. 575.59. Este precio se compara con el precio unitario de un concreto  $f'c$  210  $\text{kg/cm}^2$  para columnas, según el suplemento técnico de la revista costos, el cual tiene un monto de S/.647.18 por  $\text{m}^3$ , donde existe una diferencia de S/. 71.59. Por lo tanto, el concreto de la presente investigación tiene un costo menor.

Asimismo, el costo del concreto con sus adiciones de FA se encontró un incremento en los precios, siendo S/.587.09, S/.598.59 y S/.613.00 el precio unitario para 1%, 2% y 3% de FA, respectivamente (TABLA XLIX, TABLA L, TABLA LI y TABLA LII). Al compararlo con el costo del concreto patrón, se encuentra un incremento en el costo de S/.11.50, S/.23.00 y S/.37.41 para el concreto con 1%, 2% y 3% de FA, donde observamos en la tabla XLIX un aumento en porcentaje de 2%, 4% y 6.5% sobre el costo del concreto patrón. Entonces, a mayor adición de fibra de algarrobo tendrá un costo mayor.

## Conclusiones

- En esta investigación se demostró la respuesta de la resistencia mecánica del concreto con adiciones de fibra de algarrobo antes y después de ser sometido a los distintos ensayos. Los comportamientos se han comparado con concreto convencional bajo el mismo diseño de mezcla.
- La fibra de algarrobo usada en esta investigación presenta propiedades físicas y químicas tales como un tamaño en su mayoría son de 2 a 3 cm, densidad de 1.154 gr/cm<sup>3</sup>, cloruros de 50.80 mg/kg, sulfatos de 49.78 mg/kg y sales solubles de 5250 mg/kg.
- Las densidades del concreto comenzaron a ser mayor mientras más era la adición de fibras de algarrobo, lográndose aumentar en 2299.38 kg/cm<sup>3</sup>, 2303.15 kg/cm<sup>3</sup> y 2312.58 kg/cm<sup>3</sup> para 1%, 2% y 3% de FA, respectivamente, al considerar la densidad de 0% FA como base.
- La resistencia de compresión comenzaron a ser menor dependiendo la adición de FA, los datos a los 28 días son 286.53 kg/cm<sup>2</sup>, 268 kg/cm<sup>2</sup>, 273 kg/cm<sup>2</sup> y 258 kg/cm<sup>2</sup> para 0%, 1%, 2% y 3% de FA, respectivamente, al considerar la resistencia del concreto patrón de 0% FA como base.
- El módulo de rotura de la RT comenzaron a ser mayor dependiendo la adición de fibra de algarrobo, lográndose aumentar en 12.86 kg/m<sup>2</sup>, 18.56 kg/m<sup>2</sup>, 24.65 kg/m<sup>2</sup> y 23.56 kg/m<sup>2</sup> para 0%, 1%, 2% y 3% de FA.
- El módulo de rotura de la RF comenzaron a ser mayor a menor dependiendo la adición de fibra de algarrobo, lográndose aumentar en 33.7 kg/m<sup>2</sup>, 34.10 kg/m<sup>2</sup>, 37.5 kg/m<sup>2</sup> y 37.0 kg/m<sup>2</sup> para 0%, 1%, 2% y 3% de FA.
- La resistencia de sulfatos del concreto comenzó a ser mayores dependiendo la adición de FA, lográndose aumentar los valores de cada barra durante la semana 0 hasta la 16.
- La reacción química del concreto, los datos comenzaron a ser irregulares mientras se realizaba los ensayos de cloruros de 66.565 mg/kg, 49.23 mg/kg, 49.45 mg/kg y 49.568 mg/kg; sulfatos de 62.568 mg/kg, 44.23 mg/kg, 44.26 mg/kg y 44.324 mg/kg; y sales solubles de 6095.210 mg/kg, 5050 mg/kg, 5160 mg/kg y 5151 mg/kg. Con estos resultados existe una reacción en el concreto.
- Los costos del concreto sin adición y el concreto con adición, comenzaron a crecer a medida que la cantidad de adición de FA, incrementándose en S/.11.50, S/.23.00 y S/.37.41 para 1%, 2% y 3% de FA, considerando como base el precio del concreto con 0%

FA. Esto lo posiciona como una alternativa poco viable para la elaboración de grandes cantidades de concreto.

### **Recomendaciones**

- Realizar ensayos de caracterización físicas y químicas para la FA como, determinar la densidad, longitud y ensayos químicos.
- Trabajar con porcentajes de adición más altos teniendo en cuenta la resistencia del concreto más elevadas para observar cómo afectará la adición de FA.
- Se recomienda evaluar otros aspectos de resistencia del concreto con adición de FA.
- Investigar más a fondo el aumento de RC, RT y RF; en corto tiempo al adicionar la FA.
- Se recomienda hacer estudios en la adición de fibra de algarrobo para que tenga un aporte mayor en la ligereza a otros usos en el concreto, o también en los bloques estructurales o morteros.
- Se recomienda estudiar la fibra de algarrobo en usos afines que requieran menos cantidades donde pueda evitar el excesivo incremento del costo en la fabricación de un concreto sin adición y con adición de FA.

## Referencias

- [1] A. Desta, «Investigation on Production of Light Weight High Tensile Strength Concrete Using Sugarcane Bagasse Fiber», 2019.
- [2] L. J. Bellido Yarleque, «Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera», *Univ. Nac. Agrar. Molina*, 2018, Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3859>
- [3] R. Xu, T. He, Y. Da, Y. Liu, J. Li, y C. Chen, «Utilizing wood fiber produced with wood waste to reinforce autoclaved aerated concrete», *Constr. Build. Mater.*, vol. 208, pp. 242-249, may 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.030.
- [4] W. V. Bejarano Benites y W. V. Velasquez Valverde, «Comportamiento de la resistencia a la compresión de concreto F<sub>c</sub> 210 kg/cm<sup>2</sup> con adición al 1.5%, 3% y 5% de fibras de cáñamo, Trujillo – 2020», *Univ. Priv. Norte*, jun. 2021, Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27890>
- [5] J. Ahmad y Z. Zhou, «Mechanical Properties of Natural as well as Synthetic Fiber Reinforced Concrete: A Review», *Constr. Build. Mater.*, vol. 333, p. 127353, may 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127353.
- [6] «Utilization of wood waste ash in construction technology: A review - ScienceDirect». Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181933106X>
- [7] «Development of lightweight concrete using prickly pear fibres - ScienceDirect». Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819306609>
- [8] «Application of natural fibres in cement concrete: A critical review - ScienceDirect». Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235249282300524X>
- [9] E. a sitio externo E. enlace se abrirá en una ventana nueva y E. a sitio externo E. enlace se abrirá en una ventana nueva, «Evaluation of Mechanical Properties of Concrete Reinforced with Eucalyptus globulus Bark Fibres», 2020, doi: 10.3390/su122310026.
- [10] E. A. Huamanyauri Cuellar y J. K. Portilla Serna, «Propuesta de un concreto arquitectónico adicionado con fibras de betarraga para mejorar la resistencia frente a las sales en las edificaciones ubicadas en la zona de ambiente marino de Lima metropolitana», *Univ. Peru. Cienc. Apl. UPC*, dic. 2022, Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/667965>

- [11] F. M. Evaristo Alberto, «Resistencia de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  con adición de ceniza de viruta de madera- Huaraz - 2017.», *Univ. San Pedro*, sep. 2018, Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5477>
- [12] SENSICO, «Norma E.060 Concreto armado», 2020.
- [13] INDECOPI - 2005, «NTP 334.009, Cemento Portland». 2005.
- [14] W. Y. Rojas-Rincón, «Uso de distintos agregados finos, gruesos, fibras y celulosa en el concreto para el prefabricado de muros translúcidos», 2019, Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/2bf11a10-631e-4e43-948d-52531c47d1ee>
- [15] INDECOPI 2014, «NTP 400.037 - AGREGADOS. Especificaciones normalizados para agregados en concreto agregados».
- [16] L. M. Pacheco Flores, «Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido», *Univ. José Carlos Mariátegui*, 2017, Accedido: 13 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/226>
- [17] INACAL-2019., «NTP 339.088. CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.»
- [18] «NTP 334.001. CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura. INDECOPI-2011.»
- [19] «NTP 334.094. CEMENTOS. Ensayo Cambio de Longitud en Morteros. INDECOPI-2009».
- [20] admin, «Madera de algarrobo, características, usos y cómo trabajarla», *Tenemos Madera*. Accedido: 18 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://tenemosmadera.com/tipos-madera/madera-algarrobo/>
- [21] «NTP 339.034. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, INACAL-2015».
- [22] «NTP 339.084. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica».
- [23] «NTP 339.078. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo».
- [24] «NTP 400.042. AGREGADOS. Método de ensayo para la determinación de cloruros y sulfatos solubles en agua para agregados en concreto. INACAL-2016».

- [25] «NTP 339.152. SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea. INDECOPI-2015».
- [26] «NTP 339.046. CONCRETO. . Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto, INDECOPI-2008».
- [27] «NTP 339.035. CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland, INDECOPI-2009.»
- [28] «NTP 339.184. CONCRETO. Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado. Método de ensayo.»
- [29] «NTP 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. INACAL -2018.»
- [30] «NTP 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado, INDECOPI-1999.»
- [31] «NTP 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso, INACAL-2018.»
- [32] «NTP 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, INDECOPI-2013».
- [33] «NTP 334.005. CEMENTOS. Métodos de ensayo para determinar la densidad del cemento Portland. INDECOPI-2011».
- [34] «NTP 339.033. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo, INACAL-2015.»

## Anexos

### Panel de ensayos de laboratorio

#### Anexo 1: Ficha de validación de ensayos de laboratorio

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS



INFORME N° LEM USAT 008-2024-II

FECHA: 21 de Octubre 2024

### VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

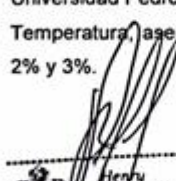

ESTUDIANTE: Gustavo Jenner Padilla Soriano

TITULO DE LA TESIS: Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad.
- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.
- Peso específico y absorción del agregado grueso y fino.
- Peso unitario del agregado grueso y fino.
- Resistencia a la Compresión, Tracción y Flexión con adición de 1%, 2% y 3%.
- Diseño de mezcla  $F'c = 210\text{kg/cm}^2$  para un requerido de  $F'c = 280\text{kg/cm}^2$ ; con adición de 1%, 2% y 3%.
- Caracterización Física (densidad de la fibra de algarrobo), para las siguientes proporciones de 1%, 2% y 3%.
- Caracterización Química (Cloruros, sulfatos y sales solubles) – ensayo realizado en la Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Reacción Química de especímenes cilíndricas (Cloruros, sulfatos y sales solubles) con las siguientes adiciones de 1%, 2% y 3% – ensayo realizado en la Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Temperatura, asentamientos y densidad; con las siguientes adiciones de 1%, 2% y 3%.

Henry  
 Rikadneyra  
 Oblitas  
 Tec. Laboratorio  
 USAT


*Anexo 2: Ficha de validación de ensayos de laboratorio*



Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

Henry Rivadeneyra Oblitas  
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental



Henry  
Rivadeneyra  
Oblitas  
Tec. Laboratorio  
USAT



USAT  
LABORATORIO DE INGENIERIA AMBIENTAL Y PROYECTO DE MATERIAS  
TECNICO DE LABORATORIO

*Panel de ensayos de laboratorio del agregado fino y agregado grueso*

*Anexo 3: Ficha de ensayo de granulometría del agregado fino*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



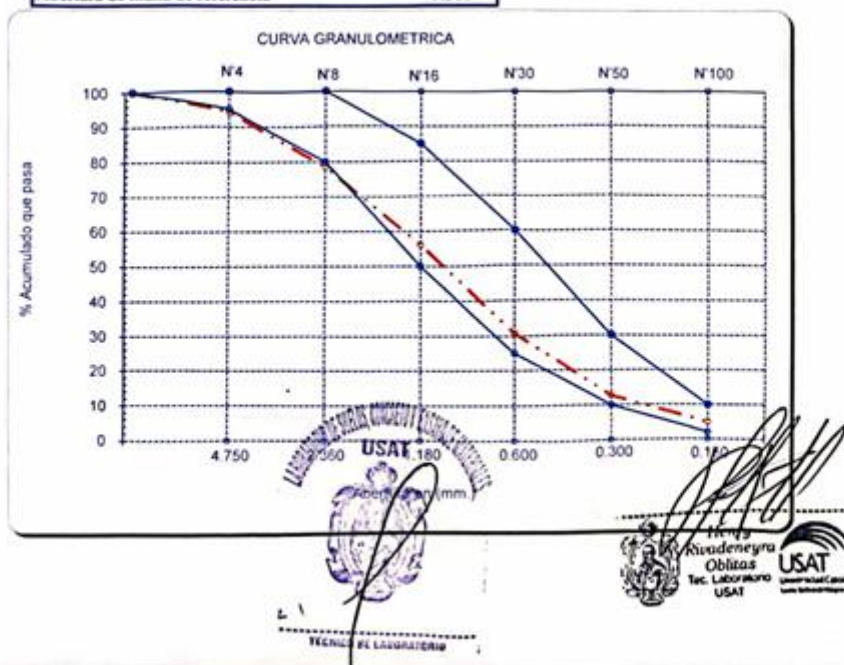
**Tesista** : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 18 de Junio del 2024

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino  
Referencia : Norma ASTM C-136 & N.T.P. 400.012

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

P. Inicial S. 914 8

Malla	Pulg.	(mm.)	Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
1/2"		12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"		9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04		4.750	52.97	5.8	5.8	94.2	95	100
N° 08		2.360	143.39	15.7	21.5	78.5	80	100
N° 16		1.180	204.34	22.3	43.8	56.2	50	85
N° 30		0.600	232.66	25.4	69.2	30.8	25	60
N° 50		0.300	165.22	18.1	87.3	12.7	10	30
N° 100		0.150	71.6	7.8	95.1	4.9	2	10
Fondo			44.55	4.9	100.0	0.0		
<b>Módulo de Fineza</b>					3.227			
<b>Abertura de malla de referencia</b>					9.500			



Anexo 4: Ficha de ensayo de granulometría del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

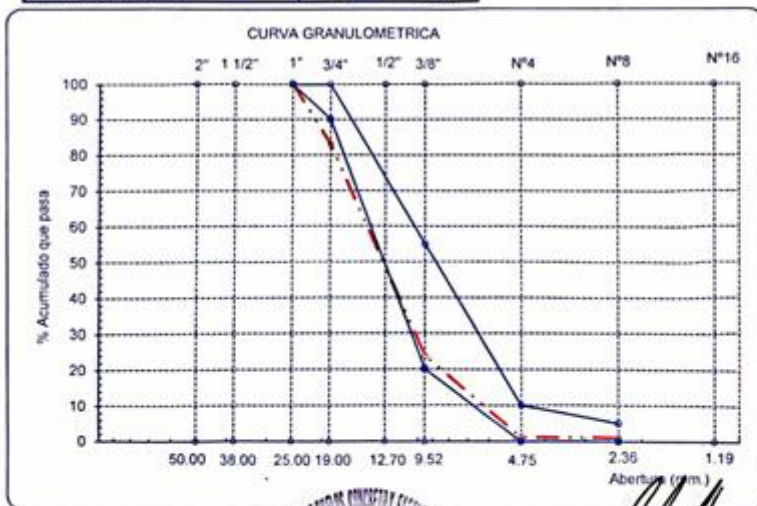


**Tesista** : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 18 de Junio del 2024  
**Ensayo** : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-136 6 N.T.P. 400.012

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

P. Inicial S. 4497.00

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones	
Palg.	(mm.)					USO 67	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	765.0	17.0	17.0	83.0	90.0	100.0
1/2"	12.70	1709.0	38.0	55.0	45.0	-	-
3/8"	9.52	956.0	21.3	76.3	23.7	20.0	55.0
N° 04	4.75	1017.0	22.6	98.9	1.1	0.0	10.0
N° 08	2.36	5.0	0.1	99.0	1.0	0.0	5.0
N° 16	1.19	22.0	0.5	99.5	0.5	0.0	0.0
Fondo		23.0	0.5	100.0	0.0		
Tamaño Máximo		1"		25.00			
Tamaño Máximo Nominal		3/4"		19.00			



Anexo 5: Ensayo de contenido de humedad, agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 18 de Junio del 2024

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1000	1000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	975.5	975.5
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	2.51	2.51
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	2.51	

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	6000	6000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	5980	5980
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.3	0.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.33	

Observaciones:



  
Henry Riudenebra Oblitas  
Tec. LABORATORIO  
USAT



Anexo 6: Ensayo de peso unitario del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Tesista** : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Testis** : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 18 de Junio del 2024

**Ensayo** : Peso unitario del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18347	18359
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		18347	18359
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00553	0.00553
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	3315	3317
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	3316	

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19559	19573
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		19559	19573
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00553	0.00553
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	3534	3537
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	3535	



Henry Rivasdeygra Obillos  
Tec. Laboratorio USAT





Anexo 7: Ensayo de peso unitario del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Tesista** : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 18 de Junio del 2024

**Ensayo** : Peso unitario del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17588	17577
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		17588	17577
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00553	0.00553
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	3178	3176
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	3177	

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18523	18533
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		18523.0	18533.0
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00553	0.00553
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	3347	3349
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	3348	



Henry Rivasdenezira Obilitas  
Tel. LABORATORIO USAT

Anexo 8: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 18 de Junio del 2024

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del	(g)	1012.5	1012.5
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	709.67	709.67
3.- Peso del Agua	(g)	302.86	302.86
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	706.07	706.07
5.- Peso del Frasco	(g)	205.96	205.96
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	500	500
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	2.537
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.536
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.535
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.72

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso

**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1468	1467
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1482	1482
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	1756	1751
4.- Peso de la canastilla	(g)	881	881
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	875	870

**II.- Resultados**


A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	2.407
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.432
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.467
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.00

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivaldenyira Obitos  
Tec. LABORATORIO USAT



Anexo 9: Carta de autorización del ensayo de densidad de la fibra de algarrobo



**LEMS W&C EIRL**  
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios 50608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
\* Email: lemswycerl@gmail.com

---

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**  
**Chiclayo, 14 de junio de 2024**

**Quien suscribe:**  
**Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar**  
**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**



**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado "Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo".

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante Padilla Soriano Gustavo Jenner, identificada con DNI N°72933241, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado "Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo" para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.


Ensayos realizados:

- Método para determinar la determinar la densidad en fibras. Método de referencia: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento portland (1)



Atentamente,


TÉCNICO DE LABORATORIO



**LEMS W&C EIRL.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
GERENTE GENERAL

Henry Rivasdeneyra  
Obitos  
Téc. Laboratorio USAT



## Anexo 10: Ficha de ensayo de densidad de la fibra de algarrobo



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
servicios@lemswceirf.com

Solicitud de Ensayo : **1406A-24 LEMS W&C**  
Solicitante : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
Proyecto / Obra : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque  
Fecha de apertura : viernes, 14 de Junio de 2024  
Inicio de ensayo : martes, 18 de Junio de 2024  
Fin de ensayo : martes, 18 de Junio de 2024

NORMA : MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND

REFERENCIA : N.T.P. 334.005-2011

INSTRUMENTOS : Botella de Le Chatelier  
Termómetro digital  
Balanza digital

MATERIAL : FIBRA DE ALGARROBO

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.154
-----------------------------	-----------------------	-------

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- El líquido utilizado es Kerosene.
- Se realizó ciclos de baño maría con agua regulada a temperatura de 20°C .
- La lectura inicial se tomó luego de estabilizar el volumen del líquido .

LEMS W&C EIRL.  
CON GUSTAVO OLAYA AGUILAR  
INGENIERO CIVIL  
CIP 246962

LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 246962



Henry Huadenebra Obilitas  
Téc. Laboratorio USAT

Anexo 11: Fichas de cálculo del diseño de mezcla del concreto

**DISEÑO DE MEZCLA (ACI)**

**CONSIDERACIONES:**

- Se usa este caso cuando contamos con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico.
- Modificar lo que está en negrita con rojo.

**DATOS:**

**a. Concreto:**

***f<sub>c</sub> especificado***

*f<sub>c</sub> = 210 kg/cm<sup>2</sup>*

**b. Agregados:**

Especificaciones de los agregados		
Especificación	Piedra	Arena
TMN	3/4	-
Módulo de Fineza	3.23	-
Peso Unitario Seco Suelto	1362	1480
Peso Unitario Seco Compactado	1533	1699
Peso Especifico Agregados	2.41	2.54
Cont. De humedad (% H)	0.33	2.51
% de absorción (% A)	0.003	0.025
Peso Especifico del cemento	2.97	3.15
Peso Especifico del agua	1000	1000
Densidad de aditivo	-	-

**DISEÑO:**

**1. Resistencia requerida (f<sub>cr</sub>)**

<i>f<sub>c</sub> especificado</i>	<i>f<sub>cr</sub></i>
< 210	<i>f<sub>c</sub> + 70</i>
210 a 350	<i>f<sub>c</sub> + 84</i>
> 350	<i>1.1f<sub>c</sub> + 50</i>

*f<sub>cr</sub> = 210 + 84*  
***f<sub>cr</sub> = 294 kg/cm<sup>2</sup>***

**2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)**

- El TMN del agregado grueso no deberá ser mayor de:
- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
  - 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de pre-esfuerzo.
  - 1/3 del peralte de las losas.

**TMN = 3/4 pulg**

**3. Selección del asentamiento (Slump)**

Tipo de estructura	Asentamientos recomendados para estructuras	
	Máximo (pulg)	Mínimo (pulg)
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Cimentaciones simples y calzaduras	3	1
Vigas y muros armados	4	1
Columnas	4	1
Muros y pavimentos	3	1
Concreto ciclópeo	2	1

**Tipo de estructura elegida:**

Columnas  
Máximo = 4 pulg  
Mínimo = 1 pulg  
**Slump = 4 pulg**

**4. Determinación del contenido de aire**

Contenido de aire atrapado		
TMN - Agregado grueso	Aire atrapado	
pulg	mm	%
3/8	9.5	3
1/2	12.5	2.5
3/4	19.0	2
1	25.0	1.5
1 1/2	37.5	1
2	50.0	0.5
3	75.0	0.3
6	150.0	0.2

**Aire atrapado = 2.0 %**



TÉCNICO DE LABORATORIO

5. Determinación del contenido de agua

Volumen de agua por m <sup>3</sup> (en lt)								
Tamaño máximo nominal del agregado grueso (pulg)								
Concreto sin aire incorporado								
1" = 25 mm	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" = 25 mm	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	-

Asentamiento = 4 pulg  
TMN = 3/4 pulg

Volumen de agua = 205 lt/m<sup>3</sup> de concreto

6. Selección de la relación agua - material cementante (a/mc)

Relación a/mc por resistencia (f <sub>cr</sub> )		
f <sub>cr</sub>	Relación agua cemento en peso	
kg/cm <sup>2</sup>	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
420	0.41	
450	0.38	

f<sub>cr</sub> = 294 kg/cm<sup>2</sup>

	f <sub>cr</sub>	Relación a/mc
Interpolación	280	0.57
	300	0.55

Relación a/mc por resistencia = 0.5560

7. Cálculo de contenido de cemento

Cemento = Contenido de agua / Relación a/mc

Contenido de agua: 205 lt/m<sup>3</sup> de concreto  
Relación a/mc: 0.5560

Peso de la bolsa de cemento: 42.5 kg

Cemento = 368.71 kg/m<sup>3</sup> de concreto = 8.68 bl/m<sup>3</sup> de concreto

8. Determinación del volumen de agregados por el Método del comité 211 del ACI - Volúmenes absolutos

Tabla N° 6: Peso del agregado grueso por unidad de Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de finura del fino (b/bc)

TMN del		Módulo de Finura del Agregado Fino					
pulg	mm	2.4	2.6	2.8	3	3.4	
3/8	9.5	0.5	0.48	0.46	0.44	0.40	
1/2	12.5	0.59	0.57	0.55	0.53	0.49	
3/4	19.0	0.66	0.64	0.62	0.60	0.56	
1	25.0	0.71	0.69	0.67	0.65	0.61	
1 1/2	37.5	0.76	0.74	0.72	0.70	0.66	
2	50.0	0.78	0.76	0.74	0.72	0.68	
3	75.0	0.81	0.79	0.77	0.75	0.71	
6	150.0	0.87	0.85	0.83	0.81	0.77	

Interpolación	Módulo de finura	
	3	3.4
	0.6	0.56

TMN = 3/4 pulg  
Módulo de finura del agregado fino = 3.23

b/bc = 0.5773

b = 1533 x 0.5773

b = 884.81 bl/m<sup>3</sup> de concreto



Henry Rivadeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT  
Universidad Católica Salta

**Volúmenes absolutos**

$V_{Abs} = (kg/m^3 Co) / \text{Peso unitario}$

Cemento:	$\frac{368.71}{2970}$	$\frac{kg/m^3 \text{ de concreto}}{kg/m^3}$	=	0.1241	=	12.4%
Agua:	$\frac{205.00}{1000}$	$\frac{l/m^3 \text{ de concreto}}{l/m^3}$	=	0.2050	=	20.5%
Aire:	$\frac{2.00}{100}$	%	=	0.0200	=	2.0%
Agregado grueso (AG):	$\frac{884.81}{2408}$	$\frac{kg/m^3 \text{ de concreto}}{kg/m^3}$	=	0.3675	=	36.8%
<b>SUMATORIA</b>			=	0.7167	=	71.7%
Agregado fino (AF):	1.00	-	0.7167	=	0.2833	= 28.3%
Agregado fino (AF):	0.2833	x	2537	=	718.78	kg/m <sup>3</sup> de concreto

**9. Diseño en condiciones secas**

Cemento = 368.71	kg/m <sup>3</sup> de concreto	→	8.68	bl/m <sup>3</sup> de concreto
Agregado Fino = 718.78	kg/m <sup>3</sup> de concreto			
Agregado Grueso = 884.81	kg/m <sup>3</sup> de concreto			
Agua = 205	l/m <sup>3</sup> de concreto			

**10. Corrección por humedad del agregado**

Peso agregado húmedo = Peso agregado seco \* (1 + % Cont. De humedad del agregado)

% Cont. Humedad AF: 0.025 = 2.51 %

Peso húmedo de agregado fino:  $PH_{AF} = 736.83$  kg/m<sup>3</sup> de concreto

% Cont. Humedad AG: 0.003 = 0.33 %

Peso húmedo de agregado grueso:  $PH_{AG} = 887.77$  kg/m<sup>3</sup> de concreto

**11. Agua efectiva**

**Aporte de humedad**

Aporte de humedad de los agregados = Peso agregado seco \* (% Cont. Humedad agregado - % Absorción)

% Cont. Humedad AF: 0.025 = 2.512 %  
% de absorción AF: 0.007 = 0.720 %

Aporte de humedad del agregado fino:  $AP_{AF} = 12.878$  kg/m<sup>3</sup> de concreto

% Cont. Humedad AG: 0.003 = 0.33 %  
% de absorción AG: 0.010 = 1.00 %

Aporte de humedad del agregado grueso:  $AP_{AG} = -5.87$  kg/m<sup>3</sup> de concreto

Aporte total =  $(AP_{AF}) + (AP_{AG})$

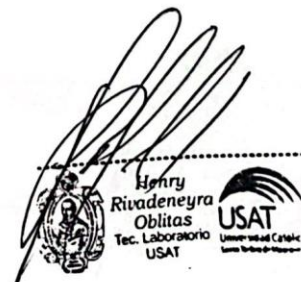
Aporte total = 7.01 l/m<sup>3</sup> de concreto

**Agua efectiva (AEF)**

Agua efectiva = Agua de diseño - Aporte de humedad de los agregados

Agua de diseño = 205 l/m<sup>3</sup> de concreto  
Aporte total = 7.01 l/m<sup>3</sup> de concreto

Agua efectiva (AEF) = 197.99 l/m<sup>3</sup> de concreto



12. Diseño en condiciones húmedas

Cemento = 368.71 kg/m <sup>3</sup> de concreto	→	8.68	bolsas/m <sup>3</sup> de concreto
Agregado Fino = 736.83 kg/m <sup>3</sup> de concreto			
Agregado Grueso = 887.77 kg/m <sup>3</sup> de concreto			
Agua = 197.99 l/m <sup>3</sup> de concreto			

Σ = 2191.3 kg/m<sup>3</sup> de concreto

13. Dosificación en peso

C	AF	AG	/	AGUA
1.00 kg	2.00 kg	2.41 kg	/	22.82 lt por bolsa

14. Conversión de peso a volumen

Materiales por tanda (bolsa de cemento)

1 bolsa de cemento (42.5 kg = 93.70 lb = 1 pie<sup>3</sup> en volumen).

Cemento = 42.50 kg por bolsa
Agregado Fino = 84.93 kg por bolsa
Agregado Grueso = 102.33 kg por bolsa
Agua = 22.82 lt por bolsa

Pesos unitarios húmedos

Peso unitario seco suelto AF: 1480 kg/m<sup>3</sup> de agregado  
% Cont. Humedad: 0.025

PUSH-AF = 1517.2 kg/m<sup>3</sup> de agregado

PUSH-AF = 42.96 kg/pie<sup>3</sup>

Peso unitario seco suelto AG: 1362 kg/m<sup>3</sup> de agregado  
% Cont. Humedad: 0.003

PUSH-AG = 1366.5 kg/m<sup>3</sup> de agregado

PUSH-AG = 38.69 kg/pie<sup>3</sup>

15. Dosificación en volumen

Pie <sup>3</sup>	C	AF	AG	/	AGUA
	1.00	1.98	2.64	/	22.82 lt por bolsa
	pie <sup>3</sup>	pie <sup>3</sup>	pie <sup>3</sup>		
1 bolsa de cemento (42.5 kg = 93.70 lb = 1 pie <sup>3</sup> en volumen). -- Esta dosificación se usa en obra					

m <sup>3</sup>	C	AF	AG	/	AGUA
	8.68	0.49	0.85	/	197.99 lt por m <sup>3</sup>
	bolsas	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		

16. Cantidad de kg de materiales por m<sup>3</sup> de concreto

(Condiciones húmedas)

Cemento = 368.71 kg/m <sup>3</sup> de concreto	→	8.68	bolsas/m <sup>3</sup> de concreto
Agregado Fino = 736.83 kg de agregado/m <sup>3</sup> de concreto			
Agregado Grueso = 887.77 kg de agregado/m <sup>3</sup> de concreto			
Agua = 197.99 l/m <sup>3</sup> de concreto			

17. Cantidad de m<sup>3</sup> materiales por m<sup>3</sup> de concreto

Cemento = 368.71 kg/m <sup>3</sup> de concreto	→	8.68	bolsas/m <sup>3</sup> de concreto
Agregado Fino = 0.49 m <sup>3</sup> de agregado/m <sup>3</sup> de concreto			
Agregado Grueso = 0.85 m <sup>3</sup> de agregado/m <sup>3</sup> de concreto			
Agua = 197.99 l/m <sup>3</sup> de concreto		0.20	m <sup>3</sup> de agua/m <sup>3</sup> de concreto



18. Cantidad de la fibra de algarrobo por m<sup>3</sup> de concreto

Densidad de la fibra de algarrobo = 1 gr/cm<sup>3</sup> = 1150 kg/m<sup>3</sup>  
 Volumen de concreto evaluado = 1 m<sup>3</sup>

Cálculo:

						Para 1 m <sup>3</sup> de Concreto	
FA <sub>0%</sub>	=	1	m <sup>3</sup> Co	x	0%	x	1150 kg/m <sup>3</sup> = 0.000 kg
FA <sub>1%</sub>	=	1	m <sup>3</sup> Co	x	1%	x	1150 kg/m <sup>3</sup> = 11.500 kg
FA <sub>2%</sub>	=	1	m <sup>3</sup> Co	x	2%	x	1150 kg/m <sup>3</sup> = 23.000 kg
FA <sub>3%</sub>	=	1	m <sup>3</sup> Co	x	3%	x	1150 kg/m <sup>3</sup> = 34.500 kg

Materiales por 1 m3 de concreto	Porcentajes de fibra de algarrobo			
	0%	1%	2%	3%
Cemento (kg/m <sup>3</sup> Co)	368.71	368.71	368.71	368.71
Agregado fino (kg/m <sup>3</sup> Co)	736.83	736.83	736.83	736.83
Agregado grueso (kg/m <sup>3</sup> Co)	887.77	887.77	887.77	887.77
Agua (lt/m <sup>3</sup> Co)	197.99	197.99	197.99	197.99
Fibra de algarrobo (kg/m <sup>3</sup> Co)	0.00	11.50	23.00	34.50

19. Tanda de ensayo

Datos del molde:	Alto del molde:	30.5 cm
	Diámetro del molde:	15.2 cm
	Volumen del molde:	0.0055 m <sup>3</sup>

a. Sin desperdicio:

Para:	1	probetas
Volumen probeta =	0.0055	m <sup>3</sup>
Cemento =	2.04	kg
Agregado Fino =	4.08	kg
Agregado Grueso =	4.91	kg
Agua =	1.10	lt
<b>Σ =</b>	<b>12.13</b>	<b>kg</b>

Cantidad de fibra de algarrobo			
Fibra de algarrobo al 0% =	0.000	kg	= 0 gr
Fibra de algarrobo al 1% =	0.064	kg	= 64 gr
Fibra de algarrobo al 2% =	0.127	kg	= 127 gr
Fibra de algarrobo al 3% =	0.191	kg	= 191 gr

b. Con desperdicio al: 50%

Para:	1.5	probetas
Volumen probeta =	0.0083	m <sup>3</sup>
Cemento =	3.06	kg
Agregado Fino =	6.12	kg
Agregado Grueso =	7.37	kg
Agua =	1.64	lt
<b>Σ =</b>	<b>18.19</b>	<b>kg</b>

Cantidad de fibra de algarrobo con desperdicio al 50%			
Fibra de algarrobo al 0% =	0.000	kg	= 0 gr
Fibra de algarrobo al 1% =	0.095	kg	= 95 gr
Fibra de algarrobo al 2% =	0.191	kg	= 191 gr
Fibra de algarrobo al 3% =	0.286	kg	= 286 gr



c. Cálculo de material para probetas solicitadas con desperdicio del 50%: (Para hacer)

Cantidad: **3** probetas solicitadas (con 50% de desperdicio)

Volumen probeta = **0.0249** m<sup>3</sup>

Cemento = 9.18 kg  
 Agregado Fino = 18.35 kg  
 Agregado Grueso = 22.11 kg  
 Agua = 4.93 lt  
 Σ = 54.57 kg

Cantidad de vermiculita para 3 probetas con desperdicio al 50%

Fibra de algarrobo al 0% = 0.000 kg = 0 gr  
 Fibra de algarrobo al 1% = 0.286 kg = 286 gr  
 Fibra de algarrobo al 2% = 0.573 kg = 573 gr  
 Fibra de algarrobo al 3% = 0.859 kg = 859 gr

20. Tarea de ensayo (probeta pesuña)

Datos del molde:	Alto del molde:	20	cm
	Diámetro del molde:	10	cm
	Volumen del molde:	0.0016	m <sup>3</sup>

a. Sin desperdicio:

Para: **6** probetas

Volumen probeta = **0.0094** m<sup>3</sup>

Cemento = 3.47 kg  
 Agregado Fino = 6.94 kg  
 Agregado Grueso = 8.37 kg  
 Agua = 1.87 lt  
 Σ = 20.65 kg

Cantidad de fibra de algarrobo

Fibra de algarrobo al 0% = 0.000 kg = 0 gr  
 Fibra de algarrobo al 1% = 0.108 kg = 108 gr  
 Fibra de algarrobo al 2% = 0.217 kg = 217 gr  
 Fibra de algarrobo al 3% = 0.325 kg = 325 gr

b. Con desperdicio al: **50%**

Para: **9** probetas

Volumen probeta = **0.0848** m<sup>3</sup>

Cemento = 31.27 kg  
 Agregado Fino = 62.50 kg  
 Agregado Grueso = 75.30 kg  
 Agua = 16.79 lt  
 Σ = 185.87 kg

Cantidad de fibra de algarrobo con desperdicio al 50%

Fibra de algarrobo al 0% = 0.000 kg = 0 gr  
 Fibra de algarrobo al 1% = 0.975 kg = 975 gr  
 Fibra de algarrobo al 2% = 1.951 kg = 1951 gr  
 Fibra de algarrobo al 3% = 2.926 kg = 2926 gr

c. Cálculo de material para probetas solicitadas con desperdicio del 50%: (Para hacer)

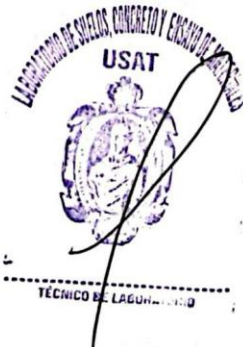
Cantidad: **13.5** probetas solicitadas (con 50% de desperdicio)

Volumen probeta = **1.1451** m<sup>3</sup> 20.25

Cemento = 422.21 kg  
 Agregado Fino = 843.75 kg  
 Agregado Grueso = 1016.60 kg  
 Agua = 226.72 lt  
 Σ = 2509.28 kg

Cantidad de vermiculita para 13.5 probetas con desperdicio al 50%

Fibra de algarrobo al 0% = 0.000 kg = 0 gr  
 Fibra de algarrobo al 1% = 13.169 kg = 13169 gr  
 Fibra de algarrobo al 2% = 26.338 kg = 26338 gr  
 Fibra de algarrobo al 3% = 39.506 kg = 39506 gr



21. Tarea de ensayo (viga)

Datos del molde:	Alto de la viga:	0.51	m
	Ancho de la viga:	0.15	m
	Largo de la viga:	0.15	m
	Volumen de la viga:	0.0115	m <sup>3</sup>

a. Sin desperdicio:

Para:	6	Viga
Volumen viga =	0.0689	m <sup>3</sup>
Cemento =	25.39	kg
Agregado Fino =	50.73	kg
Agregado Grueso =	61.12	kg
Agua =	13.63	lt
<b>Σ =</b>	<b>150.87</b>	<b>kg</b>

Cantidad de fibra de algarrobo			
Fibra de algarrobo al 0% =	0.000	kg	= 0 gr
Fibra de algarrobo al 1% =	0.792	kg	= 792 gr
Fibra de algarrobo al 2% =	1.584	kg	= 1584 gr
Fibra de algarrobo al 3% =	2.375	kg	= 2375 gr

b. Con desperdicio al: 50%

Para:	9	Viga
Volumen probeta =	0.6197	m <sup>3</sup>
Cemento =	228.47	kg
Agregado Fino =	456.58	kg
Agregado Grueso =	550.11	kg
Agua =	122.68	lt
<b>Σ =</b>	<b>1357.84</b>	<b>kg</b>

Cantidad de fibra de algarrobo con desperdicio al 50%			
Fibra de algarrobo al 0% =	0.000	kg	= 0 gr
Fibra de algarrobo al 1% =	7.126	kg	= 7126 gr
Fibra de algarrobo al 2% =	14.252	kg	= 14252 gr
Fibra de algarrobo al 3% =	21.378	kg	= 21378 gr

c. Cálculo de material para probetas solicitadas con desperdicio del 50%:

(Para hacer)

Cantidad:	8	probetas solicitadas (con 50% de desperdicio)
Volumen probeta =	4.9572	m <sup>3</sup>
Cemento =	1827.74	kg
Agregado Fino =	3652.61	kg
Agregado Grueso =	4400.87	kg
Agua =	981.48	lt
<b>Σ =</b>	<b>10862.70</b>	<b>kg</b>

Cantidad de vermiculita para 8 probetas con desperdicio al 50%			
Fibra de algarrobo al 0% =	0.000	kg	= 0 gr
Fibra de algarrobo al 1% =	57.008	kg	= 57008 gr
Fibra de algarrobo al 2% =	114.016	kg	= 114016 gr
Fibra de algarrobo al 3% =	171.023	kg	= 171023 gr



## Anexo 12: Ensayo de caracterización química de la fibra de algarrobo



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS**



**REPORTE DE ANÁLISIS N°084 – 2024 – FIQIA**

1. ALUMNO : Gustavo Jenner Padilla Soriano  
 2. PROYECTO : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo

**3. DATOS DE LA MUESTRA**

- Número de muestras : 03  
 - Fecha de recepción : 05/09/2024

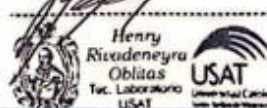
**4. RESULTADOS DE ANÁLISIS**

PARÁMETRO	CANTIDAD	CARACT. QUIMICA	UNIDADES
Cloruros	1.00	50.80	mg/kg
Sulfatos	1.00	49.78	mg/kg
Sales Solubles	1.00	5250.00	mg/kg

**5. CONCLUSIONES**

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Investigación y Servicios Técnicos, siguiendo estrictos estándares de calidad.

Firma		Firma	 INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172
Analista	Marilyn Guimerino Quinteros VIRAZ	V°B°	Ing. Cristian David Misconde Bellan
Fecha del Análisis		11 de Septiembre del 2024	



TECNICO DE LABORATORIO

## Anexo 13: Resultados del ensayo de la resistencia a la compresión al concreto patrón



**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES**



Tesista                   Gustavo Jenner Padilla Soriano  
 Escuela                 Escuela de Ingeniería Ambiental  
 Tesis                     Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo.

Lugar                    : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión    : Chiclayo, 17 de Octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05  
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	05/05/2024	3	118
02	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	05/05/2024	3	136
03	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	05/05/2024	3	150
04	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	09/05/2024	7	209
05	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	09/05/2024	7	213
06	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	09/05/2024	7	190
07	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	16/05/2024	14	191
08	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	16/05/2024	14	249
09	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	16/05/2024	14	260
10	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	23/05/2024	21	213
11	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	23/05/2024	21	249
12	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	23/05/2024	21	216
13	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	30/05/2024	28	298
14	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	30/05/2024	28	294
15	CONCRETO 210 kg/cm2 +Patrón	02/05/2024	30/05/2024	28	268

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry  
 Rivadeneira  
 Oblitas  
 Tec. Laboratorio  
 USAT

Anexo 14: Resultados del ensayo de la resistencia a compresión con adición de 1% FA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Gustavo Jenner Padilla Soriano  
Escuela de Ingeniería Ambiental  
Tesis Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo.

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05  
Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	10/05/2024	3	165
02	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	10/05/2024	3	213
03	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	10/05/2024	3	179
04	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	14/05/2024	7	192
05	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	14/05/2024	7	216
06	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	14/05/2024	7	200
07	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	21/05/2024	14	240
08	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	21/05/2024	14	219
09	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	21/05/2024	14	225
10	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	28/05/2024	21	237
11	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	28/05/2024	21	216
12	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	28/05/2024	21	258
13	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	04/06/2024	28	258
14	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	04/06/2024	28	216
15	CONCRETO 210 kg/cm2 +Adición 1%	07/05/2024	04/06/2024	28	268

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry  
Rivadeneira  
Oblitas  
Tec. Laboratorio  
USAT

Anexo 15: Resultados del ensayo de resistencia a compresión con adición de 2% FA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Gustavo Jenner Padilla Soriano  
Escuela Escuela de Ingeniería Ambiental  
Tesis Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo.

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05  
Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	11/05/2024	3	161
02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	11/05/2024	3	155
03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	11/05/2024	3	150
04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	15/05/2024	7	154
05	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	15/05/2024	7	184
06	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	15/05/2024	7	172
07	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	22/05/2024	14	205
08	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	22/05/2024	14	215
09	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	22/05/2024	14	199
10	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	29/05/2024	21	216
11	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	29/05/2024	21	236
12	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	29/05/2024	21	225
13	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	05/06/2024	28	215
14	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	05/06/2024	28	219
15	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 2%	08/05/2024	05/06/2024	28	273

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivasdeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 16: Resultados de ensayos de resistencia a compresión con adición de 3% FA



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista Gustavo Jenner Padilla Soriano  
Escuela de Ingeniería Ambiental  
Tesis Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo.

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Octubre del 2024

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05  
Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	15/06/2024	3	155
02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	15/06/2024	3	181
03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	15/06/2024	3	175
04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	19/06/2024	7	158
05	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	19/06/2024	7	161
06	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	19/06/2024	7	170
07	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	26/06/2024	14	185
08	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	26/06/2024	14	188
09	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	26/06/2024	14	205
10	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	03/07/2024	21	260
11	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	03/07/2024	21	227
12	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	03/07/2024	21	280
13	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	10/07/2024	28	237
14	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	10/07/2024	28	216
15	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Adición 3%	12/06/2024	10/07/2024	28	258

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 17: Resultados del ensayo de la resistencia a la tracción en el concreto patrón y el concreto con adiciones



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Gustavo Jenner Padilla Soriano  
Escuela : Escuela de Ingeniería Ambiental  
Tesis : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 17 de Octubre del 2024

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-39/39M -2004

Título : Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

$$f_c = \frac{[2 \times P]}{[3.1416 \times d^2 \times h]}$$

Código	Identificación	Fecha de Curado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
CP-01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Patrón	01/05/2024	29/05/2024	28	15	30	9830	14
CP-02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Patrón	01/05/2024	29/05/2024	28	15	30	8800	12
CP-03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +Patrón	01/05/2024	29/05/2024	28	15	30	8650	12
CP-04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 1%	09/05/2024	06/06/2024	28	15	30	11180	16
CP-05	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 1%	09/05/2024	06/06/2024	28	15	30	11650	16
CP-06	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 1%	09/05/2024	06/06/2024	28	15	30	16530	23
CP-07	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 2%	15/05/2024	12/06/2024	28	15	30	17230	24
CP-08	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 2%	15/05/2024	12/06/2024	28	15	30	17330	25
CP-09	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 2%	15/05/2024	12/06/2024	28	15	30	17720	25
CP-10	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 3%	01/06/2024	29/06/2024	28	15	30	15570	22
CP-11	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 3%	01/06/2024	29/06/2024	28	15	30	16840	24
CP-21	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> ADICIÓN 3%	01/06/2024	29/06/2024	28	15	30	17550	25

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT  
www.usat.edu.pe

Anexo 18: Resultados de ensayo de resistencia a flexión del concreto patrón y al concreto con diferentes adiciones

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



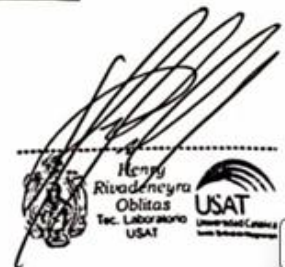
Tesis Solicitante

: Gustavo Jermer Piedilla Soriano  
 : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de algarrobo

Tesis Lugar Fecha de emisión

: Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
 : Chiclayo, 17 de Octubre del 2024

Título : Resistencia a la flexión de vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de luz del tramo  
 Código : Norma N.T.P. 339.078



DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (kg)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ (cm)	MODULO DE ROTURA (Kg/m <sup>2</sup> )
PATRON	12/06/204	10/07/2024	28	2010	15.5	15.1	51	29.01
PATRON	12/06/204	10/07/2024	28	2660	15.5	15.1	51	38.39
PATRON	12/06/204	10/07/2024	28	2330	15.5	15.1	51	33.62
ADICIÓN 1%	12/06/204	10/07/2024	28	2520	15.5	15.1	51	36.37
ADICIÓN 1%	12/06/204	10/07/2024	28	2320	15.5	15.1	51	33.48
ADICIÓN 1%	12/06/204	10/07/2024	28	2250	15.5	15.1	51	32.47
ADICIÓN 2%	12/06/204	10/07/2024	28	2380	15.5	15.1	51	34.34
ADICIÓN 2%	12/06/204	10/07/2024	28	2460	15.5	15.1	51	35.50
ADICIÓN 2%	12/06/204	10/07/2024	28	2950	15.5	15.1	51	42.57
ADICIÓN 3%	12/06/204	10/07/2024	28	2560	15.5	15.1	51	36.94
ADICIÓN 3%	12/06/204	10/07/2024	28	2540	15.5	15.1	51	36.65
ADICIÓN 3%	12/06/204	10/07/2024	28	2590	15.5	15.1	51	37.38

Anexo 19: Validación de ensayos de resistencia de sulfatos



"Año del Bicentenario de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Chiclayo, 21 de Octubre del 2024

Quien suscribe:

**REPRESENTANTE LEGAL.**

OJEDA AYESTA FIRMO JUAN CARLOS -GERENTE GENERAL.  
CAL.FRANCISCO CABRERA Nº 1201 – CHICLAYO – LAMBAYEQUE

**ASUNTO:** Realización de ensayos en el laboratorio, AMAZONAS INGENIERIA CIVIL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA.

Tengo el agrado de dirigirme a la escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la **UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**, para informar que el tesista **PADILLA SORIANO GUSTAVO JENNER** con código universitario 182TD80919, identificado con número de DNI: 72933241, y con nombre del proyecto de investigación "**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO REFORZADAS CON FIBRAS DE ALGARROBO**", ha realizado ensayo de durabilidad por sulfatos (4 diseños), en mi empresa mencionada en los párrafos anteriores, representada con **RUC 20488017498** bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

Agradeciendo la atención al presente, aprovechando la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.  
Atentamente



Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera Nº 1201 Chiclayo – Lambayeque ☎ T: (074) 516906 ☐ C: 964 423 859  
Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte Nº 696 Int. 201 - Chiclayo ☐ C: 924 387 254 - 963 847 718  
Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica ☎ T: (056) 402821 ☐ C: 959 669 889

Anexo 20: Resultados del ensayo de resistencia a los sulfatos en el concreto patrón



INFORME DE ENSAYO N° 2010

Expediente N° : 1887 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C  
 Solicitante : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
 Atención : Laboratorio de mecánica de suelos (USAT)  
 Obra/ Tesis : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
 Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 01 de Octubre del 2024

Código: ASTM C 137  
 Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido

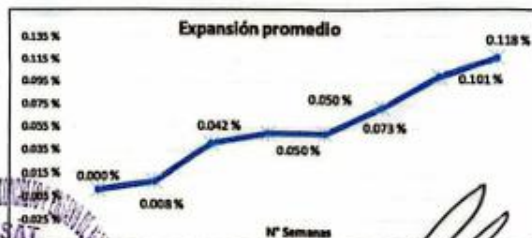
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA Concreto Experimental f'c=210 kg/cm2-Cemento tipo I

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	3.777	3.785	3.845
Semana 1	3.800	3.815	3.850
Semana 2	3.902	3.908	3.911
Semana 3	3.925	3.914	3.946
Semana 4	3.874	3.965	3.945
Semana 8	3.968	3.988	4.000
Semana 13	4.045	4.033	4.088
Semana 15	4.090	4.100	4.105

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0232 %	0.008 %
0.1488 %	0.042 %
0.3000 %	0.050 %
0.4508 %	0.050 %
0.6704 %	0.073 %
0.9740 %	0.101 %
1.3282 %	0.118 %



Desviación Estándar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.09988	0.09272	0.09282



Observaciones

- Identificación y muestreo designada por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 USAT  
 TECN. INGENIERO CIVIL  
 AMAZING S.A.C.

*Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

Henry Riuandeneiro Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 21: Resultados del ensayo de resistencia a los sulfatos con adición de 1%FA



INFORME DE ENSAYO N° 2010

Expediente N° : 1887 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C  
 Solicitante : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
 Atención : Laboratorio de mecánica de suelos (USAT)  
 Obra/ Tesis : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
 Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 01 de Octubre del 2024

Código: ASTM C 157  
 Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido

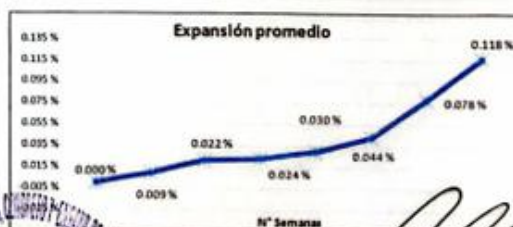
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA : Concreto Experimental f'c=210 kg/cm2-Cemento tipo I

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	3.842	3.849	3.859
Semana 1	3.857	3.865	3.898
Semana 2	3.904	3.907	3.905
Semana 3	3.902	3.915	3.911
Semana 4	3.912	3.918	3.948
Semana 8	3.956	3.958	3.966
Semana 13	3.988	4.030	4.120
Semana 15	4.126	4.138	4.168

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0280 %	0.009 %
0.0944 %	0.022 %
0.1656 %	0.024 %
0.2568 %	0.030 %
0.3888 %	0.044 %
0.6240 %	0.078 %
0.9768 %	0.118 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.08847	0.09327	0.11017



Observaciones  
 - Identificación y muestreo designada por el solicitante  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Henry Rivadencyra Oblitas*  
 Tec. Laboratorio USAT

*Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Rep. CIP. 123351

Anexo 22: Resultados del ensayo de resistencia de los sulfatos con adición del 2%FA



INFORME DE ENSAYO N° 2010

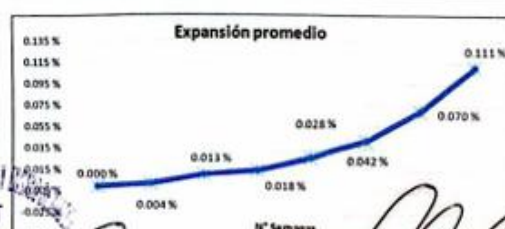
Expediente N° : 1887 - 2024 L.E.M. AMAZING S.A.C  
 Solicitante : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
 Atención : Laboratorio de mecánica de suelos (USAT)  
 Obra/ Tesis : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo  
 Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 01 de Octubre del 2024

Código: ASTM C 157  
 Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido.

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA  
 Concreto Experimental  $f'c=210$   
 kg/cm<sup>2</sup>-Cemento tipo I

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3	Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
Semana 0	3.845	3.857	3.865	0.0000 %	0.000 %
Semana 1	3.845	3.864	3.888	0.0120 %	0.004 %
Semana 2	3.895	3.894	3.878	0.0520 %	0.013 %
Semana 3	3.898	3.900	3.902	0.1052 %	0.018 %
Semana 4	3.915	3.920	3.942	0.1892 %	0.028 %
Semana 8	3.956	3.958	3.966	0.3144 %	0.042 %
Semana 13	3.989	4.000	4.100	0.5232 %	0.070 %
Semana 15	4.123	4.135	4.145	0.8576 %	0.111 %

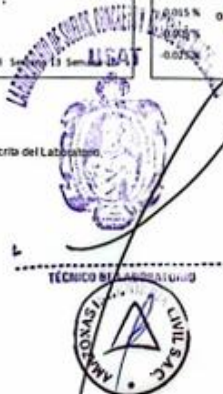
Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
	0.09069	0.09189	0.10646



Observaciones

- Identificación y muestreo designada por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  
 Juan Carlos Firme Ojeda Agesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859  
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718  
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889

## Anexo 23: Resultados del ensayo de resistencia de los sulfatos con adición del 3%FA



## INFORME DE ENSAYO N° 2010

Expediente N° : 1887 - 2024 L E M. AMAZING S A C  
 Solicitante : Padilla Soriano Gustavo Jenner  
 Atención : Laboratorio de mecánica de suelos (USAT)  
 Obra/ Tesis : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de algarrobo  
 Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 01 de Octubre del 2024

Código: ASTM C 157  
 Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido

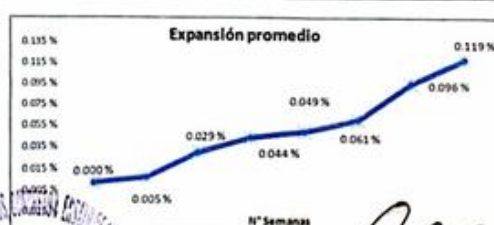
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA  
 Concreto Experimental  $f'c=210$   
 kg/cm<sup>2</sup>-Cemento tipo I

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
Semana 0	3.800	3.810	3.845
Semana 1	3.820	3.822	3.848
Semana 2	3.888	3.890	3.895
Semana 3	3.910	3.920	3.952
Semana 4	3.932	3.924	3.965
Semana 8	3.954	3.966	3.990
Semana 13	4.020	4.055	4.099
Semana 15	4.100	4.120	4.128

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0140 %	0.005 %
0.1012 %	0.029 %
0.2320 %	0.044 %
0.3784 %	0.049 %
0.5604 %	0.061 %
0.8480 %	0.096 %
1.2052 %	0.119 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA 3
	0.09128	0.10118	0.10147



## Observaciones

- Identificación y muestreo designada por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

USAT  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos

Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  
 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859  
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 943 847 718  
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889

## Anexo 24: Certificado de registro de la propiedad industrial



PERU

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

## Registro de la Propiedad Industrial

### Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00119315

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 028262-2019/DSD - INDECOPI de fecha 14 de noviembre de 2019, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación AMAZING y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Distingue : Servicios de construcción

Clase : 37 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0818096-2019

Titular : AMAZONAS INGENIA CIVIL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

País : Perú

Vigencia : 14 de noviembre de 2029

Tomo : 0597

Folio : 129

  
RAY MELONI GARCIA  
Director  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI




Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo – Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859  
Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718  
Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889

**Estimado Usuario,**

Para cuidar el registro obtenido, le recomendamos tener en cuenta, entre otros aspectos, la siguiente información

**a) Uso de la marca**

- ✓ Cualquier persona interesada puede solicitar la **cancelación por falta de uso** del registro otorgado, si han transcurrido tres (03) años durante los cuales **la marca no ha sido utilizada**.
- ✓ Frente a una solicitud de cancelación del registro, **usted deberá demostrar** que viene usando la marca de lo contrario, el registro será cancelado y perderá el derecho sobre la marca.
- ✓ **El uso** de la marca **debe ser demostrado** con conformidad con lo establecido en el artículo 165 y siguientes de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, Régimen Común Sobre Propiedad Industrial.

**b) Actualización de datos del titular**

- ✓ En caso exista algún cambio respecto de su domicilio procesal durante el plazo de vigencia del registro otorgado, deberá informarlo a la Dirección de Signos Distintivos.
- ✓ Es importante que informe respecto del cambio de su **domicilio procesal** toda vez que, en caso algún tercero solicitara la cancelación o nulidad del registro otorgado se le notificará al último domicilio procesal consignado por usted, y esta notificación se tendrá por válida.

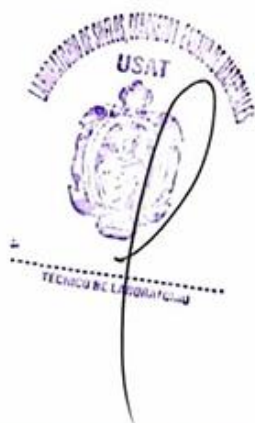
**c) Renovación del registro**

- ✓ La vigencia del registro otorgado es de diez (10) años **renovables**.
- ✓ Si desea renovar su registro, debe hacerlo dentro de los seis (06) meses anteriores o dentro de los seis (06) meses posteriores al vencimiento del registro.
- ✓ Si no solicita la renovación de su registro, **éste caducará** y usted perderá el derecho sobre el mismo.

**d) Lemas comerciales**

- ✓ La cancelación, nulidad o caducidad del registro de una marca a la que se vincula un lema comercial, determinará también la cancelación, nulidad o caducidad respectivamente, del registro de lema comercial, aun cuando no haya vencido el plazo de diez (10) años de vigencia del mismo.

Recuerde que en **INDECOPI** trabajamos para proteger los derechos de propiedad intelectual de todos nuestros usuarios.



*[Handwritten Signature]*

Henny Rivadeneira Obbitas  
Tec. Laboralista USAT

*[Handwritten Signature]*

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta  
INGENIERO CIVIL  
Rea. CIP 123351

Anexo 25: Certificación de calibración



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LMA-129-2024

Página 1 de 1

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión: 2024/07/04  
 Solicitante: AMAZONAS INGENIERIA CIVIL S.A.C.  
 Dirección: CAL JOSE FRANCISCO CABRERA NRO. 1201 CERCADO DE CHICLAYO LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO

**Instrumento de medición: BALANZA**

Identificación: NO INDICA  
 Intervalo de indicación: 1200 g  
 División de escala/resolución: 0.1 g  
 División de verificación (e): 0.1 g  
 Tipo de indicación: Digital  
 Marca / Fabricante: HENKEL  
 Modelo: BQ12001  
 N° de serie: 1609261637  
 Proveniencia: CHINA

Ubicación: Laboratorio de suelos  
 Lugar de calibración: Instalaciones del cliente

Fecha de calibración: 2024/07/04

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

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

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

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

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



ARSOU GROUP S.A.C.  
 Av. Vía Las Flores 400, P.O. Box 111, San Martín de Porres, Lima, Perú  
 Telf: +51 001 5880 33556 / +51 001 511 857  
 correo@arsougroup.com  
 www.arsougroup.com



Signature of Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesto  
 INGENIERO CIVIL  
 Rea. CIP. 123351

Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo – Lambayeque T: (074) 516906 ☐ C: 964 423 859  
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo ☐ C: 924 387 254 - 963 847 718  
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 ☐ C: 959 669 889



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LMA-129-2024

Página 2 de 3

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERU S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1043-MPES-C-2023
PESATEC PERU S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1044-MPES-C-2023
PESATEC PERU S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1046-MPES-C-2023
PESATEC PERU S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1047-MPES-C-2023
PESATEC PERU S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1048-MPES-C-2023

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 22 °C Final: 22 °C  
 Humedad Relativa Inicial: 53 %hr Final: 53 %hr

Resultados

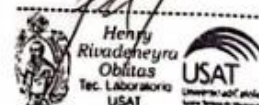
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 600 g			Carga L1= 1200 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	600.0	0.001	-0.001	1200.0	0.005	-0.002
2	600.0	0.002	-0.004	1200.0	0.004	-0.004
3	600.0	0.004	-0.005	1200.0	0.006	-0.004
4	600.0	0.003	-0.007	1200.0	0.003	-0.009
5	600.0	0.003	-0.009	1200.0	0.005	-0.012
6	600.0	0.004	-0.001	1200.0	0.007	-0.014
7	600.1	0.004	-0.004	1200.0	0.003	-0.010
8	600.1	0.007	-0.008	1200.0	0.005	-0.009
9	600.1	0.006	-0.004	1200.1	0.004	-0.007
10	600.0	0.005	-0.003	1000.1	0.004	-0.008
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
600	0		0.05			
1000.1	0		0.3			

ARSOU GROUP S.A.C.  
 Avda. 5ta. San Florentino de San Diego Mz C 20117 - San Martín de Porres, Lima, Perú.  
 Telf: +51 800 8480 / Cel: +51 928 890 513 / Fax: +51 925 513 437  
 ventas@arsougroup.com  
 www.arsougroup.com



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP 123351



Oficina y Laboratorio: Francisco Cabrera N° 1201 Chiclayo - Lambayeque T: (074) 516906 C: 964 423 859  
 Oficina Chiclayo: Alfonso Ugarte N° 696 Int. 201 - Chiclayo C: 924 387 254 - 963 847 718  
 Oficina Ica: Mz 15 Lot. 15 Urb. Juan Manuel Meza - Vista Alegre - Nasca - Ica T: (056) 402821 C: 959 669 889



Anexo 26: Resultados del ensayo de reacción química del concreto patrón con sus diferentes adiciones



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS**



**REPORTE DE ANÁLISIS N°084 – 2024 – FIQIA**

1. ALUMNO : Gustavo Jenner Padilla Soriano  
 2. PROYECTO : Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzadas con fibras de algarrobo

**3. DATOS DE LA MUESTRA**

- Número de muestras : 04  
 - Fecha de recepción : 09/09/2024

**4. RESULTADOS DE ANÁLISIS**

PARÁMETRO	CONCRETO PATRÓN	CONCRETO ADICIÓN			UNIDADES
		1%	2%	3%	
Cloruros	66.565	49.23;	49.45 y	49.568	mg/kg
Sulfatos	62.568	44.23;	44.26 y	44.324	mg/kg
Sales Solubles	6095.210	5050;	5160 y	5151	mg/kg

**5. CONCLUSIONES**

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Investigación y Servicios Técnicos, siguiendo estrictos estándares de calidad.

Firma		Firma	 INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Viquez	V°B°	Ing. Cristian David Visconde Baltrán
Fecha del Análisis		11 de Septiembre del 2024	



TECNOLÓGICO LABORATORIO