



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE ARQUITECTO

Compuesto de cemento reforzado con fibras de totora.

TRABAJO DE TITULACIÓN.

AUTOR: Ordóñez González, Pablo Andrés.

DIRECTOR: Balcázar Arciniega, Cristian André, Arq.

LOJA – ECUADOR

2018



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2018

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Arquitecto.

Cristian André Balcázar Arciniega

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Compuesto de cemento reforzado con fibras de totora, realizado por Pablo Andrés Ordóñez González ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero de 2018

f.....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Pablo Andrés Ordóñez González declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Compuesto de cemento reforzado con fibras de totora, de la Titulación de Arquitectura, siendo Arq. Cristian André Balcázar Arciniega director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Pablo Andrés Ordóñez González

Cedula: 1104899123

DEDICATORIA

A mis padres Wilson Ordoñez, Sandra Mercedes y a mis hermanos Cristian, Viviana, Gabriela, Priscila, su apoyo incondicional.

Y en especial a mi Madre Rosa Duarte, quien fue la me dio el primer apoyo para seguir esta carrera y fue mi motivación para seguir adelante a pesar que ya no está con nosotros.

AGRADECIMIENTOS

A gradezco a toda mi familia por su apoyo incondicional, a mis amigos y compañeros quienes me ayudaron y su pusieron guiar en este camino para poder culminar la carrera y por los buenos momentos que hemos compartido

Al Mgtr. Cristian Balcázar por su apoyo y orientación, quien supo guiar de la mejor manera para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
PROBLEMÁTICA	4
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	6
HIPÓTESIS	7
METODOLOGIA.....	8
CAPITULO I MARCO TEÓRICO.....	10
1. Materiales compuestos.....	11
1.1. Estructura de los materiales compuesto.....	11
1.1.1. Matriz.....	11
1.1.2. Refuerzo.....	12
1.2. Influencia de la orientación de la fibra en el compuesto.....	12
1.3. Influencia de la cantidad de fibra que se utiliza.....	13
1.4. Propiedades de los hormigones reforzados con fibras naturales.....	13
1.4.1. Resistencia a la compresión.....	14
1.4.2. Resistencia a la flexión.....	14
1.4.3. Resistencia a la fractura.....	14
1.5. Importancia de los materiales compuestos.....	14
1.6. Ventajas y desventajas de los compuestos aplicaciones en la construcción.....	15
1.7. Aplicación de los materiales compuestos.....	16
1.8. Estructura de los compuestos reforzados con fibras naturales.....	17
1.8.1. Cemento	17
1.8.1.1. <i>Cemento Portland</i>	17
1.8.1.2. <i>Composición química</i>	17
1.8.1.3. <i>Tipos de cementos portland</i>	17

1.8.2.	Propiedades de los cementos.....	18
1.8.3.	Agua.....	19
1.8.3.1.	<i>Calidad de agua</i>	20
1.8.3.2.	<i>Cantidad de agua</i>	20
1.8.4.	Áridos.....	20
1.8.4.1.	<i>Propiedades de los áridos</i>	21
1.8.4.2.	<i>Áridos finos</i>	21
1.8.4.3.	<i>Ardió grueso</i>	22
1.9.	Relación Agua-cemento.....	23
1.10.	Fibras naturales.....	23
1.11.	Propiedades de las fibras naturales.....	24
1.11.1.	Físicas.....	24
1.11.2.	Químicas.....	24
1.11.3.	Mecánicas.....	25
1.11.4.	Factores que afectan a las propiedades de fibras naturales.....	26
1.12.	Tratamientos realizados a las fibras.....	26
1.12.1.	Tratamiento de la parafina.....	28
1.12.2.	Tratamiento químico.....	29
1.12.3.	Tratamiento de cal.....	29
1.13.	Fibra de totora.....	30
1.14.	Composición física de la fibra de totora.....	31
1.15.	Tipos de totora.....	32
1.16.	Situación geográfica de la totora en el ecuador.....	32
1.17.	Uso de la totora.....	33
1.17.1.	Esteras.....	33
1.17.2.	Embarcaciones.....	34
1.17.3.	Arquitectura.....	34
1.17.4.	Forraje.....	35
1.17.5.	Alimentos.....	36
1.18.	Cultivo de la totora.....	36
1.18.1.	Cosecha de la totora.....	36
1.18.2.	Corte de la totora.....	36
1.18.3.	Procedimiento para el Corte de la Totora.....	37
CAPITULO II PROCESO EXPERIMENTAL		39
2.	Materiales y métodos.....	40

2.1.	Materiales.	40
2.2.	Fibra Natural “totora”.	40
2.3.	Seccionamiento de la fibra.	41
2.4.	Tratamientos seleccionados.	41
2.5.	Influencia de la fibra dentro del compuesto.	42
2.6.	Matriz.	42
2.6.1.	Cemento Portland Puzolánico.	42
2.6.2.	Áridos.	44
2.7.	Proceso de tamizado.	44
2.8.	Dosificación.	45
2.9.	Tiempo de curado.	46
2.10.	Especímenes a desarrollar.	47
2.11.	Herramientas para elaboración de las probetas.	48
2.12.	Moldes.	49
2.13.	Preparación del molde.	50
2.14.	Proceso de elaboración de material compuesto.	51
2.14.1.	Preparación de la mezcla.	51
2.15.	Proceso de elaboración de los distintos tipos de mortero.	55
 CAPITULO III RESULTADO EXPERIMENTAL.....		62
3.	Pruebas resistencia física.	63
3.1.	Herramientas para las pruebas.	63
3.2.	Mortero a flexión.	63
3.2.1.	Descripción del proceso para las pruebas a flexión.	65
3.2.2.	Resultado de los ensayos.	68
3.3.	Morteros a compresión.	75
3.3.1.	Proceso para desarrollar los especímenes que serán utilizados en pruebas a compresión.	76
3.3.2.	Descripción del proceso para las pruebas a Compresión.	79
3.3.3.	Resultados de los ensayos.	81
3.4.	Humedad.	88
3.4.1.	Descripción del proceso.	89
3.4.2.	Resultado del ensayo.	90
3.5.	Absorción del agua.	92
3.5.1.	Descripción del proceso.	93
3.5.2.	Resultado del ensayo.	94

3.6. Absorción de agua por capilaridad.	96
3.6.1. Descripción del proceso.	97
3.6.2. Resultado del ensayo.	98
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103
4. Análisis de los resultados.	104
4.1. Flexión - Absorción de agua.	104
4.2. Compresión - Absorción de agua.	105
4.3. Humedad – Flexión – Compresión.	106
4.4. Capilaridad – Flexión – Compresión.	106
4.5. Análisis referencial.	107
CONCLUSIONES.	110
RECOMENDACIONES.	111
BIBLIOGRAFÍA.	112

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Materiales compuestos aplicados en varios sectores industriales.....	15
Tabla 2. Ventajas y desventajas de los compuestos.	15
Tabla 3. Composición química del cemento Portland.....	17
Tabla 4. Clasificación de los áridos.	20
Tabla 5. Requisitos de gradación de los árido fino.	22
Tabla 6. Requisitos de gradación de los árido fino.	22
Tabla 7. Composición química en porcentajes de lagunas fibras vegetales.	24
Tabla 8. Propiedades mecánicas de las fibras vegetales.	25
Tabla 9. Factores que afectan a las propiedades de fibras naturales.	26
Tabla 10. Agentes protectores para la utilización de fibras dentro de los hormigones.	27
Tabla 11. Los sitios donde se cultiva la totora en el ecuador.	32
Tabla 12. Características del Cemento Portland Puzolánico.	43
Tabla 13. Requisitos para la arena normalizada.	44
Tabla 14. Tolerancia admisible para la edad de ensayos.	46
Tabla 15. Tipos de mortero	47
Tabla 16. Especificaciones de mortero.	47
Tabla 17. Datos generales de las probetas elaboradas a flexión.	64
Tabla 18. Resistencia a la flexión 7 días de curado.....	68
Tabla 19. Resistencia a la flexión, 14 días de curado.	69
Tabla 20. Resistencia a la flexión, 28 días de curado.	70
Tabla 21. Carga máxima a la flexión, 7 días de curado.	71
Tabla 22. Carga máxima a la flexión, 14 días de curado.	72
Tabla 23. Carga máxima a la flexión, 28 días de curado.	73
Tabla 24. Flexión-Media aritmética.....	74
Tabla 25. Datos generales de las probetas elaboradas a compresión.	75
Tabla 26. Resistencia a la compresión, 7 días de curado.	81
Tabla 27. Resistencia a la compresión, 14 días de curado.	82
Tabla 28. Resistencia a la compresión, 28 días de curado.....	83
Tabla 29. Carga máxima a la compresión, 7 días de curado.	84
Tabla 30. Carga máxima a la compresión, 14 días de curado.	85
Tabla 31. Carga máxima a la compresión, 28 días de curado.	86
Tabla 32. Compresion-Media aritmética.	87
Tabla 33. Procentaje de Humedad.	90
Tabla 34. Porcentaje de humedad. Media aritmética.	91
Tabla 35. Porcentaje de absorción de agua.....	94
Tabla 36. Porcentaje de absorción de agua/morteros/media aritmética.....	95
Tabla 37. Medición de la capilaridad, 7 días.	99
Tabla 38. Medición de la capilaridad, 14 días.	99
Tabla 39. Medición de la capilaridad, 28 días.	99
Tabla 40. Porcentaje de absorción del agua por capilaridad. Media aritmética-7 días.	100
Tabla 41. Porcentaje de absorción del agua por capilaridad. Media aritmética -14 días.....	101
Tabla 42. Porcentaje de absorción del agua por capilaridad. Media aritmética - 28 días....	101
Tabla 43. Característica del mortero con mayor resistencia.	108
Tabla 44. Tipos de morteros y características.	108
Tabla 45. Mortero para mampostería.	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Configuración básica de un material compuesto.	11
Figura 2. Orientación de fibras (a) continuas, (b) discontinuas.	12
Figura 3. Scirpus californicus.	31
Figura 4. Esteta emplea en un interior de una vivienda.	33
Figura 5. Embarcación de totora.	34
Figura 6. Vivienda con cielo raso de totora.	35
Figura 7. Alimentación del ganado con el forraje de la totora.	35
Figura 8. Partes de la totora.	36
Figura 9. Corte de la totora.	37
Figura 10. Traslado de la maraña.	38
Figura 11. Cemento Portland Puzolánico Tipo IP (a). Arena fina (b). Planta de totora (c). .	40
Figura 12. Sector donde crece la totora.	41
Figura 13. Dimensiones de una fibra de totora.	41
Figura 14. Cemento Portland Puzolánico Tipo IP.	43
Figura 15. Bandejas conteniendo arena para el previo secado en el Horno.	45
Figura 16. Bandejas conteniendo arena secada para el tamizado.	45
Figura 17. a. Balanza modelo EK (a). Recipiente para mezclar (b).	48
Figura 18. Fuente para la mezcla (a). Bailejo para mezcla (b).	48
Figura 19. Marco exterior del molde.	49
Figura 20. Molde con las divisiones interiores para los 3 especímenes.	49
Figura 21. Se utiliza aceite quemado para cubrir la superficie.	50
Figura 22. Se utiliza aceite quemado para cubrir la superficie.	50
Figura 23. Balanza EK 365 (a). Pesaje del agua (b).	51
Figura 24. Pesaje del cemento en la balanza (a). Pesaje del árido en la balanza (b).	52
Figura 25. Mezcla del cemento y arena.	52
Figura 26. Incorporación de la fibra.	53
Figura 27. Mezcla de todos los áridos y fibra.	53
Figura 28. Vaciado dentro del molde.	54
Figura 29. Vaciado completo dentro del recipiente.	54
Figura 30. Curado de los especímenes.	55
Figura 31. Elaboración del mortero simple.	55
Figura 32. Selección de la fibra.	56
Figura 33. Cortado de la fibra.	56
Figura 34. Parafina sólida (a). Disolución de la parafina sólida (b).	57
Figura 35. Disolución completa de la parafina (a). Fibra de totora sumergida en parafina (b).	58
Figura 36. Compuestos químicos.	59
Figura 37. Mezcla de los compuestos químicos.	59
Figura 38. Fibra sumergida en la composición química.	60
Figura 39. Mezcla de óxido de calcio y agua.	60
Figura 40. Fibra sumergida en la composición química.	61
Figura 41. Maquina Versa Tester (a). Balanza modelo FX-5000i (b). Horno de banco (c). ...	63
Figura 42. Dimensión de las aristas de los especímenes a evaluar.	65
Figura 43. Dimensión de las aristas de los especímenes a evaluar.	66
Figura 44. Pesaje del espécimen en la balanza eléctrica.	66
Figura 45. Marcaje de donde van ir los apoyos para las pruebas a flexión.	67

Figura 46. Probeta puesta en la máquina para la prueba a flexión.	67
Figura 47. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 7 días.	68
Figura 48. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 14 días.	69
Figura 49. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 28 días.	70
Figura 50. Resumen de la carga máxima a flexión 7 días.	71
Figura 51. Resumen de la carga máxima a flexión 14 días.	72
Figura 52. Resumen de la carga máxima a flexión 28 días.	73
Figura 53. Flexión-Diferentes tratamientos-Media aritmética.	74
Figura 54. Instrumentos utilizados para sacar los especímenes a compresión.	77
Figura 55. Medición de la arista a cortar.	77
Figura 56. Prensado del espécimen a cortar.	78
Figura 57. Cortado del espécimen.	78
Figura 58. Dimensiones de las aristas a evaluar.	79
Figura 59. Pesaje del espécimen a evaluar.	79
Figura 60. Probeta puesta en la máquina para la prueba compresión.	80
Figura 61. Falla de probeta una vez aplicada la carga.	80
Figura 62. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 7 días.	82
Figura 63. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 14 días.	83
Figura 64. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 28 días.	84
Figura 65. Resumen de la carga máxima a compresión 7 días.	85
Figura 66. Resumen de la carga máxima a compresión 14 días.	86
Figura 67. Resumen de la carga máxima a compresión 28 días.	87
Figura 68. Compresión - Diferentes tratamientos-Media Aritmética.	88
Figura 69. Peso inicial de la probeta.	89
Figura 70. Secado de las probetas en el horno.	89
Figura 71. Peso inicial después del secado en el horno.	90
Figura 72. Porcentaje de humedad.	91
Figura 73. Porcentaje de humedad media aritmética.	92
Figura 74. Pesaje de las probetas después del secado en el horno.	93
Figura 75. Probetas sumergidas en agua.	93
Figura 76. Secado de la probeta para después pesarla.	94
Figura 77. Porcentaje de absorción de agua.	95
Figura 78. Porcentaje de absorción de agua/ Morteros/Media aritmética.	96
Figura 79. Pesaje inicial después del secado en el horno.	97
Figura 80. Probetas puestas en posición vertical para el proceso de capilaridad.	98
Figura 81. Pesaje de las probetas después del tiempo de inmersión.	98
Figura 82. Porcentaje de absorción de agua. Media aritmética – 7 días.	100
Figura 83. Porcentaje de absorción de agua. Media aritmética – 14 días.	101
Figura 84. Porcentaje de absorción de agua. Media aritmética – 28 días.	102
Figura 85. Comparación de la resistencia a la Flexión.	104
Figura 86. Comparación de la resistencia a la compresión.	105
Figura 87. Comparación entre flexión-compresión-humedad.	106

RESUMEN

En los materiales compuestos uno de los inconvenientes existentes es la baja adherencia entre el refuerzo y la matriz, para solucionar esta conexión, realizar diferentes tratamientos físicos o químicos que produzcan cambios estructurales en la superficie de la fibra y mejoren las propiedades del compuesto.

En este mismo orden y dirección la alta alcalinidad de la pasta de cemento Portland dentro de un compuesto protege a las fibras de acero de la corrosión, pero afecta a otro tipo de fibras deteriorándolas con el paso del tiempo, tal es el caso de las fibras vidrio y las naturales. En las fibras naturales ocurre un proceso de degradación debido al ataque químico que con el tiempo produce el agua alcalinizada que contiene el cemento (Saraz, Aristizabal, & Mejía, 2007).

Por lo tanto, se emplea tres tratamientos de parafina, cal y una solución química, que ayuden a mejorar la fibra dentro del compuesto. Finalmente, tras el análisis de los resultados obtenidos de las distintas pruebas realizadas, se determina que el proceso adecuado aplicable al compuesto es el tratamiento de parafina.

Palabras claves: Materiales compuesto, fibras naturales, eco material, Totorá.

ABSTRACT

In composite materials, one of drawbacks is low adhesion between reinforcement and matrix. For the treatment of this connection, different physical or chemical treatments are carried out that produce structural changes on the surface of the fiber and improve properties of fiber compound.

In this same order and direction, high alkalinity of Portland cement paste inside a compound protected against steel fibers from corrosion, but it affects other types of fibers that deteriorate with the passage of time, such is the case of glass and natural fibers. In natural fibers, a degradation process occurs due to the chemical attack that with time produces alkalized water that contains cement (Saraz, Aristizabal and Mejía, 2007).

Therefore, three paraffin treatments are used, a chemical solution, which helps to improve the fiber within the compound. Finally, after of analysis process, the results obtained from different tests carried out, it was determined that paraffin treatment is an appropriate process.

Keywords: Composite materials, natural fibers, eco material, Totorá.

INTRODUCCIÓN

Las fibras naturales han sido usadas para reforzar varios materiales de construcción debido a los beneficios que pueden generar dentro del compuesto, además es una nueva alternabilidad de refuerzo. Este tipo de fibras que se emplean como refuerzo, se encuentran en grandes cantidades en varios países en desarrollo y representan una fuente renovable continua (Juárez Alvarado, Rodríguez López, Rivera Villarreal, & de Von Roth, 2003).

Los materiales compuestos reforzados con fibras naturales han tenido un gran impacto en las diferentes áreas del conocimiento, logrando mejorar la resistencia mecánica, conductividad eléctrica y permitir soluciones en términos de medio ambiente, energía, conservación de los recursos y baja densidad (Onuaguluchi & Banthia, 2016).

El uso de fibras naturales en compuestos, presenta una reducida adherencia con la matriz, un deterioro por la alta alcalinidad del cemento y un exceso de absorción de agua, lo que indica una débil sinergia entre los agentes protectores y el refuerzo, las fibras deben estar unidas firmemente a la matriz para que las cargas se transmitan al refuerzo, si existe un fácil desprendimiento esto ocasiona que el refuerzo se salga de la matriz y reduzca la resistencia del compuesto. Existen varias investigaciones que han logrado demostrar que la utilización de agentes protectores mejora la compatibilidad entre el refuerzo, la matriz y las propiedades de las fibras naturales.

Para el desarrollo de esta investigación se empleó la totora, una planta acuática que crece en zonas pantanosas, ha sido aprovechada por las comunidades indígenas por sus características de conductividad eléctrica, térmica y baja densidad, además ha tenido varios usos dentro de diferentes campos principalmente en la elaboración de muebles y artesanías. El empleo dentro de la construcción de viviendas es reducido, sin embargo, debido a sus características demuestra un potencial como una nueva alternabilidad de material.

La presente investigación tiene como principal objetivo determinar el agente protector para reducir las variables existentes al momento de usar una fibra natural como refuerzo, proporcionar un mejor comportamiento mecánico del material final y eventualmente tener un mayor campo de utilización de la totora dentro del ámbito de la construcción.

PROBLEMÁTICA

El medio alcalino de un compuesto afecta las propiedades químicas de la fibra, bajo estas circunstancias es evidente la descomposición de sus elementos, uno de ellos, la celulosa que es la principal estructura de la fibra junto con la hemicelulosa, esto ocurre por dos diferentes mecanismos. El primero, el desfibramiento, sucede cuando la celulosa conformada por cadenas lineales de glucosa se diluye cuando reaccionan con un ion OH, esto genera CH₂OH el cual se desprende de la cadena molecular, este desfibramiento es continuo, ocurre cuando se expone al medio alcalino y sucede a una temperatura de 75°C. El segundo mecanismo que desintegra la celulosa es la hidrólisis alcalina, la cual produce división de la cadena molecular y se complementa con el mecanismo anterior, pero se lleva a cabo a una temperatura de 100°C (Juárez Alvarado et al., 2003).

La lignina (otro de los elementos de la fibra) se fragmenta fácilmente en un medio alcalino, tiene un aspecto de color amarillo y café cuando se oxida. La lignina (otro de los elementos de la fibra) se fragmenta fácilmente, en un medio alcalino tiene un aspecto de color amarillo y café cuando se oxida, se reblandece entre los 70°C – 80°C y es parcialmente líquida a los 120°C, por lo tanto, la fibra pierde su flexibilidad y se divide en pequeñas unidades longitudinales perdiendo su capacidad de reforzar al concreto (Juárez Alvarado et al., 2003).

Tomando como base este problema, es viable la utilización de sustancias impermeabilizantes para la utilización de la fibra de totora dentro de una matriz de cemento, este tipo de fibra es utilizada desde tiempos precolombinos en elaboración de distintos objetos, uno muy conocido es la estera que se utiliza como protector del colchón o cama, mantel, asiento, alfombra, para dividir las habitaciones en las viviendas, como paredes, techos, puertas, ventanas y cortinas (Macía, 2006). La planta de totora crece desde la costa hasta las montañas de la cordillera, es aprovechada en algunas regiones, especialmente en los pueblos asentados a las orillas del lago, se encuentra en mayor proporción en: El Valle, Paccha, Nulti, Sidcay – Azuay, Sam Miguel de Yahuarcocha – Otavalo, lago San Pablo, lago Cuicocha y en el lago Yahuarcocha – Imbabura (PELT, 2001).

JUSTIFICACIÓN

En la búsqueda de materiales más sostenibles, la utilización de las fibras naturales en concretos y morteros tienen un amplio estudio desde los años 70, entre las cuales están las fibras de coco, plátano, bagazo de caña y algunos tipos de bambúes (Alexander & Saraz, 2007). Este tipo de refuerzos tienen gran importancia por ser recursos renovables, tener bajo costo de producción y representar una opción factible especialmente para los países en vías de desarrollo que disponen de estas fibras. Los beneficios que tienen estos materiales reforzados con fibras naturales se establecen en términos de medio ambiente, energía y conservación de los recursos (Onuaguluchi & Banthia, 2016).

Dentro de este tipo de refuerzos naturales tenemos a la totora, una planta acuática que crece en zonas pantanosas cerca de la cordillera de los Andes. Desde varios años ha sido aprovechada por los Uros, un pueblo indígena que habita en el lago Titicaca, la totora es su principal materia prima para la construcción de embarcaciones, casas, como forraje para el ganado, la parte del tallo se utiliza en la alimentación humana y para la elaboración de artesanías, por ende la totora tiene una gran importancia social y económica relevante dentro de la sociedad (Macía, 2006).

La estructura interna de esta planta está conformada por cámaras de aire, las cuales hacen que sea un material liviano y pueda ser empleado dentro del ámbito de la construcción como aislante térmico, acústico, como revestimiento, etc. Además, es una planta que crece en la zona andina, es un recurso renovable y biodegradable, por estas ventajas puede ser empleado en esta región, para reducir el impacto ambiental, disminuir los costos de producción frente a los materiales tradicionales.

Por estas características se puede emplear la totora como refuerzo dentro del compuesto, determinando previamente el agente protector adecuado para su aplicación. Posteriormente efectuar las respectivas pruebas de resistencia en el laboratorio, con un enfoque de mejorar los factores de resistencia y durabilidad del compuesto.

OBJETIVOS

Objetivos General:

Desarrollar un compuesto de cemento reforzado con fibras de Totorá con diversos tratamientos superficiales.

Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar el tratamiento adecuado para la utilización de la fibra de totora dentro de un compuesto de cemento o medio alcalino.
- ✓ Estudiar las propiedades reológicas y permeabilidad del compuesto de cemento y totora.

HIPÓTESIS

El tratamiento de parafina aplicado sobre las fibras de totora, tiene mejores resultados sobre las propiedades del compuesto de cemento.

METODOLOGIA.

Se empleará una dosificación especificada en la norma NTE INEN 488 (2009) con una proporción de 1:2.75 para todas las probetas, se incorpora el 0.5 % de fibra total de toda la mezcla, cortada en 30 mm de longitud, de 2 mm de diámetro y dispuesta de manera aleatoria dentro del compuesto.

Para el mortero se empleará cemento puzolánico o portland y arena de canto rodado. Además, los especímenes se los cura mediante inmersión total de agua durante 7, 14 y 28 días.

Se utiliza moldes estándar de 40x40x160 mm según la norma NTE INEN 198, para las pruebas de flexión, compresión y las pruebas físicas.

Con referencia a la utilización de la fibra dentro del compuesto para reducir el deterioro de la fibra dentro del medio alcalino se empleó tres tratamientos.

- ✓ Tratamiento de parafina.

Las fibras se impregnaron con parafina con el siguiente procedimiento: se calienta la sustancia de parafina hasta los 100°C, luego se sumerge la fibra seca de totora en la en la sustancia durante 5 minutos, se sacan las fibras y a continuación se colocan dentro de un horno a 100°C – 110°C por 15 minutos con la finalidad de disminuir la formación de grumos de parafina en las fibras mejorando la disgregación de las mismas antes y durante el mezclado.

- ✓ Tratamiento químico.

Se colocó en 1 litro de agua la cantidad de 10ml de ácido bórico, 10ml de bórax y 5ml de dicromato de sodio. Luego se procede a sumergir las fibras en la solución durante 24 horas.

- ✓ Tratamiento de cal.

Las fibras fueron pre-tratadas con cal apagada con una concentración de 0,5 M de CaO en 500 ml de suspensión acuosa durante 24 horas, el producto se saturó en un vaso de precipitados cubierto con papel de aluminio y mantenido por 24 horas. Finalmente, la fibra tratada se lavó y se mantuvo a temperatura ambiente durante 4 días antes de la fundición.

Para las distintas pruebas de los diferentes morteros se consideran las normas e investigaciones se a continuación se detallan:

Determinación de la resistencia a la flexión y compresión.

Se aplicará la norma NTE INEN 198 (1987): Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros.

Determinación de la humedad.

Se aplicará el estudio realizado por Moreno, L. E., Trujillo, E. E., & Osorio, L. R. (2007). Estudio de las características físicas de haces de fibra de Guadua angustifolia. Scientia et technica, 1(34).

Determinación del porcentaje de absorción de agua.

Se aplicará el estudio realizado por González, M. N., Astudillo, J. C., Bozo, A., & Silva, R. B. 25. Estudio experimental de un material fibrocemento utilizando fibras de rastrojos de trigo.

Determinación de la absorción de agua por capilaridad.

Se aplicarán las normas, UNE-EN 772-11 (2001): Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería Parte 11. Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería, en hormigones, piedras naturales y artificial, y de la tasa de absorción de agua inicial de las piezas de arcilla cocida para fábrica de albañilería.

UNE-EN 771-3 (2004): Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería Parte 3: Bloques de hormigón (áridos densos y ligeros)

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO.

1. Materiales compuestos.

Los materiales compuestos son básicamente, la composición de dos o más componentes a partir de una mezcla definida que se diferencia en forma y composición química y se mezclan entre sí. La mayoría de los compuestos están formados por dos o más fases o una matriz continua. Este tipo de materiales se los puede encontrar en la naturaleza como es el caso de la madera (Ossa, Cano, Arango, & Montoya, 2007).

1.1. Estructura de los materiales compuesto.

Los compuestos se desarrollan con la adición de fibras o partículas a una matriz definida que puede ser de distinta composición: metálica, polimérica o cerámica, de esta manera se genera un material multifásico, lo que refleja la importancia de cada una de las fases de los componentes. En específico, los elementos de un compuesto se denominan matriz y refuerzo, mientras que la superficie de conexión entre estos se denomina interfaz (Dávila et al., 2011).

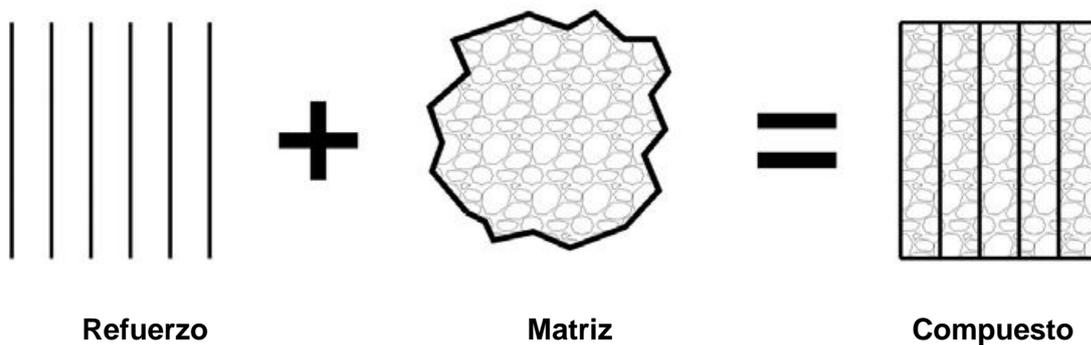


Figura 1. Configuración básica de un material compuesto.

Fuente: Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales, 2011, p.50.

Elaboración: Dávila et al., 2011

1.1.1. Matriz.

La matriz desempeña varias funciones, fundamentalmente en la fase continua, la cual engloba y sostiene los elementos de refuerzo, otorgando consistencia y continuidad al material, tanto en materiales naturales y artificiales, además influye en la resistencia a la tracción, la ductilidad, al impacto y puede dotar a la matriz de una capacidad aislante o conductora como es en el caso de las propiedades eléctricas. Transmite las cargas aplicadas sobre la matriz hacia los refuerzos y actúa como protectora de la superficie del rozamiento y desgaste y como barrera protectora al refuerzo de los agentes naturales como la humedad (Dávila et al., 2011).

1.1.2. Refuerzo.

La principal característica de los refuerzos es mejorar las propiedades de la matriz dentro del compuesto, entre ellas la capacidad de soportar cargas, conductividad eléctrica entre otras. Los refuerzos pueden ser partículas, fibras o elementos estructurales, tienen una mayor efectividad cuando son de menor tamaño y están homogéneamente distribuidos dentro de la matriz (Dávila et al., 2011).

1.2. Influencia de la orientación de la fibra en el compuesto.

La orientación y la cantidad de fibra, tiene una influencia en las propiedades mecánicas de los compuestos. Existe dos tipos de disposiciones dentro de un matriz, fibras continuas y discontinuas.

Los materiales con fibras discontinuas tienen una distribución aleatoria y tienen una relación de aspecto cortas, influyen en el comportamiento de las propiedades mecánicas, debido a que son fáciles de introducir a la matriz producen un comportamiento homogéneo. En cambio las fibras continuas tienen una orientación privilegiada y aspecto largo, este tipo de disposición se hacen a menudo en laminados, apilando hojas individuales de fibras en distintas orientaciones para obtener la una alta resistencia, rigidez (Materials & Campbell, 2010).

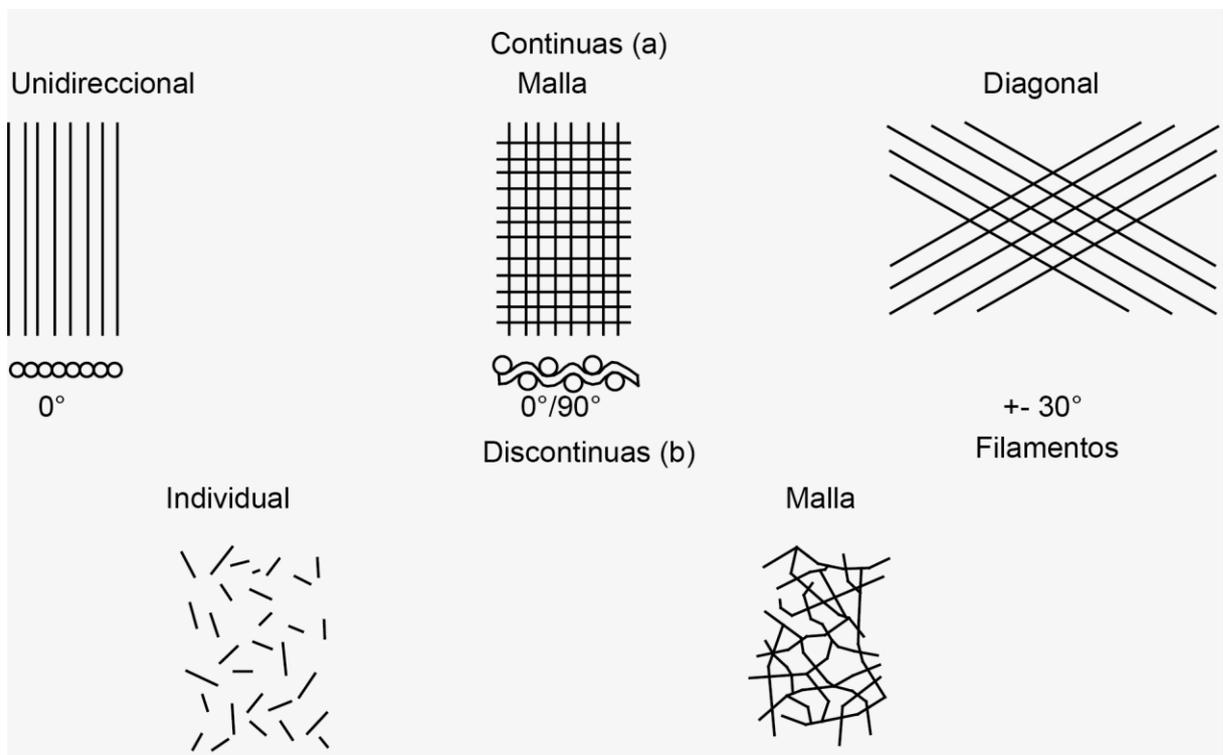


Figura 2. Orientación de fibras (a) continuas, (b) discontinuas.

Fuente: Structural Composite Materials, 2010, p.2

Elaborado por: Ordóñez, P.2018.

Santiago, (2003) señala que “Existe una relación entre la orientación y el porcentaje del refuerzo, así cuando se trata de fibras continuas colocadas unidireccionalmente puede llegarse a reducir la deformación entre un 70-80%. Los compuestos con refuerzos colocados ortogonalmente reducen las cargas a un 45-65%, y las fibras distribuidas aleatoriamente reducen entre un 20 y un 40%” (p.50).

1.3. Influencia de la cantidad de fibra que se utiliza.

La cantidad de fibra incrementa la resistencia, rigidez y ductilidad del compuesto, es importante tener en consideración que el porcentaje máximo de fibra no debe sobrepasar el 80% de la superficie total del compuesto. A mayor adición de porcentaje de fibras la resistencia del hormigón disminuye.

El porcentaje de fibra tiene una influencia en el comportamiento del compuesto, pues esto define el número de fibras presentes en la sección de ruptura. Actúa como un puente para transmitir las cargas a tensión, entre mayor sea la cantidad de fibras tiene mayor posibilidad de que las fisuras sean interceptada con dichos refuerzos. La cantidad de fibras dentro de un compuesto tiene un efecto muy difícil de controlar, entre mayor cantidad de fibra, menor trabajabilidad y para corregir este problema se debe aumentar la cantidad de agua, lo produce una menor resistencia del compuesto (Pino & Torrico, s. f.).

1.4. Propiedades de los hormigones reforzados con fibras naturales.

Los hormigones reforzados con fibras naturales son un nuevo y distinto grupo de materiales de construcción, poseen características similares que los hormigones convencionales reforzados con fibras procedentes del acero y otras fibras sintéticas. El refuerzo dentro del hormigón consiste en fibras naturales discontinuas de pequeño diámetro distribuido de manera ordenada o aleatoria por toda la matriz del hormigón, esta disposición del refuerzo ofrece medios para lograr mejorar las propiedades del hormigón tales como resistencia a la fractura, resistencia a la tracción y flexión, tenacidad, fatiga y resistencia al impacto. (Aziz, Paramasivam, & Lee, 1981)

Las siguientes propiedades se basan en el documento de On the Strengthening of Cement Mortar by Natural Fibers de Pereira, Fujiyama, Darwish, Alves, & Janeiro, 2015.

1.4.1. Resistencia a la compresión.

El uso de refuerzos naturales, hace que el comportamiento del compuesto sea más estable, este aumento de la capacidad de deformación puede ser atribuido a la unión de la fibra con la matriz, una característica a considerar es la longitud de la fibra debido a que está relacionada con la densidad del mortero y con el aumento de la porosidad.

Para una primera aproximación, de la resistencia a la compresión final del material compuesto puede estimarse a partir de la relación $\sigma_c = V_m \sigma_m$ **(1)**

Donde σ_c y σ_m son, respectivamente, la fuerza y la matriz compuesta y V_m la fracción de volumen de la matriz dada por $V_m = (1 - V_f)$ **(2)** Donde V_f es la fracción de volumen de fibra.

La validez de la ecuación 1 se deriva de la hipótesis de que las fibras no juegan un papel activo en el apoyo a las cargas de compresión aplicadas al material compuesto.

1.4.2. Resistencia a la flexión.

Es de suma importancia tener en consideración la geometría de la muestra y las dimensiones, el máximo esfuerzo de flexión σ , dentro del régimen de carga elástico lineal, puede estar relacionado con la carga aplicada P como $\sigma = 3,24 P$ **(3)** Donde P es en KN y σ en MPa.

La ecuación 3 se basa en la teoría de las vigas, se la puede aplicar al mortero normal y cómo se comporta de forma elástica produce un nivel de resistencia a la flexión de alrededor de 5 MPa.

1.4.3. Resistencia a la fractura.

Los factores que influyen en la propiedad de la tracción son, la orientación de la fibra, forma, el volumen y la eficiencia de la misma. La orientación de la fibra está asociada con la longitud y su geometría en una determinada área. Cuando el material esta reforzado con fibras, estos elementos tienen una dimensión predominante.

1.5. Importancia de los materiales compuestos.

Este tipo de materiales alternativos tienen un papel importante dentro del ámbito de la construcción desde hace varios años, distintos refuerzos como hojas, madera, tallos entre otros se han utilizado debido a que mejoran la isotropía del material. Por ese motivo se ha hecho varios estudios para desarrollar materiales compuestos biodegradables para poder reducir el impacto ambiental de los sistemas tradicionales.

Un claro ejemplo de la utilización de fibras son los adobes de barro cocidos al sol y armados con paja. En la actualidad los compuestos tienen una amplia utilización en varios campos de la industria y poseen propiedades mecánicas diferentes.

Tabla 1. Materiales compuestos aplicados en varios sectores industriales.

	Aeronáutica	Automotriz	Ferrocarriles	Construcción	Industria	Naval	Medicina	Electricidad y electrónica	Deportes
Vida útil									
Rigidez				x		x	x	x	x
Resistencia mecánica				x	x	x	x		
Resistencia a la fatiga	x				x				
Resistencia a la corrosión	x	x		x		x	x	x	
Impermeabilidad				x	x				
Seguridad									
Resistencia a los choques		x				x	x		x
Resistencia al fuego	x		x	x	x			x	
Aislamiento térmico				x	x			x	
Aislamiento eléctrico								x	
Amortiguamiento, vibración					x				x

Fuente: Nuevos materiales aplicaciones estructurales e industriales, 2011, p.49.

Elaborado por: Ordóñez, P.2018.

1.6. Ventajas y desventajas de los compuestos aplicaciones en la construcción

Los materiales compuestos tienen varias ventajas y desventajas dentro sector de la construcción como se lo muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los compuestos.

Ventajas	Desventajas
Mejora el comportamiento a la flexotracción	Información limitada acerca de sus propiedades.
Aumenta la resistencia a tracción.	Mal comportamiento ante los rayos UV
Incrementa la resistencia a rotura.	Gran cantidad de área si se empieza a gran producción en masa.

(Continuación: Tabla 2 Ventajas y desventajas de los compuestos.)

Aumenta la resistencia a la compresión	La baja densidad se vuelve una desventaja durante el proceso.
Eleva la resistencia al impacto y a chope.	
Baja conductividad térmica.	
Resistentes al fuego y de baja inflamabilidad.	
Funciona como un aislante acústico.	

Fuente: Santiago, 2003.

Elaborado por: Ordóñez, P.2018.

1.7. Aplicación de los materiales compuestos.

Durante varios años el uso de los materiales compuestos han teniendo un sinnúmero de aplicaciones dentro de diversos campos de la industria, en el sector de la construcción existen varias investigaciones para la utilización de estos nuevos compuestos, pero la aplicación es reducida debido a que existe un problema de la durabilidad y resistencia al fuego entre otras propiedades (Santiago, 2003).

Según Olivares S. et al, la aplicación de los nuevos compuestos en los sistemas y elementos constructivos se clasifican de la siguiente manera:

✓ **Cubiertas y tejados.**

Los materiales utilizados tienen la característica de tener una resistencia y una baja densidad por lo que permite la utilización en grandes tejados.

✓ **Estructuras.**

No ha tenido muchas aplicaciones dentro de este campo, el reducido número de aplicaciones está ligado a pasarelas y puentes, pero en pequeña escala.

✓ **Paneles de fachada.**

Son ampliamente utilizados en la construcción ya sea en nuevos o en la rehabilitación de edificios, debido a que tienen una buena resistencia mecánica, buena estabilidad química y térmica, bajo peso y aligeramiento de las estructuras.

✓ **Impermeabilizaciones de cubiertas**

Compuestos similares a PVC o de igual característica son muy utilizados como impermeabilizantes gracias a sus propiedades frente al agua.

1.8. Estructura de los compuestos reforzados con fibras naturales.

1.8.1. Cemento

Los cementos se obtienen mediante un proceso artificial entre la calcinación de materiales arcillosos y calizos, tienen la cualidad de endurecerse al contacto con el agua, son utilizados como elemento de unión en la construcción. El cemento más utilizado en la actualidad es el cemento del tipo Portland.

1.8.1.1. Cemento Portland.

Jiménez (1974) asegura que “Los cementos portland se obtiene por pulverización del Clinker, sin más adición que la piedra de yeso natural, se llama Clinker al producto que resulta al calcinar hasta fusión parcial, preparadas artificialmente, de materiales calizos y arcillosos, con la inclusión de eventual de otros materiales.” (p.13) Es uno de los más importantes de la actualidad siendo el principal material que se utiliza en la construcción.

1.8.1.2. Composición química.

Las características y las propiedades del cemento portland están en relación a su composición química.

Tabla 3. Composición química del cemento Portland.

Componente	Porcentaje (%)
Cal	62,5
Sílice	21,0
Alúmina	6,5
Hierro	2,0
Azufre	0,0
Magnesio	2,0
Perdida al fuego	2,0
Residuo insoluble	1,0
Álcalis	0,5

Fuente: Hormigón armado. 1974, p, 13.

Elaborado por: Ordóñez, P.2018.

1.8.1.3. Tipos de cementos portland.

Según la norma NTE INEN 0152 de Cemento portland cubre diez tipos de cemento, enumerados a continuación:

- ✓ **Tipo I.** Para ser utilizado cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

- ✓ **Tipo IA.** Cemento con incorporado de aire para los mismos usos del Tipo I, donde se desea incorporación de aire.
- ✓ **Tipo II.** Para uso general, en especial cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos.
- ✓ **Tipo IIA.** Cemento con incorporado de aire para los mismos usos del Tipo II, donde se desea incorporación de aire.
- ✓ **Tipo II (MH).** Para uso general, en especial cuando se desea un moderado calor de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos.
- ✓ **Tipo II (MH) A.** Cemento con incorporado de aire para los mismos usos del Tipo II (MH), donde se desea incorporación de aire.
- ✓ **Tipo III.** Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia inicial o temprana.
- ✓ **Tipo IIIA.** Cemento con incorporado de aire para los mismos usos del Tipo III, donde se desea incorporación de aire.
- ✓ **Tipo IV.** Para ser utilizado cuando se desea bajo calor de hidratación.
- ✓ **Tipo V.** Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos.

1.8.2. Propiedades de los cementos.

- ✓ **Peso específico.**

“El peso específico real varía muy poco de unos cementos a otros, oscilando entre 3 y 3.15 g/cm³.” (Jiménez et al, 1974,).

- ✓ **Finura de molido.**

La finura del molido del cemento es una propiedad que se relaciona al valor hidráulico del cemento ya que esto influye en la velocidad de las reacciones químicas que tiene durante el fraguado y endurecimiento. Al tener contacto con el agua, los granos de cemento se hidratan solo en una profundidad de 0,01 mm, si estos granos fuesen muy gruesos su rendimiento

sería reducido debido a que en su interior queda un núcleo inerte. En el caso que el cemento tenga una finura excesiva su retención y calor de fraguado son elevados esto también sería perjudicial (Orús Asso, 1973).

✓ **Fraguado.**

Dentro del fraguado hay que distinguir dos periodos, el principio de fraguado que es el tiempo que transcurre desde que se vierte el agua de amasado hasta que la pasta pierda la plasticidad y el final del fraguado es el tiempo que va desde que se comenzó a amasar hasta adquirir una consistencia para resistir una determinada presión (Orús Asso, 1973).

✓ **Expansión.**

Es un proceso acelerado que, al combinar presión con temperatura pone de manifiesto a corto plazo el carácter más o menos expansivo que tendrá un cemento a largo plazo debido a la existencia de magnesia o de cal libre en exceso (Orús Asso, 1973).

✓ **Resistencia mecánica.**

La calidad de un cemento se puede observar por la resistencia al momento del fraguado y endurecido, esto se da a través de la conexión entre los granos de cemento y adherencia de los elementos que agreguen como arena, grava, etc. Existen normas que exigen una determinada resistencia a la tracción y compresión, esto puede variar debido a varios parámetros como es el caso de la temperatura, el agua de amasado entre otros. La resistencia de un cemento se entiende como la de un mortero normalizado, amasado con arena de una granulometría determinada y con una relación agua cemento igual a 0.5 (Orús Asso, 1973).

1.8.3. Agua

El agua desempeña un papel importante en el hormigón, participa como un hidratante en el cemento y por otro confiere al hormigón, además la resistencia del hormigón está en relación a la cantidad de agua, la cantidad de agua debe limitarse a lo esencial, ya que el exceso de agua después del fraguado se evapora y crea una serie de huecos o poros lo que produce una disminución en su resistencia. (Jimenez Montoya, 2000)

Puede deducirse que un litro de agua anula dos kilos de cemento en una mezcla de un hormigón, mientras que en pequeñas cantidades origina una mezcla seca, poco manejable por lo tanto es muy importante fijar adecuadamente la cantidad de agua.

1.8.3.1. Calidad de agua.

El agua destinada al amasado debe ser limpia, ya que las impurezas afectan el fraguado y sus propiedades mecánicas, se debe utilizar agua natural que sea apta para beber, que no tenga mal olor ni sabor.

El agua del mar se ha empleado con mucho éxito en hormigones a pesar de su alto contenido en sulfato. El contenido medio en cloruro sódico del agua de mar es de 25 gramos por litro lo que los coloca en el límite admisible para un hormigón. Es de suma importancia tener en cuenta la presencia de algas debido a que impiden la adherencia árida a la pasta lo que produce una multitud de poros en el hormigón.

1.8.3.2. Cantidad de agua.

La cantidad de agua influye en las propiedades de los hormigones: trabajabilidad, endurecimiento y durabilidad, las que no se debe ser mayores a las necesarias. El porcentaje que requiere un hormigón es del 50% de agua, de la que se emplea en la fabricación, el resto es necesario para dar docilidad y trabajabilidad a la mezcla, actúa como lubricante entre partículas y se evapora gradualmente cuando el hormigón se endurece.

1.8.4. Áridos

Son compuestos que tienen una composición rocosa y de diferente tamaño, su volumen puede estar comprendido desde un polvo impermeable hasta un mayor diámetro que puede alcanzar varios metros (Lopez, 2003).

Clasificación de los áridos según su procedencia y proceso de obtención se lo muestra en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de los áridos.

Tipo de árido	Proceso de obtención
Áridos granulares	Se los obtiene en los yacimientos naturales de grava, que explotan esos depósitos y que se los utiliza después de un proceso de lavado y clasificación.
Áridos de machaqueo	Se produce en canteras y se los obtiene tras remover de los macizos rocosos

(Continuación: Tabla 4 Clasificación de los áridos.)

Áridos artificiales

Son subproductos o residuos industriales y ha sufrido un proceso químico.

Áridos reciclados

Proviene de los residuos de edificaciones y estructuras.

Fuente: Áridos manual de prospección, explotación y aplicaciones, 2003, p 23.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1.8.4.1. Propiedades de los áridos.

Las propiedades de los áridos derivan de dos conceptos, como elementos aislados o individuales y otro como conjunto.

✓ **Propiedades individuales.**

Son propiedades físicas macroscópicas como densidad, forma, de superficie, dureza, solubilidad, tenacidad y redondez, están ligadas al proceso de sedimentación en el caso de los áridos naturales y en técnicas de trituración en los artificiales, el resto de propiedades van relacionados con la composición mineralógica. En general la composición íntima del material y la textura establecen una plataforma sobre la cual se apoyan las propiedades físicas y las propiedades químicas (Lopez, 2003).

✓ **Propiedades del conjunto.**

Se refiere a todas las propiedades desde la parte de la composición, se los puede considerar áridos monotípicos o monogénicos cuando tienen características petrológicas, oligogénicos cuando son de dos o tres tipos, y poligénicos cuando se caracteriza por tener una composición compleja. Los áridos de machaqueo suelen ser de composición monogénicos y en cambio los áridos naturales suelen ser poligénicos (Lopez, 2003).

1.8.4.2. Áridos finos.

Según la norma INEN 872 de áridos para hormigones establece a los áridos finos pueden consistir en arena natural, arena de trituración, o una mezcla de ambas.

✓ **Granulometría.**

La granulometría del árido fino determinada según la Norma INEN 696 con excepción de lo dispuesto en el numeral 5.2.2, debe estar comprendida dentro de los límites que se especifican en la tabla 5.

Tabla 5. Requisitos de gradación de los árido fino.

TAMIZ INEN	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	10 a 30
150 µm	2 a 10

Fuente: INEN 872 áridos para hormigones.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1.8.4.3. *Ardió grueso.*

Según la norma INEC 872 El árido grueso puede consistir en grava, grava triturada, piedra triturada o una mezcla de éstas, que cumplan con los requisitos de esta norma.

✓ **Granulometría.**

La granulometría del árido grueso, determinada según la Norma INEN 696, para ser considerado como árido grueso de un cierto grado, debe estar comprendida dentro de los límites que para dicho grado se especifican en la Tabla 6.

Tabla 6. Requisitos de gradación de los árido fino.

TAMIZ INEN (ABVERTURAS CUADRADA)	PORCENTAJE EN MASA QUE DEBE PASAR POR LOS TAMICES INEN INDICADOS EN LA COLUMNA (1) PARA SER CONSIDERADO									
	90-37,5 mm	63-37,5 mm	53-4,75 mm	37,5 -4,75 mm	26,5 – 4,75 mm	19-4,75 mm	13,2 –4,75 mm	9,5 –2,36 mm	53- 26 mm	37,5 – 19 mm
105	100									
90	90-100									
75		100								
63	25-60	90-100	100						100	
53		35-70	95-100	100					90-100	100
37,5	0-15	0-15		95-100	100				35-70	90-100
26,5			35-70		95-100	100			0-15	20-55
19	0-5	0-5		35-70		90-100	100			0-15
13,2			10-30		25-60	40-70	90-100	100	0-5	

(Continuación: Tabla 6 Requisitos de gradación de los árido fino.)

9,5		10-30		0-15	40-70	85-100	0-5
4,75	0-5	0-5	0-10	0-10	0-15	10-30	
2,36			0-5	0-5	0-5	0-10	
1,18						0-5	

Fuente: INEN 872 áridos para hormigones.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1.9. Relación Agua-cemento.

La influencia del agua-cemento dentro del amasado del hormigón está relacionada directamente a la formación de los poros en el material endurecido, esta relación tiene característica en la trabajabilidad, la fluidez y eso afecta directamente a la resistencia y determina la estructura interna de la pasta de cemento, en caso de mayor cantidad de agua esto produce un incremento de cámaras de aire dentro del compuesto, estos espacios vacíos se forman como poros que están en relación directa con el agua. De una relación baja se obtiene un hormigón con un alto porcentaje de resistencia, a diferencia de un hormigón con alto índice de relación de agua-cemento (Metha, Montoerio, 2006).

Formula de la relación Agua / Cemento.

Esta relación de agua se obtiene dividiendo la masa del agua por la del cemento contenidas en un volumen dado de hormigón.

$$R = \frac{a}{c}$$

R: Relación agua / cemento

A: Masa del agua del hormigón fresco

C: Masa del cemento del hormigón

1.10. Fibras naturales.

Las fibras naturales están disponibles en grandes cantidades en varias partes de los países en desarrollo y son una fuente renovable continua, además son más económicas que las fibras sintéticas. Son elementos finos parecidos al de un cabello, cuyo diámetro y longitud

varía según su origen y su composición. Tienen varios usos, vestimenta, adornos, hasta como elemento en las construcciones debido a sus propiedades mecánicas. (Aziz et al., 1981)

1.11. Propiedades de las fibras naturales.

1.11.1. Físicas.

Según (Dávila et al., 2011) define las propiedades físicas de las fibras naturales de la siguiente manera:

1. Densidad:

Controla la uniformidad del material, también permite reducir en mayor o menor grado la cristalinidad de la fibra, además influye en las propiedades mecánicas.

2. Longitud:

Estos filamentos de las fibras son hebras continuas y largas con una longitud indefinida, pueden tener varias composiciones pueden ser lisos o texturizados.

3. Diámetro y longitud:

El diámetro de la fibra establece el funcionamiento y comportamiento. Las fibras largas son rígidas, ásperas dan cuerpo y dureza y las finas dan suavidad.

4. Contorno de la superficie:

Puede tener varias formas, liso, dentado, serrado estirado o áspero.

1.11.2. Químicas.

Las fibras están constituidas por celulosa, hemicelulosa y lignina, la composición varía según su especie, la edad, condiciones y la relación entre los diferentes elementos de las fibras.

Tabla 7. Composición química en porcentajes de lagunas fibras vegetales.

Fibra	Celulosa (% peso)	Hemicelulosa (% peso)	Lignina (% peso)
Lino	71,2	18-20	2,2
Cáñamo	70-75	17-22	3,7-5,7
Yute	61-71	13-20	8,1-1,3
Kenaf	45-57	21	8-13
Ramio	68-76	13-16	0,6-0,7
Abacá	63-70	20-21	5-6
Sisal	67-78	10-14	8-14

<i>(Continuación: Tabla 7 Composición química en porcentajes de lagunas fibras vegetales.)</i>			
Algodón	82-93	3-6	---
Bambú	35-61	15	27-32
Coco	32-43	0,15-0,25	40-45
Banana	63-64	10	5
Formio	71,3	-----	----

Fuente: Nuevos materiales aplicaciones estructurales e industriales, 2011, p.81.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1. Celulosa:

Es uno de los principales componentes de la estructura de las células vegetales de árboles y plantas. Tiene una composición lineal o fibrosa, es rígida, insoluble en agua, y cuya longitud y espesor varía según el tipo de árbol o planta (Martínez de las Marías, 1976).

2. Hemicelulosa:

Es un compuesto que se encuentra en grandes cantidades en el reino vegetal y en las plantas, forma parte de las paredes de las diferentes fibras vegetales, recubriendo la superficie de las fibras de celulosa y permitiendo el enlace de pectina. Además, se caracteriza por ser un elemento con ramificaciones, esto le permite unirse a otros elementos debido a la rigidez de sus paredes (Dávila et al., 2011).

3. Lignina:

La lignina es el polímero orgánico más abundante en el mundo vegetal, ayuda en la formación de las paredes celulares, tiene la característica de dar rigidez a la pared celular, además, esto hace que los materiales tengan una resistencia a los impactos, compresiones y flexiones (Dávila et al., 2011).

1.11.3. Mecánicas.

Las propiedades mecánicas que influyen en el comportamiento de las fibras se las especifica de la siguiente manera en la tabla 8.

Tabla 8. Propiedades mecánicas de las fibras vegetales.

Propiedades	Concepto
Tenacidad	Resistencia de la fibra antes de alcanzar la rotura.
Elasticidad	Capacidad del material volver a su estado original.
Alargamiento	Facilidad de aumentar su longitud al estirarse.
Inflamabilidad	Capacidad de encenderse y quemarse

(Continuación: Tabla 8 Propiedades mecánicas de las fibras vegetales.)

Rigidez	Resistencia al doblado de la fibra.
Resistencia	Capacidad de soportar esfuerzo y esto se lo representa como a la tracción.

Fuente: Nuevos materiales aplicaciones estructurales e industriales, 2011,

Elaboración: Autor 2018.

1.11.4. Factores que afectan a las propiedades de fibras naturales

Existen varios factores que afectan las propiedades de fibras naturales detallados en la tabla a continuación.

Tabla 9. Factores que afectan a las propiedades de fibras naturales.

Factores	Componentes
Tipo de fibra	Coco, sisal, bagazo de caña de azúcar, madera, bambú, Yute, akwara, hierba de elefante, caña de agua, Plátano, musamba, celulosa, etc.
Geometría de la fibra	Longitud, diámetro, sección trasversal, anillos y gancho etc.
Forma de la fibra	Monofilamento, mechones, rizados, de un solo nudo, etc.
Superficie de la fibra	Suavidad, recubrimiento etc.
Propiedad de la matriz	Tipo de cemento, tipo de agregado y clasificación, tipo de aditivo etc.
Diseño de mezcla	Contenido de agua, ayuda a la trabajabilidad, agentes antiespumantes, contenido de fibra etc.
Método de mezcla	Tipo de mezcla, secuencia de adición de constituyentes, método de adición de fibras, duración y velocidad de mezclado, etc.
Método de colocación	Vibración convencional, deshidratación al vacío de un elemento de hormigón pulverizado, extrusión, gunitado, etc.
Método de fundición	Presión de fundición, etc.
Método de curado	Convencional, método especial, etc.

Fuente: Prospects for natural fiber reinforced concretes in construction, 1981, p.124.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1.12. Tratamientos realizados a las fibras.

Uno de los factores que influyen dentro de los materiales compuestos es la baja adherencia que existe entre la refuerzo y la matriz, esta variable se puede optimizar mediante los diferentes tratamientos físicos o químicos que produzcan cambios estructurales en la

superficie de la fibra y mejoren las propiedades y características de los materiales compuestos (Yuan, Jayaraman, & Bhattacharyya, 2004).

La absorción de agua que produce la fibra, además la alta alcalinidad de la pasta de cemento son otros factores que influyen dentro del compuesto, se considera utilizar sustancias de carácter hidrófobas que ayuden a mejorar estas características y además que no afecten la matriz. (Alvarado, López, & Materiales, 2004).

Existen algunos criterios para explicar los cambios que producen o afectan a las propiedades mecánicas a productos de cemento basados en celulosa:

- ✓ Hidrolisis alcalino de las moléculas de celulosa que producen el deterioro de las cadenas, esto hace que se produzca un reducimiento del grado de polimerización y disminución en la fortaleza.
- ✓ Disolución de la lignina y la hemicelulosa en la matriz alcalina, esto produce un quiebre de las uniones entre las células que conforman las fibras.

El incremento de la unión, produce un debilitamiento de las fibras y por consecuente un incremento en su fortaleza. Para reducir este tipo de consecuencias y la alta cantidad de agua que puede absorber la fibra, la solución es buscar sustancias protectoras que repelan estas propiedades, a continuación se puede apreciar algunas sustancias que producen este efecto, Según (Alvarado et al., 2004) define características de las siguientes sustancias en la tabla 10 se muestra las principales protecciones contra la absorción de agua que se le aplica a la fibra.

Tabla 10. Agentes protectores para la utilización de fibras dentro de los hormigones.

Protección	Propiedad como protector
Aceite de linaza	Se extrae de la semilla de lino, se oxida y polimeriza con facilidad, produciendo una película elástica.
Resina natural	A la resina natural utilizada se le conoce como brea, la cual se obtiene de varios árboles coníferos, a temperatura ambiente es sólida de color oscuro y frágil. A temperaturas entre los 90°C y 100°C se convierte en una sustancia viscosa, puede ser mezclada con solventes como el aguarrás y no es soluble en el agua.

(Continuación: tabla 10 Agentes protectores para la utilización de fibras dentro de los hormigones)

Sellador de madera	Su propiedad es como aislante y protector agentes externos como la humedad o grasa.
Creosota	Estos productos son mezclas de muchas sustancias químicas, su principal propiedad es impermeabilizante para el deterioro de la madera.

Fuente: Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

Los tratamientos que se han estudiado para proteger a la fibra dentro del compuesto, en especial las propiedades de la lignina y la hemicelulosa son: la solución de parafina, cal y un compuesto químico que consiste en preparar una sustancia de solución fría de agua, bórax, ácido bórico, bicromato de sodio que a continuación se explica.

1.12.1. Tratamiento de la parafina.

Gessner (1985) señala “la parafina a ciertos solidos formados a partir de una combinación de hidrocarburos, este de tipo de sustancia no tiene olor y debido a su baja densidad pueden mezclarse con agua, además se pueden disolver en éter, etanol caliente, benceno y cloroformo, su punto de fusión alrededor de los 67°C” (p.40).

Características de la parafina:

Quiminte (2012) describe algunas de las características, pero estas varían según su procedencia entre ellas tenemos.

- ✓ Repelencia del agua.
- ✓ Dureza
- ✓ Flexibilidad
- ✓ No inflamable
- ✓ No corrosiva
- ✓ No toxica

Este tipo de sustancias se usan principalmente en la elaboración de velas y productos relacionados, para cosmética, farmacopea, alimentos, papel, cartón, agricultura, tableros de aglomerado. También se la utiliza dentro de la industria textil, cauchos, tapones de corcho, material de esquí y “surfing” aplicaciones eléctricas y electrónicas entre otros más. Dentro del aspecto de la construcción debido a su costo, su disponibilidad y sus propiedades como

impermeabilizante resulta viable el uso de esta cera como tratamiento para las fibras dentro de una matriz de cemento.

El proceso para la impregnación de la parafina en las fibras es: calentar hasta los 100°C la cera y sumergir la fibra seca en la sustancia durante 5 min. La fibra impregnada se coloca dentro de un horno a 100°C - 110°C durante 15 min, esto con la finalidad de reducir la formación de grumos de parafina en las fibras mejorando la disgregación de las mismas antes y durante el mezclado. (Alvarado et al., 2004),

1.12.2. Tratamiento químico.

El tratamiento químico se basa en una investigación de la totora como material de construcción, se aplica a la fibra varios métodos de inmunización, para este caso el proceso aplicado consiste en preparar una sustancia de solución fría de agua, bórax, ácido bórico, dicromato de sodio. La proporción: para 200 partes de agua es:

1 de bórax

1 de ácido bórico

0.5 de dicromato de sodio

Tiempo de inmersión de la fibra: 24 horas.

El resultado de las pruebas aplicadas ha arrojado como resultado que en este proceso la fibra tiene menor pérdida de elasticidad.

1.12.3. Tratamiento de cal.

La cal es un término que se designa a todas las formas físicas en las que puede aparecer el óxido de calcio (CaO), se obtiene por la calcinación del carbonato de calcio, solución acuosa alcalina, transparente, incolora e inodora, contiene un peso no menos de 0.14 g. La cal es considerada como uno de los cementantes básicos, la cual se utiliza para la elaboración de morteros, su manejo debe ser cuidadoso debido a la alta alcalinidad de este material, es muy caustico, tiene alta reactividad, reacciona rápidamente (Osorno & Osorno, 2010).

La utilización de la cal es muy amplia debido a su bajo costo se emplea en la industria alimenticia, siderúrgica, metalúrgica, papelería y química. Dentro de la construcción, se lo utiliza como mortero, que es una combinación de cal hidratada y arena que sirve para pegar elementos como ladrillos, bloques, tabiques, tejas. Además, se lo emplea a manera de tratamiento con una solución de cal, que limpia la fibra tanto de impurezas provenientes del fruto durante su pelado, de aceites, agua y pulpa y durante su confinamiento como mugre, polvo y del ataque microbiológico por parte de hongos y levaduras. Protege a la fibra de la

alta alcalinidad de la pasta de cemento y mejora la adherencia, ya que le confiere cierta aspereza (Liliana, García, Octavio, & Salcedo, 2006).

En este tratamiento se tomó el siguiente procedimiento: las fibras se pre trataron con cal apagada con una concentración de 0,5ml de CaO en 500 ml de suspensión acuosa durante 24 horas, el producto se saturó en un vaso de precipitados cubierto con papel de aluminio y mantenido por 24 horas más. Después de ese tiempo, la fibra tratada se lavó y se mantuvo a temperatura ambiente durante 4 días antes de la fundición (Anggraini, Asadi, Syamsir, & Huat, 2017).

1.13. Fibra de totora.

Las totoras están distribuidas en gran parte en los países andinos, son un recurso renovable, crecen de forma natural cerca de lagos y en zona húmedas, su longitud varía según la zona donde crecen, tienen un promedio de 3 m de largo y un diámetro de 2.5 cm. Esta especie alcanza su máximo crecimiento en épocas lluviosas en los meses de enero, febrero, marzo y su corte se realiza en los meses de agosto y septiembre en donde se da un crecimiento llamado retoño (Totora, 1979).

La especie más común conocida como “totora” es la *schoenoplectus* o *scirpus californicus*, además existe una gran variedad de plantas de raíz acuática que tiene unas características muy similares.

Es una planta acuática que está adaptada a condiciones de saturación de humedad en inundaciones por lo que puede soportar niveles bajos de oxígeno en el suelo, se reproduce tanto por rizomas como por semilla, los tallos son aéreos crecen hasta una altura de 4m. Las hojas son lineales y se reducen a hojas basculares.

Una de las características de esta fibra es que sirve de filtro purificante de las aguas de las cuencas andinas debido a la separación de partículas dentro de su composición, además como oxigenante de estas mismas aguas (Abordados et al., s. f.). Otra característica de esta fibra es que sirve de albergue de un sin número de especies y puede servir como aislante térmico y acústico debido a que en su interior posee cámaras llenas de aire.



Figura 3. *Scirpus californicus*.

Fuente: www.sib.gov.ar (2012)

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1.14. Composición física de la fibra de totora.

✓ **Rizoma.**

Son subterráneos y se desarrollan hasta la superficie del suelo, además cuentan con tallos gruesos cuyo diámetro va desde los 1,8 a 2 cm, posee hojas escamosas y tiene una textura esponjosa de color rojo oscuro (Totora, 1979).

✓ **Tallo.**

Es erguido, liso, liviano y de forma triangular además carecen de ramificaciones por lo que no poseen nudos. Los tallos tienen parénquimas (característica de tejidos sin color con grandes espacios intercelulares llenos de aire) y crecen hasta 4m de altura (Anne et al., 2004).

✓ **Hojas.**

Se forman a nivel del nacimiento de los tallos y en forma de vaina lo rodean en la base. Se encuentran distribuidos en dos sectores, en la parte inferior de la planta tiene vainas foliares carentes de láminas, mientras que las superiores las desarrollan ocasionalmente (Delgadillo, Camacho, & Serie, s. f.).

✓ **Flores.**

Son hermafroditas (que reúnen en si ambos sexos) y su parte exterior está compuesto por cuatro escamas.(Delgadillo et al., s. f.)

✓ **Frutos.**

Produce frutos secos biconvexos o aplanados convexos, lisos o transversalmente rugosos, con un pericarpio no soldado a ellos. El fruto contiene una sola semilla de forma similar a la lenteja. (Delgadillo et al., s. f.)

1.15. Tipos de totora.

Según Acosta Solís, (1992): “distingue varias especies de plantas, a las que comúnmente se les ha denominado “totora”. Señala la existencia de cuatro especies de totora en la Sierra Norte del Ecuador: “Scirpus Californianus”, “Scirpus Inundatus” y “Scirpus Riparius”, y “Scirpus totoras”. Posteriormente añade otras dos especies para la zona “Scirpus triqueter” y Scirpus americana”. (p. 25).

1.16. Situación geográfica de la totora en el Ecuador.

En Ecuador, la totora crece principalmente en los Andes a más de 2000 m.s.n.m. donde la temperatura oscila a partir del 2 - 16°C y las precipitaciones anuales van de 400 - 1200mm. Se conoce de algunas localidades por debajo de 2.000 m en la vertiente oeste andino y en las tierras bajas en la costa cerca de Esmeraldas donde también crece esta planta (Macia & Balslev, 2000).

Tabla 11. Los sitios donde se cultiva la totora en el Ecuador.

Provincia	Localidad	Superficie (has)
Imbabura	Lago San Pablo	150
Imbabura	Yahuarcocha	80
Imbabura	Cusin	32
Imbabura	Lago Cuicocha	---
Cotopaxi	Guaytacama	35
Cotopaxi	Tanicuchi	15
Tungurahua	Lago Yumbo	---
Tungurahua	Totoras	---
Tungurahua	Rio Ambato	---
Tungurahua	San Javier	---
Chimborazo	Lago Coita	40
Chimborazo	Rio Guano	90
Azuay	Baños de cuenca	---
Azuay	Llacao	---

Fuente: Use and management of totora.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1.17. Uso de la totora.

Según Acosta Solís, (1992) acerca del empleo de estas especies dice que: “los cladodios (falsas hojas) son utilizadas en la confección de esteras, petates, abanicos, aventadores, canastas de diferentes formas y tamaños. Crece cerca de las lagunas como en San Pablo, Cuicocha y Colta existe abundancia de esta planta, donde se genera una verdadera industria de la totora”. (p. 25)

La utilización de la totora en ciertas partes de Latinoamérica y en otros países son de uso tradicional ya que en la actualidad se siguen usando, entre ellas tenemos la construcción de embarcaciones, en la elaboración de esteras, entre otras aplicaciones. Las esteras sirven como, camas, alfombras, cortina, rompe vientos, anaqueles, techos e incluso casas enteras. Otro uso es como alimento, las raíces de la totora que son de color blanco sirven para la elaboración de pan para los habitantes del lugar donde crece esta planta.

1.17.1. Esteras.

El mayor uso de la totora es en la fabricación de esteras, es un objeto tradicional debido que se emplea desde varios años, se los aplica como, tapetes de piso, como revestimiento de paredes, cielo raso, etc. En la actualidad este elemento tiene una gran variedad, también se los puede emplear como elementos ornamentales y objetos utilitarios. Las esteras tienen una capacidad aislante, acústica y térmica muy altas (Heiser, 1979).



Figura 4. Esteta emplea en un interior de una vivienda.

Fuente: <http://www.elcomercio.com> (2014).

Elaborado: Ordóñez, P. 2018.

1.17.2. Embarcaciones.

Una de las aplicaciones importante de la totora es la elaboración de embarcaciones utilizadas en algunas poblaciones como transporte o para la pesca, un claro ejemplo de estos es el pueblo flotante del lago Titicaca, los Uros.

Un inconveniente de la utilización de esta fibra es la durabilidad, debido a que las embarcaciones se encuentran sumergidas en el agua y no cuentan con un sistema de impermeabilizante ni perseverante lo que provoca una putrefacción del material (Totora, 1979).



Figura 5. Embarcación de totora

Fuente: The totora (*scirpus californicus*) in Ecuador and Perú.

Elaborado: Ordóñez, P. 2018.

1.17.3. Arquitectura.

Dentro de la arquitectura la utilización de la totora es reducida, se lo empleaba antiguamente como esteras colocados en los cielos rasos de las viviendas, como recubrimiento interior de las paredes. En Huanchaco, una comunidad pesquera costera en el norte del Perú, se observó el uso de totora para paredes, tabiques, vallas, esteras y techos (Anne et al., 2004,).

De acuerdo al manual, uso y manejo de la totora (2001) dice “los ambientes de las casas trabajadas con totora son más abrigadas y calientes que las que tienes techos de calamina.

Los recubrimientos con fibras de totora son clavados a la cara posterior de las vigas de madera o bambú, o en las estructuras del cielo raso.

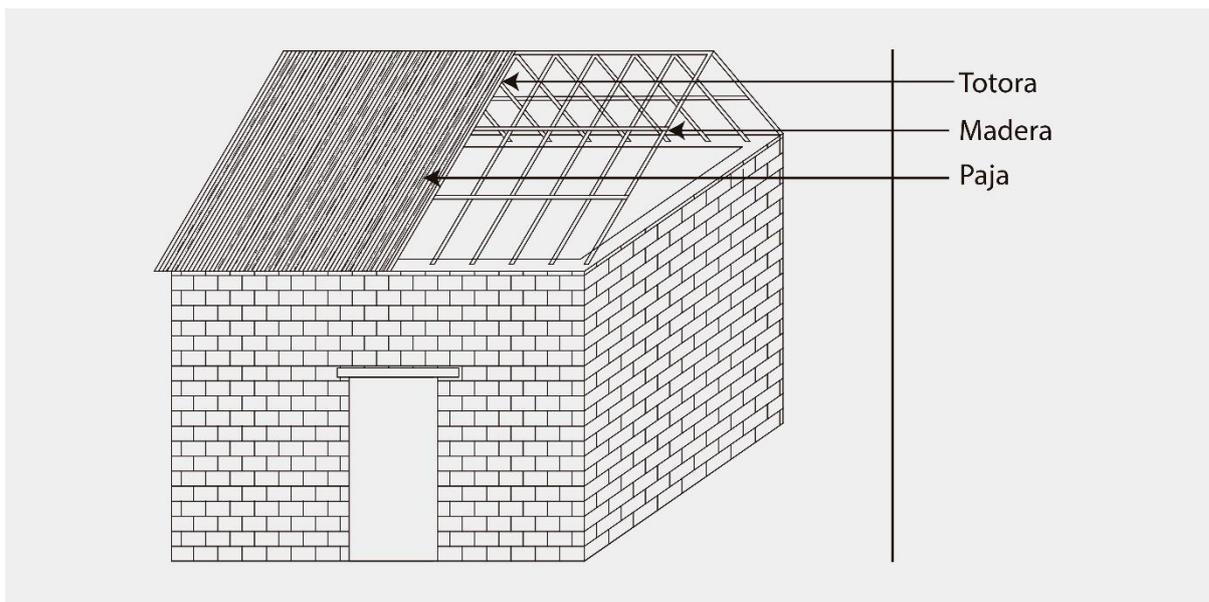


Figura 6. Vivienda con cielo raso de totora.

Fuente: Manual, uso y manejo de la totora.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1.17.4. Forraje.

De acuerdo al manual, uso y manejo de la totora (2001) afirma que “Es un importante alimento complementario para el ganado, pues produce más carne y mejor leche, solo se utiliza el tallo, se proporciona al ganado en algunos casos en la misma orilla del lago a los animales estabulados (amarrados) para que no coman de los totorales, y en otros casos, se deposita en los corrales, siendo más recomendable esta última.” pág., 40

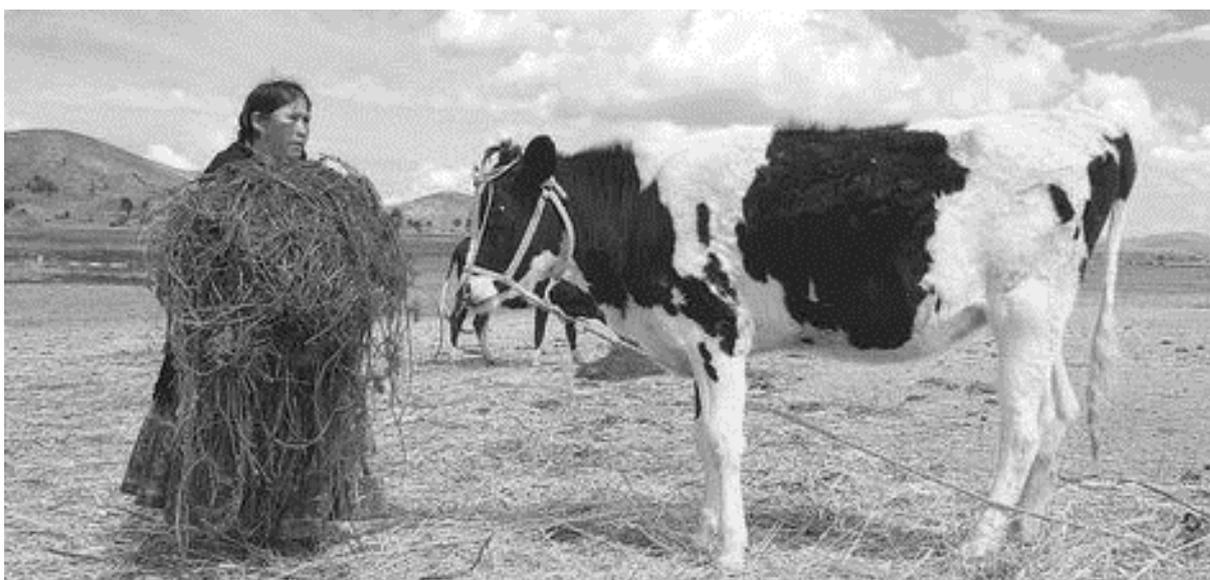


Figura 7. Alimentación del ganado con el forraje de la totora.

Fuente: www.la-razon.com (2012).

Elaborado: Ordóñez, P. 2018.

1.17.5. Alimentos.

De acuerdo al manual, uso y manejo de la totora, (2001), dice: “La totora consta de 4 partes: 2 aéreas y 2 sumergidas, las partes aéreas son la flor y el tallo, las partes sumergidas son, el chhullu o chullo (parte basal de tallo) y la saq’a (raíz madura) que cambia de nombre cuando es tierna "sip'i" (raíz tierna) siendo estas dos últimas las que se pueden utilizar como alimento humano.” pág. 36.

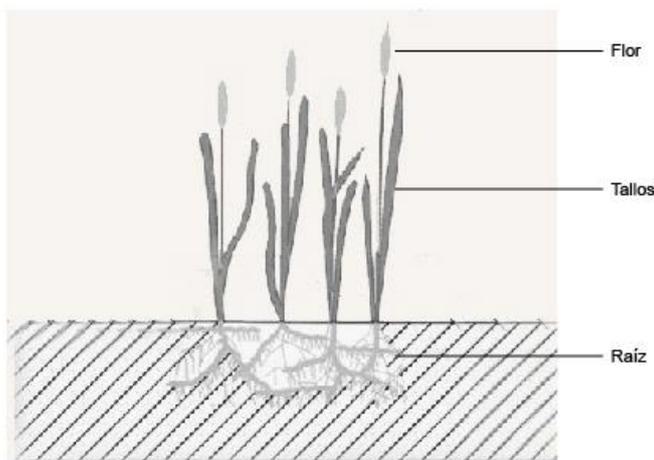


Figura 8. Partes de la totora.

Fuente: Manual, uso y manejo de la totora.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

1.18. Cultivo de la totora.

1.18.1. Cosecha de la totora.

La cosecha se realiza después de 9 meses en ese tiempo la totora alcanza su máxima altura para ser procesada, este proceso de cosecha fue llamado segado.

La cosecha comienza con la remoción de las hojas basales o moka y la totora se extiende sobre una superficie de arena para se pueda secar, este periodo de secado dura unos 15 a 20 días. Después del proceso de secado las cañas se clasifican por su tamaño y se le da una categoría a cada tamaño, las cañas de primera clase son los que tienen una longitud de 3 m, una segunda clase tiene una longitud de 2.5 m y una tercera clase 2 m, finalmente se almacenan para ser usados posteriormente o inmediatamente. (Anne et al., 2004).

1.18.2. Corte de la totora.

De acuerdo al manual, uso y manejo de la totora, (2001), establece normas y procedimientos para el corte de la totora y se los detalla a continuación.

Las herramientas para el corte varían según las condiciones del totoral. Cuando el corte se lo realiza directamente a menos de un metro se emplea la hoz, un instrumento que cuenta con un mango de madera y una hoja metálica que tiene una forma aserrada y curvada, también se puede emplear el jusi yawiña o jusi Llahuiña cuyo mango es de madera tiene una longitud de 45 cm y hoja metálica en uno de los extremos del mango de madera.

Cuando el corte se lo emplea a más de un metro de profundidad se lo realiza desde una balsa y se utiliza una herramienta llamada "Yawiña, Llahuiña o Quinina" que es una herramienta que tiene las características de un palo de 2 metros de largo, un diámetro de 2.5 cm y en la punta tiene una hoja metálica.

1.18.3. Procedimiento para el Corte de la Totora

El corte se lo debe realizar a unos 15 cm sobre el nivel del piso del lago con destreza y con herramientas adecuadas esto permitirá el brote de nuevas especies.

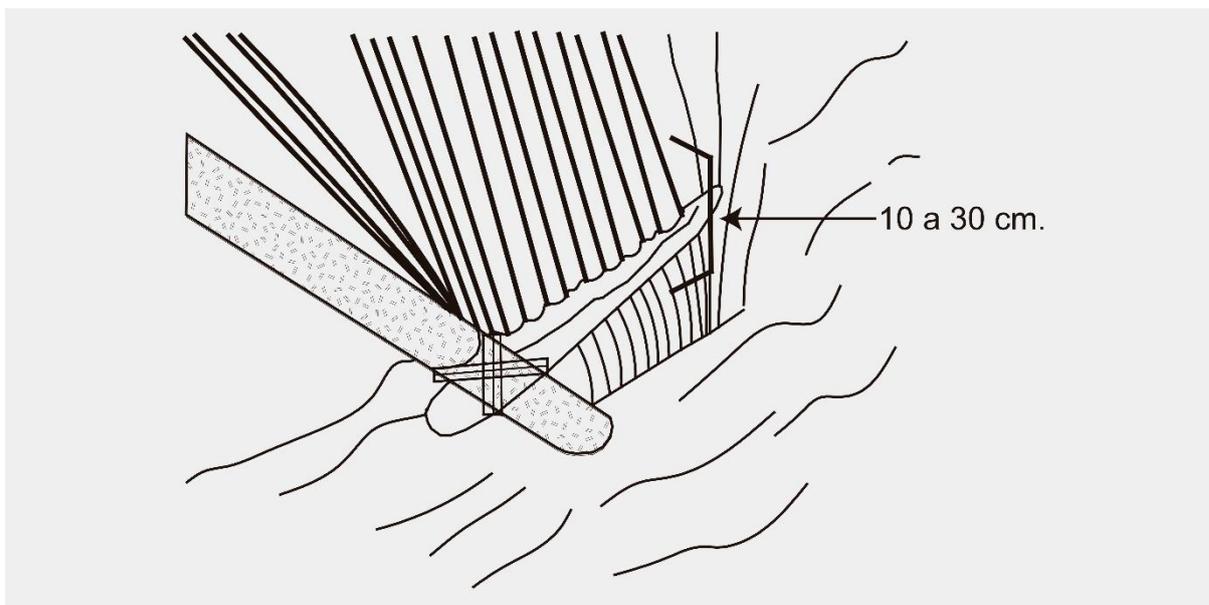


Figura 9. Corte de la totora
Fuente: Manual, uso y manejo de la totora.
Elaborado: Ordóñez, P. 2018.

Una vez realizado el corte de la totora se la acumula sobre la superficie del agua formando una especie de balsa denominada maraña, para luego ser trasladada hasta la ribera del lago.



Figura 10. Traslado de la maraña.
Fuente: www.xportacionesdelperu.blogspot.com (2015)
Elaborado: Ordóñez, P. 2018.

CAPITULO II
PROCESO EXPERIMENTAL

2. Materiales y métodos.

2.1. Materiales.

Un material compuesto está formado por una matriz cementante que une a un agregado de partículas (árido fino) y es reforzado con una con fibra.

Dadas las condiciones anteriores de un compuesto de cemento se empleará en la elaboración los siguientes materiales.



Figura 11. Cemento Portland Pozolánico Tipo IP (a). Arena fina (b). Planta de totora (c).

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

2.2. Fibra Natural “totora”.

En la investigación se empleó como elemento de refuerzo la fibra natural de totora, el cultivo de esta se lo desarrollo en un área pantanosa, cerca del sector de Motupe, las fibras se las empleará en su estado seco, debido a que tradicionalmente se la utiliza de esa manera y además presenta buenas condiciones para poderla trabajar de una manera adecuada.



Figura 12. Sector donde crece la totora.

Fuente: Ordóñez, P. 2018.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

2.3. Seccionamiento de la fibra.

Se determinó las características de las fibras obteniendo su diámetro y longitud. El diámetro de la fibra varía desde su parte correspondiente al extremo del tallo que va desde los 3 a 5 cm y va disminuyendo hasta la parte de la punta que tiene una longitud 0.5 a 1 cm, el seccionamiento de la fibra es de suma importancia debido a la trabajabilidad dentro del compuesto, el dimensionamiento estará justificado de acuerdo al estudio de varios documentos científicos que nos servirán como referente en la presente investigación.



Figura 13. Dimensiones de una fibra de totora.

Fuente: Ordóñez, P. 2018.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

2.4. Tratamientos seleccionados.

Para reducir la alta cantidad de absorción del agua dentro del compuesto y adicionalmente darle una protección contra el medio alcalino de la matriz de cemento, se recomienda buscar sustancias y procesos que repelen estas características. Los tratamientos seleccionados deben ser económicos y de fácil disposición. Existen varias investigaciones en donde explican la utilización de distintos métodos y sustancias para protección de la fibra. A continuación, se nombra algunas sustancias o tratamientos que se van a implementar en la parte experimental.

- ✓ Tratamiento de Parafina.
- ✓ Tratamiento químico.
- ✓ Tratamiento de cal.

2.5. Influencia de la fibra dentro del compuesto.

Es de suma importancia establecer el porcentaje de la fibra dentro del compuesto, ya que de esto depende obtener resultados satisfactorios al momento de las pruebas de compresión y flexión. Uno de los principales problemas que existen dentro de compuesto es colocar un alto porcentaje de fibra lo que produce que no se adhiera a la matriz y origina grumos dentro del compuesto afectando directamente a la resistencia del mortero. Para establecer un porcentaje ideal dentro el compuesto se analizó varias investigaciones las que establecen que el porcentaje debe ser entre 0,5 al 5 % de total del volumen y sus propiedades deben ser bastante más altas que las de matriz. Además, se debe considerar las características que tienen las fibras: la forma y textura de la superficie, longitud, estructura, relación de forma L/d (Longitud/ diámetro medio).

En base a estos parámetros y a la investigación en donde afirma que los porcentajes de fibra dentro del compuesto deben ser de 0.5, 1.0, 1.5, y 2.0 %, en donde especifica que los porcentajes mayores a 1.0 % dificultan su mezclado y en cambio con los porcentajes de 0.5 % y 1.0 % se obtiene una mejor distribución de la fibra dentro del compuesto y se logra una buena consistencia (Alvarado et al., 2004). Se estableció el porcentaje para desarrollar los especímenes en 0.5 % en relación al volumen total de la mezcla, esto se basa en los artículos analizados. Además, se consideró determinar la longitud de la fibra y el diámetro dentro del compuesto debido a su importancia dentro de la matriz, se estableció trabajar con una fibra de longitud de 30 mm y un diámetro de 2 mm.

2.6. Matriz.

La matriz a utilizar es el Cemento Portland Puzolánico Tipo IP de la marca Guapan de nuestro país. El cemento debe cumplir con las NTE INEN 152 o NTE INEN 490.

2.6.1. Cemento Portland Puzolánico.

Según la norma NTE INEN 151 (2010) lo define como cemento hidráulico, consistente de una mezcla íntima y uniforme de cemento portland o cemento portland de escoria de altos hornos y puzolana fina producido por molido conjunto de clinker de cemento portland y puzolana; por una mezcla de cemento portland o cemento portland de escoria de altos hornos y puzolana finamente dividida o una combinación de molido conjunto y mezclado en el cual la cantidad del componente puzolana está dentro de límites especificados.

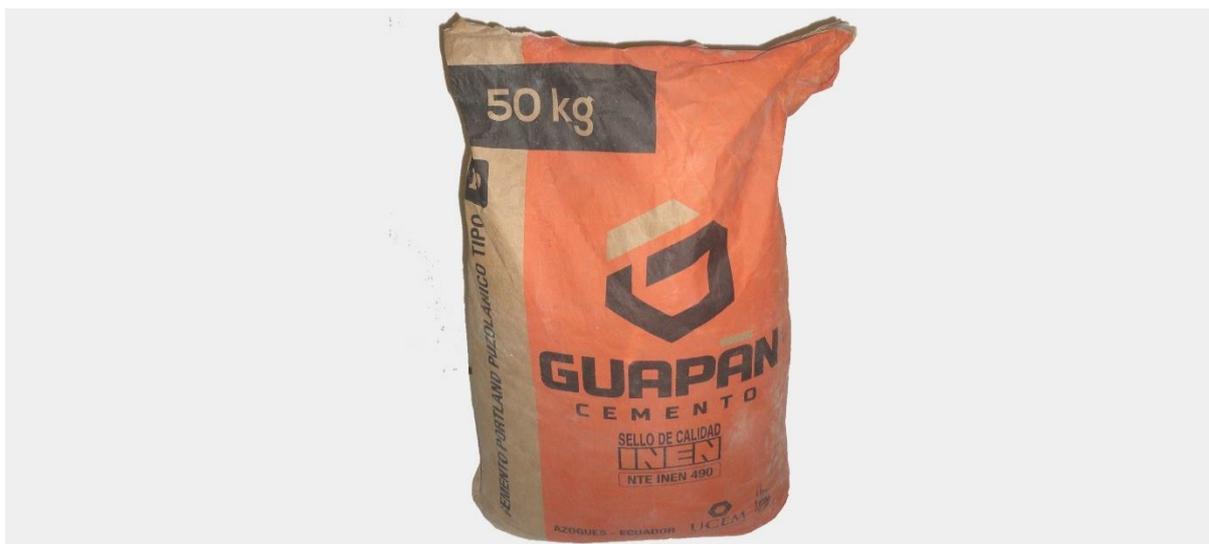


Figura 14. Cemento Portland Puzolánico Tipo IP.

Fuente: Ordóñez, P. 2018.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

Las características del Cemento Portland Puzolánico Tipo IP de acuerdo a la Norma NTE INEN 490:2010 se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 12. Características del Cemento Portland Puzolánico.

Requisitos Químicos.				
Propiedades	Unidad	INEN 490	Resultado	
SiO ₂	%	N/A	30.87	
Al ₂ O ₃	%	N/A	6.22	
Fe ₂ O ₃	%	N/A	3.59	
CaO	%	N/A	52.10	
MgO	%	6.0 máx.	1.00	
SO ₃	%	4.0 máx.	2.00	
Perdida por calcinación	%	5.0 máx.	2.40	
Residuo insoluble	%	N/A		
Requisitos Físicos.				
Finura	cm ² /g	N/A	4050	
Retenido en 45 um (No. 325)	%	N/A	3.69	
Expansión en Autoclave	%	0.8 máx.		
Contracción en Autoclave	%	0.2 máx.	0.006165	
Fraguado inicial	Minutos	45-420	152.2	
Fraguado Final	Minutos	N/A		
Contenido de aire en mortero	%	12 máx.	3.87	
Contenido neto en la funda	Kg	49.5-50.5	50.06	
Resistencia a la compresión.				
1 día	MPa	N/A		
3 días	MPa	13.0 mín.	19.93	
7 días	MPa	20.0 mín.	22.6334.94	
28 días	MPa	25.0 mín.		

Fuente: NTE INEN 490:2010

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

2.6.2. Áridos.

En la investigación se utilizará áridos finos de canto rodado del río Malacatos, los mismos que en su momento están húmedos. Para la utilización dentro de la investigación debe estar seca, por esto, se procedió al secado de la misma en los laboratorios de la UTPL para luego ser tamizados de acuerdo a la norma NTE INEN 873 (2009).

Tabla 13. Requisitos para la arena normalizada.

Tamiz	Porcentaje pasante	
	Arena 20-30	Arena graduada
1,18 mm (Nº. 16)	100	100
850 µm (Nº. 20)	85 a 100	
650 µm (Nº. 30)	0 a 5	96 a 100
425 µm (Nº. 40)		65 a 75
300 µm (Nº. 50)		20 a 30
150 µm (Nº. 100)		0 a 4

Fuente: NTE INEN 873 (2009).

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

La cantidad de agregado fino que pasa por los tamices 50 y 100 influye en las características dentro del mortero como la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación.

Hecha la observación anterior se estableció trabajar con el tamiz Nº 16 con abertura de 1,18 mm para el cernido del agregado fino a emplear en la elaboración de los especímenes, debido a que este puede ocupar todo el espacio dentro de los moldes y producir una mezcla más compacta.

2.7. Proceso de tamizado.

La arena adquirida se colocará en bandejas para ser secadas en el horno durante 24 horas para luego ser tamizada utilizando el tamiz Nº 16 que tiene una abertura de 1.18 mm, este proceso se lo realiza con la supervisión del encargado del laboratorio, la arena que no pasa por el tamiz se descarta para evitar volverla a tamizar, y la arena ya tamizada se la pondrá en recipientes limpios para ser utilizados en la elaboración de los especímenes.



Figura 15. Bandejas conteniendo arena para el previo secado en el Horno.

Fuente: Ordóñez, P. 2018.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.



Figura 16. Bandejas conteniendo arena secada para el tamizado.

Fuente: Ordóñez, P. 2018.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

2.8. Dosificación.

Para el desarrollo de los especímenes se ha establecido trabajar con una dosificación de acuerdo a la norma INEN 198 y la norma ASTM C 348 – 02 de 1:2.75 y con una relación agua cemento de 0.485, se determinó desarrollar 5 tipos de ensayos preliminares para establecer la mejor relación de agua - cemento y además definir el adecuado impermeabilizante para la fibra dentro del compuesto.

A continuación, se hace referencia acerca de las características de cada mortero por realizar:

- ✓ Mortero simple (M-NTE).

Consiste en la fabricación de morteros sin contenido de fibra.

- ✓ Mortero reforzando con fibra de totora sin tratamiento (M-NTE-S).

Consiste en la fabricación de morteros con un porcentaje de fibra y sin ningún tratamiento a la fibra.

- ✓ Mortero reforzando con fibra de totora y tratamiento de parafina (M-NTE-P).

Consiste en la fabricación de morteros con un porcentaje de fibra y con tratamiento de parafina.

- ✓ Mortero reforzando con fibra de totora y tratamiento químico (M-NTE-Q).

Consiste en la fabricación de morteros con un porcentaje de fibra y con tratamiento químico.

- ✓ Mortero reforzando con fibra de totora y tratamiento de cal (M-NTE-C).

Consiste en la fabricación de morteros con un porcentaje de fibra con tratamiento de cal.

2.9. Tiempo de curado.

Para determinar su resistencia a la compresión y a la flexión de los especímenes, se estableció distintos tiempos de curado de 7, 14, y 28 días dentro de un recipiente con agua, sumergidos completamente y con el objetivo de conocer el estado de la fibra dentro del compuesto. De acuerdo a la norma INEN 198 en el apartado 6.4.6.1, si hay un retraso dentro de la prueba, los especímenes deberán estar envueltos en plástico impermeabilizante y se los coloca en un armario húmedo hasta el momento de la prueba. Después de romperlos, se deben volver a enrollar en plástico hasta que se realicen las pruebas a compresión. Si se retira más de una muestra del gabinete húmedo para los ensayos de 24 horas se debe colocar o mantener cubierto con un paño húmedo hasta el momento del ensayo.

Todos los especímenes de prueba de una determinada edad, serán rotos dentro de la tolerancia admisible que se establece a continuación:

Tabla 14. Tolerancia admisible para la edad de ensayos.

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± 0.5 hora
3 días	± 1 hora
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Fuente: Norma INEN 198, determinación de la resistencia a la flexión y a compresión de morteros.

Elaboración: Ordóñez, P. 2018.

2.10. Especímenes a desarrollar.

Se elaborará por triplicado cada tipo de mortero a utilizar de acuerdo al tiempo de curado y al tipo de tratamiento que se va a desarrollar y con único porcentaje de fibra dentro del compuesto. Con este tipo de parámetros se formula diferentes especímenes los mismos que están explicados en la tabla 15 donde se determina el número total de especímenes a desarrollar además el tipo de ensayos que se elaboran dentro del laboratorio.

Tabla 15. Tipos de mortero

Mortero	Característica
M-NTE	Morteros Simple.
M-NTE-S	Mortero con inclusión de fibra simple.
M-NTE-P	Mortero con fibra y tratamiento de parafina.
M-NTE-Q	Mortero con fibra y tratamiento químico.
M-NTE-C	Mortero con fibra y tratamiento de cal.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 16. Especificaciones de mortero.

Especímenes a desarrollar							
Código de muestra	Tratamiento de fibra.	Dosificación	Relación A/c	Porcentaje de fibra	Tiempo de curado (días)	Tipo de ensayo	N. muestra
M-NTE	-----	1:2.75	0.48	-----	7-14-28	C/F	9
M-NTE-S	Simple fibra.	1:2.75	0.48	0.5 %	7-14-28	C/F	9
M-NTE-P	Fibra con parafina	1:2.75	0.48	0.5 %	7-14-28	C/F	9
M-NTE-Q	Fibra y solución química.	1:2.75	0.48	0.5 %	7-14-28	C/F	9
M-NTE-C	Fibra con cal	1:2.75	0.48	0.5 %	7-14-28	C/F	9
						Total	45

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

2.11. Herramientas para elaboración de las probetas.

Para la elaboración de las distintas probetas que se utilizaran dentro de la presente investigación se empleara las siguientes herramientas.



Figura 17. a. Balanza modelo EK (a). Recipiente para mezclar (b).

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.



Figura 18. Fuente para la mezcla (a). Bailejo para mezcla (b).

Fuente: Auto Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

2.12. Moldes.

Los respectivos moldes para desarrollar las pruebas a flexión y compresión se encuentran estandarizados de acuerdo a la norma ASTM C 348 - 02 y la norma NTE INE 198 con dimensiones de 40 x 40 x 160 mm.

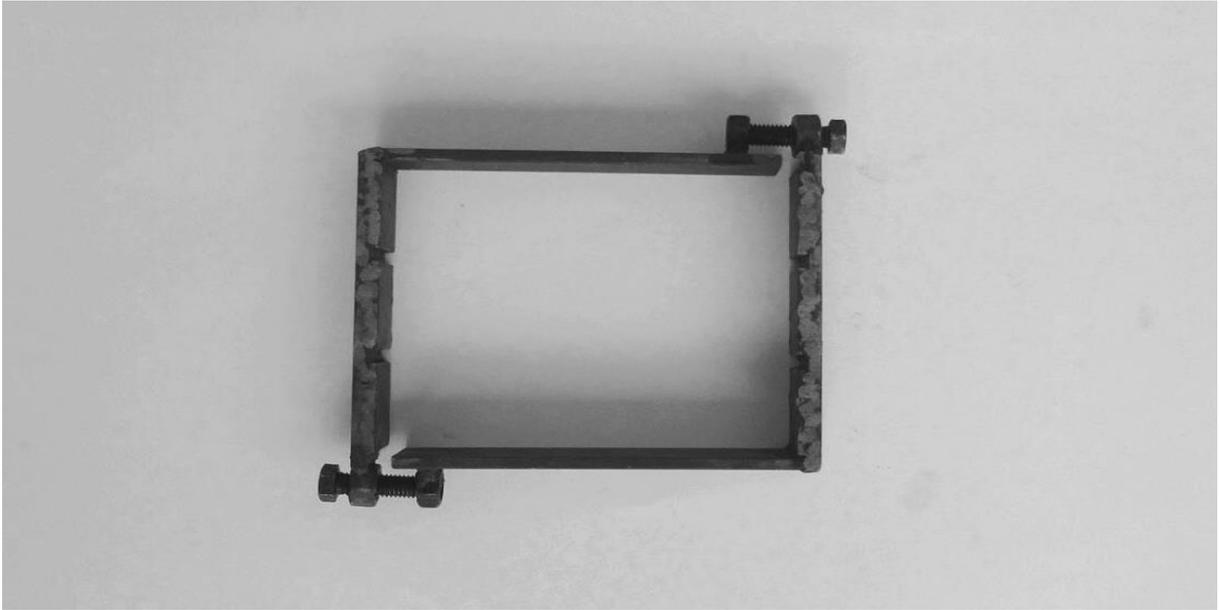


Figura 19. Marco exterior del molde.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.



Figura 20. Molde con las divisiones interiores para los 3 especímenes.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

2.13. Preparación del molde.

Cubrir ligeramente tanto las superficies de contacto como las caras interiores del molde, con una capa de aceite mineral, para que no se pegue el cemento y se facilite el desmoldado de los especímenes.

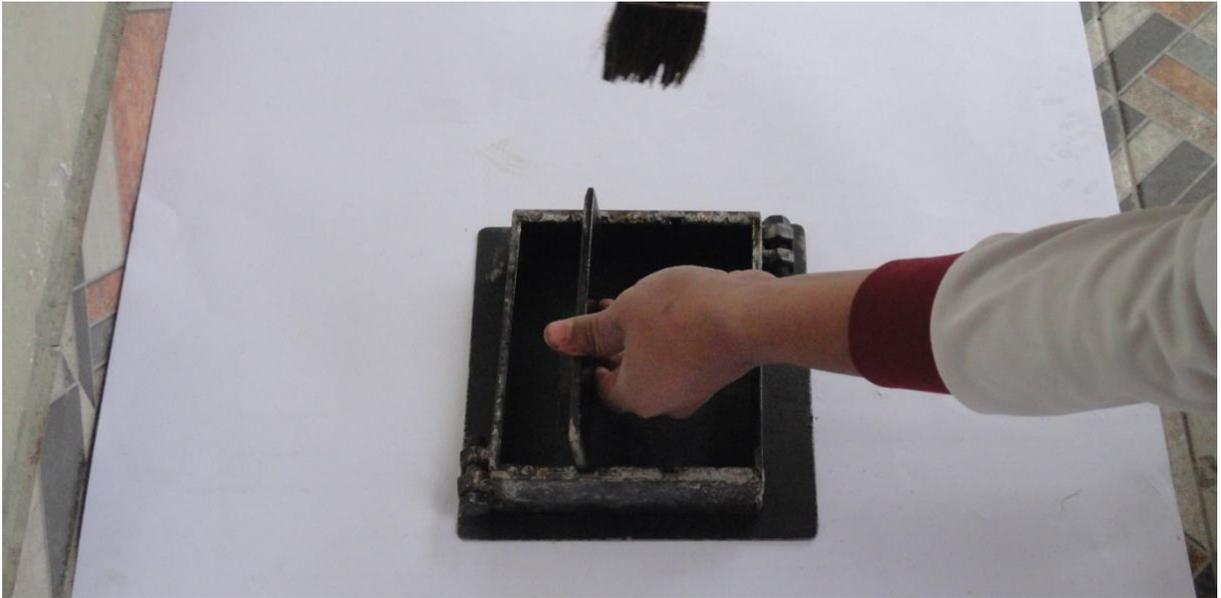


Figura 21. Se utiliza aceite quemado para cubrir la superficie.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Ensamblar los moldes y eliminar el exceso de aceite de las caras interiores, colocar el molde sobre una placa no absorbente y que sea cubierta con una capa ligera de aceite.



Figura 22. Se utiliza aceite quemado para cubrir la superficie.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

2.14. Proceso de elaboración de material compuesto.

La mezcla del mortero es una combinación entre el árido fino y cemento se lo debe realizar de acuerdo a la norma INEN 2518 en el apartado 5.1.2. Mezclado de morteros, en donde se especifica que todos los materiales cementantes y los áridos deben ser mezclados entre 3 y 5 minutos con la máxima cantidad de agua para producir una consistencia trabajable. Se permite el mezclado manual de morteros, con la aprobación escrita del especificador que describa el procedimiento del mezclado manual, luego de la elaboración del mortero se procede a mezclar con el porcentaje del 0.5 % de la fibra durante el tiempo de 3 minutos, todo este procedimiento se lo realiza en seco para tener una mejor distribución de los materiales y después se añade la cantidad determinada de agua dentro de la mezcla. Una vez obtenida la mezcla se realiza el proceso de vaciado en los moldes.

2.14.1. Preparación de la mezcla.

Se determinó la cantidad necesaria de cada material que va a contener cada molde, para este primer paso se utilizó una balanza digital de modelo EK 365 teniendo en cuenta la dosificación establecida de 1: 2.75 y la relación de agua cemento de 0.485, se procedió a la mezcla correspondiente.

1. Pesaje de los materiales:



Figura 23. Balanza EK 365 (a). Pesaje del agua (b).

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.



Figura 24. Pesaje del cemento en la balanza (a). Pesaje del árido en la balanza (b).

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.



Figura 25. Mezcla del cemento y arena.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.



Figura 26. Incorporación de la fibra.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.



Figura 27. Mezcla de todos los áridos y fibra.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

2. Vaciado.

Según la norma INEN 198 (1987) en el apartado 6.4.4.2. el llenado de los moldes debe iniciarse dentro de un intervalo del tiempo mayor a 2 minutos y 30 segundos, distribuir uniformemente una capa de 20 mm de espesor en cada uno de los compartimientos prismáticos y apisonar el mortero de cada compartimiento prismático 12 veces alrededor de 15 segundos en tres etapas de 4 golpes cada una en cada molde por 12, una vez terminado

el primer apisonamiento se llena los mismos con el mortero sobrante y se apisona igual que la primera capa.



Figura 28. Vaciado dentro del molde.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

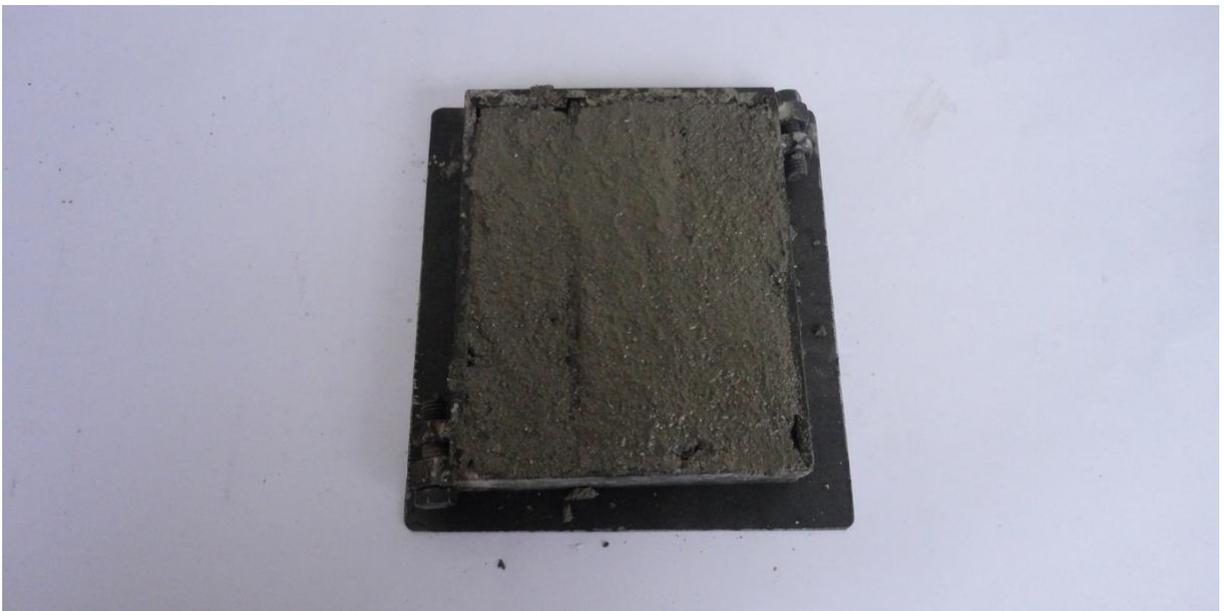


Figura 29. Vaciado completo dentro del recipiente.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

3. Curado.

El curado de los especímenes, se realiza poniéndolos en bandejas con agua hasta la fecha en donde se vaya a realizar las pruebas respectivas. Las muestras se mantuvieron

sumergidas de acuerdo a los parámetros de la Tabla 14. Tolerancia admisible para la edad de ensayos.



Figura 30. Curado de los especímenes.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

2.15. Proceso de elaboración de los distintos tipos de mortero.

1. Mortero Simple (M-NTE).

Mortero realizado a partir de cemento, arena y agua sin la inclusión de la fibra según la norma INEN 1998.



Figura 31. Elaboración del mortero simple.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

2. Mortero reforzando con fibra de totora sin tratamiento (M-NTE-S).

El presente mortero consiste en cemento, arena y fibras sin tratar por lo cual se planteó no modificar mucho la fibra a utilizar dentro del compuesto, por tal razón, el único proceso que se realizó a la totora es de establecer el diámetro y la longitud.

Una vez obtenida la fibra se la comienza a seccionar de acuerdo a las dimensiones previstas anteriormente, primero la longitud de la fibra que oscila entre los 30 mm, en segundo lugar, el diámetro de la fibra que va hasta 2 mm, estas dos medidas son aproximadas de acuerdo a los estudios previstos que lo justifican.



Figura 32. Selección de la fibra.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.



Figura 33. Cortado de la fibra.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

3. Mortero reforzando con fibra de totora con tratamiento de parafina (M-NTE-P).

Otro de los procesos que se va implementar dentro de la investigación es el mortero reforzado con fibras tratadas con parafina sólida para proteger de la alta alcalinidad de la pasta de cemento.

De acuerdo la investigación hecha por (Alvarado et al., 2004) se describe el proceso de tratamiento con parafina “ esta cera es sólida a temperatura, se disuelve con punto de fusión de 67°C, la aplicación de esta cera se la disolvió a una temperatura de 80°C a fuego rápido, una vez líquida se la coloco en un envase plástico para mezclarla con la fibra cortada y este proceso de mezcla duro aproximadamente 5 minutos, luego se dejó secar al ambiente durante el tiempo de 10 minutos, hay que tener en cuenta que al momento del secado se forman grumos por lo que el siguiente procedimiento es eliminar los grumos, esto se consigue colocando dentro de un horno a 100°C – 110°C durante 15 minutos, esto redujo la formación de grumos de parafina en las fibras mejorando la disgregación de la misma antes y durante el mezclado.”



Figura 34. Parafina sólida (a). Disolución de la parafina sólida (b).

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

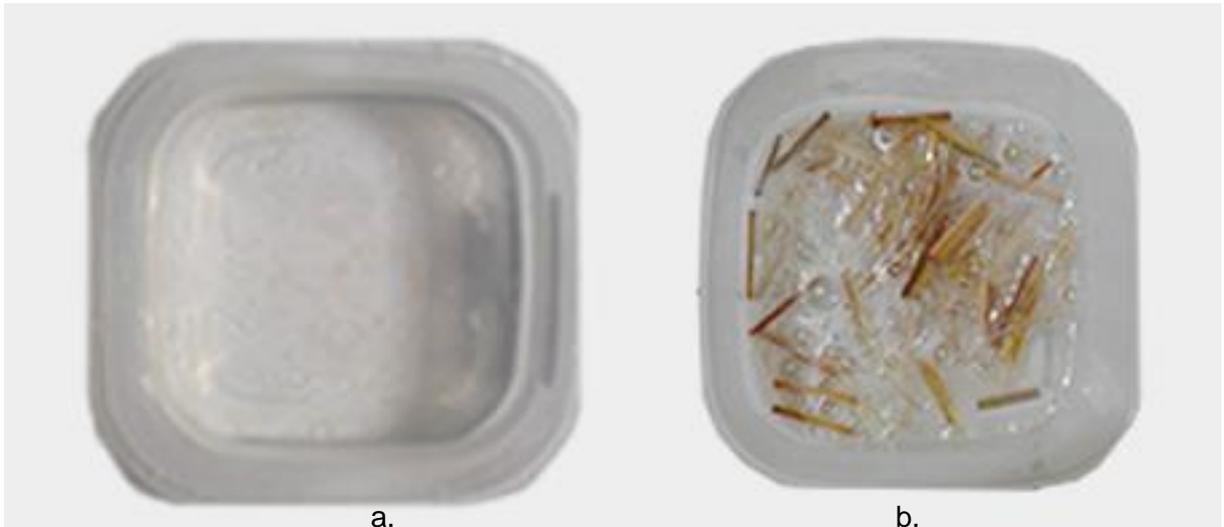


Figura 35.Disolución completa de la parafina (a). Fibra de totora sumergida en parafina (b).

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Una vez realizado el proceso con la parafina se procedió a la mezcla de la fibra con el mortero.

4. Mortero reforzando con fibra de totora con tratamiento químico (M-NTE-Q).

Consiste en la elaboración de mortero con el proceso de saturación de la fibra mediante la combinación de sustancias químicas durante 24 horas para no tener una pérdida de la relación agua cemento.

Método consiste en preparar una sustancia de:

Solución fría que consiste en.

Proporción: para 200 partes de agua.

1 de bórax.

1 de ácido bórico.

0.5 de dicromato de sodio.

Tiempo de inmersión: 24 horas



Figura 36. Compuestos químicos.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

El proceso para la utilización de esta sustancia química como elemento protector de la fibra se lo describe a continuación:

Se establece la cantidad de todos los componentes que se van a mezclar con la ayuda de una balanza. Posteriormente se mezcla las sustancias químicas con el agua, durante unos minutos para disolver dichas sustancias.



Figura 37. Mezcla de los compuestos químicos.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Una vez disuelto completamente las sustancias se procede a mezclar con las fibras de totora ya seleccionadas anteriormente.



Figura 38. Fibra sumergida en la composición química.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Una vez sumergida la fibra dentro de la solución se procedió a la mezcla con el cemento y la arena.

5. Mortero reforzando con fibra de totora con tratamiento de cal (M-NTE-C).

Mortero que consiste en cemento, arena, agua y la inclusión de la fibra con tratamiento de cal. El tratamiento de cal consiste en una concentración de óxido de calcio mezclado en agua.

Se pesa la cantidad de 0,5ml de óxido de calcio (CaO) en 500 ml de agua formando una solución acuosa.



Figura 39. Mezcla de óxido de calcio y agua.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Después se mezcla con la fibra ya seleccionada anteriormente, el producto se saturó en un recipiente cubierto con papel de aluminio y se mantuvo durante 24 horas.



Figura 40.Fibra sumergida en la composición química.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Después de 24 horas, la fibra tratada se lavó y se mantuvo a temperatura ambiente durante 4 días ante de ser mezclado con el mortero.

CAPITULO III
RESULTADO EXPERIMENTAL

3. Pruebas resistencia física.

3.1. Herramientas para las pruebas.

A cada una de las probetas elaboradas se les determinó su resistencia a la compresión, flexión y propiedades de permeabilidad a los 7, 14 y 28 días de fraguado del compuesto, para esto se utilizó las siguientes herramientas.



Figura 41. Maquina Versa Tester (a). Balanza modelo FX-5000i (b).Horno de banco (c).

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

3.2. Mortero a flexión.

La resistencia a la flexión de los diferentes especímenes se los desarrollara en recipientes estandarizados de acuerdo a la norma INEN 198 y ASTM C 348 – 02 con dimensiones de

40x40x160 mm, cada espécimen se los realizara por triplicado y con una dosificación de 1:2.75 y una relación A/c de 0.485.

En la tabla 17 se presentan los datos generales aplicados en la elaboración de cada una de las probetas:

Tabla 17. Datos generales de las probetas elaboradas a flexión.

Probeta	Relación A/C	Cemento (g)	Arena (g)	Agua (cm ³)	Fibra (0.5%)	Curado(días)	Peso
M-NTE1	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	7	495.94
M-NTE2	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	7	494.74
M-NTE3	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	7	495.53
M-NTE1	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	14	509.41
M-NTE2	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	14	500.93
M-NTE3	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	14	502.84
M-NTE1	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	28	496.02
M-NTE2	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	28	495.44
M-NTE3	0.485	166.67	458.33	80.67	3.52	28	495.44
M-NTE-S1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	499.17
M-NTE-S2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	500.01
M-NTE-S3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	485.01
M-NTE-S1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	516.92
M-NTE-S2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	513.29
M-NTE-S3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	499.179
M-NTE-S1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	516.59
M-NTE-S2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	507.54
M-NTE-S3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	518.68
M-NTE-P1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	501.32
M-NTE-P2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	499.64
M-NTE-P3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	500.17
M-NTE-P1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	513.09
M-NTE-P2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	507.68
M-NTE-P3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	502.09
M-NTE-P1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	502.78
M-NTE-P2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	489.57
M-NTE-P3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	504.18
M-NTE-Q1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	500.17
M-NTE-Q2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	541.63
M-NTE-Q3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	515.16
M-NTE-Q1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	532.6
M-NTE-Q2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	523.22
M-NTE-Q3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	552.46
M-NTE-Q1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	492.4
M-NTE-Q2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	502.7
M-NTE-Q3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	484.36
M-NTE-C1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	493.54
M-NTE-C2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	504.54
M-NTE-C3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	7	512.80
M-NTE-C1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	523.19

(Continuación: de la tabla 17 Datos generales de las probetas elaboradas a flexión.)

M-NTE-C2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	523.27
M-NTE-C3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	14	512.71
M-NTE-C1	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	510.95
M-NTE-C2	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	520.5
M-NTE-C3	0.485	163.08	458.33	80.67	3.52	28	527.95

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

3.2.1. Descripción del proceso para las pruebas a flexión.

Para determinar la resistencia a la flexión y de acuerdo a la norma INEN 198 (1987) se establece varios parámetros que a continuación se explican.

Además, establece la formula para el cálculo de la resistencia a la flexión.

$$Rf = \frac{Pf \cdot l}{b^3}$$

Siendo:

Rf = Resistencia a la flexión, en MPa.

b = arista de la sección cuadrada del prisma, en mm.

Pf = Carga de rotura a la flexión, en N.

l = distancia entre apoyos, en mm.

Se establece primero las dimensiones de la probeta (largo, ancho, grosor) con la ayuda de un flexómetro.



Figura 42. Dimensión de las aristas de los especímenes a evaluar.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.



Figura 43. Dimensión de las aristas de los especímenes a evaluar.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Pesaje de las probetas con una balanza con una presión de 0.1 gr, para obtener los datos respectivos de cada una de las muestras



Figura 44. Pesaje del espécimen en la balanza eléctrica.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se señalaron en las probetas líneas en donde estarán ubicados los apoyos, la distancia entre los puntos será de 100 mm y el punto de aplicación de la carga será en el centro de la probeta y la carga debe permanecer constante según la norma NTE INEN 198 en el aparatado para el ensayo de flexión 6.2.7.



Figura 45. Marcaje de donde van ir los apoyos para las pruebas a flexión.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se ubica la probeta en la máquina como muestra la imagen, para empezar las pruebas a flexión este proceso se mantiene para cada una de las probetas.



Figura 46. Probeta puesta en la máquina para la prueba a flexión.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se aplica la carga periódicamente sobre la probeta y se registra sus datos y la fotografía de la falla flexión.

Este procedimiento se va a repetir con todos los especímenes, los de 7, 14 y 28 de cuadrado y con los diferentes tratamientos que se van a desarrollar.

3.2.2. Resultado de los ensayos.

Una vez desarrollado el proceso para las pruebas a flexión se obtuvo los datos de los diferentes tipos de mortero y su respectivo tiempo de curado de 7, 14 y 28 días, los resultados obtenidos se presentan a continuación en las siguientes tablas y gráficas los resultados de la resistencia a la deformación de cada muestra.

Tabla 18. Resistencia a la flexión 7 días de curado.

Deform. m.	Resistencia a la deformación (MPa).														
	M-NT E-1	M-NT E-2	M-NT E-3	M-NT E-S1	M-NT E-S2	M-NT E-S3	M-NT E-P1	M-NT E-P2	M-NT E-P3	M-NT E-Q1	M-NT E-Q2	M-NT E-Q3	M-NT E-C1	M-NT E-C2	M-NT E-C3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.23	0.12	0.18	0.18	0.18	0.13	0.49	0.27	0.19	0.18	0.29	0.41	0.19	0.08	0.04
0.25	0.43	0.37	0.60	0.41	0.31	0.27	0.93	0.43	0.49	0.25	0.45	0.84	0.25	0.18	0.10
0.38	0.74	0.60	0.95	0.78	0.41	0.45	1.39	0.66	0.93	0.41	0.64	1.03	0.64	0.43	0.18
0.51	1.07	0.99	1.28	1.15	0.58	0.72	1.60	0.89	1.39	0.60	1.03	1.19	1.09	0.60	0.23
0.64	1.46	1.23	1.40	1.54	0.93	1.07	1.81	1.15	1.60	1.01	1.32	1.52	1.38	0.93	0.47
0.76	1.60	1.42	1.58	1.73	1.30	1.40	2.05	1.36	1.81	1.34	1.69	1.91	1.81	1.23	0.86
0.89	1.81	1.60	2.00	1.85	1.67	1.79	2.28	1.60	2.04	1.63	2.16	2.10	2.24	1.60	1.26
1.02	2.02	1.82	2.26	2.06	2.12	2.24	2.49	2.20	2.28	1.79	2.61	2.43	2.49	2.06	1.61
1.14	2.22	2.00	2.47	2.30	2.57	2.67	2.72	2.63	2.49	2.20	2.76	2.84	2.72	2.51	2.06
1.27	2.43	2.26	2.76	2.45	2.88	2.80	2.98	2.78	2.72	2.57	3.15	2.94	3.13	2.59	2.49
1.40	2.94	2.39	3.15	2.68	2.96	3.13	3.24	3.00	2.98	2.82	0.04	3.09	3.29	2.74	2.90
1.52	3.27	2.76	3.35	3.00	3.19	3.33	3.50	3.17	3.24	3.17		0.04	2.33	2.94	3.15
1.65	3.37	2.94	3.60	3.21	3.48	0.43	3.77	3.40	3.38	3.38				3.13	0.39
1.78	3.50	3.23	0.39	3.46	0.39		0.23	0.23	3.56	0.04				0.39	
1.91	0.39	0.19		0.39					0.14						
2.03															

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

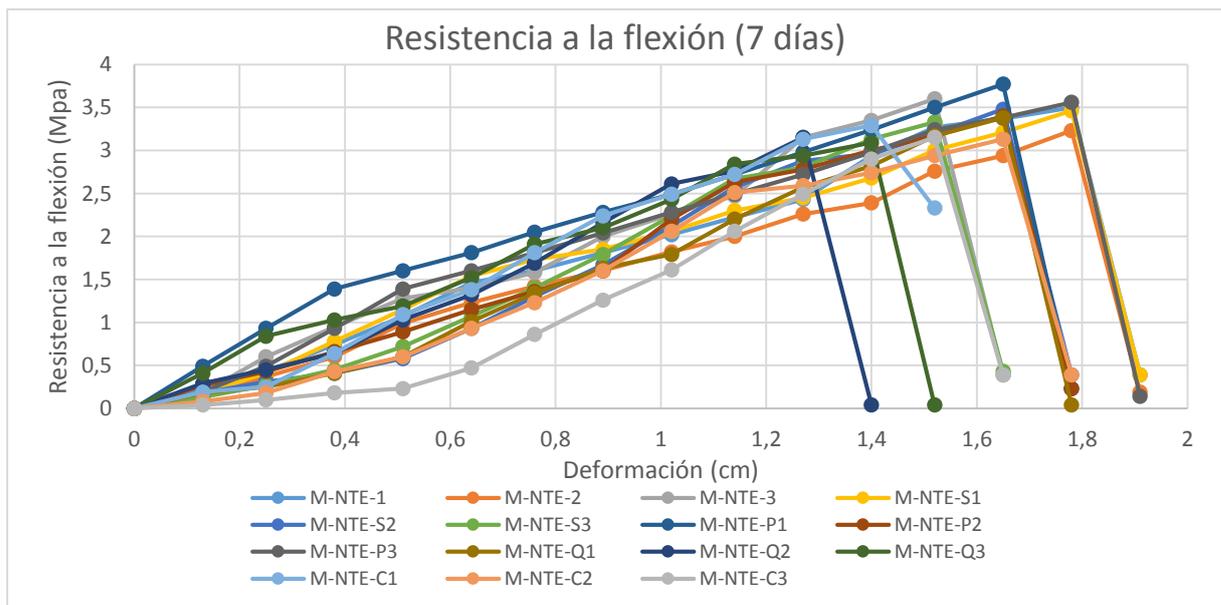


Figura 47. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 7 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 19. Resistencia a la flexión, 14 días de curado.

Deformación (m.)	Resistencia a la deformación (MPa)															
	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	M-NT	
	E-1	E-2	E-3	S1	S2	S3	P1	P2	P3	Q1	Q2	Q3	C1	C2	C3	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.10	0.06	0.08	0.25	0.39	0.41	0.16	0.18	0.18	0.19	0.08	0.23	0.14	0.19	0.14	
0.25	0.29	0.10	0.23	0.72	0.78	0.91	0.35	0.43	0.37	0.45	0.27	0.56	0.43	0.56	0.37	
0.38	0.58	0.21	0.54	1.15	1.13	1.28	0.62	0.64	0.60	0.78	0.84	0.97	0.86	0.91	0.72	
0.51	0.76	0.38	0.93	1.54	1.25	1.77	0.93	0.88	0.88	1.13	1.26	1.30	1.32	1.25	1.25	
0.64	1.05	0.63	1.25	1.95	1.48	2.30	1.21	1.11	1.17	1.42	1.73	1.60	1.69	1.54	1.65	
0.76	1.36	1.01	1.36	2.39	1.91	2.88	1.44	1.36	1.54	1.69	2.16	1.96	2.20	1.81	2.20	
0.89	1.75	1.38	1.79	2.76	2.33	2.94	1.67	1.67	1.73	1.98	2.67	2.22	2.39	2.12	2.28	
1.02	2.24	1.75	2.24	3.00	2.98	3.13	1.87	2.08	2.02	2.26	2.90	2.39	2.61	2.43	2.53	
1.14	2.68	2.24	2.72	3.23	3.23	3.31	2.16	2.57	2.30	2.57	3.17	2.61	2.84	2.76	2.78	
1.27	3.19	2.70	3.23	3.46	3.37	0.04	2.47	3.03	2.53	2.90	3.31	2.90	3.09	3.09	3.03	
1.40	3.70	3.19	3.58	0.04	0.04		2.84	3.19	2.96	3.11	2.57	3.23	3.15	3.37	3.11	
1.52	2.33	3.40	2.33				3.15	3.40	3.23	3.23		2.14	3.35	2.33	3.37	
1.65		2.33					3.42	0.04	3.54	2.57			2.33		2.33	
1.78							0.04		0.04							

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

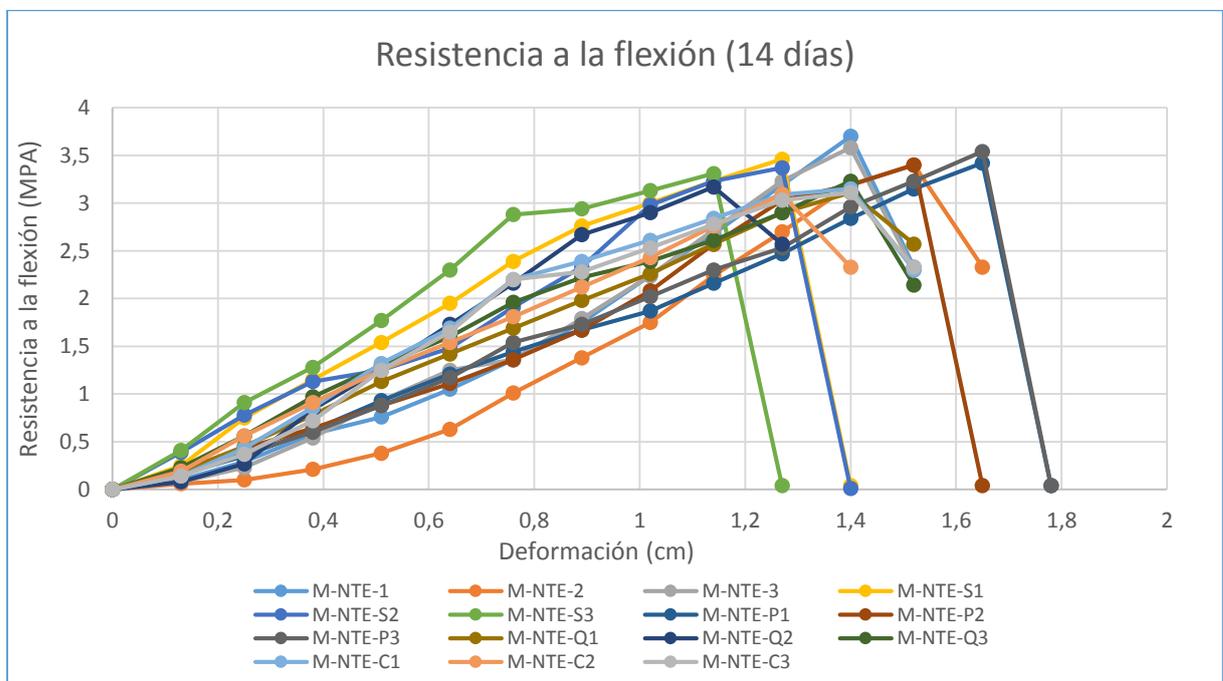


Figura 48. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 14 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 20. Resistencia a la flexión, 28 días de curado.

Deformación (cm)	Resistencia a la deformación (MPa)														
	M-NT E-1	M-NT E-2	M-NT E-3	M-NT S1	M-NT S2	M-NT S3	M-NT P1	M-NT P2	M-NT P3	M-NT Q1	M-NT Q2	M-NT Q3	M-NT C1	M-NT C2	M-NT C3
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.06	0.04	0.09	0.08	0.27	0.33	0.35	0.19	0.12	0.35	0.33	0.35	0.12	0.06	0.19
0.25	0.15	0.10	0.26	0.19	0.68	0.80	0.91	0.56	0.33	0.62	0.70	0.84	0.50	0.21	0.54
0.38	0.29	0.18	0.60	0.49	1.09	1.23	1.34	0.99	0.58	0.99	1.07	1.25	0.89	0.49	1.01
0.51	0.60	0.33	1.05	0.89	1.40	1.52	1.63	1.30	0.86	1.11	1.40	1.54	1.32	1.01	1.42
0.64	1.01	0.56	1.44	1.28	1.69	1.93	2.08	1.58	1.17	1.36	1.71	2.02	1.83	1.46	1.95
0.76	1.36	0.97	1.89	1.58	2.18	2.45	2.31	2.00	1.40	1.65	1.96	2.45	2.33	1.93	2.43
0.89	1.71	1.38	2.35	2.06	2.59	2.65	2.55	2.43	1.67	2.02	2.55	2.98	2.84	2.51	2.84
1.02	2.16	2.31	2.76	2.53	2.88	2.85	2.78	2.86	2.02	2.45	3.07	3.29	3.11	3.00	3.05
1.14	2.61	2.80	3.23	2.80	3.17	3.03	3.02	3.23	2.39	2.90	3.48	0.10	0.39	3.05	3.19
1.27	3.00	3.27	3.29	3.00	0.10	3.13	3.25	3.60	2.88	3.23	0.10			3.17	0.39
1.40	3.03	1.75	1.75	3.15		0.10	0.10	0.10	3.25	0.10					0.39
1.52	1.75			0.10					0.10						

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

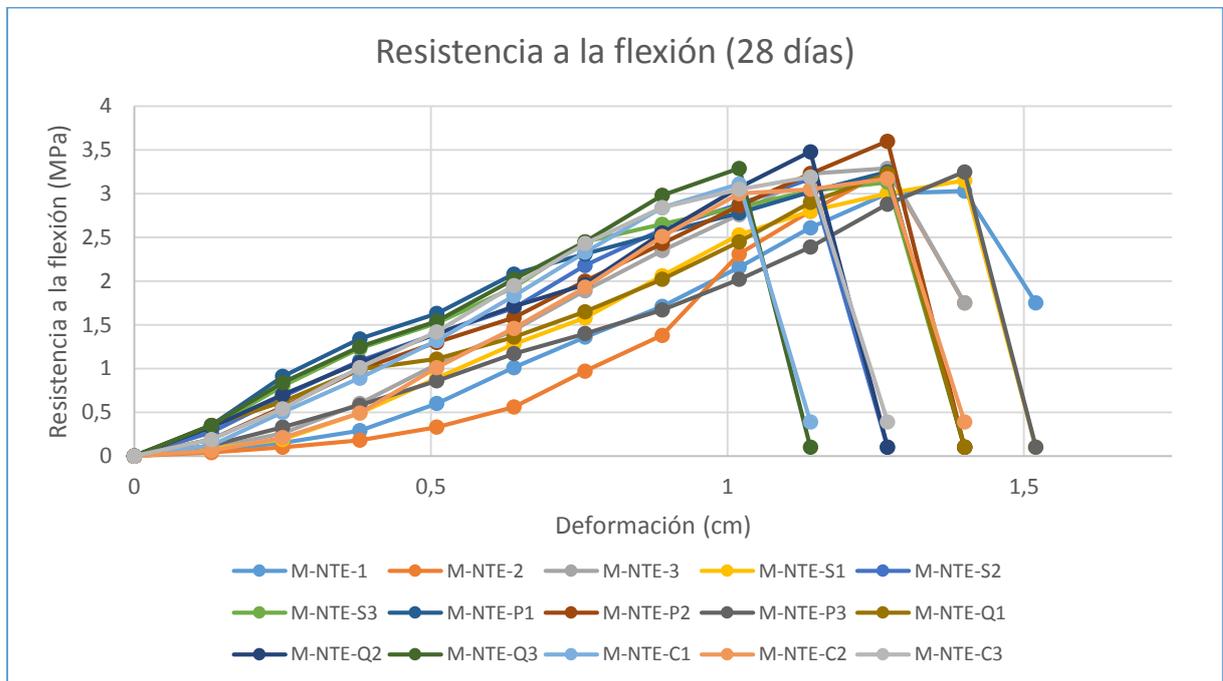


Figura 49. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 28 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

De este proceso se obtuvieron los valores de las cargas máxima a flexión que soportaron los especímenes aplicando la formula ya mencionada anteriormente, estos valores se los detalla en las siguientes tablas y gráficos.

Tabla 21. Carga máxima a la flexión, 7 días de curado.

Espécimen	Carga máxima a flexión (MPa).
M-NTE-1	3.50
M-NTE-2	3.23
M-NTE-3	3.60
M-NTE-S1	3.46
M-NTE-S2	3.48
M-NTE-S3	3.62
M-NTE-P1	3.77
M-NTE-P2	3.40
M-NTE-P3	3.56
M-NTE-Q1	3.38
M-NTE-Q2	3.15
M-NTE-Q3	3.09
M-NTE-C1	3.29
M-NTE-C2	3.13
M-NTE-C3	3.15

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

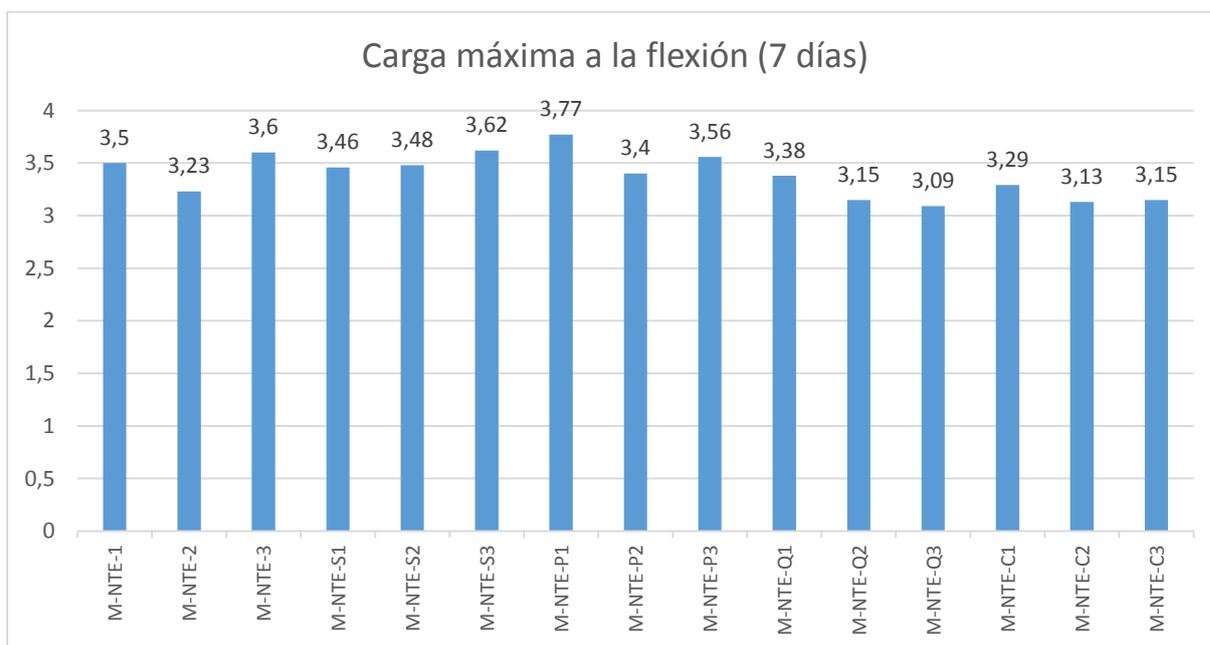


Figura 50. Resumen de la carga máxima a flexión 7 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La interpretación de la tabla 21 y en su respectiva grafica se resume en que, las matrices con tratamiento de parafina (M-NTE-P), tienen mayor resistencia en comparación a las matrices de mortero simple (M-NTE) y a las matrices con los otros tratamientos (M-NTE-Q, M-NTE-C) que se aplicó a la fibra de totora esto indican que los tratamientos químicos y cal tiende a debilitar la adherencia y reduce la resistencia.

Tabla 22. Carga máxima a la flexión, 14 días de curado.

Espécimen	Carga máxima a flexión (MPa).
M-NTE-1	3.70
M-NTE-2	3.40
M-NTE-3	3.58
M-NTE-S1	3.46
M-NTE-S2	3.37
M-NTE-S3	3.31
M-NTE-P1	3.42
M-NTE-P2	3.40
M-NTE-P3	3.54
M-NTE-Q1	3.32
M-NTE-Q2	3.44
M-NTE-Q3	3.23
M-NTE-C1	3.35
M-NTE-C2	3.37
M-NTE-C3	3.27

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

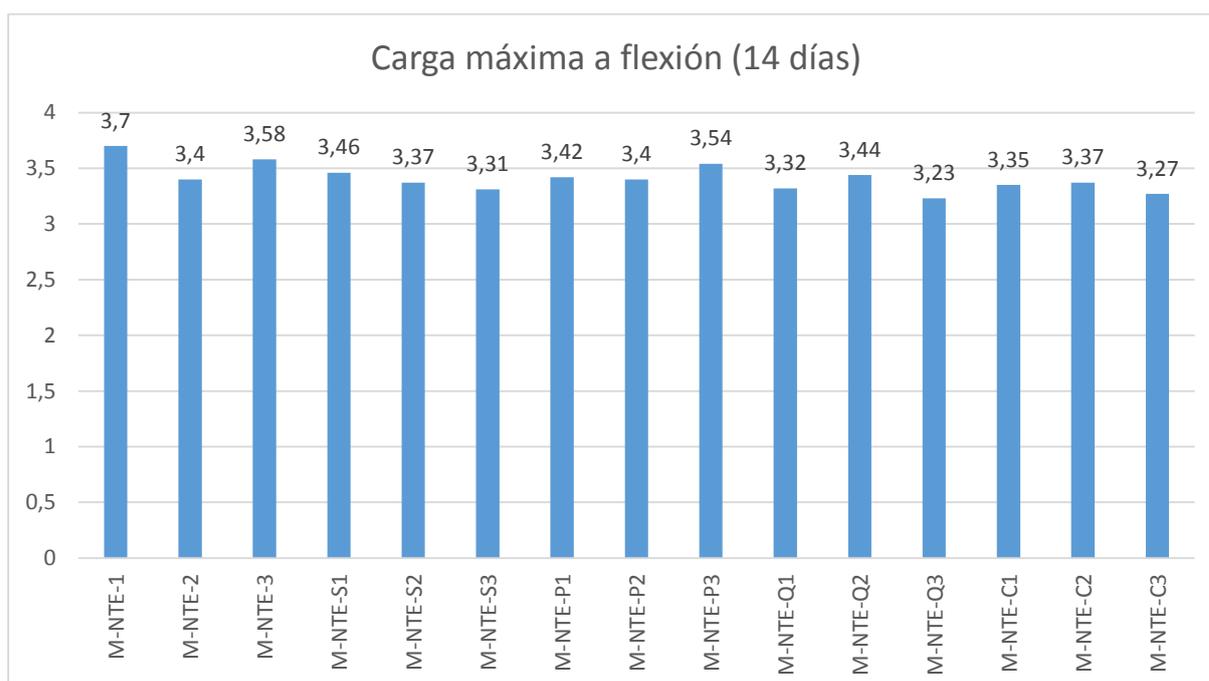


Figura 51. Resumen de la carga máxima a flexión 14 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La interpretación de la tabla 22 y en su respectiva grafica se resume en que, las matrices con tratamiento de parafina (M-NTE-P), tienen mayor resistencia en comparación a las matrices con los otros tratamientos (M-NTE-Q, M-NTE-C) que se aplicó a la fibra de totora esto indican que los tratamientos químicos y cal tiende a reducir la resistencia.

Tabla 23. Carga máxima a la flexión, 28 días de curado.

Espécimen	Carga máxima a flexión (MPa).
M-NTE-1	3.03
M-NTE-2	3.27
M-NTE-3	3.29
M-NTE-S1	3.15
M-NTE-S2	3.17
M-NTE-S3	3.13
M-NTE-P1	3.25
M-NTE-P2	3.60
M-NTE-P3	3.25
M-NTE-Q1	3.23
M-NTE-Q2	3.48
M-NTE-Q3	3.29
M-NTE-C1	3.11
M-NTE-C2	3.17
M-NTE-C3	3.19

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

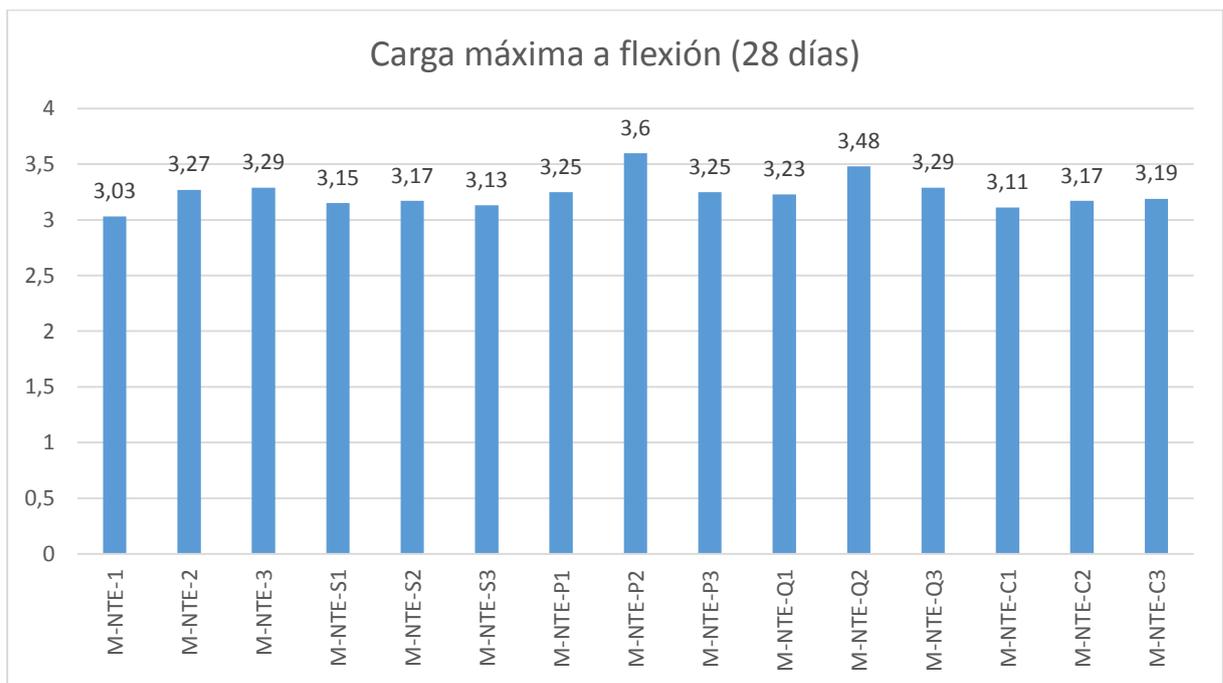


Figura 52. Resumen de la carga máxima a flexión 28 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La interpretación de la tabla 23 y en su respectiva grafica se resume en que, las matrices con tratamiento de parafina (M-NTE-P), tienen mayor resistencia en comparación a las matrices con los otros tratamientos (M-NTE-Q, M-NTE-C) que se aplicó a la fibra de totora esto indican que los tratamientos químicos y cal tiende a debilitar la adherencia y reduce la resistencia.

Para tener una mayor precisión de los valores de las pruebas a flexión se promedió la carga máxima aplicada a los diferentes tipos de mortero los resultados se los expresa a continuación.

Tabla 24. Flexión-Media aritmética

Mortero-tratamiento.	Tiempo de curado		
	7	14	28
M-NTE	3.44	3.56	3.19
M-NTE-S	3.52	3.53	3.15
M-NTE-P	3.57	3.45	3.36
M-NTE-Q	3.20	3.30	3.33
M-NTE-C	3.19	3.29	3.16

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

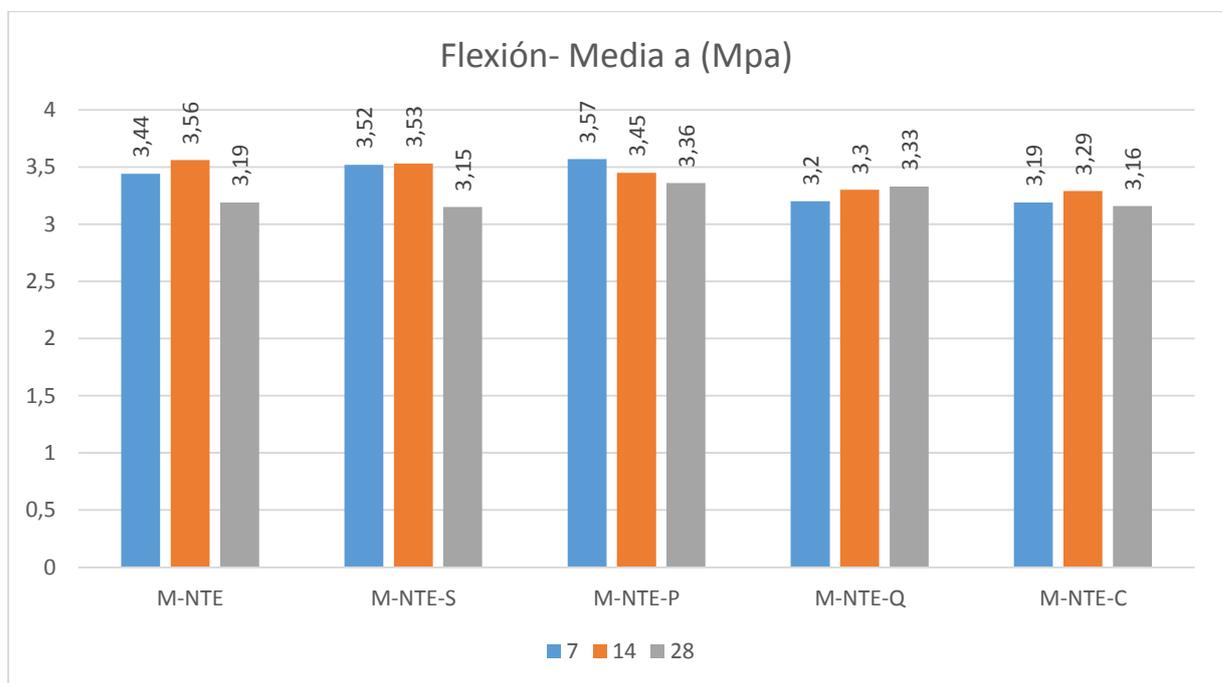


Figura 53. Flexión-Diferentes tratamientos-Media aritmética.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La interpretación de la tabla 24 y en su respectiva grafica de la media aritmética, se resume en que, las matrices con tratamiento de parafina (M-NTE-P) durante el tiempo de curado de 7, 14 y 28 días, tienen mayor resistencia en comparación a las matrices con los otros tratamientos (M-NTE-Q, M-NTE-C) que se aplicó a la fibra de totora esto indican que los tratamientos químicos y cal tiende a debilitar la adherencia y reduce la resistencia.

Posiblemente esto ocurría debido a que la parafina interactúa mejor con la fibra, por su estructura molecular son semejantes ya que se compones de largas cadenas, en el caso de la parafina tiene cadenas de hidrocarburos y las fibras tiene cadenas moleculares.

3.3. Morteros a compresión.

Las pruebas de resistencia a la compresión se las desarrolla sobre los residuos que saldrán de los especímenes una vez efectuada las pruebas a flexión, los que serán cortados en probetas de 40 x 40 x 40 mm, cada espécimen se los realiza por triplicado y con una dosificación de 1:2.75 y una relación agua cemento de 0.485.

En la tabla 25 se presentan los datos generales aplicados en la elaboración de cada una de las probetas:

Tabla 25. Datos generales de las probetas elaboradas a compresión.

Probeta	Relación A/C	Cemento (g)	Arena (g)	Agua(cm ³)	Fibra(0.5%)	Curado(días)	Peso
M-NTE-1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	124.07
M-NTE-2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	116.68
M-NTE-3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	124.04
M-NTE-1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	122.05
M-NTE-2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	123.41
M-NTE-3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	128.59
M-NTE-1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	120.67
M-NTE-2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	123.25
M-NTE-3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	120.85
M-NTE-S1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	131.77
M-NTE-S2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	127.23
M-NTE-S3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	124.60
M-NTE-S1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	131.95
M-NTE-S2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	130.80
M-NTE-S3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	128.64
M-NTE-S1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	128.67
M-NTE-S2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	125.14
M-NTE-S3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	116.25
M-NTE-P1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	120.17
M-NTE-P2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	122.29
M-NTE-P3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	120.97
M-NTE-P1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	125.51
M-NTE-P2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	128.61
M-NTE-P3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	128.04
M-NTE-P1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	118.14
M-NTE-P2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	119.92
M-NTE-P3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	129.24
M-NTE-Q1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	122.95
M-NTE-Q2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	125.17
M-NTE-Q3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	123.11
M-NTE-Q1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	126.94
M-NTE-Q2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	126.61

(Continuación: Tabla 25. Datos generales de las probetas elaboradas a compresión.)

M-NTE-Q3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	130.09
M-NTE-Q1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	120.84
M-NTE-Q2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	124.16
M-NTE-Q3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	122.40
M-NTE-C1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	121.17
M-NTE-C2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	125.09
M-NTE-C3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	7	126.03
M-NTE-C1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	125.40
M-NTE-C2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	135.29
M-NTE-C3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	14	131.00
M-NTE-C1	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	129.49
M-NTE-C2	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	126.57
M-NTE-C3	0.485	163.08	458.33	80.67	1.17	28	125.30

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

3.3.1. Proceso para desarrollar los especímenes que serán utilizados en pruebas a compresión.

De acuerdo a la norma NTE INEN 198 y en el apartado 6.5.2 (determinación de la resistencia a la compresión), en donde especifica colocar un trozo de prisma en el aparato a la compresión, de tal manera que la carga se aplique en las caras laterales del molde y sobre una superficie cuadrada de 40 mm de lado entre las placas de apoyo. Por lo tanto, de los mismos especímenes utilizados para las pruebas a flexión se estableció sacar las muestras para compresión el procedimiento se lo detalla a continuación.

Hechas las consideraciones anteriores se aplica la fórmula para obtener la resistencia a la compresión.

$$R_c = \frac{P_c}{b^2}$$

Siendo:

R_c = Resistencia a la compresión, en MPa.

P_c = Carga de rotura a la compresión, en N.

b = lado de la sección cuadrada en la que se aplica la carga, en mm.



Figura 54. Instrumentos utilizados para sacar los especímenes a compresión.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se establece la dimensión de la probeta de 40 x 40 x 40 mm que va emplear para las pruebas de compresión.



Figura 55. Medición de la arista a cortar.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Con la ayuda de una prensa, se lo ubica en una superficie plana para proceder a cortar la probeta.



Figura 56. Prensado del espécimen a cortar.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se comienza a cortar los especímenes con la amoladora como muestra la imagen.



Figura 57. Cortado del espécimen.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Este procedimiento se realiza con cada una de las probetas en las que se efectuaron las pruebas a flexión.

3.3.2. Descripción del proceso para las pruebas a Compresión.

Se establece primero las dimensiones de la probeta (largo, ancho, grosor) con la ayuda de un metro.



Figura 58. Dimensiones de las aristas a evaluar.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se pesa la probeta con la ayuda de una balanza con una presión de 0.1 gr, para registrar el valor respectivo y posteriormente este valor nos ayudara para determinar la resistencia a la compresión.



Figura 59. Pesaje del espécimen a evaluar.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se ubica la probeta en la maquina como muestra la imagen, para empezar las pruebas a compresión este proceso se mantiene para cada una de las probetas.



Figura 60. Probeta puesta en la máquina para la prueba compresión.

Fuente Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se suministra la carga correspondiente sobre la probeta y se registra sus datos y la fotografía de la falla compresión.



Figura 61. Falla de probeta una vez aplicada la carga.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Este procedimiento se va a repetir con todos los especímenes, los de 7, 14 y 28 días de cuadrado y con los diferentes tratamientos que se van a desarrollar.

3.3.3. Resultados de los ensayos.

Una vez desarrollado el proceso para las pruebas a compresión se obtuvo los datos de los diferentes tipos de mortero y su respectivo tiempo de curado, los resultados se presentan a continuación en las siguientes tablas y gráficas que demuestran la resistencia máxima a compresión de cada espécimen.

Tabla 26. Resistencia a la compresión, 7 días de curado.

Deform.	Resistencia a la compresión (MPa)														
	M-NT E-1	M-NT E-2	M-NT E-3	M-NT E-S1	M-NT E-S2	M-NT E-S3	M-NT E-P1	M-NT E-P2	M-NT E-P3	M-NT E-Q1	M-NT E-Q2	M-NT E-Q3	M-NT E-C1	M-NT E-C2	M-NT E-C3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.12	0.09	0.19	0.19	0.23	0.17	0.26	0.28	0.14	0.22	0.28	0.23	0.12	0.12	0.22
0.25	0.31	0.22	0.43	0.34	0.46	0.34	0.51	0.57	0.25	0.40	0.57	0.39	0.34	0.34	0.49
0.38	0.46	0.37	0.62	0.52	0.76	0.54	0.86	0.90	0.40	0.65	0.99	0.57	0.52	0.49	0.80
0.51	0.77	0.49	0.99	0.77	1.13	0.80	1.44	1.45	0.62	0.97	1.73	0.80	0.77	0.77	1.11
0.64	1.24	0.74	1.48	1.17	1.27	1.05	1.98	1.96	0.83	1.11	2.75	1.08	1.05	1.05	1.85
0.76	1.91	1.45	2.13	1.64	1.70	1.62	2.59	2.66	1.11	1.91	3.92	1.39	1.42	1.45	2.47
0.89	2.69	1.91	2.84	2.10	1.95	2.16	3.37	3.80	1.73	2.47	5.03	1.61	1.88	2.01	3.40
1.02	4.11	2.37	3.74	2.84	2.44	3.06	4.26	5.03	2.22	3.03	5.99	2.41	2.38	2.69	4.42
1.14	4.91	3.37	4.69	3.52	3.06	3.58	5.19	6.18	2.87	3.67	6.98	3.24	2.99	3.55	5.62
1.27	5.37	4.20	5.56	3.98	3.46	4.45	6.08	7.41	3.86	4.29	7.72	4.04	3.55	4.54	6.64
1.40	6.11	5.03	6.51	4.17	3.80	5.28	7.04	8.52	4.88	4.91	8.24	4.88	4.23	5.16	7.84
1.52	6.61	5.74	7.44	4.75	4.75	6.14	7.87	9.66	5.99	5.50	8.43	5.62	4.97	6.61	8.92
1.65	7.38	6.79	8.40	5.37	5.09	7.01	8.71	10.7	7.01	6.21	8.73	6.11	5.22	7.78	9.63
1.78	8.24	7.10	9.20	6.14	6.02	7.84	9.48	11.7	8.09	6.89	9.05	6.51	6.73	8.98	9.76
1.91	8.46	8.21	9.94	6.82	7.32	8.52	9.54	12.5	9.05	7.69	9.36	6.98	7.63	10.1	9.91
2.03	9.51	8.49	10.3	7.56	8.68	8.68	9.97	13.2	10.1	8.31	6.24	7.41	9.29	11.2	10.8
2.16	10.5	9.51	10.6	8.24	9.88	9.29	10.6	12.1	11.3	8.58		7.93	10.2	11.7	9.51
2.29	3.71	9.60	6.18	8.92	3.71	2.49	11.2		12.2	8.95		8.27	10.9	9.88	
2.41		8.46		9.45		0.48	12.4		12.3	3.71		8.43	11.3		
2.54				10.1			8.95		1.85			8.92	7.72		
2.67				10.4								9.20			
2.79				2.47								9.57			
2.92												3.71			

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

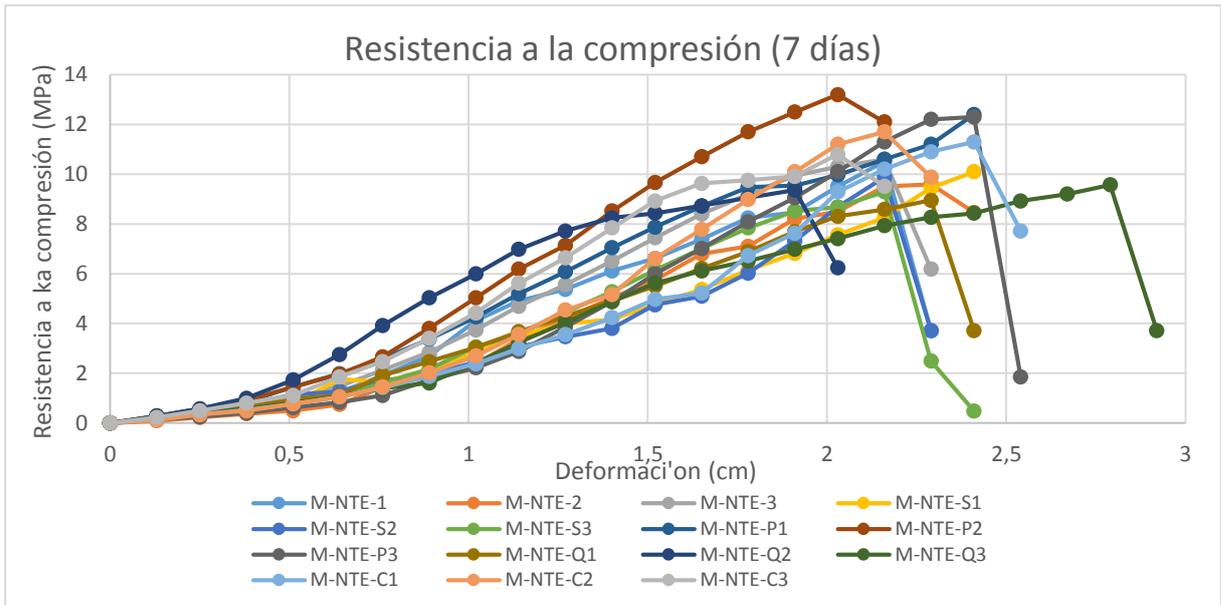


Figura 62. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 7 días

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 27. Resistencia a la compresión, 14 días de curado.

Deformación (cm)	Resistencia a la compresión (MPa)														
	M-NT E-1	M-NT E-2	M-NT E-3	M-NT E-S1	M-NT E-S2	M-NT E-S3	M-NT E-P1	M-NT E-P2	M-NT E-P3	M-NT E-Q1	M-NT E-Q2	M-NT E-Q3	M-NT E-C1	M-NT E-C2	M-NT E-C3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.11	0.15	0.15	0.34	0.19	0.23	0.25	0.34	0.25	0.22	0.25	0.15	0.12	0.22	0.12
0.25	0.32	0.42	0.26	0.65	0.32	0.42	0.45	0.60	0.46	0.43	0.46	0.43	0.34	0.46	0.31
0.38	0.59	0.65	0.40	0.96	0.49	0.69	0.71	0.96	0.71	0.59	0.77	0.62	0.77	0.71	0.62
0.51	1.02	1.02	0.56	1.45	0.71	1.03	1.34	1.54	0.99	0.93	1.17	0.99	1.05	0.99	1.11
0.64	1.61	1.45	1.05	1.95	0.93	1.31	1.79	2.10	1.39	1.36	1.85	1.54	1.42	1.33	1.79
0.76	1.91	1.95	1.17	2.69	1.14	1.73	2.35	2.72	1.85	1.88	2.56	2.07	1.88	1.42	2.53
0.89	2.90	2.81	1.36	3.55	1.64	2.28	2.90	3.58	2.38	2.72	3.21	2.66	2.38	1.95	3.40
1.02	3.71	3.80	1.88	4.57	2.16	2.84	3.64	4.35	3.18	3.15	3.89	3.33	2.99	2.78	4.51
1.14	4.69	4.97	2.56	5.56	2.96	3.61	4.51	5.16	4.04	3.71	4.38	4.14	3.55	3.67	5.74
1.27	5.56	6.11	3.37	6.70	4.04	4.48	5.74	5.99	5.22	4.35	5.62	5.03	4.23	4.85	7.16
1.40	6.48	6.92	4.48	7.78	5.13	5.43	6.64	6.73	6.24	5.03	6.33	5.90	4.97	6.02	8.03
1.52	7.50	8.18	5.56	8.71	6.33	6.39	7.78	7.16	7.26	5.62	6.79	6.82	5.22	7.26	9.63
1.65	8.43	8.80	6.73	9.32	7.47	7.47	8.80	7.72	8.09	7.47	7.47	7.78	6.73	8.52	10.8
1.78	9.45	9.57	7.93	9.97	8.71	8.49	9.57	8.65	8.92	8.09	8.09	8.09	7.63	9.91	11.9
1.91	10.3	10.2	9.20	10.5	9.82	9.57	10.5	9.57	9.63	8.77	8.74	8.80	9.29	10.5	12.7
2.03	11.3	11.1	10.4	11.2	11.2	10.4	11.2	10.1	10.3	9.32	9.32	9.32	10.2	11.1	4.01
2.16	12.2	12.1	11.7	12.0	12.5	10.8	12.1	10.7	11.2	9.91	9.88	9.82	10.9	12.2	
2.29	12.7	1.85	12.8	4.32	12.6	11.1	12.9	11.2	12.1	10.5	10.5	9.91	11.2	2.78	
2.41	8.8		11.3		3.71	11.7	13.5	12.4	12.9	11.2	3.71	10.5	7.72		
2.54						7.10	6.48	13.1	13.6	6.79		10.8			
2.67								3.4	3.4			3.09			

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

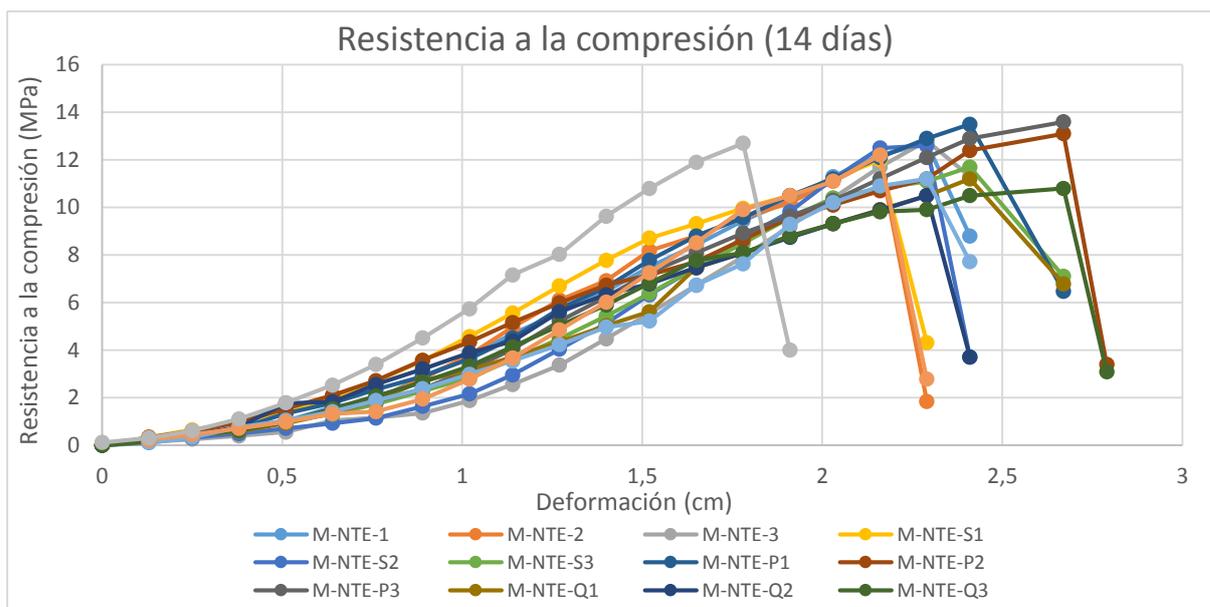


Figura 63. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 14 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 28. Resistencia a la compresión, 28 días de curado

Defor m.	Resistencia a la compresión (MPa)														
	M- NT E-1	M- NT E-2	M- NT E-3	M- NT E- S1	M- NT E- S2	M- NT E- S3	M- NT E- P1	M- NT E- P2	M- NT E- P3	M- NT E- Q1	M- NT E- Q2	M- NT E- Q3	M- NT E- C1	M- NT E- C2	M- NT E- C3
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.31	0.09	0.20	0.34	0.12	0.25	0.15	0.31	0.06	0.22	0.12	0.09	0.15	0.22	0.19
0.25	0.52	0.15	0.42	0.49	0.31	0.49	0.40	0.49	0.23	0.46	0.23	0.28	0.43	0.43	0.46
0.38	0.77	0.19	0.65	0.83	0.45	0.83	0.56	0.86	0.52	0.74	0.34	0.45	0.68	0.68	0.93
0.51	1.14	0.25	0.93	1.39	0.62	1.30	0.83	1.42	0.83	1.17	0.45	0.65	1.02	0.99	1.48
0.64	1.54	0.28	1.17	2.01	0.86	1.85	1.08	1.95	1.70	1.73	0.65	0.96	1.45	1.45	2.41
0.76	2.04	0.37	1.70	2.78	1.17	2.38	1.33	2.62	2.25	2.47	0.99	1.39	2.07	2.01	3.33
0.89	2.62	0.49	2.28	3.67	1.61	3.09	1.61	3.55	3.18	3.40	1.42	1.79	2.96	2.69	4.94
1.02	3.49	0.74	2.90	4.69	2.10	3.86	1.98	4.60	4.01	4.42	1.98	2.19	3.95	3.49	5.71
1.14	4.45	1.17	3.71	5.71	2.87	4.75	2.35	5.59	4.94	5.40	2.66	2.96	5.09	4.14	5.90
1.27	5.56	1.79	4.66	6.19	3.77	5.56	2.78	6.64	5.43	6.36	3.46	3.86	6.21	5.00	6.27
1.40	6.58	2.44	5.68	7.93	4.69	6.58	3.37	7.53	5.80	7.10	4.45	4.75	7.60	5.62	6.85
1.52	7.66	3.49	6.82	9.11	5.71	7.56	4.01	8.43	6.24	7.69	5.37	5.68	8.71	5.93	7.47
1.65	8.43	5.74	9.32	10.3	6.70	8.12	4.79	8.98	7.13	8.06	6.24	6.82	9.91	6.70	8.55
1.78	9.08	7.07	10.6	11.5	7.38	9.29	5.71	10.8	7.60	8.74	7.47	7.19	10.9	7.56	9.32
1.91	9.42	8.46	11.8	12.5	8.27	9.91	6.67	11.6	8.71	9.32	8.03	7.75	11.9	8.24	9.94
2.03	9.94	9.73	12.8	13.5	8.68	10.5	7.10	12.1	9.88	10.9	8.40	7.87	12.5	8.86	10.5
2.16	11.1	11.1	13.1	13.7	9.57	10.7	9.57	12.4	11.1	3.09	9.57	8.80	12.8	9.42	11.3
2.29	11.9	12.2	12.1	0.15	11.8	11.3	10.7	3.71	11.8		10.5	9.57	2.78	10.3	11.9
2.41	12.3	13.7			12.4	12.1	3.71		12.4		11.3	6.79		10.5	3.71
2.54	3.71	1.54			0.15	3.71			9.88		8.40			2.78	
2.67											7.78				

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

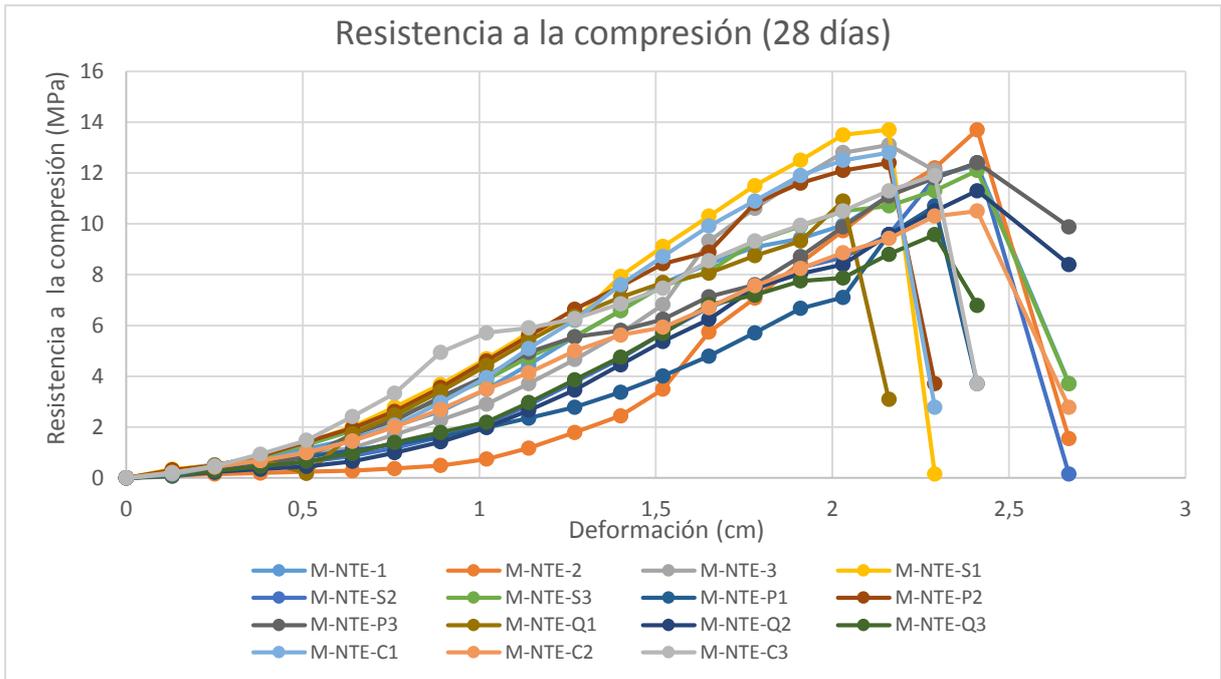


Figura 64. Resumen de los diferentes tratamientos durante los 28 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

De este proceso se obtuvieron los valores de las cargas máxima a compresión que soportaron los especímenes aplicando la formula ya mencionada anteriormente, estos valores se los detalla en las siguientes tablas y gráficos.

Tabla 29. Carga máxima a la compresión, 7 días de curado.

Espécimen	Carga máxima a compresión (MPa).
M-NTE-1	10.5
M-NTE-2	9.6
M-NTE-3	10.6
M-NTE-S1	10.4
M-NTE-S2	9.88
M-NTE-S3	9.29
M-NTE-P1	12.4
M-NTE-P2	13.2
M-NTE-P3	12.3
M-NTE-Q1	8.95
M-NTE-Q2	9.36
M-NTE-Q3	9.76
M-NTE-C1	11.3
M-NTE-C2	11.7
M-NTE-C3	10.8

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

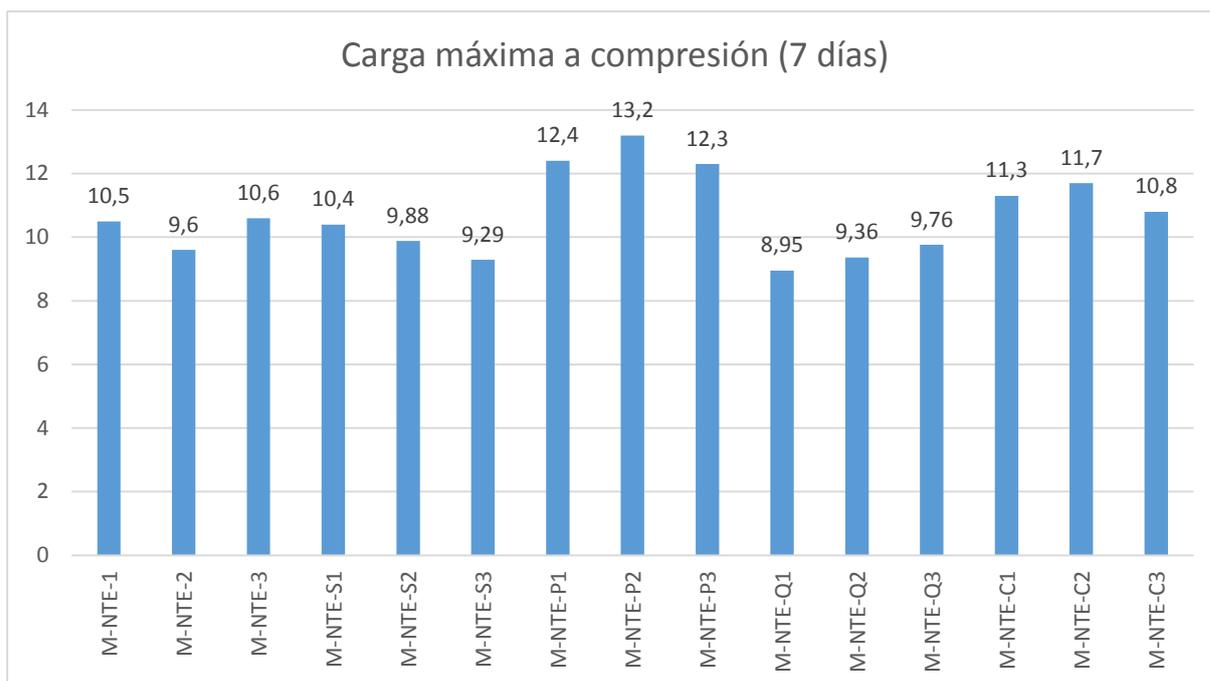


Figura 65. Resumen de la carga máxima a compresión 7 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La interpretación de la tabla 29 y en su respectiva grafica se resume en que, las matrices con tratamiento de parafina (M-NTE-P), tienen mayor resistencia en comparación a las matrices de mortero simple (M-NTE) y a las matrices con los otros tratamientos (M-NTE-Q, M-NTE-C) que se aplicó a la fibra de totora esto indican que los tratamientos químicos y cal tiende a debilitar la adherencia y reduce la resistencia.

Tabla 30. Carga máxima a la compresión, 14 días de curado.

Especimen	Carga máxima a compresión (MPa).
M-NTE-1	12.7
M-NTE-2	12.1
M-NTE-3	12.8
M-NTE-S1	12.0
M-NTE-S2	12.6
M-NTE-S3	11.7
M-NTE-P1	13.5
M-NTE-P2	13.1
M-NTE-P3	13.6
M-NTE-Q1	11.2
M-NTE-Q2	10.5
M-NTE-Q3	10.8
M-NTE-C1	11.2
M-NTE-C2	12.2
M-NTE-C3	12.7

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

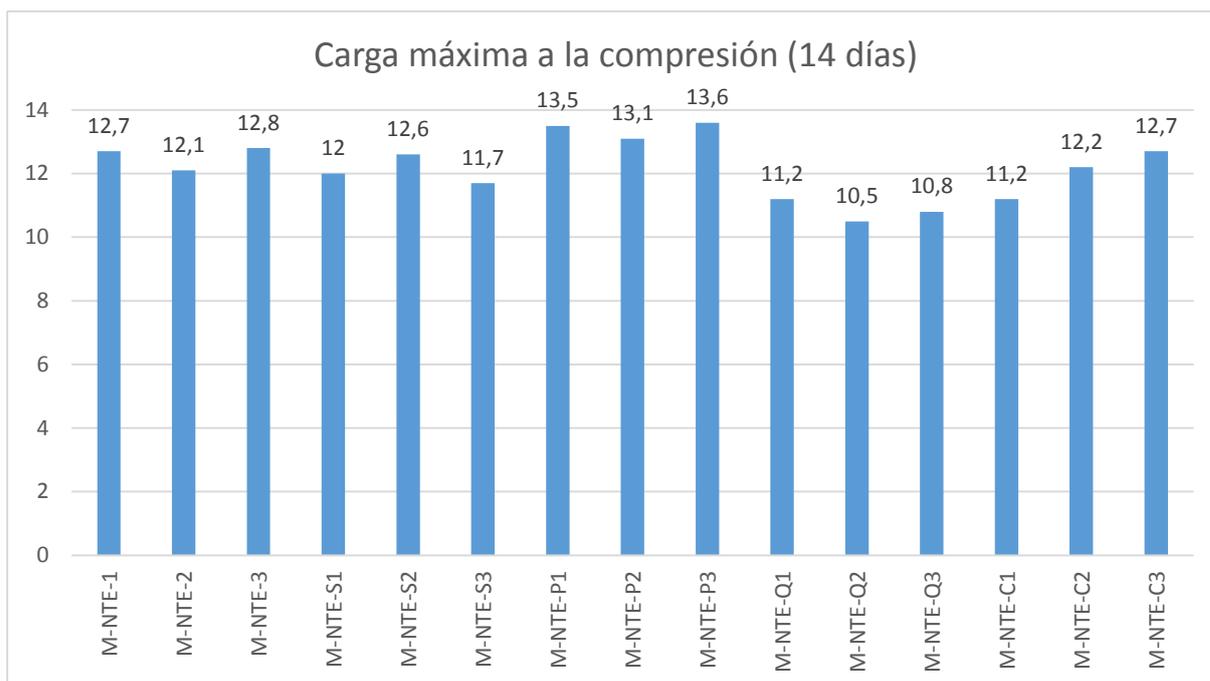


Figura 66. Resumen de la carga máxima a compresión 14 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La interpretación de la tabla 30 y en su respectiva grafica se resume en que, las matrices con tratamiento de parafina (M-NTE-P), tienen mayor resistencia en comparación a las matrices de mortero simple (M-NTE) y a las matrices con los otros tratamientos (M-NTE-Q, M-NTE-C) que se aplicó a la fibra de totora esto indican que los tratamientos químicos reducen su capacidad de tener una resistencia mayor.

Tabla 31. Carga máxima a la compresión, 28 días de curado.

Especimen	Carga máxima a compresión (MPa).
M-NTE-1	12.3
M-NTE-2	13.7
M-NTE-3	13.1
M-NTE-S1	13.7
M-NTE-S2	12.4
M-NTE-S3	12.1
M-NTE-P1	10.7
M-NTE-P2	12.4
M-NTE-P3	12.4
M-NTE-Q1	10.9
M-NTE-Q2	8.4
M-NTE-Q3	9.57
M-NTE-C1	12.8
M-NTE-C2	10.5
M-NTE-C3	11.9

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

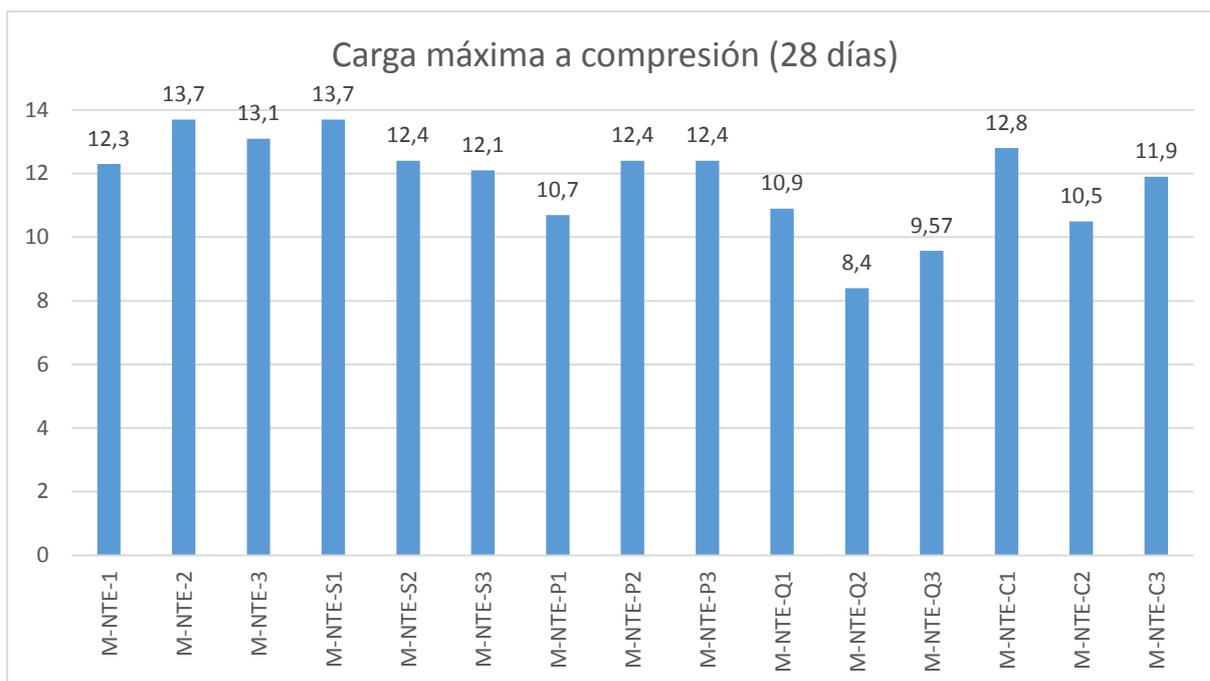


Figura 67. Resumen de la carga máxima a compresión 28 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La interpretación de la tabla 21 y en su respectiva grafica se resume en que, las matrices con tratamiento de parafina (M-NTE-P), tienen mayor resistencia en comparación a las matrices con los otros tratamientos (M-NTE-Q, M-NTE-C) que se aplicó a la fibra de totora esto indican que los tratamientos químicos y cal tiende a debilitar la adherencia y reduce la resistencia.

Para tener una mayor precisión de los valores de las pruebas a compresión se promedió la carga máxima aplicada a los diferentes tipos de mortero y los diferentes tiempos de curado, los resultados se los expresa a continuación.

Tabla 32. Compresion-Media aritmética.

Mortero-tratamiento.	Tiempo de curado		
	7	14	28
M-NTE	10.23	12.53	13.03
M-NTE-S	9.85	12.1	12.73
M-NTE-P	12.53	13.4	11.83
M-NTE-Q	9.35	10.83	9.92
M-NTE-C	11.26	12.03	11.73

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

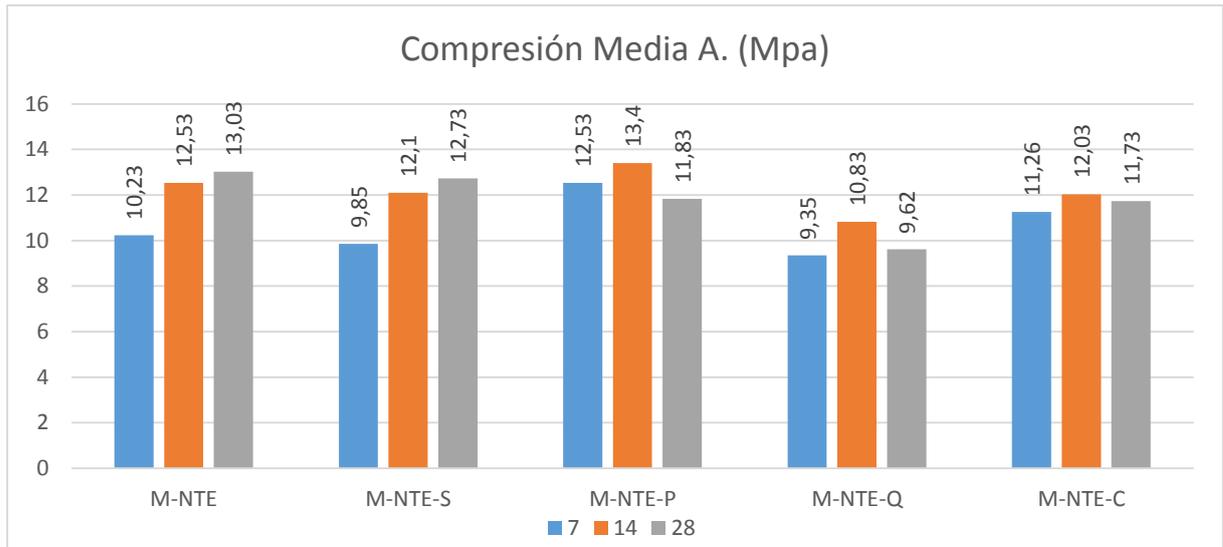


Figura 68. Compresión - Diferentes tratamientos-Media Aritmética.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La interpretación de la tabla 32 y en su respectiva grafica de la media aritmética, se resume en que, las matrices con tratamiento de parafina (M-NTE-P) durante el tiempo de curado de 7, 14 y 28 días, tienen mayor resistencia en comparación a las matrices con los otros tratamientos (M-NTE-Q, M-NTE-C), esto indican que los tratamientos químicos y cal tiende una capacidad de reducir la resistencia de la fibra dentro del compuesto.

Como se ha discutido anteriormente es posible que esto ocurría debido a que la parafina interactúa mejor con la fibra, por su estructura molecular son semejantes ya que se componen de largas cadenas.

Además, por el efecto sangrado tenga una influencia en los tratamientos de cal y el químico considerable en la reducción de la adherencia

3.4. Humedad.

Para el desarrollo del siguiente proceso se basó en documentos científicos (Moreno et al., 2007) y se tomó en consideración los especímenes de 40x40x160 mm.

Para el cálculo de los valores respectivos se aplica la formula siguiente.

$$Hum = 100 \left[\frac{(Pi - Pd)}{Pd} \right]$$

Donde:

Hum = contenido de humedad, %,

Pi = peso inicial del espécimen, g,

Pd = peso desecado del espécimen, g.

3.4.1. Descripción del proceso.

Mediante la ayuda de una balanza digital se pesa cada una de las probetas. El valor se toma como peso inicial.



Figura 69. Peso inicial de la probeta

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Luego de realizar el pesaje de cada una de las probetas, se procedió al secado de cada una de las probetas esto se lo efectuó con la ayuda de un horno a una temperatura de 100°C durante el tiempo de 24 horas.



Figura 70. Secado de las probetas en el horno.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Una vez desarrollado el proceso de secado de las probetas se procedió al retiro de los especímenes del horno, se deja climatizar a temperatura natural y se procede a pesar cada una de las probetas nuevamente.

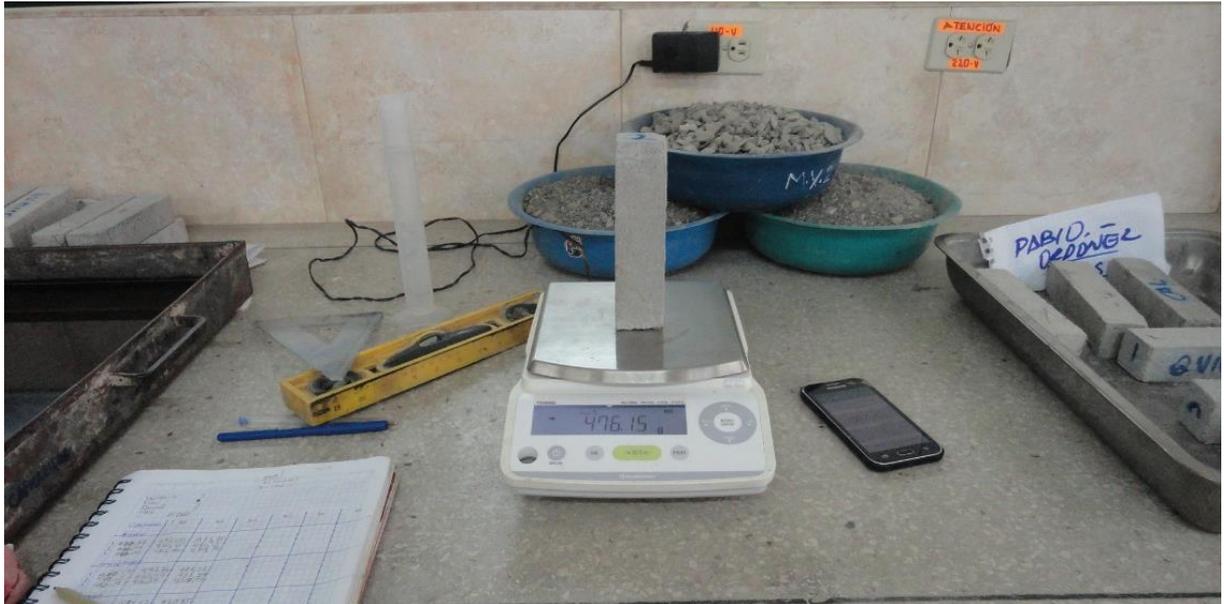


Figura 71. Peso inicial después del secado en el horno.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

3.4.2. Resultado del ensayo.

Una vez desarrollado el proceso para las pruebas para determinar si la condición de humedad afecta considerable la resistencia del mortero, se obtuvo los datos de los diferentes tipos de mortero y su respectivo tiempo de curado en donde se puede observar el porcentaje que contiene cada probeta, los resultados obtenidos se presentan a continuación en la siguiente tabla y gráfica.

Tabla 33. Procentaje de Humedad.

Mortero-tratamiento	Tiempo de curado.								
	7 días			14 días			28 días		
	Pi	Pd	% H	Pi	Pd	% H	Pi	Pd	% H
M-NTE-1	527.49	459.37	14.83	503.95	454.72	10.83	513.45	454.82	12.89
M-NTE-2	517.90	451.03	14.83	512.27	460.66	11.20	514.49	456.16	12.79
M-NTE-3	501.50	435.61	15.13	513.46	463.52	10.77	517.42	458.31	12.90
M-NTE-S1	518.23	461.23	12.36	486.14	434.17	11.97	489.52	426.11	14.88
M-NTE-S2	510.25	452.46	12.77	490.43	439.55	11.58	505.79	439.39	15.11
M-NTE-S3	525.25	465.75	12.78	488.10	434.27	12.40	518.08	452.73	14.43
M-NTE-P1	514.45	451.28	14.00	499.73	450.75	10.87	503.40	449.53	11.98
M-NTE-P2	517.36	455.07	13.69	501.90	451.04	11.28	514.82	459.75	11.98
M-NTE-P3	508.32	447.02	13.71	520.21	468.41	11.06	510.94	457.32	11.72
M-NTE-Q1	523.87	457.86	14.42	500.30	449.70	11.25	502.65	439.71	14.31
M-NTE-Q2	510.41	445.86	14.48	508.18	455.85	11.48	511.95	447.78	14.33
M-NTE-Q3	503.71	439.93	14.50	505.67	454.89	11.16	510.45	446.24	14.39
M-NTE-C1	530.17	470.85	12.60	502.80	444.31	13.16	500.04	440.85	13.43
M-NTE-C2	522.04	461.50	13.12	488.70	433.41	12.76	524.44	462.7	13.40
M-NTE-C3	526.38	467,04	12,71	501.35	446.31	12.33	500.01	456.07	9.63

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

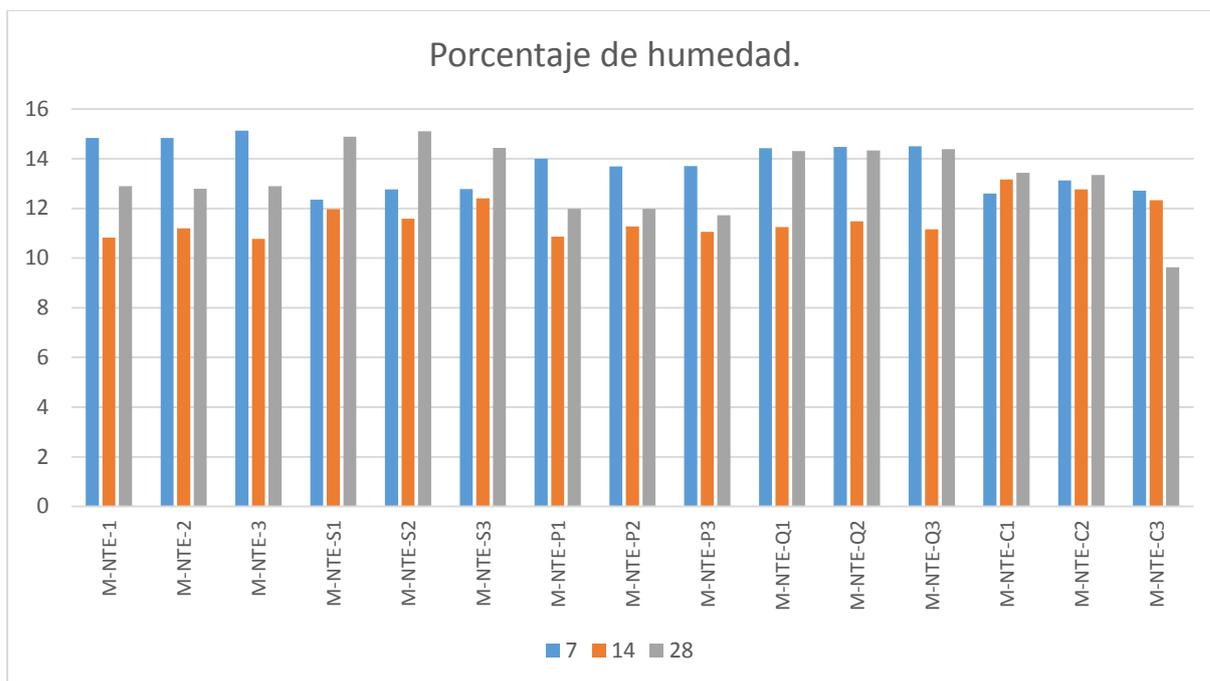


Figura 72. Porcentaje de humedad.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Para tener una mayor precisión de la prueba de humedad, se promedió los respectivos datos de los diferentes tipos de mortero y los diferentes tiempos de curado, los resultados se expresan a continuación.

Tabla 34. Porcentaje de humedad. Media aritmética.

Mortero- Tratamiento.	Tiempo de curado.		
	Humedad % 7 días	Humedad % 14 días	Humedad % 28 días
M-NTE	14,93	10.93	12.86
M-NTE-S	12,64	11.98	14.81
M-NTE-P	13,80	11.07	11.90
M-NTE-Q	14,46	11.30	14.34
M-NTE-C	12,81	12.75	12.13

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

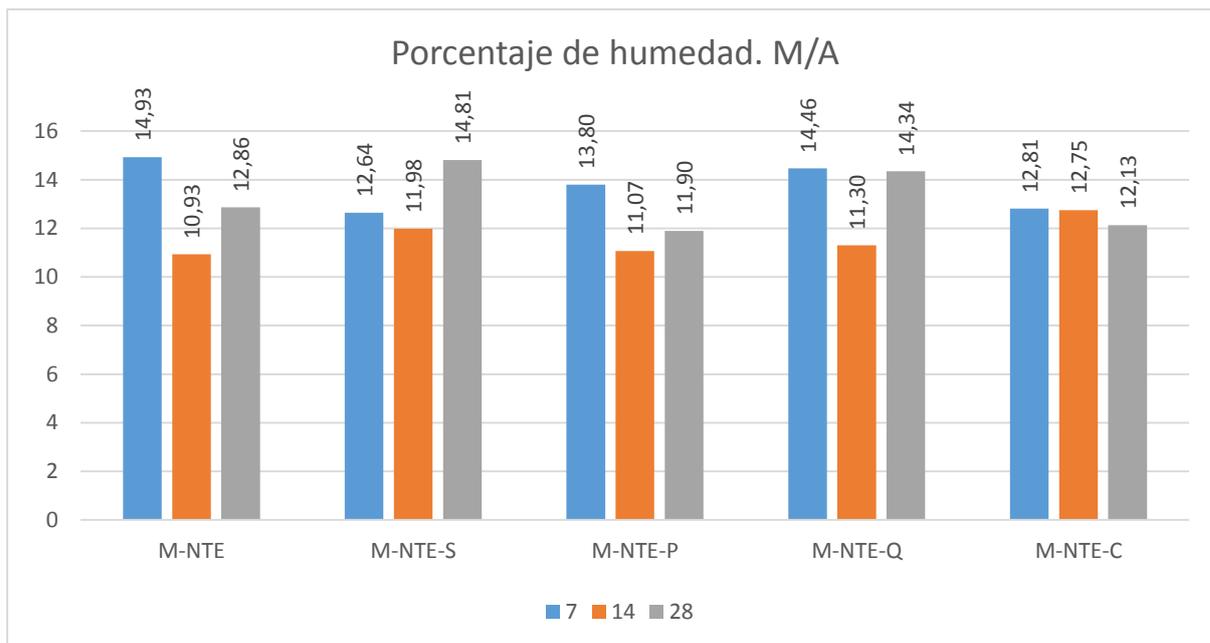


Figura 73. Porcentaje de humedad media aritmética.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

A manera de resumen, se puede observar que en la tabla 34 y su respectiva grafica muestra que el porcentaje de absorción de agua durante el tiempo de 7 de curado el que tiene menor porcentaje de humedad, son los especímenes que contienen tratamiento químico (M-NTE-C), durante el periodo de 14 y 28 días de curado los especímenes que tienen un índice menor de humedad son los morteros con fibras tratadas con sustancia de parafina (M-NTE-P) debido a que forma lamina uniforme y elástica cubriendo la porosidad propia de la fibra y actuando como barrera física contra el ingreso de agua por lo tanto esto se ve reflejado en su resistencia a la compresión y flexión.

3.5. Absorción del agua.

De igual forma, para el proceso del cálculo de la absorción de agua de cada probeta se utilizó moldes de 40x40x160 mm. Y se tomó como referencia la investigación (Sullcahuamán, A, et al., 2007)

Se procede a realizar los cálculos respectivos mediante la aplicación de la formula siguiente.

$$A = \frac{(Pa - Ps) * 100}{Ps}$$

Donde:

A = es el porcentaje de agua absorbió

Pa = peso saturado en agua

Ps = peso en estado seco, g.

3.5.1. Descripción del proceso.

Las probetas se dejaron secar en el horno a una temperatura de 100°C durante 24 horas. Se retira los especímenes del horno y se deja climatizar a temperatura natural, finalmente se procede a pesar cada una de las probetas.



Figura 74. Pesaje de las probetas después del secado en el horno.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Luego se llena un recipiente con agua, para esto se empleó agua potable a una temperatura de 21°C, donde se sumergen los especímenes por un periodo de 25 horas.



Figura 75. Probetas sumergidas en agua.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Al término de este periodo de tiempo se sacó el agua superficial de cada uno de los especímenes con la ayuda de un paño absorbente y se pesaron nuevamente en la balanza



Figura 76. Secado de la probeta para después pesarla.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

3.5.2. Resultado del ensayo.

Una vez desarrollado el proceso para las pruebas de absorción de agua, se obtuvo los datos de los diferentes tipos de mortero y su respectivo tiempo de curado, los resultados alcanzados del porcentaje de absorción de agua de cada espécimen, se presentan a continuación en la siguiente tabla y gráfica.

Tabla 35. Porcentaje de absorción de agua.

Mortero- Tratamiento	Tiempo de curado.								
	7 días			14 días			28 días		
	Pa	Ps	A	Pa	Ps	A	Pa	Ps	A
M-NTE-1	525.66	459.37	14.43	506.87	454.72	11.47	509.08	454.82	11.93
M-NTE-2	515.43	451.03	14.28	513.21	460.66	11.41	510.26	456.16	11.86
M-NTE-3	499.06	435.61	14.57	515.98	463.52	11.32	512.88	458.31	11.91
M-NTE-S1	519.76	461.23	12.69	474.90	434.17	9.38	487.23	426.11	14.34
M-NTE-S2	509.34	452.46	12.57	494.93	439.55	12.60	501.68	439.39	14.18
M-NTE-S3	524.94	465.75	12.71	493.03	434.27	13.53	515.97	452.73	13.97
M-NTE-P1	494.02	451.28	9.47	496.37	450.75	10.12	490.61	449.53	9.14
M-NTE-P2	489.14	455.07	7.49	496.80	451.04	10.15	506.21	459.75	10.11
M-NTE-P3	481.37	447.02	7.68	516.18	468.41	10.20	502.79	457.32	9.94
M-NTE-Q1	520.78	457.86	13.74	503.14	449.70	11.88	497.56	439.71	13.16
M-NTE-Q2	507.11	445.73	13.77	509.40	455.85	11.75	506.67	447.78	13.15

(Continuación: Tabla 35. Porcentaje de absorción de agua.)

M-NTE-Q3	499.94	439.02	13.88	508.09	454.89	11.70	504.51	446.24	13.06
M-NTE-C1	528.34	470.85	12.21	505.25	444.31	13.72	499.14	440.85	13.22
M-NTE-C2	520.21	461.50	12.72	490.66	433.41	13.21	523.32	462.70	13.10
M-NTE-C3	524.52	467.64	12.16	503.66	446.31	12.85	499.13	453.07	10.17

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

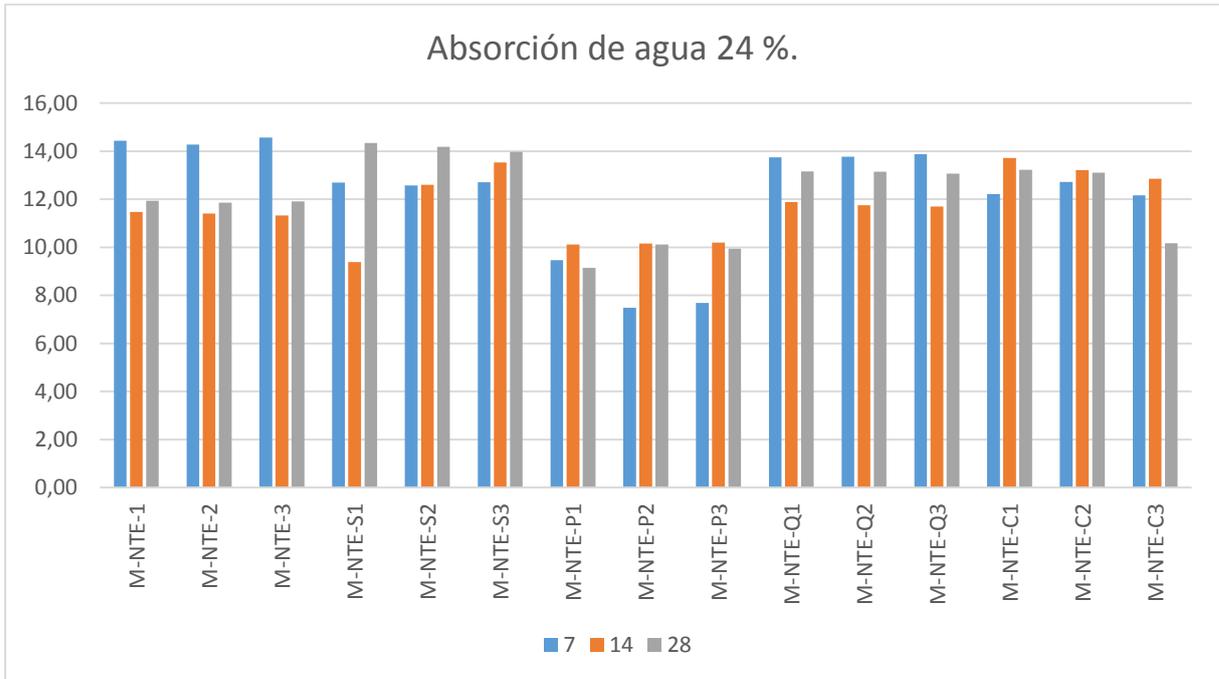


Figura 77. Porcentaje de absorción de agua.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Para tener una mayor precisión de las pruebas absorción de agua, se promedió los respectivos datos de los diferentes tipos de mortero y los diferentes tiempos de curado, los resultados se expresan a continuación.

Tabla 36. Porcentaje de absorción de agua/morteros/media aritmética.

Mortero-Tratamiento.	Tiempo de curado.		
	Absorción % 7 días.	Absorción % 14 días.	Absorción % 28 días.
M-NTE	14.42	11.40	11.90
M-NTE-S	12.66	11.84	14.16
M-NTE-P	8.21	10.15	9.73
M-NTE-Q	13.80	11.78	13.12
M-NTE-C	12.36	13.26	12.16

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

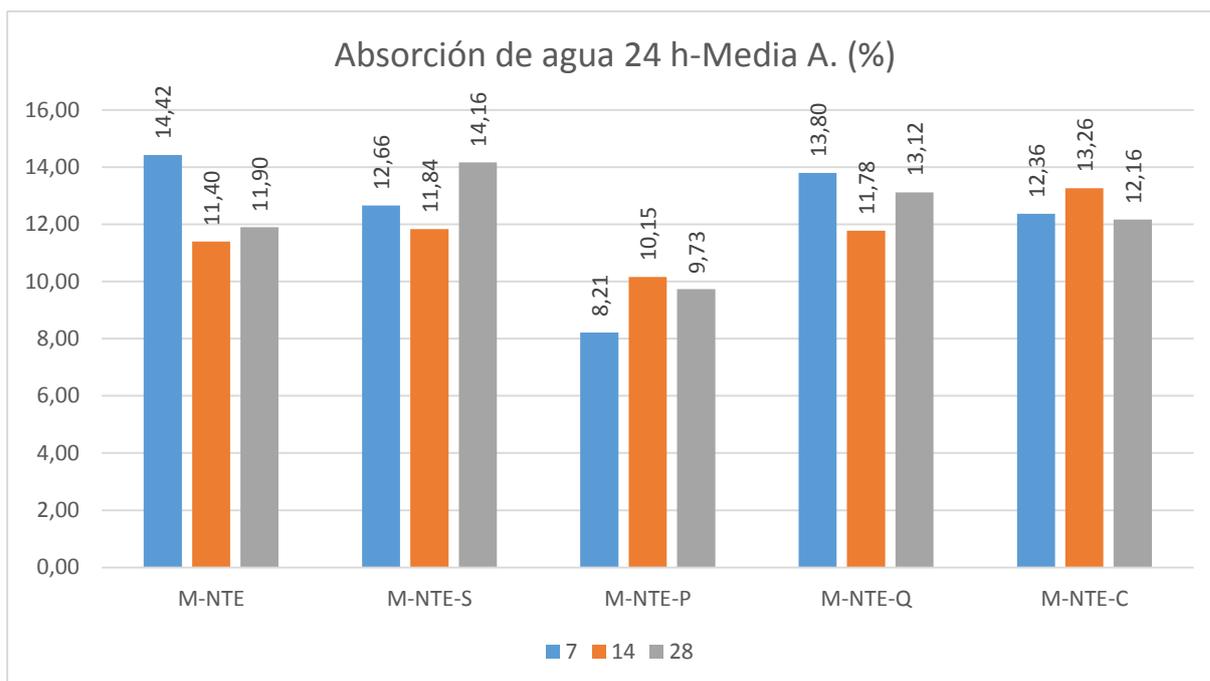


Figura 78. Porcentaje de absorción de agua/ Morteros/Media aritmética.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

El análisis de las probetas, luego de ensayo de absorción de agua, permite observar algunas variaciones en relación a los distintos tratamientos que se emplean a las fibras, en la figura 86 se muestra que las fibras sin tratamiento (M-NTE-S), tienen mayor índice de absorción de agua que los especímenes con agentes protector que se aplican a la fibra. Es decir, los especímenes M-NTE-P tienen menor porcentaje de absorción de agua que todos los demás tratamientos debido a que la parafina actúa como superficie uniforme dentro de la fibra cubriendo la porosidad y actúa como una barrera que impide el ingreso del agua y esto ayuda a que la acción de agua sobre la fibra provoque daños considerables en su estructura debido al fenómeno de hinchamiento y la naturaleza hidrofilia de las fibras vegetales.

3.6. Absorción de agua por capilaridad.

La prueba de capilaridad se la realizó a partir de los especímenes de 40x40x160 mm y se basó en la Norma Española UNE-EN 772-11 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería Parte 11.

Se procede a realizar los cálculos respectivos mediante la aplicación de la siguiente fórmula.

$$C_{w,3} = \frac{(m_{sos} - m_{seco})}{A_s \sqrt{t_{so}}} \times 10^6 \left[\frac{g}{m^2 \times s^{0,5}} \right]$$

Donde:

$C_{w,3}$ = es el porcentaje de agua absorbió

m_{s05} = masa de la probeta después de la inmersión durante un tiempo, (g)

m_{s0} = masa de la probeta después del secado, (g)

A_s = superficie bruta de la cara de la probeta sumergida en el agua, (mm²)

t_{s0} = tiempo de inmersión, (s)

3.6.1. Descripción del proceso.

Las probetas se dejaron secar en el horno a una temperatura de 100°C durante un período de 24 horas. Se retira los especímenes del horno y se deja climatizar a temperatura natural luego se procede a pesar cada una de las probetas.



Figura 79. Pesaje inicial después del secado en el horno.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Se ubica las muestras en una bandeja con agua, y en posición vertical, por su cara de 40 x 40mm sobre una superficie elevada de no más de 10mm de espesor de manera que no toquen el fondo del recipiente, y sean sumergidas en el agua a una altura de 5mm ± 1mm se mantiene el nivel del agua durante todo el tiempo del ensayo. Mediante la ayuda de un cronómetro se toma el tiempo de inmersión de 10 minutos según la Norma UNE-EN 711-3 con una tolerancia de ± 0.2 min, esto durante 1 hora.



Figura 80. Probetas puestas en posición vertical para el proceso de capilaridad.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Después del tiempo de inmersión se procede a retirar las probetas y pesarlas nuevamente para registrar el valor en la tabla. Antes de cada pesada se debe secar con un paño el agua superficial.

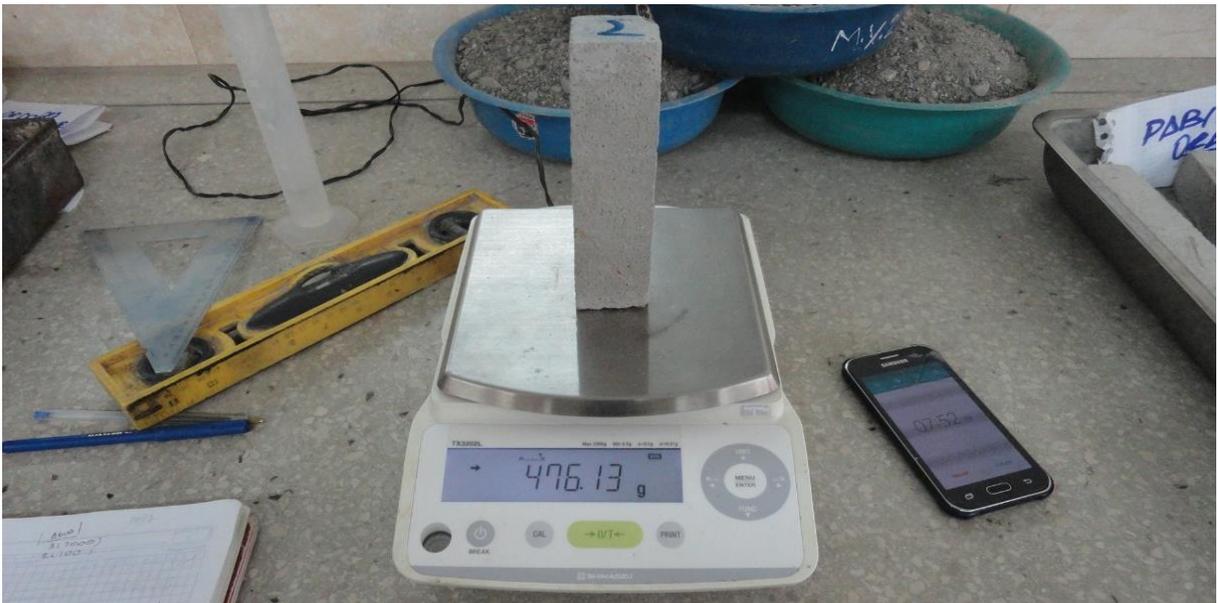


Figura 81. Pesaje de las probetas después del tiempo de inmersión.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

3.6.2. Resultado del ensayo.

Una vez desarrollado el proceso para las pruebas de capilaridad se obtiene los datos de los diferentes tipos de mortero y su respectivo tiempo de curado, los resultados del porcentaje de absorción de agua por capilaridad durante la 1 hora de duro el proceso de la prueba, se presentan a continuación en la siguientes tablas y gráficas.

Tabla 37. Medición de la capilaridad, 7 días.

Mortero- Tratamiento.	Capilaridad porcentaje de absorción de agua.					
	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
M-NTE-1	274.55	259.45	248.96	242.53	238.03	233.75
M-NTE-2	242.65	230.40	221.85	216.12	207.45	208.33
M-NTE-3	356.96	215.24	209.48	204.89	202.77	200.10
M-NTE-S1	187.28	171.22	163.08	157.56	153.70	150.83
M-NTE-S2	189.07	163.10	154.97	147.86	143.21	139.27
M-NTE-S3	206.68	169.60	169.12	161.13	156.79	152.40
M-NTE-P1	63.79	54.13	50.53	47.714	46.67	45.83
M-NTE-P2	78.08	57.92	61.58	579.20	55.69	53.23
M-NTE-P3	44.65	39.15	36.24	34.57	33.21	32.08
M-NTE-Q1	192.13	188.00	182.96	177.33	173.33	169.69
M-NTE-Q2	205.40	194.13	184.88	175.42	168.77	163.75
M-NTE-Q3	213.82	191.25	1804.60	171.97	166.14	161.25
M-NTE-C1	112.52	110.78	109.01	106.65	106.35	101.25
M-NTE-C2	164.06	159.31	155.42	151.69	148.46	145.31
M-NTE-C3	153.09	135.38	134.20	138.67	138.76	139.90

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 38. Medición de la capilaridad, 14 días.

Mortero- Tratamiento.	Capilaridad porcentaje de absorción de agua.					
	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
M-NTE-1	59.20	58.28	55.83	53.84	52.15	51.25
M-NTE-2	81.39	71.63	65.26	60.98	58.54	56.56
M-NTE-3	87.26	76.68	70.42	66.72	63.90	63.65
M-NTE-S1	80.88	73.07	68.94	65.57	63.44	63.23
M-NTE-S2	87.26	90.93	91.04	90.07	88.89	90.94
M-NTE-S3	104.61	103.56	101.20	99.13	96.42	97.19
M-NTE-P1	19.65	19.85	19.89	20.03	19.97	21.04
M-NTE-P2	21.69	24.36	23.57	23.09	22.37	22.29
M-NTE-P3	25.26	28.51	28.73	28.96	28.41	28.23
M-NTE-Q1	41.85	43.30	43.75	43.12	41.88	40.63
M-NTE-Q2	40.06	45.11	46.11	45.29	45.42	44.06
M-NTE-Q3	44.14	45.83	46.26	45.93	45.19	43.13
M-NTE-C1	75.02	71.81	71.01	68.76	66.87	65.00
M-NTE-C2	56.90	56.11	55.24	54.35	53.97	52.92
M-NTE-C3	78.33	66.21	68.35	65.06	62.30	60.00

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 39. Medición de la capilaridad, 28 días.

Mortero- Tratamiento.	Capilaridad porcentaje de absorción de agua.					
	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
M-NTE-1	60.47	83.17	82.05	72.85	79.99	81.25
M-NTE-2	95.94	116.55	110.19	106.02	103.61	103.65
M-NTE-3	59.45	84.08	84.26	83.56	83.87	84.90
M-NTE-S1	36.74	98.87	99.88	100.15	101.21	103.54
M-NTE-S2	54.60	105.19	107.10	105.89	104.75	106.15
M-NTE-S3	81.65	107.71	104.30	103.21	102.93	104.90
M-NTE-P1	34.70	27.78	25.49	24.49	24.76	22.19

(Continuación: Tabla 39. Medición de la capilaridad, 28 días)

M-NTE-P2	38.53	42.58	40.66	39.80	38.80	39.48
M-NTE-P3	24.24	25.44	24.75	24.75	24.99	25.21
M-NTE-Q1	76.55	86.06	88.68	90.45	91.06	90.94
M-NTE-Q2	100.53	106.81	107.98	107.17	106.01	103.44
M-NTE-Q3	110.23	116.19	115.35	112.40	109.09	106.88
M-NTE-C1	179.88	159.49	145.84	137.53	131.45	126.35
M-NTE-C2	146.20	139.83	131.11	126.94	124.15	121.77
M-NTE-C3	193.41	176.81	165.43	158.45	153.93	149.58

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Para tener una mayor precisión de la prueba de capilaridad, se promedió los respectivos datos de los diferentes tipos de mortero y los diferentes tiempos de curado, los resultados se los expresa a continuación.

Tabla 40. Porcentaje de absorción del agua por capilaridad. Media aritmética-7 días.

Mortero – Tratamiento.	Capilaridad porcentaje de absorción de agua.					
	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
M-NTE	291.39	235.03	226.77	221.18	216.08	214.06
M-NTE-S	194.34	167.97	162.39	155.52	151.23	147.50
M-NTE-P	62.17	50.40	49.45	46.74	45.19	43.72
M-NTE-Q	203.78	191.13	182.77	174.91	169.41	164.90
M-NTE-C	143.23	135.26	132.88	132.34	131.19	128.82

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

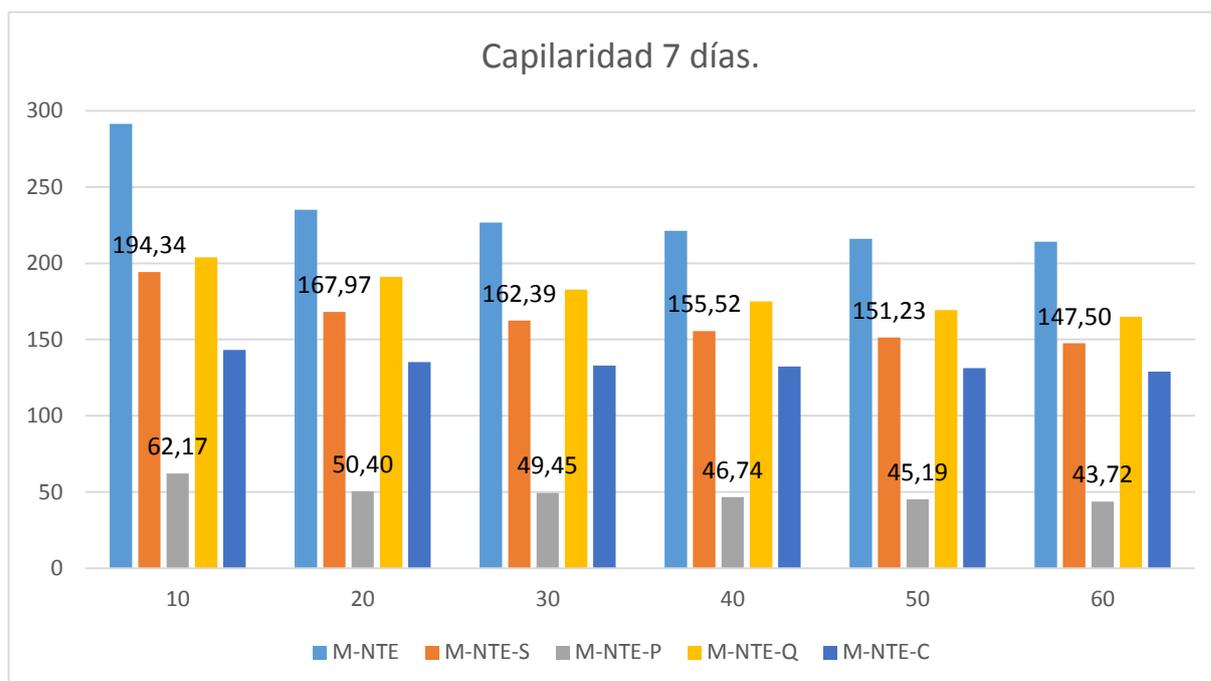


Figura 82. Porcentaje de absorción de agua. Media aritmética – 7 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 41. Porcentaje de absorción del agua por capilaridad. Media aritmética -14 días.

Mortero- Tratamiento	Capilaridad porcentaje de absorción de agua.					
	10 min.	20 min.	30 min.	40 min.	50 min.	60 min.
M-NTE	75.95	68.86	63.84	60.51	58.20	57.15
M-NTE-S	90.92	89.19	87.06	84.92	82.92	83.78
M-NTE-P	22.20	24.24	24.06	24.03	23.58	23.85
M-NTE-Q	42.02	44.74	45.37	44.78	44.16	42.60
M-NTE-C	70.08	64.71	64.87	62.73	61.05	59.31

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

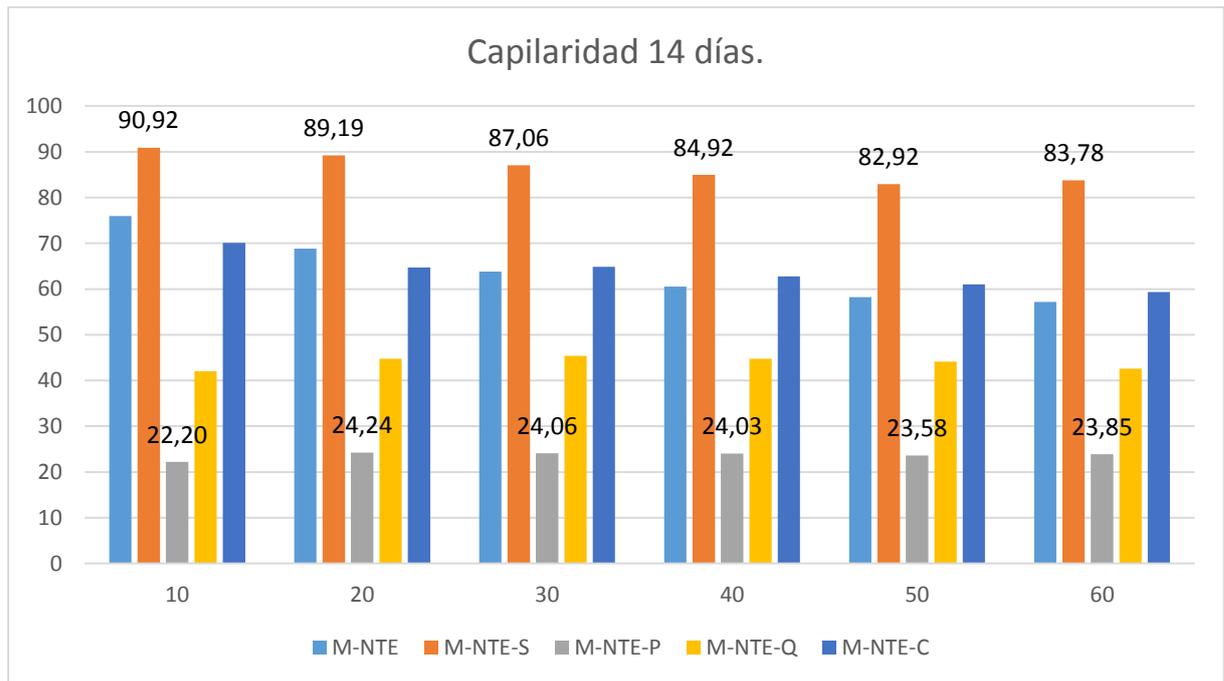


Figura 83. Porcentaje de absorción de agua. Media aritmética – 14 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 42. Porcentaje de absorción del agua por capilaridad. Media aritmética - 28 días.

Mortero- Tratamiento	Capilaridad porcentaje de absorción de agua.					
	10	20	30	40	50	60
M-NTE	71.95	94.60	92.17	87.48	89.16	89.93
M-NTE-S	57.67	103.92	103.76	103.08	102.96	104.86
M-NTE-P	32.49	31.93	30.30	29.68	29.52	28.96
M-NTE-Q	95.77	103.02	104.00	103.34	102.05	100.42
M-NTE-C	173.17	158.71	147.46	140.97	136.51	132.57

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

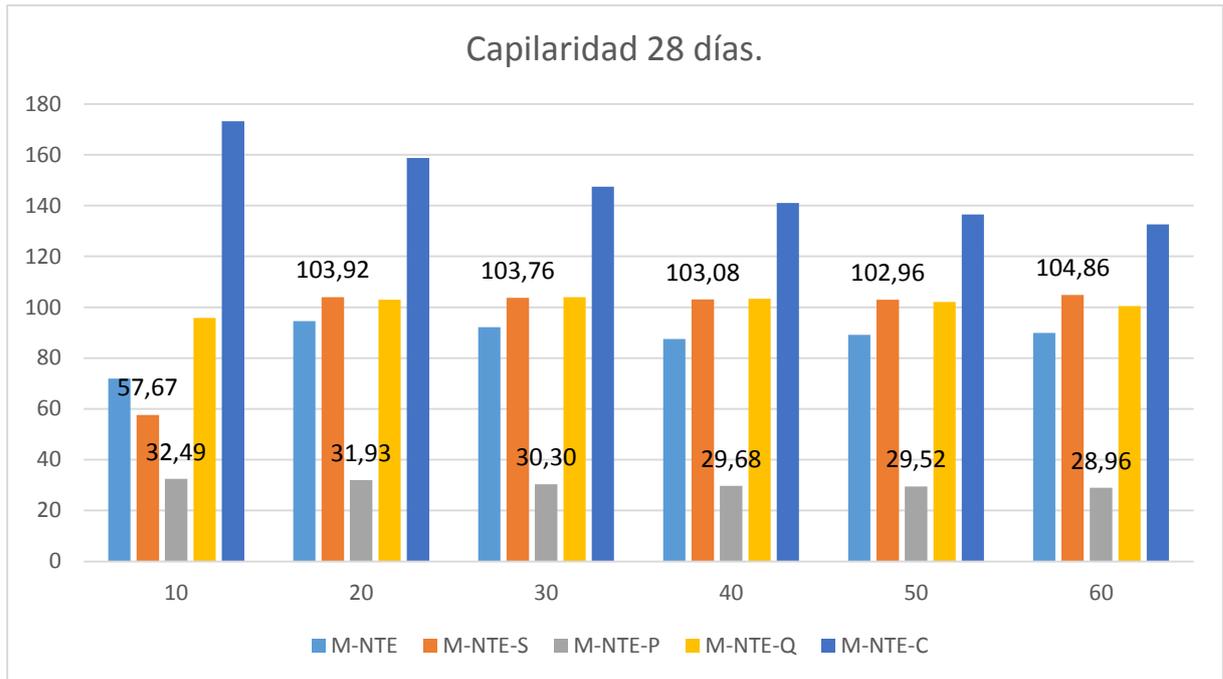


Figura 84. Porcentaje de absorción de agua. Media aritmética – 28 días.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

A manera de resumen, se puede observar que los morteros simples (M-NTE-S) presentan un mayor peso por unidad de superficie, efecto provocado por el agua absorbida por capilaridad, y se puede evidenciar que el tratamiento de parafina (M-NTE-P) disminuye la absorción de agua debido a que tapa los poros capilares presente en las mezcla, de modo que impide que el agua pueda transportarse libremente a través de la estructura lo cual es evidente en la disminución del peso del agua absorbida durante el tiempo de esos de capilaridad, esto se lo puede observar en los 7, 14 y 28 días de curado de los especímenes.

CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4. Análisis de los resultados.

4.1. Flexión - Absorción de agua.

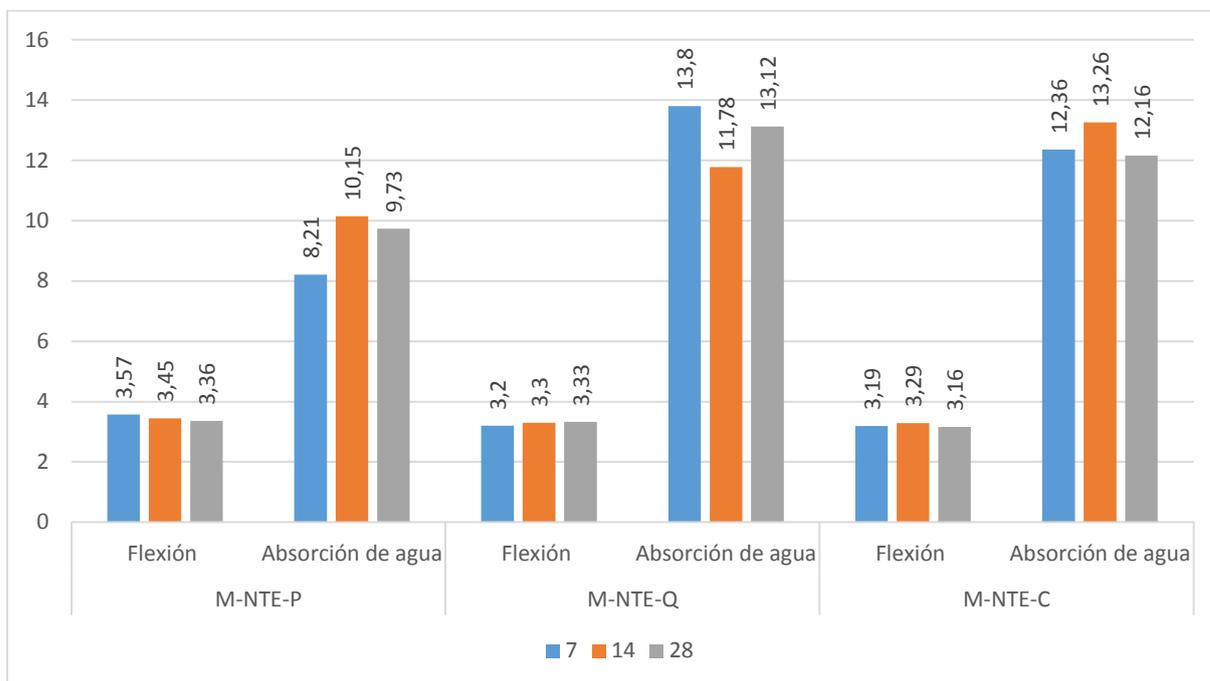


Figura 85. Comparación de la resistencia a la Flexión.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La resistencia a la flexión del mortero está relacionada con la absorción del agua, debido a que una de las principales razones es el deterioro de las fibras en materiales compuestos y principalmente la disolución de la lignina y hemicelulosa debido que absorben agua alcalina por medio de los poros de la fibra y esto significa una pérdida en la resistencia. Por lo tanto, del análisis de los distintos tratamientos que se le empleó a la fibra se puede observar que M-NTE-P, tiene menor índice de absorción de agua y esto se ve reflejado en el aumento de la resistencia, debido a que el recubrimiento con parafina rellena los poros y cavidades de la fibra recubriendo uniformemente su superficie y esto impide el paso del agua y por lo tanto aumenta su resistencia. Este fenómeno similar se observa en investigaciones recientes (Onuaguluchi & Banthia, 2016).

4.2. Compresión - Absorción de agua.

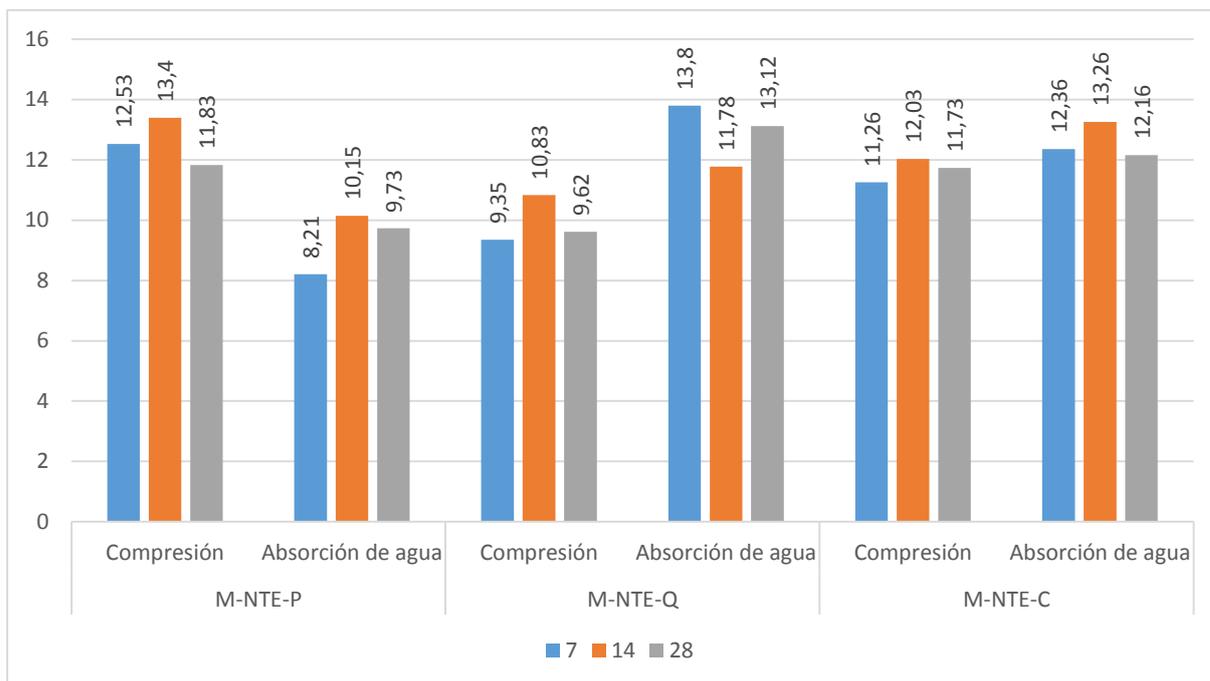


Figura 86. Comparación de la resistencia a la compresión.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

La resistencia a la compresión del mortero está relacionada con la absorción del agua, por lo tanto, los valores de resistencia a la compresión más altos se alcanzaron en el mortero M-NTE-P, debido que el tratamiento de parafina impide que los poros abiertos que quedan en la matriz con capacidad de absorber una gran cantidad de agua sean cubiertos por la sustancia, por otro lado, la parafina tiene propiedad hidrofóbica, este fenómeno similar se observa en investigaciones recientes (Xu & Li, 2013).

4.3. Humedad – Flexión – Compresión.

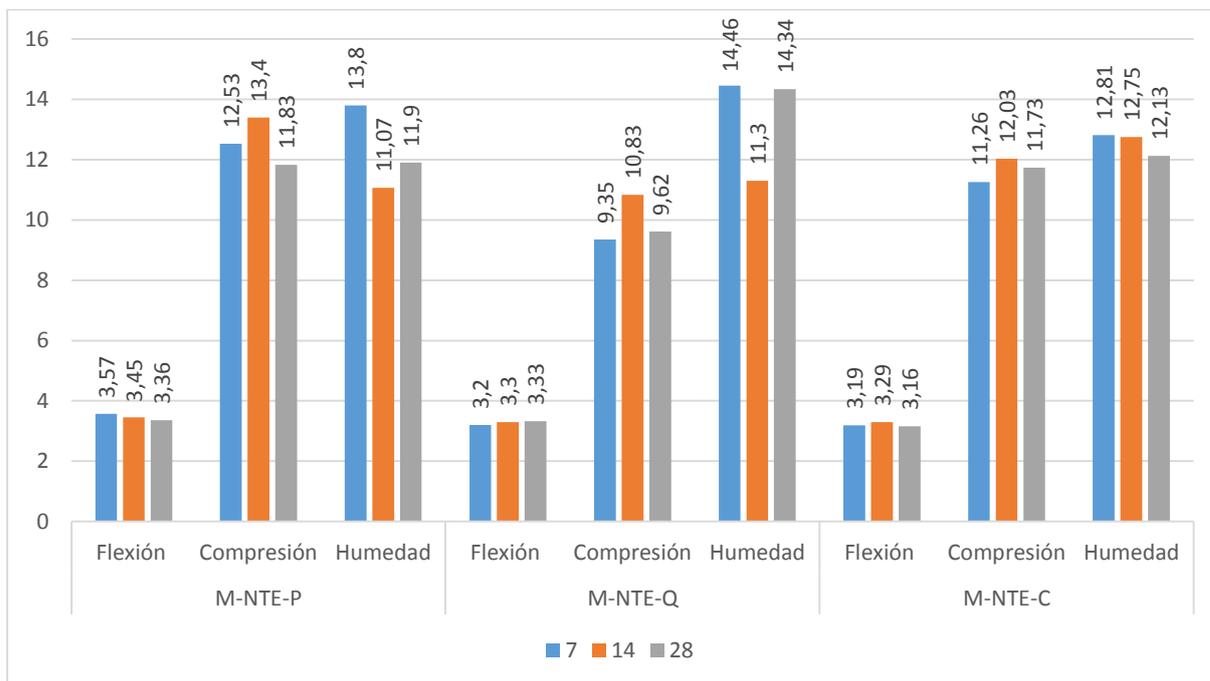


Figura 87. Comparación entre flexión-compresión-humedad.

Fuente: Ordóñez, P. 2017.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017

En la figura 96 se presenta la variación porcentual de la resistencia a la compresión y flexión y humedad, obtenida en distintos promedios a 7, 14 y 28 días, y relación a los diferentes tipos de tratamiento experimentados. En la columna de la humedad se puede observar que M-NTE-P tiene un contenido de humedad menor en comparación a los otros 2 tratamientos, por lo tanto, esto se ve reflejado en la mayor resistencia a la compresión y flexión.

Esta pérdida de la resistencia de los especímenes M-NTE-Q Y M-NTE-C se puede atribuir a la absorción de la solución alcalina por medio de los poros de la fibra, por lo tanto, la parafina dentro de los especímenes (M-NTE-P), forma una película uniforme y elástica cubriendo la porosidad propia de la fibra y actuando como barrera física contra el ingreso de agua alcalina. Este fenómeno similar se observa en investigaciones recientes (Sullcahuamán, Fuentes, et al., 2007)

4.4. Capilaridad – Flexión – Compresión.

Referente a la conclusión de la absorción del agua mediante la capilaridad, su importancia radica en los poros que posee el material de reforzamiento y sus respectivos tratamientos.

Los morteros presentan un mayor peso por unidad de superficie, efecto que se da por el agua absorbida por capilaridad. Se puede observar que a medida que la fibra tiene distinto

tratamiento existe una variación del peso en los especímenes como se observar en las figuras 90, 91 y 92.

Del análisis de la figura 90, 91 y 92 se puede observar que los especímenes que tiene menor índice de absorción de agua por capilaridad son los morteros M-NTE-P, por lo tanto, esto también se ve reflejado en su resistencia a la flexión presentado en la figura 61 y a la compresión en la figura 76 , por lo tanto, el tratamiento de parafina disminuye la capacidad absorción del agua con facilidad de la fibra, cubre los poros capilares presentes en la mezcla y permite una mejor adherencia entre el cemento y el refuerzo, lo cual también se puede observar en el incremento reducido peso durante el ensayo de capilaridad, este fenómeno similar se observa en investigaciones recientes (Al-Mohamadawi, Benhabib, Dheilly, & Goullieux, 2016).

- ✓ De acuerdo al análisis de la discusión de los resultados, de los diferentes tratamientos que se aplican a la fibra de totora en la investigación se establece que el mejor impermeabilizante es el de parafina (M-NTE-P) debido a su alta resistencia en las pruebas de compresión, flexión y su bajo índice de absorción de agua.

4.5. Análisis referencial.

Se considera al compuesto como un mortero, se define como la mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos, prácticamente un hormigón sin el agregado grueso.

Existen tipos de mortero que no tienen una función estructural y se destinan a recubrimiento se lo emplea en los muros o paredes que tienen una superficie homogénea.

Mortero de pega: debe tener cualidades determinadas, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, requiere de una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.

Morteros de relleno: se emplea para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que mortero de pega deber tener una resistencia adecuada.

Morteros de recubrimiento: es un mortero de embellecimiento, o de proporcionar una superficie uniforme para aplicar una cara de pintura, no requiere una resistencia adecuada.

Después del análisis de los distintos tipos morteros mencionados se establecerá una comparación entre la norma NTE INEN 2 518:2010, mortero de pega para unidades de

mampostería y los datos del mortero de mayor resistencia, que es M-NTE-P el de fibra de tatora y tratamiento de parafina, para determinar si puede ser aplicado dentro del campo de la construcción, se establece parámetros para dicha comparación y se los expresa en las siguientes tablas.

Tabla 43. Característica del mortero con mayor resistencia.

Mortero con fibra y tratamiento de parafina. (M-NTE-P)	
Características	
Resistencia a la compresión	11.83 MPa
Resistencia a la flexión	3.36 MPa
Absorción de agua	0.10 %

Fuente: NTE INEN 2 518:2010

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 44. Tipos de morteros y características.

Mortero	Tipo	Resistencia promedio a la compresión a 28 días, min (MPa).	Retención de agua, % min.
Cemento para mortero.	M	17.2	75
	S	12.4	75
	N	5.2	75
	O	2.4	75

M: Alta resistencia

S: Media resistencia

N: Uso para mortero de pega paredes exteriores

O: Uso para mortero de pega pared interiores no portantes.

Fuente: NTE INEN 2 518:2010.

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

Tabla 45. Mortero para mampostería.

Ubicación	Segmento de construcción	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, por encima del nivel de terreno.	Muro portante.	N	S o M
	Muro no portante.	O ^B	N o S
	Antepecho.	N	S
Exterior, en o por debajo del nivel de terreno.	Muro de cimentación, pozos de inspección, desagües, pavimentos, caminos y patios.	S ^C	M o N ^C
	Muro portante.	N	S o M
Interior.	Tabiquería no portante.	O	N
	Reparación o acabado.	O	N

Fuente: NTE INEN 2 518:2010

Elaboración: Ordóñez, P. 2017.

- ✓ De acuerdo a la normativa NTE INEN 2 518:2010, los morteros elaborados cumplen con los requisitos para ser un mortero de pega de paredes exteriores.
- ✓ Se lo considera un mortero de tipo N.
- ✓ Su uso es en espacios exteriores, por encima del nivel de terreno, muro portante, antepecho, muro portante en espacios interiores.

CONCLUSIONES.

La presente investigación tuvo como propósito analizar el comportamiento de la fibra natural de totora con distintos tratamientos dentro de una matriz de cemento, para esto fue necesario realizar las pruebas de compresión, flexión y pruebas de impermeabilidad y la respectiva comparación entre ellos para determinar cuál tratamiento es el adecuado. A continuación, se presentan las siguientes conclusiones:

- ✓ Dentro del análisis de los resultados de las pruebas de compresión y flexión, el mortero con fibra de totora (M-NTE-S) tiene menor resistencia que el mortero simple (M-NTE), esto quiere decir que es necesario la implementación de un tratamiento para mejorar las condiciones de la fibra dentro del mortero.
- ✓ La resistencia a la flexión y compresión más alta se la obtuvo con las probetas del compuesto con tratamiento de parafina (M-NTE-P) esto quiere decir que este tratamiento ayuda a proteger la fibra del medio alcalino del mortero, debido a que la parafina interactúa mejor con la fibra, por su estructura molecular son semejantes ya que se componen de largas cadenas, en el caso de la parafina tiene cadenas de hidrocarburos y las fibras tienen cadenas moleculares.
- ✓ En las pruebas de absorción de agua el tratamiento de parafina estabilizó al compuesto para que durante el tiempo de 14 y 28 días tenga un valor de (0.10%) y no supere el valor inicial de 7 días (0.08%).
- ✓ En la prueba de capilaridad, en el mortero simple (M-NTE) existe un excesivo aumento del peso durante el tiempo total de inmersión de la probeta. En cambio, el mortero (M-NTE-P) por el tratamiento dado con parafina a la fibra se impide que aumente en mayor medida el peso del mortero durante todo el tiempo de la prueba, esto se lo puede apreciar en los diferentes tiempos de curado del mortero.
- ✓ El porcentaje y la longitud de la fibra dentro de los compuestos tienen un papel importante, por ese motivo se estableció trabajar con un porcentaje de 0.5 % y una longitud de fibra de 30mm y un diámetro de 2mm, esto ayuda a la trabajabilidad dentro del compuesto, con referente a lo anterior si existe alto índice esto produce que no se adhiera a la matriz y además la formación de grumos dentro del compuesto afectando directamente a la resistencia del mortero.
- ✓ El M-NTE-P se lo puede utilizar para mortero de pega paredes, en espacios interiores en muros portantes, en espacios exteriores, por encima del nivel de terreno, en muros portantes y antepechos.

RECOMENDACIONES.

Las respectivas recomendaciones acerca de la presente investigación se dan debido a la importancia que tiene el desarrollo de los nuevos materiales.

- ✓ Para la utilización del refuerzo de totora dentro del compuesto tener en consideración: la uniformidad de los filamentos en cuestión de diámetro y longitud al momento de sacarlos de la fibra o utilizar una máquina para tener unas condiciones adecuadas.
- ✓ Para tener mayor precisión de las pruebas mecánicas del mortero, aumentar el número de especímenes.
- ✓ Tener en consideración que, al momento de impregnación de la solución de la parafina con las fibras de totora, no se formen grumos, para tener mayor resistencia del mortero.
- ✓ Utilizar otro tipo de disposición de la fibra para tener mayor índice de resistencia del mortero y por ende pueda ser utilizado en otro tipo de elementos dentro del campo de la arquitectura.

BIBLIOGRAFÍA

- Abordados, T., Totorá, L., Residuales, A., Medidas, D., Clim, C., & Generalidades, A. (s. f.). Escenarios ambientales, 1-40.
- Al-Mohamadawi, A., Benhabib, K., Dheilly, R. M., & Goullieux, A. (2016). Influence of lignocellulosic aggregate coating with paraffin wax on flax shive and cement-shive composite properties. *Construction and Building Materials*, 102, 94-104.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.190>
- Alvarado, C. A. J., López, P. R., & Materiales, I. De. (2004). lechuguilla como refuerzo en concreto, *VII(22)*, 7-19.
- Anggraini, V., Asadi, A., Syamsir, A., & Huat, B. B. K. (2017). Three point bending flexural strength of cement treated tropical marine soil reinforced by lime treated natural fiber. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 111(May), 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.07.045>
- Anne, S., Rondón, X. J., Diaz-huamanchumo, W., Californicus, S. C., Eru, C. Y. I. N. P., Anack, S. A. A. N. N. E. B., ... Uamanchumo, W. I. D. I. A. Z. (2004). COVER ARTICLE : Indigenous Cultivation and Conservation of Totorá (Schoenoplectus Californicus , Cyperaceae) in Peru, *58(1)*, 11-20.
- Aziz, M. A., Paramasivam, P., & Lee, S. L. (1981). Prospects for natural fibre reinforced concretes in construction, *3*, 123-132.
- Dávila, J. Luis, Galeas, S., Guerrero, H., Pontón, P., Rosas, N., Sotomayor, V., & Valdieso, C. (2011). *Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales*.
- Delgadillo, O., Camacho, A., & Serie, M. A. (s. f.). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*.
- Jimenez Montoya, P. (2000). *HORMIGÓN ARMADO*. (Gustavo Gili, Ed.) (14ª ed.). Recuperado a partir de <https://bibliotecautpl.utpl.edu.ec/abnetopac/abnetcl.exe?ACC=DOSEARCH&xsqf99=33834.TITN>.
- Juárez Alvarado, C. A., Rodríguez López, P., Rivera Villarreal, R., & de Von Roth, M. de los Á. (2003). Uso de las fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en el concreto. *Ciencia UANL*, 6(4).

- Liliana, S., García, Q., Octavio, L., & Salcedo, G. (2006). Las Propiedades Mecánicas Del Concreto, 3461.
- Lopez, J. C. (2003). *Aridos : manual de prospección, explotación y aplicaciones*. (Loemco, Ed.) (1ª ed.). Recuperado a partir de <https://bibliotecautpl.utpl.edu.ec/abnetopac/abnetcl.exe?ACC=DOSEARCH&xsql99=4349.TITN>.
- Macía, M. J. (2006). Las plantas de fibra. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 370-384.
- Macia, M. J., & Balslev, H. (2000). (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS , CYPERACEAE) IN ECUADOR 1.
- Martínez de las Marías, P. (1976). *Química y física de las fibras textiles*. (Alhambra, Ed.) (1ª ed.). Recuperado a partir de <https://bibliotecautpl.utpl.edu.ec/abnetopac/abnetcl.exe?ACC=DOSEARCH&xsql99=58599.TITN>.
- Materials, S. C., & Campbell, F. C. (2010). Introduction to Composite Materials.
- Moreno, L. E., Trujillo, E. E., Osorio, L., Moreno Montoya, L. E., Trujillo de los Ríos, E. E., & Osorio Serna, L. R. (2007). Estudio de las características físicas de haces de fibra de Guadua angustifolia. *Scientia et Technica*, XIII(34), 613-617. <https://doi.org/10.22517/23447214.5719>
- Onuaguluchi, O., & Banthia, N. (2016). Plant-based natural fibre reinforced cement composites: A review. *Cement and Concrete Composites*, 68, 96-108. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.02.014>
- Orús Asso, F. (1973). *Materiales de Construcción*. (Dossat, Ed.) (7ª ed.). Recuperado a partir de <https://bibliotecautpl.utpl.edu.ec/abnetopac/abnetcl.exe?ACC=DOSEARCH&xsql99=48300.TITN>.
- Osorno, L., & Osorno, H. (2010). DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE CAL.
- Ossa, A., Cano, F., Arango, J., & Montoya, C. (2007). Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de fibras de vidrio y queratina. *Scientia et Technica*, 4(36), 407-412.
- PELT. (2001). Programa de capacitación sobre el manejo de la totora. *Proyecto 21.3*, 51.

- Pino, M. C., & Torrico, F. A. (s. f.). HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRA BENEFICIOS Y CONTRATIEMPOS.
- Santiago, M. O. (2003). LOS COMPOSITES : CARACTERÍSTICAS y (COMPOSITES : CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS IN BUILDING, (Tabla 1).
- Saraz, J. A. O., Aristizabal, F. V., & Mejía, J. A. H. (2007). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. *Dyna*, 74(153), 69-79.
- Sullcahuamán, J. A., A, F. R. C., M, M. R., V, P. R. A., N, C. M. O., & S, Z. C. J. (2007). MATERIALES COMPUESTOS DE CEMENTO, PAPEL RECICLADO, QUITOSANO Y REFUERZO REFUERZO DE FIBRAS DE SISAL QUÍMICAMENTE MODIFICADAS.
- Sullcahuamán, J. A., Fuentes, C. A., Mateo, M., Pastor, A. V, Castro, O. N., & Zabaleta, J. S. (2007). Materiales compuestos de cemento, papel reciclado, quitosano y refuerzo de fibras de sisal químicamente modificadas. En *Proceedings del 8º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, Cusco* (Vol. 23).
- Totora, T. H. E. (1979). THE TOTORA (SCIRPUS CALIFORNICUS) IN, 222-236.
- Xu, B., & Li, Z. (2013). Paraffin/diatomite composite phase change material incorporated cement-based composite for thermal energy storage. *Applied Energy*, 105, 229-237. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.01.005>
- Yuan, X., Jayaraman, K., & Bhattacharyya, D. (2004). Mechanical properties of plasma-treated sisal fibre-reinforced polypropylene composites. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 18(9), 1027-1045. <https://doi.org/10.1163/1568561041257478>

Normas ecuatorianas.

- NTE INEN 152 (2012): Cemento portland. Requisitos.
- NTE INEN 872 (2011): Sobre requisitos de los áridos para hormigón.
- NTE INEN 0696 (2011): Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- NTE INEN 0490 (2011): Cementos hidráulicos compuestos. Requisitos.
- NTE INEN 151 (2010): Cemento hidráulico. Definición de términos.
- NTE INEN 873 (2015): Arena normalizada. Requisitos.
- NTE INEN 198 (1987): Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros.

NTE INEN 0488 (2009): Cementos hidráulico. Determinación de la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista.

NTE INEN 2518 (2010): Morteros para unidades de mampostería. Requisitos.

Normas Españolas

UNE-EN 772-11 (2001): Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería Parte 11. Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería, en hormigones, piedras naturales y artificial, y de la tasa de absorción de agua inicial de las piezas de arcilla de arcilla cocida para fábrica de albañilería.

UNE-EN 771-3 (2004): Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería Parte 3: Bloques de hormigón (áridos densos y ligeros)

Normas Técnicas Estadounidense.

ASTM C 348 – 02 (2022). Standard test method for flexural strength of hydraulic – cement mortars.