



DISEÑO
ARQUITECTURA
Y ARTE
FACULTAD

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN ELABORADOS CON NEUMÁTICOS RECICLADOS Y OTRAS ADICIONES

Escuela de Arquitectura
Proyecto Final de Carrera previo a la obtención del título de Arquitecto

Autor: Carlos Emmanuel Alvear Peralta

Director: Juan Carlos Calderón Peñafiel

Cuenca - Ecuador | 2023



DISEÑO
ARQUITECTURA
Y ARTE
FACULTAD

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA
DE HORMIGÓN ELABORADOS CON NEUMÁTICOS
RECICLADOS Y OTRAS ADICIONES**

Escuela de Arquitectura

Proyecto Final de Carrea previo a la obtención de título de Arquitecto

Autor: Carlos Emmanuel Alvear Peralta

Director: Juan Carlos Calderón Peñafiel

Cuenca-Ecuador

2023

Dedicatoria

A mis padres, Luis y María, por el apoyo constante y su inquebrantable aliento a lo largo de mi trayectoria académica. Han sido mi mayor fuente de inspiración y mi apoyo incondicional en los momentos de desafío. Este logro no sería posible sin ustedes.

A mi hermano Jorge, por creer en mí y ser un amigo incondicional. Su apoyo y motivación han sido fundamentales para superar desafíos.

A Mary, por todo el cariño y apoyo que me has brindado. Tu constante aliento ha sido un impulso invaluable para alcanzar mis objetivos.

Agradecimientos

A mi director, Juan Carlos Calderón, y las profesoras María I. Carrasco y Fernanda Aguirre, por su orientación y guía durante todo el desarrollo de este proyecto. Su experiencia y conocimiento fueron fundamentales para llevar a cabo esta investigación.

A mi papá, Luis Alvear por su sabiduría, dedicación y sacrificio, ha sido mi inspiración en cada paso de mi camino. Gracias por creer en mí, por brindarme oportunidades y por ser mi roca en los momentos de adversidad.

A mi mamá María Peralta, por su infinito amor y las palabras de aliento que me han dado la determinación para superar obstáculos y alcanzar mis metas.

Índice

Resumen	16	2.6 Mampostería de bloque de hormigón	35
Abstract.....	17	2.7 Clasificación de bloques de hormigón.....	35
01		03	
INTRODUCCIÓN	19	ESTADO DEL ARTE	39
1.1 Problemática.....	20	3.1 Uso de fibras de caucho reciclado en el bloque de hormigón.....	40
1.2 Objetivos	23	3.2 Uso de metacaolín en el hormigón.....	47
02		3.3 Uso de fibras de aserrín en el bloque de hormigón.....	50
MARCO TEÓRICO	25	3.4 Bloques de concreto celular	53
2.1 Bloque de hormigón.....	26	04	
2.2 Contexto histórico.	27	METODOLOGÍA	57
2.3 Tipologías de bloques.....	30	4.1 Tipo y diseño de Investigación	58
2.4 Materiales	32	4.2 Población y muestra.....	59
2.5 Proceso de fabricación de los bloques.	34	4.2.1 Población.....	59

Índice

4.2.2 La muestra.	60	5.4 Proceso de elaboración de bloques con adición de caucho y concreto celular.....	84
4.3 Recolección de información.	60		
4.4 Variables.	60	06	
05		ENSAYOS DE LABORATORIO	89
FABRICACIÓN DE LAS MUESTRAS	63	6.1 Ensayo de resistencia a la compresión simple.....	90
5.1 Materiales	64	6.1.1 Equipos	90
5.2 Equipos	68	6.1.2 Procedimiento	92
5.3 Proceso para la elaboración de los prototipos.	71	6.2 Ensayo de absorción y densidad.	94
5.3.1 Dosificación de bloque sin adición de materiales reciclados.	74	6.2.1 Equipos	95
5.3.2 Dosificación de bloques con adición de caucho.	75	6.2.2 Procedimiento.....	96
5.3.3 Dosificación de bloques con adición de caucho y metacaolín.	78	6.3 Cálculo para determinar la resistencia a la compresión simple.....	99
5.3.4 Dosificación de bloques con adición de caucho, metacaolín y aserrín	81	6.4 Cálculo para determinar la absorción	99
		6.5 Cálculo para determinar la densidad.	99

07

RESULTADOS 101

7.1 Resistencia a la compresión simple de bloques con adición de caucho..... 102

7.2 Densidad de bloques con adición de caucho..... 103

7.3 Absorción de bloques con adición de caucho..... 104

7.4 Resistencia a la compresión simple de bloques con caucho + metacaolín..... 105

7.5 Densidad de bloques con caucho + metacaolín..... 106

7.6 Absorción de bloques con caucho + metacaolín..... 107

7.7 Resistencia a la compresión simple de bloques con caucho + metacaolín + aserrín. (C%+M%+A%) 108

7.8 Densidad de bloques con caucho + metacaolín + aserrín. (C%+M%+A%) 109

7.9 Absorción de bloques con caucho + metacaolín + aserrín. (C%+M%+A%) 110

7.10 Resumen de resultados..... 111

08

APLICACIÓN EN PROTOTIPOS 115

8.1 Formato aplicado a mampostería..... 116

8.2 Formato aplicado a losas..... 117

8.3 Aplicaciones..... 118

09

CONCLUSIONES 121

10

BIBLIOGRAFÍA 125

11

ANEXOS 129

Anexo - Informe de laboratorio: Ensayo de resistencia a la compresión simple 130

Anexo - Nomenclatura usada en los ensayos de resistencia a la compresión simple..... 139

Anexo - Gráficas: Ensayo de resistencia a la compresión simple 140

Anexo - Nomenclatura usada en los ensayos de absorción y densidad..... 177

Anexo - Datos del ensayo de absorción y densidad..... 178

Anexo - Cálculos de las propiedades mecánicas y físicas de bloques sin adiciones 179

Anexo - Cálculos de las propiedades mecánicas y físicas de bloques con adición de caucho..... 180

Anexo - Cálculos de las propiedades mecánicas y físicas de bloques con adición de caucho + metacaolín 182

Anexo - Cálculos de las propiedades mecánicas y físicas de bloques con adición de caucho + metacaolín + aserrín..... 184

Índice de imágenes

Fig.1. Desechos producidos por la construcción. Fuente: Elaboración propia.....	18	Fig.13. Mampostería de bloque esmaltado. Fuente: Andece.....	29
Fig.2. Depósito de neumáticos usados. Fuente: Elaboración propia.	19	Fig.14. Tamizado de arena. Fuente: gettyimages.es.	30
Fig.3. Almacenamiento de neumáticos en desuso. Fuente: Interempresas.net	20	Fig.15. Árido grueso. Fuente: gettyimages.es.....	30
Fig.4. Bloques de hormigón. Fuente: Elaboración propia.....	24	Fig.16. Cemento. Fuente: permutrade.com	31
Fig.5. Partes del bloque de hormigón. Fuente: NTE INEN 3066.....	24	Fig.17. Proceso de fabricación de los bloques. Fuente: Elaboración propia.....	32
Fig.6. Partes del bloque de hormigón. Fuente: NTE INEN 3066.....	25	Fig.18. Construcción de mampostería de bloque de hormigón. Fuente: stock.adobe.com	33
Fig.7. Varios albañiles trabajan en la construcción del muro de Berlín. Fuente: Diario El País.	26	Fig.19. Bloques de hormigón y pómez. Fuente: Elaboración propia.....	35
Fig.8. Proyecto casa Catalinas por el Arq. Agustín Lozada. Fuente: ambientesdigital.com	27	Fig.20. Diagrama de densidades. Fuente: Readaptado de Fioriti et al.	39
Fig.9. Bloques huecos de hormigón. Fuente: Elaboración propia.....	28	Fig.21. Diagrama de resistencia a la compresión. Fuente: Readaptado de Fioriti et al.	39
Fig.10. Construcción de muro de carga con bloques de encofrado. Fuente: bloquesperello.es.....	28	Fig.22. Diagrama de resistencia a la compresión. Fuente: Readaptado de Goñas y Saavedra.	40
Fig.11. Bloque de hormigón sólido. Fuente: archiexpo.es	28	Fig.23. Diagrama de densidades. Fuente: Readaptado de Goñas y Saavedra.	40
Fig.12. Mampostería de bloque pulido. Fuente: Andece.	29		

Índice de imágenes

Fig.24. Diagrama de resistencia a la compresión. Fuente: Readaptado de Calderón y Vásquez	41	Fuente: Elaboración propia.....	62
Fig.25. Diagrama de densidades. Fuente: Readaptado de Calderón y Vásquez	41	Fig.34. Piedra pómez: Fuente. Elaboración propia.	63
Fig.26. Diagrama de resistencia a la compresión fibra tipo 1. Fuente: Readaptado de Almeida.....	42	Fig.35. Ceniza volcánica. Fuente: Elaboración propia.....	63
Fig.27. Diagrama de resistencia a la compresión fibra tipo 2. Fuente: Readaptado de Almeida.....	42	Fig.36. Cemento Atenas. Fuente: ATENAS.COM.....	63
Fig.28. Diagrama de resistencia a la compresión. Fuente: Readaptado de Guerrero.	43	Fig.37. Fibras de caucho. Fuente: Elaboración propia.	64
Fig.29. Diagrama de disminución de resistencia a la compresión. Fuente: Readaptado de Guerrero.	43	Fig.38. Piedra de caolín. Fuente: Elaboración propia.....	64
Fig.30. Proceso de la investigación. Fuente: Elaboración propia.	56	Fig.39. Caolín en calcinación. Fuente: Elaboración propia.....	64
Fig.31. Bloques con diferentes adiciones recicladas. Fuente: Elaboración propia.....	57	Fig.40. Metaaolín. Fuente: Elaboración propia.....	65
Fig.32. Variables. Fuente: Elaboración propia.	59	Fig.41. Fibras de aserrín. Fuente: Elaboración propia.....	65
Fig.33. Materiales para la fabricación de un bloque.		Fig.42. Espuma a base de glicerina. Fuente: Elaboración propia.....	65
		Fig.43. Equipo para fabricar los bloques. Fuente: Elaboración propia.....	66
		Fig.44. Mezcladora de concreto de bandeja plana. Fuente: camelway.com.....	66
		Fig.45. Máquina bloquera o vibracompactor. Fuente: Elaboración propia.....	66
		Fig.46. generador de espuma Fuente: tecnoedilsistem.com	67

Índice de imágenes

Fig.47. generador de espuma Fuente: Elaboración propia.....	67	Fuente: Elaboración propia.....	72
Fig.48. Generador de espuma. Fuente: Elaboración propia	68	Fig.59. Dosificación de bloque con 10% de caucho.	
Fig.49. Molde de madera. Fuente: Elaboración propia	68	Fuente: Elaboración propia.....	73
Fig.50. Molde de madera. Fuente: Elaboración propia	68	Fig.60. Dosificación de bloque con 15% de caucho.	
Fig.51. Materias primas para la fabricación de bloques.		Fuente: Elaboración propia.....	74
Fuente: Elaboración propia	69	Fig.61. Dosificación de bloque con 20% de caucho.	
Fig.52. Mezclado de Materias primas. Fuente: Elaboración propia.....	69	Fuente: Elaboración propia.....	75
Fig.53. Vibrado y compactación de la mezcla.		Fig.62. Dosificación de bloque con 10% de caucho	
Fuente: Elaboración propia.....	69	+ 10% metacaolín. Fuente: Elaboración propia.....	76
Fig.54. Bloques recién sacados del molde.		Fig.63. Dosificación de bloque con 15% de caucho	
Fuente: Elaboración propia.....	70	+ 10% metacaolín. Fuente: Elaboración propia.....	77
Fig.55. Almacenamiento de los prototipos.		Fig.64. Dosificación de bloque con 20% de caucho	
Fuente: Elaboración propia.....	70	+ 10% metacaolín. Fuente: Elaboración propia.....	78
Fig.56. Curado de prototipos. Fuente: Elaboración propia.....	70	Fig.65. Dosificación de bloque con 10% de caucho	
Fig.57. Proceso para la elaboración de los prototipos.		+ 10% metacaolín + 10% aserrín. Fuente: Elaboración propia.	79
Fuente: Elaboración propia.....	71	Fig.66. Dosificación de bloque con 15% de caucho	
Fig.58. Dosificación de bloque sin adición de materiales reciclados.		+ 10% metacaolín + 15% aserrín. Fuente: Elaboración propia.	80

Índice de imágenes

Fig.67. Dosificación de bloque con 20% de caucho		Fig.77. Máquina de ensayo a la compresión.	
+ 10% metacaolín + 20% aserrín. Fuente: Elaboración propia.	81	Fuente: Elaboración propia.....	88
Fig.68. Mezclado de materias primas. Fuente: Elaboración propia.....	82	Fig.78. Balanza UWE SEK-30K. Fuente: Elaboración propia.....	89
Fig.69. Agregado de la espuma. Fuente: Elaboración propia.	82	Fig.79. Medición de prototipos. Fuente: Elaboración propia.....	89
Fig.70. Batido de la mezcla. Fuente: Elaboración propia.....	82	Fig.80. Pesado de placa a usarse. Fuente: Elaboración propia.....	89
Fig.71. Moldes empapados de aceite desencofrante.		Fig.81. Almacenamiento de los bloques en el laboratorio.	
Fuente: Elaboración propia.....	83	Fuente: Elaboración propia.....	90
Fig.72. Mezcla vertida en los moldes.		Fig.82. Obtención de la masa del prototipo.	
Fuente: Elaboración propia.....	83	Fuente: Elaboración propia.....	90
Fig.73. Desencofrado de los prototipos.		Fig.83. Colocación del prototipo para realizar el ensayo.	
Fuente: Elaboración propia.....	83	Fuente: Elaboración propia.....	91
Fig.74. Fabricación de bloque macizo.		Fig.84. Rotura dl prototipo. Fuente: Elaboración propia.....	91
Fuente: Elaboración propia.....	84	Fig.85. Prototipos en el exterior del laboratorio de la	
Fig.75. Desencofrado del bloque macizo.		Universidad del Azuay. Fuente: Elaboración propia.	92
Fuente: Elaboración propia.....	84	Fig.86. Balanza usada para el ensayo de densidad y absorción.	
Fig.76. Proceso de elaboración de bloques con adición		Fuente: Elaboración propia.....	93
de caucho y concreto celular. Fuente: Elaboración propia.	85	Fig.87. horno eléctrico HUMBOLDT H-30128.4F.	

Índice de imágenes

Fuente: Elaboración propia.....	93	Fig.98. Diagrama de la absorción. Fuente: Elaboración propia.....	102
Fig.88. Canastilla. Fuente: Elaboración propia.	94	Fig.99. Diagrama de la resistencia a la compresión simple. Fuente: Elaboración propia.....	103
Fig.89. Bloques cortados a medida. Fuente: Elaboración propia.	94	Fig.100. Diagrama de la densidad. Fuente: Elaboración propia.	104
Fig.90. Prototipos sumergidos en agua. Fuente: Elaboración propia.	94	Fig.101. Diagrama de la absorción. Fuente: Elaboración propia.....	105
Fig.91. Secado del protipo con un paño. Fuente: Elaboración propia.....	95	Fig.102. Diagrama de la resistencia a la compresión simple. Fuente: Elaboración propia.....	106
Fig.92. Obtención del peso saturado del prototipo. Fuente: Elaboración propia.....	95	Fig.103. Diagrama de la densidad. Fuente: Elaboración propia.	107
Fig.93. Obtención del peso sumergido del prototipo. Fuente: Elaboración propia.....	95	Fig.104. Diagrama de la absorción. Fuente: Elaboración propia.....	108
Fig.94. Secado de los protipos en el horno HUMBOLDT H-30128.4F; Elaboración propia.	96	Fig.105. Prototipos fabricados. Fuente: Elaboración propia.	109
Fig.95. Secado de los protipos en el horno HUMBOLDT H-30128.4F; Elaboración propia.	96	Fig.106. Bloque sin desprenderse luego de la carga aplicada. Fuente: Elaboración propia.....	110
Fig.96. Diagrama de la resistencia a la compresión simple. Fuente: Elaboración propia.....	100	Fig.107. Resumen de resultados. Fuente: Elaboración propia.	111
Fig.97. Diagrama de la densidad. Fuente: Elaboración propia.	101		

Resumen

En respuesta a la problemática medioambiental actual y al impacto negativo que generan los neumáticos usados, esta investigación tiene como objetivo diseñar y fabricar bloques de mampostería de hormigón mediante la incorporación de caucho de neumáticos reciclados y adiciones como metacaolín y aserrín. La metodología empleada combina enfoques teóricos y experimentales, abarcando una revisión de literatura y una campaña experimental que incluye la construcción de prototipos que son sometidos a ensayos de resistencia a compresión simple, densidad y absorción. Los resultados obtenidos permiten verificar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques, brindando información que respalda su viabilidad.

Palabras clave:

Bloque de hormigón, caucho, aserrín, hormigón celular, metacaolín.

Abstract

In response to the current environmental problems and the negative impact generated by used tires, this research aims to design and manufacture concrete masonry blocks by incorporating rubber from recycled tires and additions such as metakaolin and sawdust. The methodology employed combines theoretical and experimental approaches, comprising a literature review and an experimental campaign that includes the construction of prototypes that are subjected to simple compression strength, density, and absorption tests. The obtained results allow verification of the physical and mechanical properties of the blocks, providing information that supports their viability.

Keywords:

Concrete block, rubber, sawdust, cellular concrete, metakaolin.