

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración
de bloques de concreto para muros portantes**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Katherine Janeth Acuña Huillca
Yena Elizabeth Quispecondori Vilca

Asesor:

Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari

Juliaca, mayo de 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Juana Beatriz Aqise Pari, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“INCORPORACIÓN DE CELULOSA DE PAPEL PERIÓDICO EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PARA MUROS PORTANTES”** constituye la memoria que presenta las Bachilleres **Katherine Janeth Acuña Huillca y Yena Elizabeth Quispecondori Vilca** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 17 días del mes de mayo del año 2021



Ing. Juana Beatriz Aqise Pari
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 17 día(s) del mes de Mayo del año 2021, siendo las 17:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aguas, el secretario: Ing. Efraín Velazquez Mamani y los demás miembros: Ing. Alison Cubely Pani Cusi Ing. Moises Smea Chile y el asesor: Ing. Juana Beatriz Aguas Pani

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes"

de el(los)/a(las) bachiller(es) a) Katherine Janeth Serna Huilca
b) Yana Elizabeth Guispecondori Vilca
conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil
(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....
El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)/s candidato(s) a hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)/s candidato(s). Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Katherine Janeth Serna Huilca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Buena	Muy bueno

Candidato (b): Yana Elizabeth Guispecondori Vilca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	14	C	Aceptable	Buena

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)/s candidato(s) a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Eduardo
Secretario

Asesor

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi madre, porque desde niña me enseñó que las metas se logran con perseverancia, responsabilidad y sobre todo humildad, sin su apoyo emocional no se me hubiera hecho posible concluir la carrera y elaborar la presente tesis, me hubiera gustado que este a mi lado en estos momentos, pero sé que desde arriba está celebrando este logro que tanto anhelamos ¡Besos y abrazos al cielo querida MAMITA!

De la misma manera quisiera dedicar este logro al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo – PRONABEC, por brindarme el apoyo económico que necesitaba para poder estudiar una carrera profesional.

Katherine Janeth Acuña Huillca

Mi tesis la dedico con todo mi cariño y mi amor a mis queridos padres Pascual y Carmen que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por sus consejos, por su apoyo incondicional.

A mis hermanos Meri, Ronald y Marleni por su apoyo incondicional.

A toda mi familia que es lo más valioso que Dios me ha dado, por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Yena Elizabeth Quispecondori Vilca

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a Dios, nuestro señor, por ser nuestro guía y compañía en cada momento a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en momentos de debilidad.

A nuestras familias, quienes siempre nos mostraron su apoyo incondicional para elaborar la presente tesis y motivarnos a concluir con nuestros estudios. A nuestra alma mater la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca, que nos acogió durante estos años de formación académica profesional, enseñándonos aspectos de la vida que ninguna clase formal pudiera enseñar, llevándonos una experiencia tan maravillosa e inolvidable.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes nos impartieron sus conocimientos y experiencias durante nuestra etapa universitaria, por su tiempo y dedicación para formar profesionales competentes.

A nuestro Asesor de Tesis, Ingeniero Juana Beatriz Aquisé Pari, por sus consejos, paciencia, apoyo y colaboración durante el desarrollo de la presente Tesis.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la adición óptima de celulosa de papel obtenida del papel periódico en reemplazo parcial del cemento para mejorar las propiedades vinculantes del concreto con la finalidad de ser empleado como unidad de albañilería en muros portantes, para el cual mediante un proceso de pulpeo se obtuvo la celulosa de papel el mismo que posteriormente fue cribado con el tamiz N°08, este material fue introducido parcialmente en proporciones de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en una mezcla de mortero obtenido de la ASTM C-109, posteriormente se dejó curando en agua a la intemperie con una temperatura promedio de 10.5°C, dichas muestras fueron sometidas a los ensayos de Resistencia a la Compresión y Densidad a los 7, 14 y 28 días; con los datos obtenidos se realizó el cálculo de la adición óptima empleando el Método de Superficie de Respuesta (MSR) el cual dio como resultado una adición óptima de 5.05% de celulosa de papel en la mezcla alcanzando una resistencia de 75.20KG/CM² y una densidad de 2.06kg/m³, el cual indica un diseño de mezcla C:Ce:A:Ag de 1:0.05:2.75:0.69; denotando también un ahorro del 2.78% en el precio por metro cubico de concreto. Cabe mencionar también que el bloque cumple con los requisitos de la Norma E070 – Albañilería que tiene como requisito para un bloque de concreto estructural una resistencia mínima de 50 kg/cm²; además, estaría cumpliendo con la Norma Técnica Peruana 399.602 que tiene como requisito una resistencia mínima a la compresión de 71.40 kg/cm².

Palabras clave: *Adición óptima, celulosa, unidad de albañilería, resistencia a la compresión, densidad, método de superficie de respuesta.*

ABSTRACT

The present research aims to determine the optimal addition of paper cellulose obtained from newsprint in partial replacement of cement to improve the binding properties of concrete in order to be used as a masonry unit in bearing walls, for which through a process From pulping, the paper cellulose was obtained, which was subsequently sieved with sieve No. 08, this material was partially introduced in proportions of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% in a mixture of mortar obtained from ASTM C-109, later it was left to cure in water outdoors with an average temperature of 10.5 ° C, said samples were subjected to the Compression Resistance and Density tests at 7, 14 and 28; With the data obtained, the calculation of the optimal addition was made using the Response Surface Method (MSR) which resulted in an optimal addition of 5.05% of paper cellulose in the mixture, reaching a resistance of 75.20KG / CM² and a density of 2.06kg / m³, which indicates a C: Ce: A: Ag mix design of 1: 0.05: 2.75: 0.69; also denoting a saving of 2.80% in the price per cubic meter of concrete. It is also worth mentioning that the block meets the requirements of Standard E070 - Masonry, which requires a minimum resistance of 50 kg / cm² for a structural concrete block; Furthermore, it would be complying with the Peruvian Technical Standard 399.602, which requires a minimum resistance to compression of 71.40 kg / cm².

Keywords: Optimal Addition, Cellulose, Masonry Unit, Compressive Strength, Density, Response Surface Method...

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
LISTA DE GRAFICOS.....	xvii
LISTA DE ANEXOS.....	xvii
1. CAPITULO I.....	18
1.1. Identificación del Problema.....	18
1.2. Formulación del Problema.....	19
1.2.1. Problema General.	19
1.2.2. Problemas Específicos.....	19
1.3. Justificación.....	19
1.4. Objetivos	21
1.4.1. Objetivo General.	21
1.4.2. Objetivos Específicos.....	21
2. CAPITULO II.....	22
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes Nacionales.	24
2.2. Marco conceptual.....	25
2.2.1. El concreto.....	25

2.2.2.	Cemento Portland	25
2.2.3.	Agregados	27
2.2.4.	Propiedades del concreto.	28
2.3.	Aplicación de normativas.....	30
2.3.1.	Norma Técnica E 070.....	30
2.4.	Celulosa	32
2.4.1.	Pasta mecánica.....	33
2.4.2.	Composición química de la celulosa.....	33
2.4.3.	Pasta química.....	34
2.4.4.	Pulpeado.	34
2.5.	Papercrete.....	34
2.5.1.	Propiedades	35
2.5.2.	Características del Papercrete.....	36
2.5.3.	Elaboración del papercrete.	37
2.5.4.	Usos.....	39
2.5.5.	Ventajas y desventajas	39
2.6.	Tamaño de muestra.....	42
3.	CAPITULO III	44
3.1.	Tipo y Diseño de Investigación.....	44
3.1.1.	Tipo y método de investigación.	44
3.1.2.	Diseño de investigación.	44
3.2.	Hipótesis de la Investigación	44
3.2.1.	Hipótesis General.....	44
3.2.2.	Hipótesis Específica.....	44

3.3.	Variables de la Investigación	44
3.3.1.	Variable Independiente	44
3.3.2.	Variable Dependiente.....	45
3.4.	Operacionalización de variables.....	45
3.5.	Análisis de las propiedades de los materiales empleados	45
3.5.1.	Cemento	45
3.5.2.	Agregados	46
3.5.2.1.	Agregado Fino.....	46
3.5.3.	Agua	46
3.6.	Materiales Empleados en la Investigación	47
3.6.1.	Celulosa de Papel Periódico	47
3.6.1.1.	Proceso de obtención de celulosa.....	48
3.7.	Proceso de obtención de las muestras de papercrete	49
3.8.	Diseño de mezclas.....	50
3.9.	Procedimiento de la investigación	52
3.9.1.	Elaboración de especímenes de concreto.....	52
3.9.2.	Dosificación de materiales	53
3.9.3.	Mezclado y colado de concreto en cubos.....	54
3.10.	Ensayo al concreto endurecido.	55
3.10.1.	Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP	56
3.10.2.	Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+5%	57
3.10.3.	Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+10%	59
3.10.4.	Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+15%	61
3.10.5.	Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+20%	61
3.10.6.	Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+25%	62

3.11.	Ensayo densidad	64
3.11.1.	Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP	64
3.11.2.	Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+5%	65
3.11.3.	Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+10%	66
3.11.4.	Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+15%	67
3.11.5.	Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+20%	68
3.11.6.	Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+25%	69
3.12.	Predicción de la resistencia a compresión a los 28 días de las muestras MP+10%, MP+15%, MP+20%, MP+25%	70
3.12.1.	Cálculo del factor Tiempo - Temperatura.....	71
3.12.2.	Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días.....	72
3.12.2.1.	Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días para MP+10%	72
3.12.2.2.	Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días para MP+15%	73
3.12.2.3.	Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días para MP+20%	73
3.12.2.4.	Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días para MP+25%	74
3.13.	Resumen general de resultados obtenidos.....	75
4.	CAPITULO IV.....	80
4.1.	Generalidades.....	80
4.2.	Resistencia a la Compresión de especímenes	80
4.3.	Cálculo de densidad	83
4.4.	Prueba de hipótesis	86
4.4.1.	Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión del concreto	86
4.4.2.	Prueba de hipótesis para la densidad del concreto	95
4.5.	Cálculo estadístico de adición óptima de celulosa de papel.	102
4.5.1.	Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) a los 14 días	102
4.5.1.1.	Regresión de superficie de respuesta: Densidad (kg/m ³) vs. Adición.....	103
4.5.1.2.	Regresión de superficie de respuesta: Resistencia (kg/cm ²) vs. Adición	104

4.5.1.3. Optimización de respuesta: Resistencia (kg/cm ²), Densidad (kg/m ³)	105
4.5.2. Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) a los 28 días	106
4.5.2.1. Regresión de superficie de respuesta: Densidad (kg/m ³) vs. Adición.....	107
4.5.2.2. Regresión de superficie de respuesta: Resistencia (kg/cm ²) vs. Adición	108
4.5.2.3. Optimización de respuesta: Resistencia (kg/cm ²), Densidad (kg/m ³)	109
4.6. Análisis Económico.....	111
4.7. Evaluación de correlación de resistencia a compresión entre un cubo de 50mm con un cilindro de 150mm x 300mm	113
5. CAPITULO V.....	115
5.1. Conclusiones.....	115
5.2. Recomendaciones	117
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS.....	122
Anexo A: Análisis por fluorescencia de Rayos X de celulosa de papel.	122
Anexo B: Resultados de ensayos a compresión	124
Anexo C: Constancia de ensayos realizados en Universidad Peruana Unión	136

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Compuestos principales del Cemento Portland	27
Tabla 2. Clases de unidad de albañilería según la Norma E- 070	31
Tabla 3. Componentes químicos de las fuentes de pasta y de papel	34
Tabla 4. Comparación de los resultados cemento convencional y papercrete	41
Tabla 5. Valores de t.	42
Tabla 6. Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm ²).	43
Tabla 7. Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)	43
Tabla 8. Operacionalización de variables.....	45
Tabla 9. Propiedades del agregado fino.....	46
Tabla 10. Análisis por fluorescencia de rayos x en celulosa de papel periódico	48
Tabla 11. Análisis de dosificaciones de Papercrete reportados en estudios anteriores...51	
Tabla 12. Cantidad total de material por cada diseño experimental.....	52
Tabla 13. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP a los 7 días	56
Tabla 14. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP a los 14 días ...57	
Tabla 15. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP a los 28 días ...57	
Tabla 16. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+5% a los 7 días	58
Tabla 17. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+5% a los 14 días	58
Tabla 18. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+5% a los 28 días	59
Tabla 19. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+10% a los 7 días	60
Tabla 20. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+10% a los 14 días	60
Tabla 21. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+15% a los 7 días/	61
Tabla 22. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+15% a los 14 días	K61
Tabla 23. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+20% a los 7 días	62
Tabla 24. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+20% a los 14 días	62

Tabla 25. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+25% a los 7 días	63
Tabla 26. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+25% a los 14 días	63
Tabla 27. Resultados de densidad para MP a los 7 días.....	64
Tabla 28. Resultados de densidad para MP a los 14 días	64
Tabla 29. Resultados de densidad para MP a los 28 días	65
Tabla 30. Resultados de densidad para MP+5% a los 7 días	65
Tabla 31. Resultados de densidad para MP+5% a los 14 días	66
Tabla 32. Resultados de densidad para MP+5% a los 14 días	66
Tabla 33. Resultados de densidad para MP+10% a los 7 días	67
Tabla 34. Resultados de densidad para MP+10% a los 14 días	67
Tabla 35. Resultados de densidad para MP+15% a los 7 días	68
Tabla 36. Resultados de densidad para MP+15% a los 14 días	68
Tabla 37. Resultados de densidad para MP+20% a los 7 días	69
Tabla 38. Resultados de densidad para MP+20% a los 14 días	69
Tabla 39. Resultados de densidad para MP+25% a los 7 días	70
Tabla 40. Resultados de densidad para MP+25% a los 14 días	70
Tabla 41. Registro de temperatura y cálculos para determinar el factor tiempo temperatura a la edad de ensayo	71
Tabla 42. Factor Tiempo - Temperatura a edades de ensayos realizados	72
Tabla 43. Predicción de resistencia a la Compresión a la edad de 28 días para MP+10%	72
Tabla 44. Predicción de resistencia a la Compresión a la edad de 28 días para MP+15%	73
Tabla 45. Predicción de resistencia a la Compresión a la edad de 28 días para MP+20%	74
Tabla 46. Predicción de resistencia a la Compresión a la edad de 28 días para MP+25%	74
Tabla 47. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP	75
Tabla 48. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+5%	75
Tabla 49. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+10%	76

Tabla 50. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+15%	76
Tabla 51. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+20%	76
Tabla 52. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+25%	77
Tabla 53. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP	77
Tabla 54. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+5%	78
Tabla 55. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+10%	78
Tabla 56. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+15%	78
Tabla 57. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+20%	79
Tabla 58. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+25%	79
Tabla 59. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los 6 grupos experimentales	81
Tabla 60. Densidad (kg/m ³) de los diferentes especímenes	84
Tabla 61. Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 7 días.....	88
Tabla 62. Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 14 días.....	88
Tabla 63. Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 28 días.....	89
Tabla 64. Decisión de la Hipótesis H_0 con el T_p para el concreto a 7 días de edad.....	90
Tabla 65. Decisión de la Hipótesis H_0 con el T_p para el concreto a 14 días de edad.....	91
Tabla 66. Decisión de la Hipótesis H_0 con el T_p para el concreto a 28 días de edad.....	92
Tabla 67. Resumen de análisis de datos con método estadístico t de student	94
Tabla 68. Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 7 días.....	97
Tabla 69. Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 14 días.....	97
Tabla 70. Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 28 días.....	98
Tabla 71. Decisión de la Hipótesis H_0 con el T_p para el concreto a 7 días de edad.....	99
Tabla 72. Decisión de la Hipótesis H_0 con el T_p para el concreto a 14 días de edad....	100
Tabla 73. Decisión de la Hipótesis H_0 con el T_p para el concreto a 28 días de edad....	100
Tabla 74. Resumen de análisis de datos con metodo estadístico t de student	101
Tabla 75. Datos de entrada para Minitab 18	102

Tabla 76. Análisis de varianza para Densidad (kg/m ³) vs. Adición (%)	103
Tabla 77. Resumen del modelo	103
Tabla 78. Coeficientes codificados del modelo	103
Tabla 79. Análisis de varianza para Densidad (kg/m ³) vs. Adición, Edad	104
Tabla 80. Resumen del modelo	104
Tabla 81. Coeficientes codificados del modelo	104
Tabla 82. Parámetros de Optimización del modelo.	105
Tabla 83. Respuesta de Adición Óptima de celulosa de papel	105
Tabla 84. Respuesta de predicción de resistencia y densidad con adición optima	105
Tabla 85. Datos de entrada para Minitab 18	107
Tabla 86. Análisis de varianza para Densidad (kg/m ³) vs. Adición.....	107
Tabla 87. Resumen del modelo	108
Tabla 88. Coeficientes codificados del modelo	108
Tabla 89. Análisis de varianza para Densidad (kg/m ³) vs. Adición, Edad	108
Tabla 90. Resumen del modelo	109
Tabla 91. Coeficientes codificados del modelo	109
Tabla 92. Parámetros de Optimización del modelo.	109
Tabla 93. Respuesta de Adición Óptima de celulosa de papel	110
Tabla 94. Respuesta de predicción de resistencia y densidad con adición optima.....	110
Tabla 95. Diseño de mezcla óptimo para MP+5.05% de celulosa de papel	111
Tabla 96. Costo del Concreto Patrón (MP)	112
Tabla 97. Costo del concreto para MP+5% de Celulosa de Papel.....	112
Tabla 98. Costo del concreto para MP+10% de Celulosa de Papel.....	112
Tabla 99. Costo del concreto para MP+15% de Celulosa de Papel.....	112
Tabla 100. Costo del concreto para MP+20% de Celulosa de Papel.....	112
Tabla 101. Costo del concreto para MP+25% de Celulosa de Papel.....	113
Tabla 102 Resumen del costo del concreto (solo materiales) para diferentes dosificaciones.	113
Tabla 103. Valores calculados para la correlación de cubo de 50x50mm a cilindro de 100x150mm	114

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Presentación de la celulosa reciclada en la fabricación de muestras	23
Figura 2. Estructura de la pared celular	33
Figura 3. Bloque de Papercrete. Fuente:	35
Figura 4. Ensayo a la Flexión.	36
Figura 5. Bloque de papercrete a prueba de fuego.	36
Figura 6. Prueba de resistencia a la compresión.....	37
Figura 7. Secuencia para la obtención del papercrete.	38
Figura 8. Muros con papercrete.	39
Figura 9. Techos con papercrete.	39
Figura 10. Paredes de papercrete.....	41
Figura 11. Pasos de procesamiento para obtener la pulpa de papel usado.....	¡Error!
Marcador no definido.	

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Resumen de resultados de resistencia a la compresión con diferentes diseños experimentales	81
Gráfico 2. Comparación de F'c con diferentes adiciones de celulosa de papel	83
Gráfico 3. Resumen de densidad en los diferentes especímenes.....	84
Gráfico 4. Comparación de densidades para diferentes adiciones de celulosa	85
Gráfico 5. Gráfica del estadístico t para $\alpha = 0.05$ y 18 grados de libertad.....	90
Gráfico 6. Gráfica del estadístico t para $\alpha = 0.05$ y 18 grados de libertad.....	99
Gráfico 7. Gráfico de Optimización de respuesta.....	106
Gráfico 8. Gráfico del Método de Superficie de Respuesta	106
Gráfico 7. Gráfico de Optimización de respuesta.....	110
Gráfico 8. Gráfico del Método de Superficie de Respuesta	111

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: <i>Análisis por fluorescencia de Rayos X de celulosa de papel</i>	121
Anexo B: <i>Resultados de ensayos a compresión</i>	123
Anexo C: <i>Constancia de ensayos realizados en Universidad Peruana Unión</i>	135

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Identificación del Problema

“El concreto es la composición de cemento Portland o cualquier otro tipo de cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016, p 427).

Según el INEI (2018) en los resultados que obtuvieron del censo que se realizó en el 2017, publican que a nivel nacional 4 millones 341 mil 444 viviendas particulares (56,4%) imperan en sus paredes exteriores material noble (ladrillo o bloque de cemento y piedra o sillar con cal o cemento), con una tasa de crecimiento promedio anual de 3,7%. En el departamento de Puno en el censo 2007 se tuvo un 22,6 % de viviendas con paredes exteriores de ladrillo o bloque de concreto y en el censo 2017 se incrementó a 31,4 %, siendo la tasa de crecimiento promedio anual de 4,3 %. Particularmente en la ciudad de Juliaca por la extensión y crecimiento poblacional que tiene, existe una gran demanda de vivienda de material noble, porque son más duraderas, tienen un mejor comportamiento, “posee una excelente resistencia al agua, el concreto usualmente es más económico y disponible material de construcción y tiene la facilidad con la que los elementos estructurales de concreto puedan transformarse en una variedad de formas y tamaños” (P. Kumar Mehta, 2006,p.).

Las demandas y condiciones actuales nos obligan a obtener un concreto con mejores propiedades físico-mecánica, pero sobre todo, más económico y respetuoso con el medio ambiente.

Existen numerosos problemas ambientales, “en la actualidad la construcción es uno de los sectores con mayor responsabilidad en la contaminación de la huella del carbono entre 40 y 50%” (Pajuelo et al., 2018, p.). “La fabricación del Clinker convierte al sector cementero en una de las industrias que liberan más gases de efecto invernadero”

(Rodgers, 2018), lo que origina que esta industria sea una de las que más contamina el medio ambiente.

1.2. Formulación del Problema.

Para abordar estos problemas, se ha vuelto imperativo impulsar los límites de la investigación en el campo de los materiales innovadores de construcción sostenible. De acuerdo a los estudios realizados se ha demostrado que existen otros materiales como aditivo para reducir la cantidad de cemento y dentro de ello se resalta la celulosa que es obtenida del papel periódico, es un componente que nos permitirá reducir ese impacto negativo en el medio ambiente al ser incorporado como un componente en el concreto.

1.2.1. Problema General.

¿Cómo influye la adición de celulosa del papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes?

1.2.2. Problemas Específicos.

¿Será posible mantener la resistencia a compresión de un bloque de concreto al reducir la cantidad de cemento por incorporación de celulosa de papel periódico?

¿Será posible que el papercrete cumpla con los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones E-070?

¿Será posible reducir el costo de una unidad de albañilería al adicionar un porcentaje de celulosa de papel periódico?

1.3. Justificación

Según la KMR (Kantar Media Research), existen 5 millones de lectores de diarios en el Perú, el 73% de peruanos utilizan los periódicos para mantenerse informados. Además, según la Sociedad de Empresas Periodísticas del Perú, la venta de diarios en el país aumentó en 55% entre 2007 y 2012. En la información que nos brinda (CPI, 2017), encontramos que la gran cantidad de lectores de diarios se encuentra en Arequipa,

Huancayo y Tacna y como segundo lugar en la ciudad de Juliaca. Esto indica que hay una gran cantidad de periódicos para reciclar.

En la ciudad de Juliaca Rodríguez San Roman, (2015) (p. 67). Realizo una investigación de los tipos de residuos sólidos que tienen mayor porcentaje, donde llego a la conclusión de que los pesos totales de cada tipo de residuos pesado en los 145 domicilios observándose además los porcentajes de los mismos; donde el mayor porcentaje corresponde a los residuos orgánicos putrescibles (52.66 %), situación que se considera normal para la región, el segundo lugar es el plástico con un 15.44 % y en tercer lugar es el cartón y papel con un 12.64% situación que debe considerarse para aplicar medidas correctivas.

La universidad Hanyang utilizó, el papel de periódico que este tipo de papel consiste en fibra de celulosa y materiales inorgánicos, por lo que dicho papel se combina adecuadamente con la pasta del cemento (Choi, Yun, & Jung, 2011). Por otro lado, la Universidad Covenant (Nigeria) realizó un estudio comparativo entre bloques de papercrete en los que se utilizaron papel de oficina y papel de periódico como fuente de celulosa, llegando a la conclusión de que el papel periódico tiene una mayor resistencia a la compresión que el papel de oficina.

La celulosa de papel periódico tiene una conductividad térmica de 0.038λ (W/m.K) (Palomo Marta, 2017), siendo altamente recomendado para climas fríos, aislar con celulosa las paredes protege perfectamente una vivienda contra el fuego puesto que evita la propagación del mismo sin generar gases tóxicos.

La presente investigación se enfocará en elaborar un concreto que utilice como adición la celulosa obtenida del papel periódico, estudiar las propiedades de este material y darle un uso adecuado elaborando un elemento prefabricado en base a sus propiedades y características. Sin embargo, la principal razón de este estudio es de índole ambiental, ya que se busca que el concreto elaborado ayude a disminuir la contaminación ocasionada

por la industria cementera mediante la reutilización del papel, el cual es un material que produce una gran cantidad de desperdicios.

La industria de la construcción ha sido identificada como uno de los mayores consumidores de recursos no renovables (Wallbaum y Buerkin 2003). En consecuencia, el uso de papel de desecho para la construcción no sólo tiene el potencial de residuos de papel reciclado de mantenimiento de ritmo con su generación, sino que también reducirá la presión de la demanda sobre los recursos naturales mundiales. Este trabajo busca investigar el posible uso de papel de desecho para producir un bajo costo del ladrillo compuesto de peso ligero como un material de construcción. Estos ladrillos alternativos se elaboraron como Papercrete.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Determinar la adición óptima de celulosa obtenida del papel periódico, en reemplazo parcial del cemento para mejorar las propiedades vinculantes del concreto con la finalidad de ser empleado como unidad de albañilería en muros portantes.

1.4.2. Objetivos Específicos.

Evaluar la resistencia a compresión de un bloque de concreto al reducir la cantidad de cemento por incorporación de celulosa de papel periódico.

Evaluar las propiedades que exige la norma E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones para un bloque usado en la construcción de muros portantes.

Optimizar el costo unitario de la unidad de albañilería al adicionar celulosa de papel periódico.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En el capítulo 2 se mencionan los antecedentes internacionales y nacionales, luego se describirán los conceptos que rodean a los elementos centrales de la investigación: el concreto y la celulosa como uno de sus componentes del papercrete.

2.1. Antecedentes de la Investigación

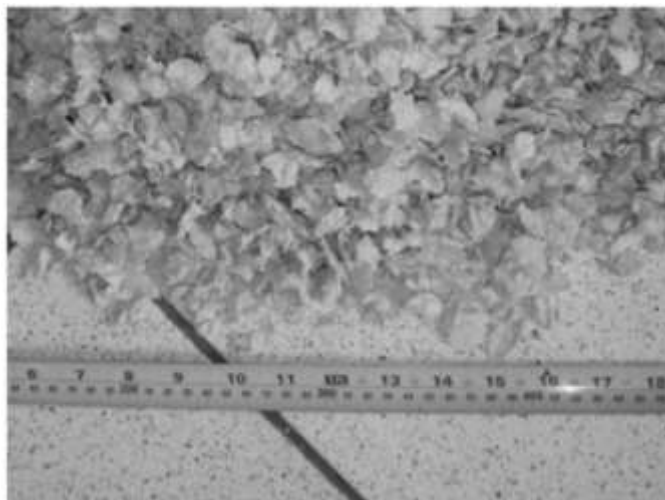
2.1.1. Antecedentes Internacionales.

En una investigación realizada en el Instituto de Tecnología de Maharajá de Mysore, Mandya; se hace un intento de producir un material alternativo utilizando papeles de desecho, esto para ayudar a erradicar algunos de los riesgos ambientales causados por la industria de la construcción. Usando una proporción de mezcla de [Cemento: Papel: Arena] 1: 1.15: 1.3 a prueba y error, llegando a la conclusión de que el peso de este ladrillo es casi la mitad del peso de ladrillo de arcilla convencional. Debido a un menor peso de estos ladrillos, se reducirá la carga muerta total del edificio (Delcasse, V, C, & M. K, 2017).

En la Universidad Nacional de Colombia se realizó una investigación acerca de la evaluación de celulosa de papel y ceniza de carbón como aislantes térmicos, obteniendo así la relación de peso celulosa a peso cemento de 0.6. La relación agua cemento fue de 0.75L/kg. Como la celulosa seca absorbe agua por cada gramo de celulosa, se adicionaron 0.7 ml de agua por recomendación de (Vasco, 1998). Para conformar las muestras de celulosa reciclada con cemento, se usó una formaleta con dimensiones 300x300x25.4mm para realizar el colado de la mezcla (Muñoz, Chejne, Espinel S., & Londoño G., 2006).

Figura 1

Presentación de la celulosa reciclada en la fabricación de muestras



Fuente: Evaluación de la celulosa de papel y de las cenizas de carbón, como materiales aislantes alternativos.

En un estudio realizado en la Universidad de Hanyang, Seúl, Corea, se tuvo como objetivo evaluar las propiedades mecánicas fundamentales tales como la resistencia a la tracción a la compresión y la división de Papercrete que contiene papeles usados como una sustitución parcial del cemento portland. Y también analiza la relación tensión-deformación del Papercrete para evaluar el comportamiento dúctil de Papercrete. Se utilizó el papel de desecho como un reemplazo de cemento portland en 5% (mezcla PA), 10% (mezcla PB) y 15% (mezcla PC) en peso, respectivamente, mezcla PA se separó de acuerdo con diferente relación de waterbinder (w / c) de 45%, 60%, 85% para investigar efecto waterbinder que suele ser principales variables para la fuerza de mortero y hormigón. Y PB y mezcla PC se separaron por diferente relación de arena-aglutinante de 100%, 75% y 50% para evaluar el efecto de arena relacionada con la contracción porque el papel waster tienen alta absorción de agua tan alta contracción de papercrete se esperaba después del curado. Y la relación de waterbinder del grupo PB y PC fue del 85% (Choi, Yun, & Jung, 2011).

El principal objetivo del proyecto realizado por el Instituto de Tecnología de Conocimiento, Kakkapalayam, Salem; es reemplazar los ladrillos de construcción

convencional costosos y escasos por un ladrillo de construcción innovadora y alternativa, que satisface las siguientes características: necesario, económico, etc. Logrando obtener que el uso del ladrillo Papercrete en un edificio, reduce el costo en un 20% a 50% de un edificio (Scinduja, y otros, 2014).

La investigación realizada en la Universidad Pacto, Nigeria; tiene como objetivo determinar la densidad, la capacidad de absorción de agua, resistencia a la compresión y resistencia al fuego de Papercrete producido utilizando periódico de desecho y papel de oficina con el fin de determinar su idoneidad para el uso como material de construcción de edificio; mencionando que el Papercrete se recomienda que sea un material eficaz y sostenible para la producción de bloques huecos o sólidos ligeros y resistentes al fuego para ser utilizado para hacer las paredes de partición de especialmente edificios de gran altura (Akinwumi, Olatunbosun, Olofinnade, & Awoyera, 2014).

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

Especialistas y profesores de la Escuela de Construcción de la Universidad Nacional de Colombia, fabricaron los recipaneles que están compuestos por papel periódico y cemento Portland blanco. Donde se buscaba que los paneles fueran económicos, además de tener buenas propiedades mecánicas y las dimensiones comerciales para su uso en muros, tabiques y en cielos falsos en la industria de la construcción, como resultado lograron obtener un bajo peso y alta resistencia a la flexión. (Cañola, Echevarria, & Sanchez, 2012) Antecedentes Nacionales.

En la tesis denominada Aplicación y estudio de las propiedades de las celulosas recicladas obtenidas del papel periódico como una adición para el concreto realizada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas menciona, los principales aportes del concreto adicionado con celulosa son la disminución de la contaminación ocasionada por la industria del papel y la reducción del cemento necesario para elaborar ciertos elementos prefabricados.

Esta última propiedad se evidencia en el esponjamiento del material, es decir, la capacidad de aumentar su volumen. Durante la evaluación de costos, se halló la cantidad de cemento necesario para elaborar un metro cúbico de concreto con celulosa, la cual se comparó con la cantidad de cemento requerido para elaborar un metro cúbico de concreto convencional.

Debido al esponjamiento del papel, una adición del 5% de celulosa implica la reducción del 27.10% ($1-335.69/460.45$) del cemento necesario para elaborar 1m de concreto. De esta manera, el material propuesto puede reducir el consumo necesario del cemento para elementos prefabricados que no tengan un uso estructural (Barriga Cáceres & Bernardo Murillo, 2016).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. El concreto

Según (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016) “El concreto es la mezcla de cemento Portland o cualquier otro tipo de cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (pág. 427).

En abril de 1964, un artículo de la revista Scientific American publicó lo siguiente:

“El material de construcción más utilizado es el hormigón, comúnmente fabricado por mezcla. Cemento Portland con arena, roca triturada y agua. El año pasado, en los Estados Unidos, 63 millones de toneladas de cemento Portland se convirtieron en 500 millones de toneladas de concreto, cinco veces el consumo en peso de acero. En muchos países, la relación entre el consumo de hormigón y el consumo de acero supera los diez a uno. El consumo mundial total del año pasado, el concreto se estima en tres mil millones de toneladas, o una tonelada por cada humano vivo siendo. El hombre no consume material, excepto el agua en cantidades tan tremendas”. (Brunaer & Copeland, 1964).

2.2.2. Cemento Portland

Según (Love, 2011) el cemento portland es considerado universalmente como el material de construcción más trascendental en la construcción innovadora. Sus

cuantiosas ventajas lo convierten en uno de los materiales más económicos y versátiles. (Neville & Brooks, 2011) describen al cemento como un material que tiene propiedades tanto adhesivas y cohesivas, las cuales le dan la capacidad de unir fragmentos minerales para formar un todo compacto. Esta definición comprende una gran variedad de materiales cementantes.

El principal componente del cemento es la cal, de modo que en construcción e ingeniería civil se trabaja con cementos calcáreos. Los cementos que se utilizan en la fabricación del concreto tienen la propiedad de fraguar y endurecer bajo o sumergidos en agua, en virtud de observar una reacción química con ésta y, por lo tanto, se denominan cementos hidráulicos. La composición del cemento hidráulico consiste en los silicatos y aluminatos de cal y pueden clasificarse, en general, como cementos naturales, cementos portland y cementos de alta alúmina. En la investigación se utilizará el cemento Portland.

a). Fabricación del cemento Portland: El proceso de fabricación del cemento está en moler finamente la materia prima, combinar minuciosamente en ciertas proporciones y calcinar la en un horno rotatorio de gran dimensión a una temperatura de aproximadamente 1,450 °C, donde el material se sintetiza y se funde parcialmente, formando bolas conocidas como clinker. El clinker se enfría y se tritura hasta obtener un polvo fino, después se añade un poco de yeso, y el producto resultante es el cemento portland comercial que tanto se usa en todo el mundo.

b). Composición química del cemento Portland: Las materias primas utilizadas en la fabricación del cemento portland consisten principalmente en cal, sílice, alúmina y óxido de hierro. Estos combinados interactúan en el horno para crear una serie de productos más complejos, hasta conseguir un estado de equilibrio químico, con la excepción de un pequeño residuo de cal no combinada, que no ha tenido suficiente tiempo para reaccionar.

Se suele considerar cuatro compuestos químicos como los componentes principales del cemento, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.

Compuestos principales del Cemento Portland

Nombre del compuesto	Composición de óxido	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3CaO.SiO_2$	$C_3 S$
Silicato dicálcico	$2CaO.SiO_2$	$C_2 S$
Aluminato tricálcico	$3CaO. Al_2 O_3$	$C_3 A$
Aluminoferrita tetracálcica	$4CaO. Al_2 O_3 .Fe_2 O_3$	$C_4 AF$

Fuente: (Neville, 2011) pg. 6

c). Influencia de la composición de compuestos en las propiedades del cemento:

Parecería que los distintos hidratos mantienen su identidad en el gel de cemento, el cual puede considerarse como una mezcla física y muy fina o formada por copolímeros de los hidratos. Es posible obtener una corroboración de lo expuesto anteriormente por medio de la medición de la superficie específica de hidratos del cemento que contienen diferentes cantidades de C_3S y C_2S ; el resultado concuerda con las áreas superficiales específicas de C_3S y C_2S puros e hidratados. De igual manera, el agua de hidratación acepta la adición de los compuestos individuales.

2.2.3. Agregados

Debido a que al menos tres cuartos del volumen de concreto está ocupado por agregado, no es sorprendente que su calidad sea de considerable importancia. No solo el agregado puede limitar la resistencia del concreto, ya que el agregado con propiedades indeseables no puede producir concreto fuerte, pero las propiedades del agregado afectan en gran medida la durabilidad y el rendimiento estructural del concreto.

El agregado fue visto originalmente como un material inerte disperso en toda la pasta de cemento en gran parte por razones económicas. Sin embargo, es posible adoptar una visión opuesta y considerar el agregado como un material de construcción conectado en

un todo cohesivo por medio de la pasta de cemento, de manera similar a la construcción de mampostería. De hecho, el agregado no es realmente inerte y sus propiedades físicas, térmicas y en ocasiones también químicas influyen en el rendimiento del concreto (Neville, 2011).

2.2.4. Propiedades del concreto.

El concreto presenta distintas propiedades físicas tanto en su estado fresco como endurecido, las que modifica la celulosa en el concreto son las siguientes:

Estado Fresco

a). Trabajabilidad: Se dice que un concreto que puede compactarse fácilmente es viable, pero decir simplemente que la trabajabilidad determina la facilidad de colocación y la resistencia a la segregación es una descripción demasiado floja de esta propiedad vital del concreto. Además, la trabajabilidad deseada en cualquier caso particular dependería de los medios de compactación disponibles; asimismo, una trabajabilidad adecuada para hormigón en masa no es necesariamente suficiente para secciones delgadas, inaccesibles o fuertemente reforzadas. Por estas razones, la trabajabilidad debe definirse como una propiedad física del concreto solo sin referencia a las circunstancias de un tipo particular de construcción (Neville, 2011). Para obtener tal definición, es necesario considerar qué sucede cuando el concreto se compacta (embestida o vibración). El proceso consiste esencialmente en la eliminación del aire atrapado del hormigón. Por lo tanto, el trabajo realizado se utiliza para superar la fricción interna y superficial entre las partículas individuales del hormigón, así como también entre el hormigón y la superficie del molde o del refuerzo. Por lo tanto, el trabajo realizado consiste en una parte "desperdiciada" y un trabajo "útil", el último, como se mencionó anteriormente, que comprende el trabajo realizado para superar la fricción interna y la fricción superficial. Debido a que solo la fricción interna es una propiedad intrínseca de la mezcla, la manejabilidad se puede definir mejor como

la cantidad de trabajo interno útil necesario para producir una compactación completa (Glanville et al., 1947).

b). Segregación: La segregación se puede definir como la separación de los constituyentes de una mezcla heterogénea de modo que su distribución ya no sea uniforme. En el caso del hormigón, las principales causas de segregación son las diferencias en el tamaño de las partículas y en la gravedad específica de los componentes de la mezcla. Hay dos formas de segregación. En el primero, las partículas más gruesas tienden a separarse porque tienden a desplazarse más a lo largo de una pendiente o a sedimentar más que partículas más finas. La segunda forma de segregación, que ocurre particularmente en mezclas húmedas, se manifiesta por la separación de la lechada (cemento más agua) de la mezcla (Neville, 2011)

c). Densidad: Es la adición de las masas de todos los ingredientes de un lote de concreto dividido por el volumen ocupado por el concreto. (Neville, 2011 P. 86)

Estado endurecido.

a). Extensibilidad: Pasquel Carbajal (1998) Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuras (p.145).

El deterioro del concreto, tanto físico como químico, se debe en gran parte a la penetración de la humedad. Para lograr un concreto impermeable, los agregados deben ser materiales durables, sin poros y bien graduados; además, el concreto debe ser denso, tener una baja relación agua/cemento, ser trabajable y las partículas de los agregados deben estar bien ligadas entre sí por la pasta de cemento (Parker, 1982).

b). Resistencia: Es considerada como la propiedad más valiosa. La resistencia por lo general nos da una visión global de la calidad del concreto porque la resistencia está directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento

hidratada. Neville, (2011) Además, es casi siempre un elemento vital del diseño estructural y es especificada para propósitos de cumplimiento. La resistencia del concreto depende principalmente de dos factores: la relación agua/cemento y el grado de compactación (p. 271).

2.3. Aplicación de normativas.

Para caracterizar los agregados finos a usarse en la presente investigación, se tomará en cuenta las siguientes normas y ensayos:

- Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012:2013).
- Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (NTP 400 017:2011).
- Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (200) por lavado en agregados (NTP 400.018:2013).
- Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022:2013).

Asimismo, nuestras muestras deberán de cumplir con los requisitos establecidos en las siguientes normas:

- Albañilería (RNE – 070).
- Bloques de concreto para uso estructural – Requisitos (NTP 399.602:2015).

2.3.1. Norma Técnica E 070.

Esta Norma instituye las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2016).

- Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

- Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.

Tabla 2.

Clases de unidad de albañilería según la Norma E- 070

	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión f' b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: Elaboración propia

Pruebas

- **Muestreo:** El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

- **Resistencia a la Compresión:** Para determinar la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604. La resistencia característica

a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_{b}) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

- **Variación Dimensional:** Para determinar la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

- **Alabeo:** Para determinar el alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613.

- **Absorción:** Los ensayos de absorción se realizarán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

Aceptación de la unidad

- Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente.

- La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase P, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción.

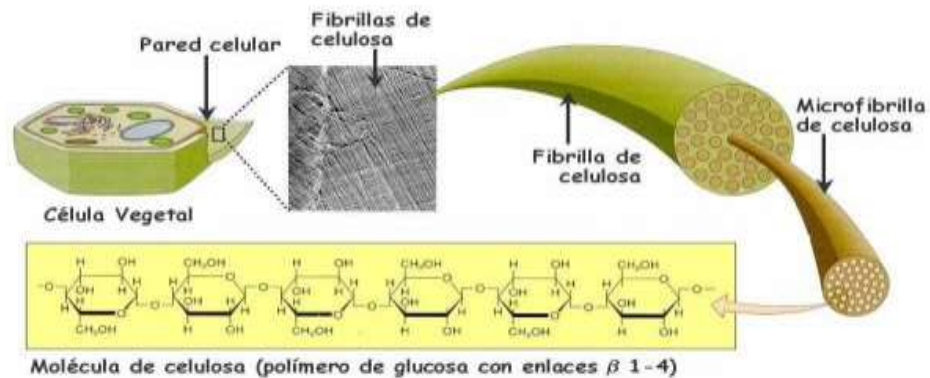
El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P.

2.4. Celulosa

La celulosa o fibra es el elemento constitutivo de la madera. Para los químicos, la celulosa es un polímero natural hecho por unidades de glucosa. Las fibras se hallan en la madera unidas entre sí por un compuesto químico complejo llamado lignina que le da la rigidez. La fabricación de la celulosa está en apartar la fibra de la lignina mediante procesos industriales químicos o mecánicos (Barriga Cáceres & Bernardo Murillo, 2016). es rígido, insoluble en agua, y contiene miles de unidades de β -glucosa. (Casey, J.,1990).

Figura 2.
Estructura de la pared celular

Estructura de la pared celular



El papel y el cartón después de ser recicladas varias veces adquieren algunas características que no le permiten ser reutilizados en consecuencia las empresas productoras lo desechan. De los papeles desechados obtenemos la celulosa, esta celulosa se mezcla con cemento para obtener un material resistente estructuralmente para trabajo a temperaturas intermedias (200°C) (Muñoz et al., 2006).

2.4.1. Pasta mecánica.

Las pastas mecánicas se obtienen pulverizando la madera, para que se separen las fibras. La acción de las máquinas rompe estas fibras de celulosa. La lignina que une la celulosa a la hemicelulosa no se disuelve, simplemente se ablanda, permitiendo que las fibras se asienten fuera de la estructura de la madera (Teschke y Demers, 2009).

2.4.2. Composición química de la celulosa

Los componentes no celulósicos son, en el caso de la madera, principalmente hemicelulosas (con 15 a 90 unidades iguales de sacarosa), ligninas (altamente polimerizadas y complejas, fundamentalmente monómeros de fenil-propano; actúan como aglutinante de las fibras), extractos (grasas, ceras, alcoholes, fenoles, ácidos aromáticos, aceites esenciales, oleorresinas, esteroides, alcaloides y pigmentos colorantes), minerales

y otros compuestos inorgánicos. En la Tabla 3 se muestra la proporción relativa de estos componentes según la fuente de la fibra. (Teschke y Demers).

Tabla 3.

Componentes químicos de las fuentes de pasta y de papel

	Maderas blandas	Maderas duras	Paja	Bambú	Algodón
Carbohidratos celulosa	38-46	38-49	28-42	26-43	80-85
Hemicelulosa	23-31	20-40	23-38	15-26	n.d
Lignina	22-34	16-30	12-21	20-32	n.d.
Extraíbles	1-5	2-8	1-2	0.2-5	n.d.
Minerales y otros compuestos inorgánicos	0.1-7	0.1-11	3-20	1-10	0.8-2
n.d.=sin datos disponibles					

2.4.3. Pasta química.

En el proceso químico se utiliza un digestor, en el cual se emplea calor, presión y sosa hasta conseguir la pasta química. Las pastas químicas al sulfato o proceso kraft se usan para fabricar papel y las pastas químicas al sulfito para fabricar papeles especiales u otros derivados de la celulosa (GRUPO POCHTECA, S.A.B. DE C.V., 2015).

2.4.4. Pulpeado.

2.5. Papercrete

Las fibras mecánicas y químicas son sometidos a un proceso de desintegración por la acción de fuerzas mecánicas y de fricción; que se realizó en una licuadora (León Nieto Y Fuentes Medina, 2012)

Una de las formas más comunes de aplicar la celulosa en la construcción es mediante la fabricación del papercrete. Este es un material experimental que reemplaza una cantidad de cemento con papel en la mezcla normal de concreto. Su costo, peso total y emisiones de CO2 disminuyen durante la producción, pero sus usos son reducidos debido a la falta de datos oficiales sobre su comportamiento estructural, propiedades y durabilidad (Barriga Cáceres y Bernardo Murillo, 2016).

Figura 3.
Bloque de Papercrete.



Fuente: (<http://makepapercrete.com/DryingBlocks-secondary.jpg>)

2.5.1. Propiedades

El papel es principalmente celulosa de madera, que se considera un material fibroso. La celulosa es el segundo material más cuantioso en la tierra después de roca. Es renovable y tiene contracción uniforme (todos los bloques papercrete pasan por un tiempo seco prolongado que implica una cierta contracción), proporcionando una ventaja más nítida (Gaibor y Riera, 2015).

Elementos Estructurales

Fuerza en flexión pura, fuerza en fuerza axial y momento de flexión, fuerza de cizallamiento, el efecto de refuerzo.

Figura 4.
Ensayo a la Flexión.



Fuente: Gaibor & Riera, 2015

2.5.2. Características del Papercrete.

- Es moldeable y tiene una gran flexibilidad para hacer formas de diseño en la estructura. ejemplo los techos abovedados.
- Tiene una rigidez menor a la del hormigón, pero lo suficiente para sostener las cargas de techos en los edificios de baja altura.
- Papercrete tiene resistencia a la tracción. Un bloque papercrete equivale a cientos de páginas de papel - casi como un catálogo. Papercrete es resistente al corte como un bloque.
- Tiene poca resistencia al fuego.

Figura 5.
Bloque de papercrete a prueba de fuego.



Fuente: Gaibor y Riera, 2015

Segun (Khandelwal, Lal Prajapat, y Kumar, 2015), es un material ligero, 7 veces más ligero que el concreto, y posee buenas propiedades de aislamiento acústico y térmico. Cuando el agua contenida dentro de las fibras del papel se drena y evapora, se forman miles de diminutas bolsas de aire, siendo esto lo que convierte al Papercrete en un material ligero y aislante.

- Resistencia a la compresión

Figura 6.

Prueba de resistencia a la compresión.



Fuente: Gaibor y Riera, 2015

Según (Akinwumi, Olatunbosun, Olofinnade, & Awoyera, 2014), el bajo peso del Papercrete nos indica que éste tiene una baja densidad, por lo que es un buen material para ser utilizado en forma de bloques huecos o sólidos en edificaciones, en especial para edificaciones de gran altura. Su baja densidad también le permite al Papercrete ser un buen material para la construcción de arcos y cúpulas.

El bajo peso del Papercrete es un indicador de que el edificio que lo utilice tendrá una menor cantidad de carga muerta y, debido a su bajo peso y flexibilidad, es un buen material para las zonas propensas a terremotos (Anandaraju, Ravindra Raj, y Vijaya Sarathy, 2015).

2.5.3. Elaboración del papercrete.

Según (Barriga Cáceres y Bernardo Murillo, 2016), el procedimiento de obtención de papercrete es el que se muestra a continuación:

1. Remojar el papel a utilizar durante la noche para ablandar las fibras y así poder hacer las mezclas de una manera más fácil.
2. Mezclar el papel empapado hasta que se convierta en una mezcla homogénea.

3. Añadir el cemento, arena y agua. Luego se vierte todo en una mezcladora de concreto hasta que se dé como resultante una pasta consistente, luego colar la mezcla en los encofrados para crear bloques de cualquier tamaño y forma.

4. Después de tres a cuatro días se retiran las muestras de los moldes, y a los 28 días los bloques llegan a sus dimensiones finales y pueden ser utilizados en la construcción.

La secuencia para elaborar el papercrete se muestra en la Figura 7.

Figura 7.

Secuencia para la obtención del papercrete.



Fuente: Aplicación y estudio de las propiedades de las celulosas recicladas obtenidas del papel periódico como una adición para el concreto

2.5.4. Usos

Muros

Hoy en día es difícil de obtener una autorización para levantar una casa con papercrete si es "soporte de carga". Es más viable obtener la aprobación para construir el techo -apoyar garajes, cobertizos u otras estructuras (Gaibor y Riera, 2015).

Figura 8.

Muros con papercrete.



Fuente: Gaibor y Riera, 2015

Techo de cúpulas

Figura 9.

Techos con papercrete.



Fuente: Gaibor y Riera, 2015

2.5.5. Ventajas y desventajas

Ventajas

Una de las ventajas del papercrete es que puede ser utilizado como mortero, que soporta a cualquiera de los siguientes estímulos; ser perforado, martillado, clavado, puede

ser utilizado como yeso, como relleno entre bloques, elementos de cierre, postes y pernos (Gaibor y Riera, 2015).

Ayuda a conservar al medio ambiente, debido al material reciclado como es el papel y disminuye la fabricación del cemento.

El papercrete también es un buen regulador higrotérmico, cuando llueve el agua es absorbida por el papercrete, posteriormente para ser liberado a la atmósfera por evaporación (Gaibor y Riera, 2015).

Desventajas

El papercrete no puede ser usado para elementos de soporte (estructurales), debido a que este material se fragmenta cuando es sometido a grandes cargas (Gaibor y Riera, 2015).

No hay pruebas que certifiquen su estabilidad con el paso del tiempo, por lo que no es recomendable una construcción de papercrete.

El Papercrete es un material quebradizo, se expande y se contrae con frecuencia lo que origina grietas y tiene muy baja resistencia a la tracción. Además, el Papercrete tiene muchas imperfecciones que se relacionan con la rareza de la superficie (Kokkinos, 2011).

Las paredes hechas de papercrete absorben la humedad el suelo. Si la edificación hecha con este material sufre un incendio la estructura se perdería, se consumiría completamente, porque no es totalmente a prueba de fuego.

Figura 10.
Paredes de papercrete.



Fuente: <http://papeldeconcreto.blogspot.com/2014/12/concreto-de-papel.html>

En los estudios realizados por Vélez (2012), con papercrete se llegó a la conclusión de que es un material confiable y adaptable. En el siguiente cuadro se muestra los resultados obtenidos en dicha investigación usando cuadros comparativos en relación al cemento convencional.

Tabla 4.
Comparación de los resultados cemento convencional y papercrete

Cemento Convencional			Papercrete		
Variables	Valor	Unidad	Variables	Valor	Unidad
Revenimiento	0	Pulg	Revenimiento	2.3	Pulg
F'c	60	Kg/cm ²	F'c	38	Kg/cm ²
Temperatura	30	°C	Temperatura	26.5	°C
Densidad	2400	Kg/cm ³	Densidad	1500	Kg/cm ³

Fuente: Alcivar Vélez (2012)

2.6. Tamaño de muestra

El tamaño de la muestra muchas veces se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación (Borja, 2012). A continuación, se muestra la ecuación para determinar el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{t^2 * s^2}{e^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra. S = desviación estándar.

t = Coeficiente de confiabilidad (Nivel de significancia). e= Error definido por un especialista

Tabla 5.
Valores de t.

% de Pruebas dentro de los límites	Probabilidad de ocurrencia por debajo del límite inferior	t
40.00	3 en 10	0.52
50.00	2.5 en 10	0.67
60.00	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70.00	1.5 en 10	1.04
80.00	1 en 10	1.28
90.00	1 en 20	1.65
95.00	1 en 40	1.98
95.45	1 en 44	2.00
98.00	1 en 100	2.33
99.00	1 en 200	2.58
99.73	1 en 341	3.00

Nota: Fuente, Pasquel (1998).

Tabla 6.*Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm²).*

Clase de operación	Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.7	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6

*Nota: Fuente, Pasquel (1998).***Tabla 7.***Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)*

Clase de operación	Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	> a 6
Concreto en laboratorio	< a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	> a 5

Nota: Fuente, Pasquel (1998).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo y método de investigación.

La investigación es del tipo experimental y el método de investigación es cuantitativo

3.1.2. Diseño de investigación.

El tipo de diseño de investigación es experimental, el cual se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes.

3.2. Hipótesis de la Investigación

3.2.1. Hipótesis General.

La adición óptima de celulosa obtenida del papel periódico, mejora las propiedades vinculantes del concreto siendo apto para ser empleado como unidad de albañilería en muros portantes.

3.2.2. Hipótesis Específica.

La incorporación de un porcentaje óptimo de celulosa de papel al reducir la cantidad de cemento en un bloque de concreto mantiene la resistencia a compresión.

El prototipo cumple con los estándares que exige la Norma E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones para que el bloque de concreto sea empleado en construcción de muros portantes.

3.3. Variables de la Investigación

3.3.1. Variable Independiente

- Adición de celulosa.

3.3.2. Variable Dependiente

- Densidad
- Resistencia a la Compresión.
- Precio del bloque

3.4. Operacionalización de variables

Tabla 8.

Operacionalización de variables

Variable	Indicadores	Dimensiones
<u>Variable independiente: W</u>		
Adición de celulosa	Cantidad de celulosa	% en volumen
<u>Variable dependiente: X</u>		
Propiedades físicas	Peso Unitario (Densidad)	gr/cm ³
<u>Variable dependiente: Y</u>		
Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Kg/cm ²
<u>Variable dependiente: Z</u>		
Economía	Precio por unidad	S/.

3.5. Análisis de las propiedades de los materiales empleados

3.5.1. Cemento

Para la presente investigación el cemento empleado fue Rumi Portland tipo IP, de gran uso en la zona, el mismo que cumple con la normativa ASTM C-595 y NTP 334.009.

3.5.2. Agregados

3.5.2.1. Agregado Fino

El agregado Fino fue extraído de la cantera Ilo Ilo, ubicado a 1 kilómetro de la carretera Salida a Arequipa, el material fue transportado al laboratorio de tecnología de materiales, para poder realizar el análisis físico.

Para la presente investigación, se utilizó el tamiz 3/8" para separar el agregado grueso del fino, el tamizado se realizó de la siguiente manera: Se separó el material con una malla cuadrada de alambre electro soldada de 3/8", todo lo pasante a la malla es el agregado fino, teniendo en cuenta la norma NTP 400.010 extracción y preparación de muestras.

En la Tabla 9. , se muestra las propiedades físicas del agregado fino ensayado en el laboratorio de suelos y concreto Geocontrol Total (Ver Anexo A: Ensayo del Agregado Fino.)

Tabla 9.

Propiedades del agregado fino

Propiedades Físicas	Agregado Fino
Peso Específico SSS (Kg/m ³)	2.48
Peso Unitario Suelto (Kg/cm ³)	1.29
Peso Unitario Varillado(Kg/cm ³)	1.45
% de Absorción	2.46
Contenido de Humedad (%)	3.88
Tamaño Máximo Nominal	3/8"
Módulo de Fineza	3.07
Pasante malla 200 (%)	0.42

3.5.3. Agua

El agua utilizada en la investigación fue tomada directamente desde la red de suministro a la ciudad de Juliaca, la cual es la misma utilizada para los diferentes ensayos realizados en el laboratorio de suelos y concreto Geocontrol Total.

3.6. Materiales Empleados en la Investigación

3.6.1. Celulosa de Papel Periódico

La fuente de obtención del papel periódico será en los kioscos donde se expende este material, para posteriormente ser procesado artesanalmente para lograr la obtención de la celulosa de papel periódico. El estado de obtención de esta materia prima será en grumos de diferentes tamaños. Las características de la celulosa de papel empleado se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10.*Análisis por fluorescencia de rayos x en celulosa de papel periódico*

Concentración de muestra: celulosa de papel periódico

Elemento	Concentración (%)
CaO	61.7
<i>Fe₂O₃</i>	9.84
<i>SO₃</i>	7.78
<i>SiO₂</i>	6.76
<i>Cl</i>	4.02
<i>CuO</i>	1.97
<i>SnO₂</i>	1.89
<i>MnO</i>	1.64
<i>Cr₂O₃</i>	1.46
<i>NiO</i>	1.09
<i>ZnO</i>	0.644
<i>BaO</i>	0.474
<i>SrO</i>	0.458
<i>Rh₂O₂</i>	0.132
<i>Au₂O</i>	0.0930
<i>Br</i>	0.0350

3.6.1.1. Proceso de obtención de celulosa.

- Se trituran e hidratan en cuadros pequeños el papel periódico para poder facilitar el pulpeado.
- Se somete el papel a un proceso de desintegración por la acción de fuerzas mecánicas y de fricción; que se realiza en una licuadora en un tiempo de pulpeo de 10 minutos.
- La pulpa de papel es filtrada usando el tamiz N° 200. Posteriormente la pulpa se disgrega y se pone a secar a una temperatura de 200°C en un horno eléctrico.
- Luego, se muele la celulosa en un molino manual, hasta lograr una textura de polvillo.
- Se hace las pruebas respectivas de caracterización a los agregados y al cemento.
- Se elabora el diseño de mezcla con cada porcentaje de adición y con cada tipo de cantera.

- Se elaboran las probetas de papercrete, se deja secando y posteriormente se procede a realizar los ensayos de control de calidad.

Figura 11.

Pasos de procesamiento para obtener la pulpa de papel usado.



Una vez obtenida materia prima de la celulosa de papel, se procede a triturar en un molino artesanal, pasando el material obtenido por el tamiz N°16 logrando que el material pulverizado tenga diámetros inferiores a 2mm. La figura 14, muestra la condición de la celulosa a emplear en la presente investigación.

3.7. Proceso de obtención de las muestras de papercrete

Una vez obtenido todos los materiales se procederá a pesarlos según la cantidad requerida en cada mezcla utilizando una balanza digital.

Los materiales pesados serán agregadas a una amasadora en el siguiente orden: celulosa de papel, cemento y arena, con el fin evitar desperdicios de los materiales más finos, utilizando la amasadora a una velocidad lenta.

Una vez homogeneizada la mezcla en seco, se procederá a llenar una probeta con agua para ir agregando poco a poco, hasta obtener una masa sólida que conserve su forma y no se desintegre, todo esto será amasado a una velocidad constante. En la figura 18 se muestra el procedimiento a realizarse.

Cada una de las mezclas se elaborarán en probetas cúbicas de 50mm de lado de acuerdo a la norma ASTM C109 "Método de prueba estándar para la resistencia a la

compresión de morteros de cemento hidráulico”. Dicha norma recomienda realizar tres probetas para el ensayo de compresión simple, por lo que para la presente investigación se optó por realizar treinta (30) probetas para cada tipo de mezcla; que serán repartidas de a diez (10) para determinar la resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días de curado.

3.8. Diseño de mezclas

Para las elaborar las dosificaciones de las mezclas, se consultaron los artículos y tesis de diferentes bases de datos, con dicha información se elaboró la tabla 11 donde se resume los aspectos a considerar según cada estudio.

Tabla 11.*Análisis de dosificaciones de Papercrete reportados en estudios anteriores.*

DOSIF.	PAPEL	ARENA	CEMENTO	AGUA	OBSERVACIONES	REFERENCIA
A	1.25	2	1	No especificado	Resistencia a la Compresión 1.40MPa y 1.65 Mpa a los 21 días.	Papercrete Bricks - An Alternative Sustainable Building Material (Delcasse, V, C, & M. K, 2017).
	0.05	1	0.95	0.45	Resistencia a la Compresión de 34.05MPa, 33.47MPa y 34.68MPa,	Mechanical Properties of Papercrete Containing Waste Paper (Choi, Yun, & Jung, 2011).
B	0.05	1	0.95	0.6	Resistencia a la Compresión de 8.7N/mm2 a los 14 días.	Innovative Brick Material (Scinduja, y otros, 2014).
	0.05	1	0.95	0.85	Resistencia a la Compresión de 5.5N/mm2 a los 28 días.	Structural Evaluation of Lightweight Concrete Produced Using Waste Newspaper and Office Paper (Akinwumi, Olatunbosun, Olofinnade, & Awoyera, 2014).
C	2	4	1	No especificado	Resistencia a la Compresión promedio de 83.36 kg/cm2 a los 28 días.	Aplicación y estudio de las propiedades de las celulosas recicladas obtenidas del papel periódico como una adición para el concreto (Barriga Cáceres & Bernardo Murillo, 2016).
D	0.2	1	1	No especificado		
E	0.05	2.75	0.95	0.5		

Nota: Fuente: Elaboración Propia

Se elaborará un grupo de mezcla con cantidades constantes de cemento y arena, considerando variaciones crecientes de celulosa de papel de 5 a 25% como aditivo. La relación agua/cemento se determinará experimentalmente, dado que no se encontró mayor información en los antecedentes consultados, todo el proceso de mezcla se hará de acuerdo a la norma ASTM C109/C109M. Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o

[50 mm]); en el cual indica que para una dosificación para mortero normal debe contener una parte de cemento y 2.75 partes de arena graduada estándar, por peso. Por lo tanto, según la presente normativa las cantidades de material a emplear en el diseño de mezcla por cada 06 especímenes son:

- Cemento: 500 gramos
- Arena: 1375 gramos
- Agua: a/c 0.485 (Esta relación variara de acuerdo a los diseños experimentales)

En la Tabla 12 se muestra la cantidad total de materiales para los 30 especímenes de mortero de cada diseño experimental a emplear para calcular la adición óptima de celulosa de papel en el concreto.

Tabla 12.

Cantidad total de material por cada diseño experimental

	MP	MP+5%	MP+10%	MP+15%	MP+20%	MP+25%
Cemento (gr.)	2500	2375	2250	2125	2000	1875
Celulosa (gr.)	-	125	250	375	500	625
Arena (gr.)	6875.00	6531.25	6187.50	5843.75	5500.00	5156.25
Agua (gr.)	1212.50	Varia en relación a los diseños experimentales				

3.9. Procedimiento de la investigación

3.9.1. Elaboración de especímenes de concreto

Para la elaboración de los especímenes de concreto se empleó la metodología establecida por el ASTM C305 Práctica estándar para la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica

Las probetas fueron moldeadas en moldes cuadrangulares de dimensiones 2" por cada lado del cubo establecido en la normativa ASTM C-109 Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando especímenes cúbicos de 2 in. o [50 mm]). Se realizó un total de 180 cubos de concreto, los cuales fueron divididos en 06 grupos para aplicar distintas adiciones de celulosa de papel en el diseño de mezclas, tal como se muestra a continuación:

- Primer grupo (MP): Concreto con diseño de mezcla de acuerdo a la normativa sin adición de celulosa de papel, se elaboraron 30 especímenes de este grupo que serán ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.

- Segundo grupo (MP+5%): Concreto con diseño de mezcla de acuerdo a la normativa con una adición de 5% de celulosa de papel en reemplazo de cemento, se elaboraron 30 especímenes de este grupo que serán ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.

- Tercer grupo (MP+10%): Concreto con diseño de mezcla de acuerdo a la normativa con una adición de 10% de celulosa de papel en reemplazo de cemento, se elaboraron 30 especímenes de este grupo que serán ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.

- Cuarto grupo (MP+15%): Concreto con diseño de mezcla de acuerdo a la normativa con una adición de 15% de celulosa de papel en reemplazo de cemento, se elaboraron 30 especímenes de este grupo que serán ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.

- Quinto grupo (MP+20%): Concreto con diseño de mezcla de acuerdo a la normativa con una adición de 20% de celulosa de papel en reemplazo de cemento, se elaboraron 30 especímenes de este grupo que serán ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.

- Sexto grupo (MP+25%): Concreto con diseño de mezcla de acuerdo a la normativa con una adición de 25% de celulosa de papel en reemplazo de cemento, se elaboraron 30 especímenes de este grupo que serán ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.

3.9.2. Dosificación de materiales

Los materiales fueron pesados diseño por tandas, los mismos que fueron dosificados por peso para evitar errores volumétricos. Cabe mencionar que los materiales fueron pesados en una balanza milimétrica con una aproximación de ± 0.1 gr para evitar errores.

3.9.3. Mezclado y colado de concreto en cubos

Para empezar, se humedece el recipiente que se empleara en el mezclado de los materiales, seguidamente se procede a realizar el mezclado como se explica a continuación:

- Colocar los moldes en una superficie nivelada y rígido.
- Cubrir con una película de petróleo los bordes y la base de los moldes, para evitar que la mezcla se pegue en ellos.
- Realizar la mezcla de concreto, comenzando por los materiales secos, luego agregar el agua hasta obtener una masa trabajable, posteriormente introducir en los moldes en dos capas, cada capa será apisonada 25 veces distribuida uniformemente en toda su área
- Luego dejar fraguando por un promedio de 24 horas, para después pasar a desmoldar y proceder con el curado de concreto.



Fotografía 1 *Dosificación de materiales*



Fotografía 2 *Mezcla de materiales secos*



Fotografía 3 *Dosificación de agua*



Fotografía 4 *Colado de mezcla en moldes*



Fotografía 5 *Especímenes desmoldados y en proceso de curado*

3.10. Ensayo al concreto endurecido.

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de acuerdo a la norma NTP 339.034-2018 Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto. Las pruebas fueron realizadas a los 7, 14 y 28 días, dichos ensayos fueron realizados una parte en el laboratorio de suelos y concreto Geocontrol Total, y otra parte en el laboratorio de Materiales y Tecnología del Concreto de la E.P. Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.



Fotografía 6 *Ensayo de Resistencia a la Compresión – Laboratorio Geo Control Total.*

Los resultados de este ensayo nos permitirán analizar si el aditivo empleado afecta en la resistencia del concreto y determinar la adición óptima de esta en el concreto.

3.10.1. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP

El primer grupo es la muestra patrón (MP) el cual no tiene adición de celulosa de papel, se elaboraron un total de 30 especímenes. En la siguiente tabla se muestra los resultados de la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días:

Tabla 13.

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP a los 7 días

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
1	22.56	262.32	1346.03	13.20	59.66	
2	23.28	264.83	1325.63	13.00	56.96	
3	23.91	258.41	972.81	9.54	40.68	
4	23.52	266.12	1255.27	12.31	53.37	
5	23.03	265.75	1208.36	11.85	52.47	
6	23.28	259.12	1133.92	11.12	48.72	49.88
7	23.52	258.44	1142.08	11.20	48.56	
8	23.52	253.90	962.61	9.44	40.93	
9	23.77	260.92	1450.04	14.22	61.02	
10	23.52	260.10	856.56	8.40	36.42	

Tabla 14.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP a los 14 días*

N ^{ro.}	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
11	24.27	265.74	1769.21	17.35	72.90	
12	24.52	265.74	1726.39	16.93	70.41	
13	24.27	260.38	1712.11	16.79	70.54	
14	24.98	267.54	1983.36	19.45	79.40	
15	25.00	268.83	1728.43	16.95	69.14	
16	24.01	261.67	1755.96	17.22	73.13	72.88
17	24.52	259.95	1778.39	17.44	72.53	
18	23.50	254.83	1735.56	17.02	73.85	
19	24.01	262.54	1810.00	17.75	75.39	
20	24.52	261.60	1753.92	17.20	71.53	

Tabla 15.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP a los 28 días*

N ^{ro.}	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia rotura (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
21	25.00	260.44	2313.70	22.69	92.55	
22	23.52	263.13	3016.80	29.58	128.27	
23	23.52	254.40	2793.90	27.40	118.79	
24	23.52	255.92	2718.90	26.66	115.60	
25	23.52	264.81	2679.40	26.28	113.92	
26	23.52	254.76	2841.80	27.87	120.82	102.96
27	23.52	257.89	2638.10	25.87	112.16	
28	22.80	253.11	1898.50	18.62	81.57	
29	24.01	259.32	1735.30	17.02	73.02	
30	23.77	258.92	1750.40	17.17	72.91	

3.10.2. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+5%

El segundo grupo es la muestra patrón con una adición de 5% de celulosa de papel (MP+5%), del cual se elaboraron un total de 30 especímenes. En la siguiente tabla se muestra los resultados de la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días

Tabla 16.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+5% a los 7 días*

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
31	24.52	255.98	1076.82	10.56	43.92	
32	24.52	254.86	944.26	9.26	38.51	
33	24.37	256.89	981.99	9.63	40.30	
34	24.11	253.52	1000.35	9.81	41.49	
35	24.78	259.74	764.79	7.50	30.86	
36	23.75	252.64	868.80	8.52	36.58	39.99
37	24.26	262.75	939.16	9.21	38.71	
38	24.01	258.34	1155.34	11.33	48.12	
39	24.01	263.28	907.55	8.90	37.80	
40	24.01	249.50	1047.25	10.27	43.62	

Tabla 17.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+5% a los 14 días*

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
41	22.80	254.22	917.74	9.00	40.25	
42	22.61	253.77	2072.06	20.32	91.64	
43	22.56	255.07	1667.24	16.35	73.90	
44	22.70	250.34	1252.21	12.28	55.16	
45	22.56	257.21	1555.07	15.25	68.93	
46	22.09	259.89	1590.76	15.60	72.01	71.03
47	23.32	261.08	1791.64	17.57	76.83	
48	22.65	255.23	1899.73	18.63	83.87	
49	23.03	260.04	1716.18	16.83	74.52	
50	22.64	247.34	1657.04	16.25	73.19	

Tabla 18.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+5% a los 28 días*

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia rotura (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
51	22.94	243.36	1483.60	14.55	65.76	
52	23.28	251.86	1489.50	14.61	64.00	
53	23.96	253.06	1310.50	12.85	54.81	
54	23.91	248.86	1440.80	14.13	61.26	
55	23.77	255.07	1930.90	18.94	83.84	
56	23.52	258.78	2177.50	21.35	93.56	69.14
57	23.57	259.97	1705.00	16.72	72.49	
58	23.52	253.85	1947.20	9.29	40.27	
59	23.72	259.02	1834.50	17.99	77.19	
60	23.52	245.65	1840.10	18.05	78.24	

3.10.3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+10%

El tercer grupo es la muestra patrón con una adición de 10% de celulosa de papel (MP+10%), del cual se elaboraron un total de 30 especímenes. En la siguiente tabla se muestra los resultados de la resistencia a compresión a los 7 y 14 días

Tabla 19.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+10% a los 7 días*

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
61	24.26	255.39	1415.37	13.88	58.34	
62	23.86	255.47	1211.43	11.88	50.77	
63	24.73	265.35	1079.88	10.59	43.67	
64	23.96	255.32	1592.80	15.62	66.48	
65	24.11	259.71	1337.87	13.12	55.49	
66	23.50	252.98	1340.93	13.15	57.06	55.07
67	24.62	261.56	1192.05	11.69	48.42	
68	24.78	255.01	1361.33	13.35	54.94	
69	24.52	203.90	1594.84	15.64	65.04	
70	24.11	206.12	1218.57	11.95	50.54	

Tabla 20.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+10% a los 14 días*

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
71	24.01	252.47	1647.60	16.16	68.62	
72	23.04	252.26	1331.90	13.06	57.81	
73	23.04	263.34	1537.20	15.07	66.72	
74	23.52	252.44	1439.70	14.12	61.21	
75	23.52	257.21	1812.20	17.77	77.05	
76	23.38	251.58	1301.00	12.76	55.65	58.25
77	23.66	259.88	1379.40	13.53	58.30	
78	23.28	253.06	1469.10	14.41	63.12	
79	23.28	202.43	1489.76	14.61	64.01	
80	23.52	205.01	632.10	6.20	26.88	

3.10.4. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+15%

El cuarto grupo es la muestra patrón con una adición de 15% de celulosa de papel (MP+15%), del cual se elaboraron un total de 30 especímenes. En la siguiente tabla se muestra los resultados de la resistencia a compresión a los 7 y 14 días

Tabla 21.

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+15% a los 7 días

N ^o .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
91	25.00	162.50	1021.76	10.02	40.87	
92	24.01	184.23	1046.23	10.26	43.57	
93	24.01	181.20	1172.68	11.50	48.84	
94	24.11	186.24	1078.86	10.58	44.75	
95	23.86	177.99	1120.67	10.99	46.97	
96	25.03	171.89	1191.03	11.68	47.58	45.12
97	24.01	170.43	1068.67	10.48	44.51	
98	23.76	173.36	1155.34	11.33	48.63	
99	24.01	175.67	1030.94	10.11	42.94	
100	24.52	170.68	1043.17	10.23	42.54	

Tabla 22.

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+15% a los 14 días

N ^o .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
101	23.52	180.60	167.50	1.64	7.12	
102	23.47	182.45	128.05	1.26	5.46	
103	24.40	179.20	134.09	1.31	5.50	
104	23.28	182.46	175.02	1.72	7.52	
105	23.03	176.16	164.70	1.62	7.15	7.81
106	23.18	169.75	223.90	2.20	9.66	
107	22.94	168.39	222.90	2.19	9.71	
108	23.52	170.30	152.50	1.50	6.48	
109	23.14	172.41	252.20	2.47	10.90	
110	22.89	168.70	196.60	1.93	8.59	

3.10.5. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+20%

El cuarto grupo es la muestra patrón con una adición de 20% de celulosa de papel (MP+20%), del cual se elaboraron un total de 30 especímenes. En la siguiente tabla se muestra los resultados de la resistencia a compresión a los 7 y 14 días

Tabla 23.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+20% a los 7 días*

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
121	24.21	162.30	223.32	2.19	9.22	
122	25.30	163.56	221.28	2.17	8.75	
123	24.75	158.79	223.32	2.19	9.02	
124	24.01	165.78	226.38	2.22	9.43	
125	24.01	161.34	231.48	2.27	9.64	
126	24.76	170.54	223.32	2.19	9.02	9.27
127	24.11	173.45	222.30	2.18	9.22	
128	23.91	171.56	228.42	2.24	9.55	
129	24.01	168.20	230.46	2.26	9.60	
130	23.21	175.12	214.14	2.10	9.23	

Tabla 24.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+20% a los 14 días*

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
131	23.28	158.28	139.70	1.37	6.00	
132	23.28	161.40	141.00	1.38	6.06	
133	23.52	158.79	146.60	1.44	6.23	
134	23.77	163.90	140.80	1.38	5.92	
135	23.03	157.45	124.70	1.22	5.41	
136	23.28	162.87	145.90	1.43	6.27	6.39
137	22.70	171.24	185.40	1.82	8.17	
138	23.04	168.99	163.00	1.60	7.07	
139	22.80	165.40	152.00	1.49	6.67	
140	22.94	172.35	140.30	1.38	6.12	

3.10.6. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión MP+25%

El cuarto grupo es la muestra patrón con una adición de 25% de celulosa de papel (MP+25%), del cual se elaboraron un total de 30 especímenes. En la siguiente tabla se muestra los resultados de la resistencia a compresión a los 7 y 14 días

Tabla 25.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+25% a los 7 días*

Nro.	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
151	23.50	150.64	263.09	2.58	11.20	
152	23.76	152.98	251.87	2.47	10.60	
153	23.50	153.54	259.01	2.54	11.02	
154	23.50	159.35	245.75	2.41	10.46	
155	25.04	142.90	253.91	2.49	10.14	
156	23.12	150.57	107.10	1.05	4.63	7.53
157	23.52	152.51	106.30	1.04	4.52	
158	22.33	141.78	85.90	0.84	3.85	
159	22.32	144.49	98.40	0.96	4.41	
160	22.65	143.03	101.20	0.99	4.47	

Tabla 26.*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de MP+25% a los 14 días*

N ^{ro} .	Área (cm ²)	Peso (gr)	Carga máxima (kgf)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (Kg/cm ²)
161	22.80	147.52	80.30	0.79	3.52	
162	22.33	149.01	138.00	1.35	6.18	
163	23.33	149.63	120.60	1.18	5.17	
164	23.03	155.87	103.80	1.02	4.51	
165	22.94	148.85	121.60	1.19	5.30	
166	22.66	148.27	131.10	1.29	5.79	5.22
167	23.37	153.68	141.50	1.39	6.05	
168	22.56	152.88	116.80	1.15	5.18	
169	22.32	146.64	118.30	1.16	5.30	
170	22.79	151.11	118.30	1.16	5.19	

3.11. Ensayo densidad

3.11.1. Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP

El primer grupo MP es un concreto convencional que no tiene ninguna adición y del cual se elaboraron 30 especímenes. En las siguientes tablas se muestra los resultados para densidad calculados:

Tabla 27.

Resultados de densidad para MP a los 7 días

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
1	22.56	4.75	262.32	0.26	2.45	2.31
2	23.28	4.82	264.83	0.26	2.36	
3	23.91	4.89	258.41	0.26	2.21	
4	23.52	4.85	266.12	0.27	2.33	
5	23.03	4.80	265.75	0.27	2.40	
6	23.28	4.82	259.12	0.26	2.31	
7	23.52	4.85	258.44	0.26	2.27	
8	23.52	4.85	253.90	0.25	2.23	
9	23.77	4.87	260.92	0.26	2.25	
10	23.52	4.85	260.10	0.26	2.28	

Tabla 28.

Resultados de densidad para MP a los 14 días

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
11	24.27	4.75	265.74	0.27	2.31	2.24
12	24.52	4.80	265.74	0.27	2.26	
13	24.27	4.80	260.38	0.26	2.24	
14	24.98	4.90	267.54	0.27	2.19	
15	25.00	4.80	268.83	0.27	2.24	
16	24.01	4.75	261.67	0.26	2.29	
17	24.52	4.95	259.95	0.26	2.14	
18	23.50	4.80	254.83	0.25	2.26	
19	24.01	4.75	262.54	0.26	2.30	
20	24.52	4.98	261.60	0.26	2.14	

Tabla 29.*Resultados de densidad para MP a los 28 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
21	25.00	5.00	260.44	0.26	2.08	2.23
22	23.52	4.90	263.13	0.26	2.28	
23	23.52	4.88	254.40	0.25	2.22	
24	23.52	4.80	255.92	0.26	2.27	
25	23.52	4.90	264.81	0.26	2.30	
26	23.52	4.80	254.76	0.25	2.26	
27	23.52	4.90	257.89	0.26	2.24	
28	22.80	4.90	253.11	0.25	2.27	
29	24.01	4.85	259.32	0.26	2.23	
30	23.77	4.95	258.92	0.26	2.20	

3.11.2. Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+5%

El primer grupo MP es un concreto convencional que tiene 5% de adición de celulosa de papel y del cual se elaboraron 30 especímenes. En las siguientes tablas se muestra los resultados para densidad calculados:

Tabla 30.*Resultados de densidad para MP+5% a los 7 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
31	24.52	4.95	255.98	0.26	2.11	2.15
32	24.52	4.95	254.86	0.25	2.10	
33	24.37	4.94	256.89	0.26	2.14	
34	24.11	4.91	253.52	0.25	2.14	
35	24.78	4.98	259.74	0.26	2.11	
36	23.75	4.87	252.64	0.25	2.18	
37	24.26	4.93	262.75	0.26	2.20	
38	24.01	4.90	258.34	0.26	2.20	
39	24.01	4.90	263.28	0.26	2.24	
40	24.01	4.90	249.50	0.25	2.12	

Tabla 31.*Resultados de densidad para MP+5% a los 14 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
41	22.80	4.80	254.22	0.25	2.32	2.33
42	22.61	4.83	253.77	0.25	2.32	
43	22.56	4.75	255.07	0.26	2.38	
44	22.70	4.90	250.34	0.25	2.25	
45	22.56	4.95	257.21	0.26	2.30	
46	22.09	4.90	259.89	0.26	2.40	
47	23.32	4.80	261.08	0.26	2.33	
48	22.65	4.80	255.23	0.26	2.35	
49	23.03	4.85	260.04	0.26	2.33	
50	22.64	4.80	247.34	0.25	2.28	

Tabla 32.*Resultados de densidad para MP+5% a los 14 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
51	22.94	4.70	243.36	0.24	2.26	2.23
52	23.28	4.80	251.86	0.25	2.25	
53	23.96	4.88	253.06	0.25	2.16	
54	23.91	4.80	248.86	0.25	2.17	
55	23.77	4.70	255.07	0.26	2.28	
56	23.52	4.75	258.78	0.26	2.32	
57	23.57	4.80	259.97	0.26	2.30	
58	23.52	4.89	253.85	0.25	2.21	
59	23.72	4.90	259.02	0.26	2.23	
60	23.52	4.85	245.65	0.25	2.15	

3.11.3. Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+10%

El primer grupo MP es un concreto convencional que tiene 10% de adición de celulosa de papel y del cual se elaboraron 30 especímenes. En las siguientes tablas se muestra los resultados para densidad calculados:

Tabla 33.*Resultados de densidad para MP+10% a los 7 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
61	24.26	4.93	255.39	0.26	2.14	2.07
62	23.86	4.88	255.47	0.26	2.19	
63	24.73	4.97	265.35	0.27	2.16	
64	23.96	4.89	255.32	0.26	2.18	
65	24.11	4.91	259.71	0.26	2.19	
66	23.50	4.85	252.98	0.25	2.22	
67	24.62	4.96	261.56	0.26	2.14	
68	24.78	4.98	255.01	0.26	2.07	
69	24.52	4.95	203.90	0.20	1.68	
70	24.11	4.91	206.12	0.21	1.74	

Tabla 34.*Resultados de densidad para MP+10% a los 14 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
71	24.01	4.90	252.47	0.25	2.15	2.17
72	23.04	4.80	252.26	0.25	2.28	
73	23.04	4.80	263.34	0.26	2.38	
74	23.52	4.85	252.44	0.25	2.21	
75	23.52	4.85	257.21	0.26	2.25	
76	23.38	4.81	251.58	0.25	2.24	
77	23.66	4.82	259.88	0.26	2.28	
78	23.28	4.75	253.06	0.25	2.29	
79	23.28	4.80	202.43	0.20	1.81	
80	23.52	4.80	205.01	0.21	1.82	

3.11.4. Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+15%

El primer grupo MP es un concreto convencional que tiene 15% de adición de celulosa de papel y del cual se elaboraron 30 especímenes. En las siguientes tablas se muestra los resultados para densidad calculados:

Tabla 35.*Resultados de densidad para MP+15% a los 7 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
91	25.00	5.00	162.50	0.16	1.30	1.47
92	24.01	4.90	184.23	0.18	1.57	
93	24.01	4.90	181.20	0.18	1.54	
94	24.11	4.91	186.24	0.19	1.57	
95	23.86	4.88	177.99	0.18	1.53	
96	25.03	5.00	171.89	0.17	1.37	
97	24.01	4.90	170.43	0.17	1.45	
98	23.76	4.87	173.36	0.17	1.50	
99	24.01	4.90	175.67	0.18	1.49	
100	24.52	4.95	170.68	0.17	1.41	

Tabla 36.*Resultados de densidad para MP+15% a los 14 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
101	23.52	4.88	180.60	0.18	1.57	1.55
102	23.47	4.90	182.45	0.18	1.59	
103	24.40	4.92	179.20	0.18	1.49	
104	23.28	4.78	182.46	0.18	1.64	
105	23.03	4.80	176.16	0.18	1.59	
106	23.18	4.85	169.75	0.17	1.51	
107	22.94	4.80	168.39	0.17	1.53	
108	23.52	4.80	170.30	0.17	1.51	
109	23.14	4.80	172.41	0.17	1.55	
110	22.89	4.80	168.70	0.17	1.54	

3.11.5. Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+20%

El primer grupo MP es un concreto convencional que tiene 20% de adición de celulosa de papel y del cual se elaboraron 30 especímenes. En las siguientes tablas se muestra los resultados para densidad calculados:

Tabla 37.*Resultados de densidad para MP+20% a los 7 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
121	24.21	4.92	162.30	0.16	1.36	1.40
122	25.30	5.03	163.56	0.16	1.29	
123	24.75	4.97	158.79	0.16	1.29	
124	24.01	4.90	165.78	0.17	1.41	
125	24.01	4.90	161.34	0.16	1.37	
126	24.76	4.98	170.54	0.17	1.38	
127	24.11	4.91	173.45	0.17	1.47	
128	23.91	4.89	171.56	0.17	1.47	
129	24.01	4.90	168.20	0.17	1.43	
130	23.21	4.82	175.12	0.18	1.57	

Tabla 38.*Resultados de densidad para MP+20% a los 14 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
131	23.28	4.80	158.28	0.16	1.42	1.47
132	23.28	4.78	161.40	0.16	1.45	
133	23.52	4.80	158.79	0.16	1.41	
134	23.77	4.90	163.90	0.16	1.41	
135	23.03	4.80	157.45	0.16	1.42	
136	23.28	4.88	162.87	0.16	1.43	
137	22.70	4.80	171.24	0.17	1.57	
138	23.04	4.80	168.99	0.17	1.53	
139	22.80	4.80	165.40	0.17	1.51	
140	22.94	4.82	172.35	0.17	1.56	

3.11.6. Resultados de los ensayos de densidad al grupo MP+25%

El primer grupo MP es un concreto convencional que tiene 25% de adición de celulosa de papel y del cual se elaboraron 30 especímenes. En las siguientes tablas se muestra los resultados para densidad calculados:

Tabla 39.*Resultados de densidad para MP+25% a los 7 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
151	23.50	4.85	150.64	0.15	1.32	1.33
152	23.76	4.87	152.98	0.15	1.32	
153	23.50	4.85	153.54	0.15	1.35	
154	23.50	4.85	159.35	0.16	1.40	
155	25.04	5.00	142.90	0.14	1.14	
156	23.12	4.65	150.57	0.15	1.40	
157	23.52	4.88	152.51	0.15	1.33	
158	22.33	4.72	141.78	0.14	1.35	
159	22.32	4.72	144.49	0.14	1.37	
160	22.65	4.75	143.03	0.14	1.33	

Tabla 40.*Resultados de densidad para MP+25% a los 14 días*

Nro	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso (gr)	Peso (kgr)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad Promedio (Kg/m ³)
161	22.80	4.80	147.52	0.15	1.35	1.37
162	22.33	4.72	149.01	0.15	1.41	
163	23.33	4.80	149.63	0.15	1.34	
164	23.03	4.82	155.87	0.16	1.40	
165	22.94	4.80	148.85	0.15	1.35	
166	22.66	4.80	148.27	0.15	1.36	
167	23.37	4.80	153.68	0.15	1.37	
168	22.56	4.80	152.88	0.15	1.41	
169	22.32	4.85	146.64	0.15	1.35	
170	22.79	4.90	151.11	0.15	1.35	

3.12. Predicción de la resistencia a compresión a los 28 días de las muestras**MP+10%, MP+15%, MP+20%, MP+25%**

Para poder predecir la resistencia a compresión a los 28 días de las muestras mencionadas se tomará en cuenta las fórmulas mencionadas en la NTP 339.215:2007 Método de ensayo para la medición de resistencias a la compresión a edades tempranas y proyectadas a edades mayores, para lo cual se seguirá el siguiente procedimiento:

3.12.1. Cálculo del factor Tiempo - Temperatura

Para tener un conocimiento del factor tiempo-temperatura promedio se tomaron datos de la estación meteorológica del SENAMHI en Juliaca para los meses de febrero y marzo.

Tabla 41.

Registro de temperatura y cálculos para determinar el factor tiempo temperatura a la edad de ensayo

Edad, h	Temperatura °C	Interv. Edad (Δt), h	Temp. Prom. En interv. Edad, °C	Temperatura-0°C, °C	Increment. factor tiempo-temp., °C.h	Factor acum. Tiempo-temp., °C.h
1	9.5	1	9.5	9.5	9.5	9.5
2	11.0	1	10.3	10.3	10.3	19.8
3	10.8	1	10.9	10.9	10.9	30.7
4	10.7	1	10.8	10.8	10.8	41.4
5	10.8	1	10.8	10.8	10.8	52.2
6	10.7	1	10.8	10.8	10.8	62.9
7	10.7	1	10.7	10.7	10.7	73.6
8	11.1	1	10.9	10.9	10.9	84.5
9	11.2	1	11.2	11.2	11.2	95.7
10	10.7	1	11.0	11.0	11.0	106.6
11	11.2	1	11.0	11.0	11.0	117.6
12	10.8	1	11.0	11.0	11.0	128.6
13	11.2	1	11.0	11.0	11.0	139.6
14	10.9	1	11.1	11.1	11.1	150.6
15	10.6	1	10.8	10.8	10.8	161.4
16	11.0	1	10.8	10.8	10.8	172.2
17	8.9	1	10.0	10.0	10.0	182.1
18	9.0	1	9.0	9.0	9.0	191.1
19	9.4	1	9.2	9.2	9.2	200.3
20	10.0	1	9.7	9.7	9.7	210.0
21	9.8	1	9.9	9.9	9.9	219.9
22	10.5	1	10.2	10.2	10.2	230.0
23	10.9	1	10.7	10.7	10.7	240.7
24	11.2	1	11.1	11.1	11.1	251.8
25	9.7	1	10.5	10.5	10.5	262.2
26	10.2	1	10.0	10.0	10.0	272.2
27	10.7	1	10.5	10.5	10.5	282.6
28	9.9	1	10.3	10.3	10.3	292.9

Donde podemos calcular un factor Tiempo – Temperatura promedio de 10.5°C, para lo cual también calculamos el mismo factor para las edades de ensayo que realizamos:

Tabla 42.*Factor Tiempo - Temperatura a edades de ensayos realizados*

Edad, d	Increment. Edad, (Δt), h	Temperatura T, °C	Increment. Factor tiempo-temp., (T-0) x Δt, °C.h	Factor tiempo-temp acum., °C.h
7	96	10.7	1027.2	1027.2
14	168	10.9	1831.2	2858.4

3.12.2. Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días

Una vez obtenido estos valores aplicamos las siguientes fórmulas para predecir la resistencia a la compresión a los 28 días de las muestras faltantes

Ecuación (i)

$$M = (T_{prom} - 0) \times 14 \text{ dias} \times 24 \text{ horas}$$

Ecuación (ii)

$$S_M = S_m + b(\log M - \log m)$$

Donde:

- S_M : Resistencia Proyectada a la edad designada
- S_m : Resistencia a la Compresión medida a m
- b: Pendiente de la ecuación de predicción
- M: Índice de madurez correspondiente al ensayo a 28 días
- m: Índice de madurez correspondiente al ensayo a temprana edad

3.12.2.1. Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días para MP+10%

Aplicando las fórmulas presentadas procedemos a calcular la resistencia a compresión para los especímenes de muestra MP+10%, para lo cual se presenta los siguientes resultados:

Tabla 43.*Predicción de resistencia a la Compresión a la edad de 28 días para MP+10%*

Descripción	Resistencia MP+10% (Mpa)	Factor tiempo-temp acum., °C.h
7 días	5.40	1027.2
14 días	5.71	2858.4

Aplicando la formula (i) y (ii), tenemos los siguientes resultados:

Ecuación (i)

$$M = (10.5 - 0) \times 14 \text{días} \times 24 \text{horas}$$

$$M = 3514.8 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$$

Ecuación (ii), tomando en cuenta que $b = 0.47 \text{MPa}$

$$S_M = 5.71 + 0.47(\log 3514.8 - \log 292.9)$$

$$S_M = 6.22 \text{ MPa}$$

3.12.2.2. Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días para MP+15%

Aplicando las fórmulas presentadas procedemos a calcular la resistencia a compresión para los especímenes de muestra MP+15%, para lo cual se presenta los siguientes resultados:

Tabla 44.

Predicción de resistencia a la Compresión a la edad de 28 días para MP+15%

Descripción	Resistencia MP+15% (Mpa)	Factor tiempo-temp acum., °C.h
7 días	4.42	1027.2
14 días	0.77	2858.4

Aplicando la formula (i) y (ii), tenemos los siguientes resultados:

Ecuación (i)

$$M = (10.5 - 0) \times 14 \text{días} \times 24 \text{horas}$$

$$M = 3514.8 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$$

Ecuación (ii), tomando en cuenta que $b = -1.06 \text{MPa}$

$$S_M = 0.77 - 1.06(\log 3514.8 - \log 292.9)$$

$$S_M = 0.38 \text{ MPa}$$

3.12.2.3. Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días para MP+20%

Aplicando las fórmulas presentadas procedemos a calcular la resistencia a compresión para los especímenes de muestra MP+20%, para lo cual se presenta los siguientes resultados:

Tabla 45.*Predicción de resistencia a la Compresión a la edad de 28 días para MP+20%*

Descripción	Resistencia MP+20% (Mpa)	Factor tiempo-temp acum., °C.h
7 días	0.91	1027.2
14 días	0.63	2858.4

Aplicando la formula (i) y (ii), tenemos los siguientes resultados:

Ecuación (i)

$$M = (10.5 - 0) \times 14 \text{días} \times 24 \text{horas}$$

$$M = 3514.8 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$$

Ecuación (ii), tomando en cuenta que $b = 0.49 \text{MPa}$

$$S_M = 0.63 + 0.49(\log 3514.8 - \log 292.9)$$

$$S_M = 0.52 \text{ MPa}$$

3.12.2.4. Cálculo de la Resistencia a compresión a los 28 días para MP+25%

Aplicando las fórmulas presentadas procedemos a calcular la resistencia a compresión para los especímenes de muestra MP+25%, para lo cual se presenta los siguientes resultados:

Tabla 46.*Predicción de resistencia a la Compresión a la edad de 28 días para MP+25%*

Descripción	Resistencia MP+25% (Mpa)	Factor tiempo-temp acum., °C.h
7 días	0.74	1027.2
14 días	0.51	2858.4

Aplicando la formula (i) y (ii), tenemos los siguientes resultados:

Ecuación (i)

$$M = (10.5 - 0) \times 14 \text{días} \times 24 \text{horas}$$

$$M = 3514.8 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$$

Ecuación (ii), tomando en cuenta que $b = 0.40 \text{MPa}$

$$S_M = 0.51 + 0.40(\log 3514.8 - \log 292.9)$$

$$S_M = 0.43 \text{ MPa}$$

3.13. Resumen general de resultados obtenidos

En las siguientes tablas se presenta un resumen de los resultados obtenidos para los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques de concreto, los cuales fueron realizados a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 47.

Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	59.66	72.90	92.55
02	56.96	70.41	128.27
03	40.68	70.54	118.79
04	53.37	79.40	115.60
05	52.47	69.14	113.92
06	48.72	73.13	120.82
07	48.56	72.53	112.16
08	40.93	73.85	81.57
09	61.02	75.39	73.02
10	36.42	71.53	72.91

Tabla 48.

Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+5%

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	43.92	40.25	65.76
02	38.51	91.64	64.00
03	40.30	73.90	54.81
04	41.49	55.16	61.26
05	30.86	68.93	83.84
06	36.58	72.01	93.56
07	38.71	76.83	72.49
08	48.12	83.87	40.27
09	37.80	74.52	77.19
10	43.62	73.19	78.24

Tabla 49.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+10%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	58.34	68.62	85.26
02	50.77	57.81	69.20
03	43.67	66.72	104.03
04	66.48	61.21	52.69
05	55.49	77.05	111.95
06	57.06	55.65	53.38
07	48.42	58.30	74.29
08	54.94	63.12	76.36
09	65.04	58.62	48.23
10	50.54	15.40	41.50

Tabla 50.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+15%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	40.87	7.12	3.72
02	43.57	5.46	3.77
03	48.84	5.50	6.47
04	44.75	7.52	3.07
05	46.97	7.15	0.54
06	47.58	9.66	9.28
07	44.51	9.71	11.14
08	48.63	6.48	2.77
09	42.94	10.90	16.28
10	42.54	8.59	8.12

Tabla 51.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+20%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	9.22	6.00	4.74
02	8.75	6.06	5.09
03	9.02	6.23	5.22
04	9.43	5.92	4.50
05	9.64	5.41	3.56
06	9.02	6.27	5.28
07	9.22	8.17	8.24
08	9.55	7.07	6.30
09	9.60	6.67	5.61
10	9.23	6.12	4.92

Tabla 52.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+25%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	11.20	3.52	0.34
02	10.60	6.18	4.29
03	11.02	5.17	2.42
04	10.46	4.51	1.65
05	10.14	5.30	3.11
06	4.63	5.79	6.87
07	4.52	6.05	7.36
08	3.85	5.18	6.30
09	4.41	5.30	6.20
10	9.23	5.19	5.99

En las siguientes tablas se presenta un resumen de los resultados obtenidos para los ensayos de densidad de los bloques de concreto, los cuales fueron realizados a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 53.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	2.45	2.31	2.08
02	2.36	2.26	2.28
03	2.21	2.24	2.22
04	2.33	2.19	2.27
05	2.40	2.24	2.30
06	2.31	2.29	2.26
07	2.27	2.14	2.24
08	2.23	2.26	2.27
09	2.25	2.30	2.23
10	2.28	2.14	2.20

Tabla 54.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+5%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	2.11	2.32	2.26
02	2.10	2.32	2.25
03	2.14	2.38	2.16
04	2.14	2.25	2.17
05	2.11	2.30	2.28
06	2.18	2.40	2.32
07	2.20	2.33	2.30
08	2.20	2.35	2.21
09	2.24	2.33	2.23
10	2.12	2.28	2.15

Tabla 55.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+10%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	2.14	2.15	2.12
02	2.19	2.28	2.06
03	2.16	2.38	1.82
04	2.18	2.21	2.12
05	2.19	2.25	2.10
06	2.22	2.24	2.20
07	2.14	2.28	1.93
08	2.07	2.29	1.73
09	1.68	1.81	1.48
10	1.74	1.82	1.63

Tabla 56.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+15%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	1.30	1.57	0.89
02	1.57	1.59	1.54
03	1.54	1.49	1.61
04	1.57	1.64	1.47
05	1.53	1.59	1.43
06	1.37	1.51	1.17
07	1.45	1.53	1.33
08	1.50	1.51	1.48
09	1.49	1.55	1.40
10	1.41	1.54	1.21

Tabla 57.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+20%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	1.36	1.42	1.28
02	1.29	1.45	1.04
03	1.29	1.41	1.11
04	1.41	1.41	1.41
05	1.37	1.42	1.29
06	1.38	1.43	1.31
07	1.47	1.57	1.31
08	1.47	1.53	1.38
09	1.43	1.51	1.31
10	1.57	1.56	1.58

Tabla 58.*Resumen de resultados para el ensayo de resistencia a la compresión de MP+25%*

Grupo	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
01	1.32	1.35	1.28
02	1.32	1.41	1.18
03	1.35	1.34	1.36
04	1.40	1.40	1.39
05	1.14	1.35	0.82
06	1.40	1.36	1.46
07	1.33	1.37	1.27
08	1.35	1.41	1.25
09	1.37	1.35	1.40
10	1.33	1.35	1.29

CAPITULO IV

4.1. Generalidades

En el presente se comparan y analizarán los resultados obtenidos acerca del comportamiento del concreto cuando se le adiciona la celulosa de papel en diferentes cantidades a través de los diferentes ensayos realizados, los mismos que estarán expresados por cuadros y gráficos los cuales nos servirán para formular las conclusiones y recomendaciones.

Una unidad de albañilería se caracteriza por su fácil manipulación de los bloques ya sea con una o dos manos; en el caso de los bloques de concreto se recomienda que su manipulación sea con dos manos, dificultando así el trabajo en los albañiles, es por ese motivo que en la presente investigación se toma en cuenta tanto la resistencia así como la densidad del bloque en estudio.

4.2. Resistencia a la Compresión de especímenes

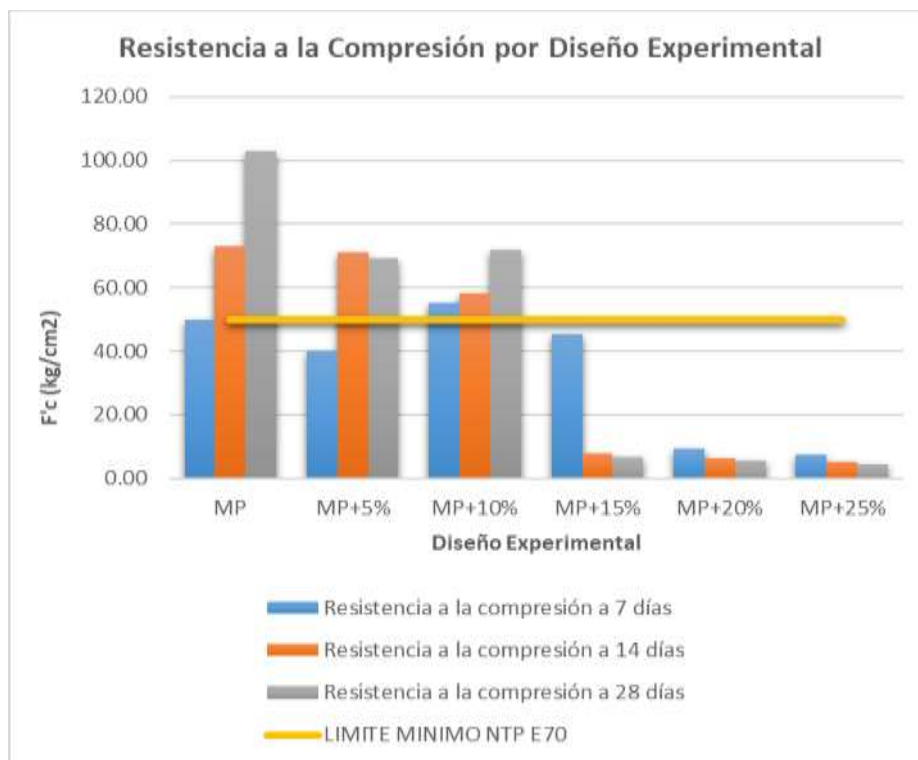
Los resultados promedios de la prueba de resistencia a la compresión realizada a los 7, 14 y 28 días se registra en la Tabla 59. Los resultados de la prueba demuestran una expansión en relación a la edad de curado debido al proceso de hidratación, esto se muestra a continuación en la Tabla 59.

Tabla 59.

Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los 6 grupos experimentales

Grupo	Material Experimental	Porcentaje de Adición (%)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
			7 días	14 días	28 días
MP	-	0	49.88	72.88	102.96
MP+5%	Celulosa de Papel	5	39.99	71.03	69.14
MP+10%	Celulosa de Papel	10	55.07	58.25	71.69
MP+15%	Celulosa de Papel	15	45.12	7.81	6.52
MP+20%	Celulosa de Papel	20	9.27	6.39	5.35
MP+25%	Celulosa de Papel	25	7.53	5.22	4.45

Gráfico 1. Resumen de resultados de resistencia a la compresión con diferentes diseños experimentales.



Según la Tabla 59 y gráfico 1, se describe los resultados obtenidos de resistencia a la compresión que alcanzaron cada uno de los diseños experimentales a los 7, 14 y 28 días.

El primer diseño experimental (MP), siendo la muestra patrón que no cuenta con ningún aditivo logró una resistencia a la compresión a los 7 días de 49.88 kg/cm², 72.88 kg/cm² a los 14 días y 102.96 kg/cm² a la edad de 28 días.

El segundo diseño experimental (MP+5%), siendo una muestra con un porcentaje de adición de celulosa de papel de 5% logró una resistencia a la compresión a los 7 días de 39.99 kg/cm², 71.03 kg/cm² a los 14 días y 69.14 kg/cm² a la edad de 28 días.

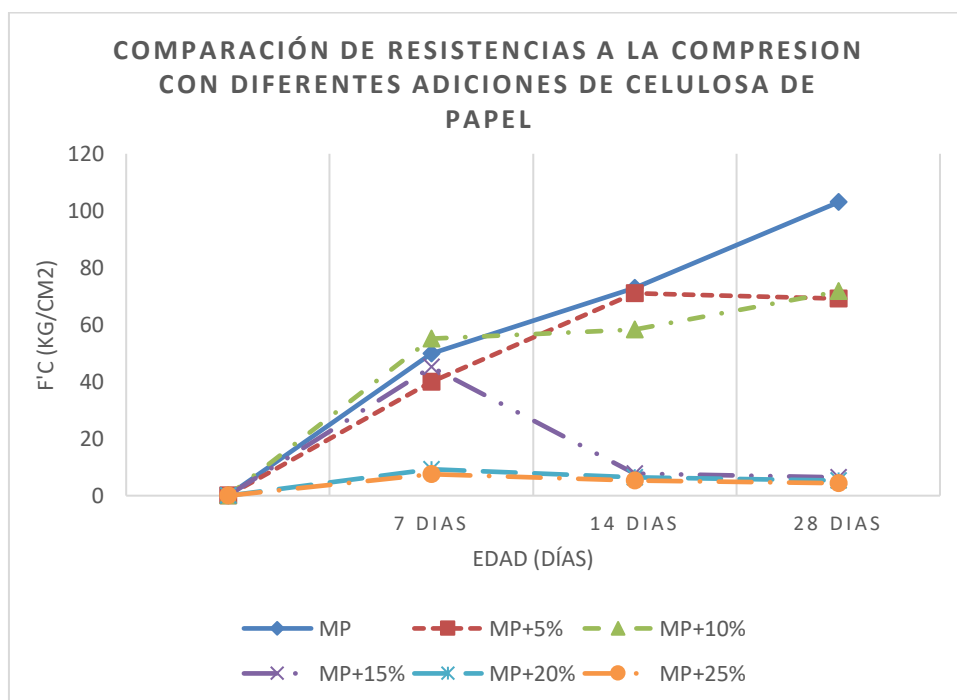
El tercer diseño experimental (MP+10%), siendo una muestra con un porcentaje de adición de celulosa de papel de 10% logró una resistencia a la compresión a los 7 días de 55.07 kg/cm², 58.25 kg/cm² a los 14 días y 71.69 kg/cm² a la edad de 28 días.

El cuarto diseño experimental (MP+15%), siendo una muestra con un porcentaje de adición de celulosa de papel de 15% logró una resistencia a la compresión a los 7 días de 45.12 kg/cm², 7.81 kg/cm² a los 14 días y 6.52 kg/cm² a la edad de 28 días.

El quinto diseño experimental (MP+20%), siendo una muestra con un porcentaje de adición de celulosa de papel de 20% logró una resistencia a la compresión a los 7 días de 9.27 kg/cm², 6.39 kg/cm² a los 14 días y 5.35 kg/cm² a la edad de 28 días.

El sexto diseño experimental (MP+25%), siendo una muestra con un porcentaje de adición de celulosa de papel de 25% logró una resistencia a la compresión a los 7 días de 7.53 kg/cm², 5.22 kg/cm² a los 14 días y 4.45 kg/cm² a la edad de 28 días

Gráfico 2 Comparación de F_c con diferentes adiciones de celulosa de papel



En el gráfico 2, se muestra también los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a la edad de los 7, 14 y 28 días de los diseños experimentales aplicando diferentes adiciones de celulosa de papel. La resistencia a compresión en las mezclas de concreto con celulosa de papel fue menores a la mezcla de referencia (MP) para todas las edades de prueba. Como también se puede notar que el diseño experimental MP+10% (Muestra Patrón + 10% de celulosa de papel) llega a obtener una resistencia a la compresión de 71.69 kg/cm² a la edad de 28 días; siendo así el diseño con adición de celulosa que tiene más resistencia a la compresión en la presente investigación. Por lo tanto, se puede deducir que el contenido de celulosa de papel en la mezcla de concreto desempeña un papel importante en las propiedades mecánicas; sin embargo, a medida que esta adición aumenta la resistencia del concreto disminuye.

4.3. Cálculo de densidad

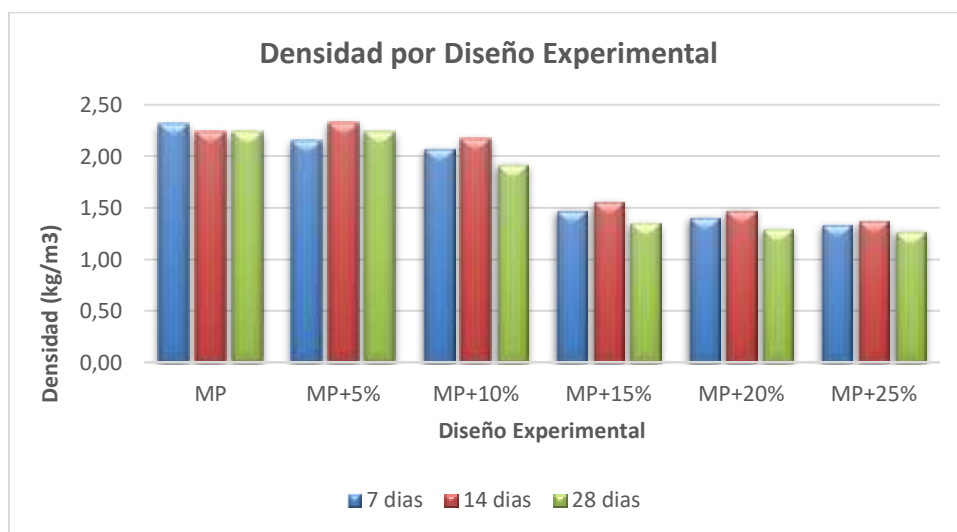
Durante el proceso de colado de los dados de concreto, se observó que la densidad seca disminuía cuando se le añadía una mayor cantidad de celulosa de papel; esto debido a que el papel absorbe una gran cantidad de agua, el cual se va evaporando mientras

cumple los días para ser ensayado a compresión, diferentes autores indicaron que la celulosa de papel tiene una alta capacidad de absorción de agua, el cual pudimos confirmar en la presente investigación, sin embargo; esta propiedad de la celulosa ayuda a mejorar la trabajabilidad del concreto dando la apariencia de contener un aditivo plastificante. A continuación, se muestra un resumen de los resultados obtenidos a nivel de la investigación realizada, los cuales se muestran mediante tablas y gráficos. Cabe mencionar además que se realizó una extrapolación para obtener los resultados de densidad de MP+10%, MP+15%, MP+20% y MP+25% a la edad de 28 días.

Tabla 60.
Densidad (kg/m³) de los diferentes especímenes

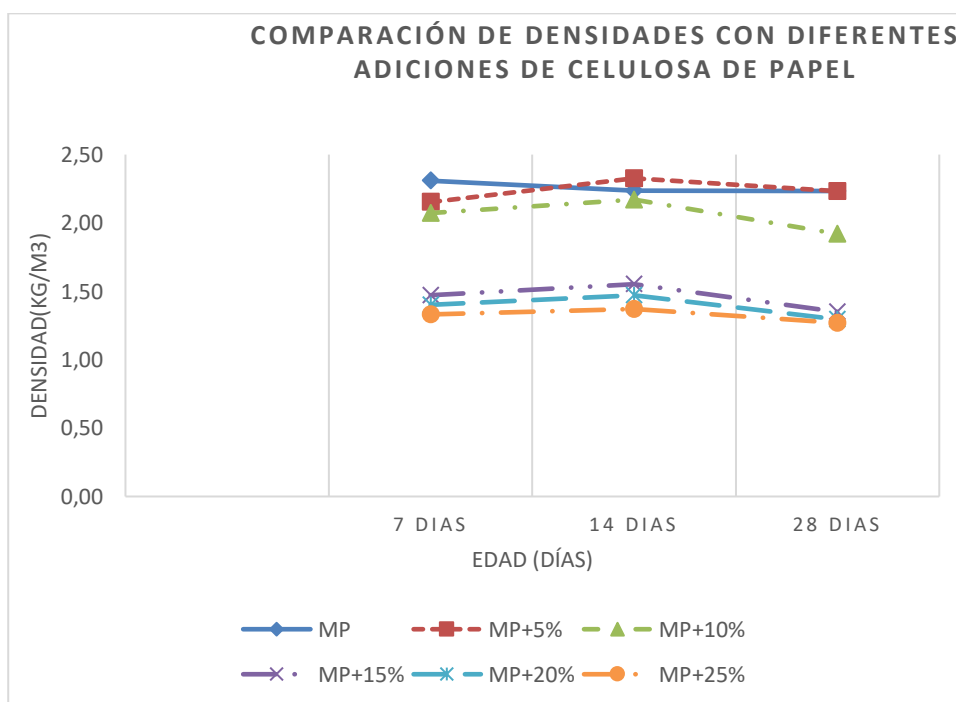
Grupo	Material Experimental	Porcentaje de Adición (%)	Densidad (kg/m ³)		
			7 días	14 días	28 días
MP	-	0	2.31	2.24	2.23
MP+5%	Celulosa de Papel	5	2.15	2.33	2.23
MP+10%	Celulosa de Papel	10	2.07	2.17	1.92
MP+15%	Celulosa de Papel	15	1.47	1.55	1.35
MP+20%	Celulosa de Papel	20	1.40	1.47	1.30
MP+25%	Celulosa de Papel	25	1.33	1.37	1.27

Gráfico 3. *Resumen de densidad en los diferentes especímenes*



Según la tabla 60 y el gráfico 3, se puede describir y analizar la densidad que obtuvieron los especímenes de los diferentes grupos. El primero grupo, que es un concreto convencional obtuvo una densidad de 2.23 kg/m³ a los 28 días. El segundo grupo, el cual tiene 5% de adición de celulosa de papel, obtuvo una densidad de 2.23 kg/m³ a los 28 días. El tercer grupo, el cual tiene 10% de adición de celulosa de papel, obtuvo una densidad de 1.92 kg/m³ a los 28 días. El cuarto grupo, el cual tiene 15% de adición de celulosa de papel, obtuvo una densidad de 1.35 kg/m³ a los 28 días. El quinto grupo, el cual tiene 20% de adición de celulosa de papel, obtuvo una densidad de 1.30 kg/m³ a los 28 días. El sexto grupo, el cual tiene 25% de adición de celulosa de papel, obtuvo una densidad de 1.27 kg/m³ a los 28 días.

Gráfico 4. Comparación de densidades para diferentes adiciones de celulosa



En el gráfico 4 se muestra la comparación de las diferentes densidades secas obtenidas a los 7, 14 y 28 días aplicando las diferentes adiciones de celulosa de papel periódico; cabe indicar, que los resultados varían debido a la capacidad de absorción que tiene la celulosa de papel, el cual varía con el tiempo. Del gráfico 4 se puede deducir que la adición más eficiente en función a la densidad es del diseño experimental MP+10%, la misma que obtuvo una densidad de 1.92 kg/m³, tomando en cuenta que las muestras

MP+15%, MP+20%, MP+25% obtuvieron una densidad mucho menor, sin embargo, sus resultados de resistencia a la compresión no son aceptables, por lo cual quedan desestimadas.

4.4. Prueba de hipótesis

La hipótesis a probar es la siguiente:

“La adición de celulosa de papel como sustituto parcial de cemento portland IP mejora las propiedades vinculantes del concreto patrón con la finalidad de ser empleado como unidad de albañilería en muros portantes.

Para esta situación lo que se va a probar es: Si las propiedades mecánicas del concreto mejoran con la sustitución de cemento por celulosa de papel en distintos porcentajes de adición de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%, frente a un concreto patrón.

4.4.1. Prueba de hipótesis para la resistencia a la compresión del concreto

Paso N° 01.- Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

Se va a probar la hipótesis sobre la diferencia de medias. Si la resistencia a compresión del concreto mejora con el sustituto de cemento por celulosa de papel en distintos porcentajes de adición de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%, frente a un concreto patrón.

H_0 : La adición de un porcentaje de celulosa de papel como sustituto parcial del cemento portland IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

H_1 : La adición de un porcentaje de celulosa de papel como sustituto parcial del cemento portland IP mejora la resistencia a compresión del concreto.

La hipótesis nula: $H_0 = \mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$

La hipótesis alternativa: $H_1 = \mu_{\bar{x}_{cc}} > \mu_{\bar{x}_{sc}}$

Donde:

$\mu_{\bar{x}_{cc}}$: Representa a la media aritmética de la Resistencia a compresión del concreto con diferentes proporciones de celulosa de papel.

$\mu_{\bar{x}_{sc}}$: Representa la media aritmética del concreto patrón (sin celulosa de papel)

Paso N° 02.- Nivel de significancia

Para la presente investigación emplearemos un nivel de significancia de: $\alpha = 0.05$; es decir, la investigación tendrá un 95% de confianza para la toma de decisión adecuada.

Paso N° 03.- Identificar o seleccionar el estadístico de prueba

Para la presente investigación se utilizará el método de prueba de hipótesis "T de student", puesto que tenemos variables independientes cuantitativas, además el número de variables es menor a 30

Prueba de hipótesis con la distribución T de Student

Como la hipótesis a probar es: "La adición de un porcentaje de celulosa de papel como sustituto parcial del cemento portland IP no mejora la resistencia a compresión del concreto". Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$$\mu_{\bar{x}_{cc}} > \mu_{\bar{x}_{sc}}$$

Por consiguiente, se trata de un test de una cola, con:

La hipótesis nula: $H_0 = \mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$

La hipótesis alternativa: $H_1 = \mu_{\bar{x}_{cc}} > \mu_{\bar{x}_{sc}}$

El estadístico de prueba para una distribución t—student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{x}_{cc} - \bar{x}_{sc}}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

\bar{x}_{cc} : Medias de las resistencias a compresión del concreto con celulosa de papel en distintas proporciones de cemento de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.

\bar{x}_{sc} : Medias de las resistencias a compresión del concreto patrón (Muestra patrón).

Realizando los cálculos para todas las adiciones de concreto a los 7, 14 y 28 días de edad, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 61.*Cálculo estadístico de prueba tp para el concreto a la edad de 7 días*

RESISTENCIA A COMPRESION A LA EDAD DE 7 DIAS						
Nro.	MP	MP+5%	MP+10%	MP+15%	MP+20%	MP+25%
1	59.66	43.92	58.34	40.87	9.22	11.20
2	56.96	38.51	50.77	43.57	8.75	10.60
3	40.68	40.30	43.67	48.84	9.02	11.02
4	53.37	41.49	66.48	44.75	9.43	10.46
5	52.47	30.86	55.49	46.97	9.64	10.14
6	48.72	36.58	57.06	47.58	9.02	4.63
7	48.56	38.71	48.42	44.51	9.22	4.52
8	40.93	48.12	54.94	48.63	9.55	3.85
9	61.02	37.80	65.04	42.94	9.60	4.41
10	36.42	43.62	50.54	42.54	9.23	4.47
ni	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Xi	49.88	39.99	55.07	45.12	9.27	7.53
	70.86	22.28	50.85	7.55	0.08	11.18
Xsc-X		-48.58	-20.00	-63.30	-70.77	-59.68
Sp		3.80	4.35	3.49	3.32	3.57
tp		-28.57	-10.29	-40.58	-47.70	-37.40

Tabla 62.*Cálculo estadístico de prueba tp para el concreto a la edad de 14 días*

RESISTENCIA A COMPRESION A LA EDAD DE 14 DIAS						
Nro.	MP	MP+5%	MP+10%	MP+15%	MP+20%	MP+25%
1	72.90	40.25	68.62	7.12	6.00	3.52
2	70.41	91.64	57.81	5.46	6.06	6.18
3	70.54	73.90	66.72	5.50	6.23	5.17
4	79.40	55.16	61.21	7.52	5.92	4.51
5	69.14	68.93	77.05	7.15	5.41	5.30
6	73.13	72.01	55.65	9.66	6.27	5.79
7	72.53	76.83	58.30	9.71	8.17	6.05
8	73.85	83.87	63.12	6.48	7.07	5.18
9	75.39	74.52	58.62	10.90	6.67	5.30
10	71.53	73.19	15.40	8.59	6.12	5.19
ni	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Xi	72.88	71.03	58.25	7.81	6.39	5.22
	8.59	205.89	267.64	3.43	0.58	0.59
Xsc-X		197.30	259.05	-5.16	-8.01	-7.99
Sp		5.77	6.55	1.37	1.19	1.19
tp		76.47	88.48	-8.45	-15.01	-14.97

Tabla 63.*Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 28 días*

RESISTENCIA A COMPRESION A LA EDAD DE 28 DIAS						
Nro.	MP	MP+5%	MP+10%	MP+15%	MP+20%	MP+25%
1	72.90	65.76	85.26	3.72	4.74	0.34
2	70.41	64.00	69.20	3.77	5.09	4.29
3	70.54	54.81	104.03	6.47	5.22	2.42
4	79.40	61.26	52.69	3.07	4.50	1.65
5	69.14	83.84	111.95	0.54	3.56	3.11
6	73.13	93.56	53.38	9.28	5.28	6.87
7	72.53	72.49	74.29	11.14	8.24	7.36
8	73.85	40.27	76.36	2.77	6.30	6.30
9	75.39	77.19	48.23	16.28	5.61	6.20
10	71.53	78.24	41.50	8.12	4.92	5.99
ni	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Xi	72.88	69.14	71.69	6.52	5.35	4.45
	8.59	234.44	560.46	22.66	1.54	5.98
Xsc-X		163.58	489.60	-48.20	-69.31	-64.87
Sp		6.88	9.90	3.81	3.35	3.45
tp		53.14	110.61	-28.29	-46.24	-42.01

Paso N° 04.- Formular la regla de decisión

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{ también: } t_p > t_{\text{tabla}}$$

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 18 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 10+10-2} = t_{0.05, 18} = 1.73$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el t_p es superior a 1.73, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el t_p es inferior a 1.73 no se rechaza la hipótesis nula.

Gráfico 5. Gráfica del estadístico t para $\alpha = 0.05$ y 18 grados de libertad.



Fuente: StatKey.com – Theoretical Distribution

Paso N° 05.- Toma de una decisión

La toma de una decisión (No se rechaza H_0 , o se rechaza H_0 y se acepta H_1) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para distintas edades del concreto.

Edad 7 días

Los estadísticos se han calculado para cada tipo de concreto, los cuales son:

Tabla 64.

Decisión de la Hipótesis H_0 con el T_p para el concreto a 7 días de edad

DESCRIPCIÓN	GRUPO MP	GRUPOS				
		GRUPO MP+5%	GRUPO MP+10%	GRUPO MP+15%	GRUPO MP+20%	GRUPO MP+25%
t_p	0.05	-28.57	-10.29	-40.58	-47.70	-37.40
n_1+n_2-2		18	18	18	18	18
$t_{tabla=}$		1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
Decisión		No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza

De la tabla anterior se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde "No se Rechaza la H_0 " de la curva de distribución de t student ($T_p < T_{tabla}$)

Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con adición de celulosa de papel periódico es significativamente menor al de

un concreto sin celulosa de papel periódico ($\mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$) a una edad de 7 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Edad 14 días

Los estadísticos se han calculado para cada tipo de concreto, los cuales son:

Tabla 65.

Decisión de la Hipótesis Ho con el Tp para el concreto a 14 días de edad

DESCRIPCIÓN	GRUPO MP	GRUPOS				
		GRUPO MP+5%	GRUPO MP+10%	GRUPO MP+15%	GRUPO MP+20%	GRUPO MP+25%
tp		76.47	88.48	-8.45	-15.01	-14.97
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
n ₁ +n ₂ -2		18	18	18	18	18
t _{tabla} =		1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
Decisión		Se Rechaza	Se Rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza

De la tabla anterior se puede obtener dos observaciones:

- Los estadísticos de prueba para el concreto de: GRUPO MP+5% y GRUPO MP+10% caen en la región donde “Se Rechaza la Ho” de la curva de t student ($T_p > T_{tabla}$), donde la Ho afirma que la resistencia a compresión del concreto con celulosa de papel es menor al de un concreto sin celulosa de papel ($\mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$), y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto, la resistencia a compresión del concreto con celulosa de papel (GRUPO MP+5% y GRUPO MP+10%) es mayor al de un concreto sin celulosa de papel (GRUPO MP) a la edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).
- Los estadísticos de prueba para el concreto de: GRUPO MP+15%, GRUPO MP+20% y GRUPO MP+25% caen en la región donde “No se Rechaza la Ho” de la curva de t student ($T_p < T_{tabla}$). Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con celulosa de papel (GRUPO MP+15%, GRUPO MP+20% y GRUPO MP+25%) es significativamente menor al de un concreto sin celulosa de papel (GRUPO MP) a una edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Edad 28 días

Los estadísticos se han calculado para cada tipo de concreto, los cuales son:

Tabla 66.

Decisión de la Hipótesis Ho con el Tp para el concreto a 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	GRUPO MP	GRUPOS				
		GRUPO MP+5%	GRUPO MP+10%	GRUPO MP+15%	GRUPO MP+20%	GRUPO MP+25%
tp		53.14	110.61	-28.29	-46.24	-42.01
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
n ₁ +n ₂ -2		18	18	18	18	18
t _{tabla} =		1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
Decisión		Se Rechaza	Se Rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza

De la tabla anterior se puede obtener dos observaciones:

- Los estadísticos de prueba para el concreto de: GRUPO MP+5% y GRUPO MP+10% caen en la región donde “Se Rechaza la Ho” de la curva de t student ($T_p > T_{tabla}$), donde la Ho afirma que la resistencia a compresión del concreto con celulosa de papel es menor al de un concreto sin celulosa de papel ($\mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$), y se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto, la resistencia a compresión del concreto con celulosa de papel (GRUPO MP+5% y GRUPO MP+10%) es mayor al de un concreto sin celulosa de papel (GRUPO MP) a la edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).
- Los estadísticos de prueba para el concreto de: GRUPO MP+15%, GRUPO MP+20% y GRUPO MP+25% caen en la región donde “No se Rechaza la Ho” de la curva de t student ($T_p < T_{tabla}$). Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula que afirma que la resistencia a compresión del concreto con celulosa de papel (GRUPO MP+15%, GRUPO MP+20% y GRUPO MP+25%) es significativamente menor al de un concreto sin celulosa de papel (GRUPO MP) a una edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Decisión respecto a la hipótesis de investigación

En la siguiente tabla se muestra el resumen de todos los análisis anteriores, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto para diferentes porcentajes de adición de celulosa de papel periódico:

La hipótesis nula (H_0) planteada es:

H_0 : La adición de un porcentaje de celulosa de papel como sustituto parcial del cemento portland IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

Tabla 67.*Resumen de análisis de datos con método estadístico t de student*

DESCRIPCIÓN	GRUPO MP	GRUPOS				
		GRUPO MP+5%	GRUPO MP+10%	GRUPO MP+15%	GRUPO MP+20%	GRUPO MP+25%
Compresión (edad 7 días)	tp	-28.57	-10.29	-40.58	-47.70	-37.40
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	n_1+n_2-2	18	18	18	18	18
	$t_{tabla=}$	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
	Decisión	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza
Compresión (edad 7 días)	tp	76.47	88.48	-8.45	-15.01	-14.97
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	n_1+n_2-2	18	18	18	18	18
	$t_{tabla=}$	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
	Decisión	Se Rechaza	Se Rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza
Compresión (edad 7 días)	tp	53.14	110.61	-28.29	-46.24	-42.01
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	n_1+n_2-2	18	18	18	18	18
	$t_{tabla=}$	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
	Decisión	Se Rechaza	Se Rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza

De la anterior tabla podemos decir que: Se acepta la hipótesis de investigación que afirma que la adición de un porcentaje de celulosa de papel periódico como sustituto parcial del cemento mejora la resistencia a compresión del concreto a la edad de 14 y 28 días, dichos porcentajes de adición de celulosa de papel son el 5% y 10% del peso de cemento en el diseño.

4.4.2. Prueba de hipótesis para la densidad del concreto

Paso N° 01.- Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

Se va a probar la hipótesis sobre la diferencia de medias. Si la densidad del concreto mejora con el sustituto de cemento por celulosa de papel en distintos porcentajes de adición de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%, frente a un concreto patrón.

H_0 : La adición de un porcentaje de celulosa de papel como sustituto parcial del cemento portland IP mejora la densidad del concreto.

H_1 : La adición de un porcentaje de celulosa de papel como sustituto parcial del cemento portland IP no mejora la resistencia a compresión del concreto.

La hipótesis nula: $H_0 = \mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$

La hipótesis alternativa: $H_1 = \mu_{\bar{x}_{cc}} > \mu_{\bar{x}_{sc}}$

Donde:

$\mu_{\bar{x}_{cc}}$: Representa a la media aritmética de la Densidad del concreto con diferentes proporciones de celulosa de papel.

$\mu_{\bar{x}_{sc}}$: Representa la media aritmética del concreto patrón (sin celulosa de papel)

Paso N° 02.- Nivel de significancia

Para la presente investigación emplearemos un nivel de significancia de: $\alpha = 0.05$; es decir, la investigación tendrá un 95% de confianza para la toma de decisión adecuada.

Paso N° 03.- Identificar o seleccionar el estadístico de prueba

Para la presente investigación se utilizará el método de prueba de hipótesis "T de student", puesto que tenemos variables independientes cuantitativas, además el número de variables es menor a 30

Prueba de hipótesis con la distribución T de Student

Como la hipótesis a probar es: “La adición de un porcentaje de celulosa de papel como sustituto parcial del cemento portland IP mejora la densidad del concreto”. Entonces nuestra hipótesis es de la forma:

$$\mu_{\bar{x}_{cc}} > \mu_{\bar{x}_{sc}}$$

Por consiguiente, se trata de un test de una cola, con:

La hipótesis nula: $H_0 = \mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$

La hipótesis alternativa: $H_1 = \mu_{\bar{x}_{cc}} > \mu_{\bar{x}_{sc}}$

El estadístico de prueba para una distribución t student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{x}_{cc} - \bar{x}_{sc}}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

\bar{x}_{cc} : Medias de la densidad del concreto con celulosa de papel en distintas proporciones de cemento de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.

\bar{x}_{sc} : Medias de la densidad del concreto patrón (Muestra patrón).

Realizando los cálculos para todas las adiciones de concreto a los 7, 14 y 28 días de edad, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 68.*Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 7 días*

DENSIDAD A LA EDAD DE 7 DIAS						
Nro.	MP	MP+5%	MP+10%	MP+15%	MP+20%	MP+25%
1	2.448	2.108	2.137	1.300	1.362	1.322
2	2.358	2.099	2.192	1.566	1.285	1.321
3	2.210	2.135	2.158	1.540	1.290	1.348
4	2.333	2.141	2.177	1.573	1.409	1.399
5	2.405	2.106	2.194	1.527	1.371	1.140
6	2.308	2.183	2.221	1.373	1.384	1.400
7	2.266	2.199	2.141	1.449	1.465	1.329
8	2.226	2.196	2.067	1.497	1.467	1.345
9	2.252	2.238	1.679	1.493	1.430	1.372
10	2.280	2.121	1.741	1.406	1.566	1.329
ni	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Xi	2.309	2.153	2.071	1.472	1.403	1.331
	0.006	0.002	0.038	0.008	0.007	0.005
Xsc-X		-0.004	0.032	0.002	0.001	-0.001
Sp		0.036	0.083	0.047	0.045	0.042
tp		-0.232	0.866	0.096	0.060	-0.036

Tabla 69.*Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 14 días*

DENSIDAD A LA EDAD DE 14 DIAS						
Nro.	MP	MP+5%	MP+10%	MP+15%	MP+20%	MP+25%
1	2.305	2.323	2.146	1.573	1.417	1.348
2	2.258	2.324	2.281	1.586	1.451	1.414
3	2.235	2.380	2.381	1.493	1.407	1.336
4	2.186	2.251	2.213	1.640	1.407	1.404
5	2.240	2.303	2.255	1.594	1.424	1.352
6	2.294	2.401	2.237	1.510	1.434	1.363
7	2.142	2.332	2.279	1.529	1.571	1.370
8	2.259	2.348	2.289	1.508	1.528	1.412
9	2.302	2.328	1.812	1.553	1.511	1.355
10	2.142	2.276	1.816	1.535	1.559	1.353
ni	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Xi	2.236	2.327	2.171	1.552	1.471	1.371
	0.004	0.002	0.039	0.002	0.004	0.001
Xsc-X		-0.002	0.035	-0.002	0.000	-0.003
Sp		0.030	0.081	0.030	0.035	0.027
tp		-0.133	0.967	-0.120	0.028	-0.247

Tabla 70.*Cálculo estadístico de prueba t_p para el concreto a la edad de 28 días*

Nro.	DENSIDAD A LA EDAD DE 28 DIAS					
	MP	MP+5%	MP+10%	MP+15%	MP+20%	MP+25%
1	2.084	2.257	2.124	0.890	1.281	1.284
2	2.283	2.254	2.058	1.535	1.037	1.181
3	2.216	2.164	1.822	1.612	1.114	1.365
4	2.267	2.168	2.123	1.473	1.412	1.391
5	2.298	2.284	2.102	1.428	1.292	0.823
6	2.257	2.316	2.196	1.167	1.310	1.456
7	2.238	2.298	1.935	1.328	1.306	1.267
8	2.266	2.207	1.735	1.479	1.376	1.246
9	2.227	2.229	1.480	1.404	1.307	1.397
10	2.201	2.153	1.629	1.211	1.577	1.293
ni	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Xi	2.234	2.233	1.920	1.353	1.301	1.270
	0.004	0.003	0.059	0.045	0.022	0.031
Xsc-X		-0.003	0.053	0.039	0.016	0.025
Sp		0.038	0.101	0.089	0.066	0.076
tp		-0.152	1.183	0.986	0.546	0.746

Paso N° 04.- Formular la regla de decisión

La regla de decisión se formula teniendo en cuenta que se trata de una prueba Unilateral (Una cola).

Para muestras unilaterales, se rechaza la hipótesis nula cuando:

$$t_{n+m-2} > t_{\alpha, n+m-2}, \text{ también: } t_p > t_{\text{tabla}}$$

El valor crítico, para la aceptación de rechazo de la hipótesis nula de acuerdo a las tablas t student, para un nivel de significancia de 0.05 y 18 grados de libertad, queda definido en:

$$t_{\alpha, n+m-2} = t_{0.05, 10+10-2} = t_{0.05, 18} = 1.73$$

Como se muestra en la siguiente figura, donde si el t_p es superior a 1.73, se rechaza la hipótesis nula, en cambio si el t_p es inferior a 1.73 no se rechaza la hipótesis nula.

Gráfico 6. Gráfica del estadístico t para $\alpha = 0.05$ y 18 grados de libertad.



Fuente: StatKey.com – Theoretical Distribution

Paso N° 05.- Toma de una decisión

La toma de una decisión (No se rechaza H_0 , o se rechaza H_0 y se acepta H_1) se hará respecto a los estadísticos de prueba calculados anteriormente para distintas edades del concreto.

Edad 7 días

Los estadísticos se han calculado para cada tipo de concreto, los cuales son:

Tabla 71.

Decisión de la Hipótesis H_0 con el T_p para el concreto a 7 días de edad

DESCRIPCIÓN	GRUPO MP	GRUPOS				
		GRUPO MP+5%	GRUPO MP+10%	GRUPO MP+15%	GRUPO MP+20%	GRUPO MP+25%
t_p	0.05	-0.23	0.87	0.10	0.06	-0.04
n_1+n_2-2		18	18	18	18	18
$t_{tabla=}$		1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
Decisión		No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza

De la tabla anterior se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde “No se Rechaza la H_0 ” de la curva de distribución de t student ($T_p < T_{tabla}$)

Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula que afirma que la densidad del concreto con adición de celulosa de papel periódico es significativamente menor al de un

concreto sin celulosa de papel periódico ($\mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$) a una edad de 7 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Edad 14 días

Los estadísticos se han calculado para cada tipo de concreto, los cuales son:

Tabla 72.

Decisión de la Hipótesis Ho con el Tp para el concreto a 14 días de edad

DESCRIPCIÓN	GRUPO MP	GRUPOS				
		GRUPO MP+5%	GRUPO MP+10%	GRUPO MP+15%	GRUPO MP+20%	GRUPO MP+25%
tp		-0.13	0.97	-0.12	0.03	-0.25
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
n_1+n_2-2		18	18	18	18	18
t _{tabla=}		1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
Decisión		No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza

De la tabla anterior se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde “No se Rechaza la Ho” de la curva de distribución de t student ($T_p < T_{tabla}$)

Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula que afirma que la densidad del concreto con adición de celulosa de papel periódico es significativamente menor al de un concreto sin celulosa de papel periódico ($\mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$) a una edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Edad 28 días

Los estadísticos se han calculado para cada tipo de concreto, los cuales son:

Tabla 73.

Decisión de la Hipótesis Ho con el Tp para el concreto a 28 días de edad

DESCRIPCIÓN	GRUPO MP	GRUPOS				
		GRUPO MP+5%	GRUPO MP+10%	GRUPO MP+15%	GRUPO MP+20%	GRUPO MP+25%
tp		-0.15	1.18	0.99	0.55	0.75
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
n_1+n_2-2		18	18	18	18	18
t _{tabla=}		1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
Decisión		No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza

De la tabla anterior se observa que todos los estadísticos de prueba caen en la región donde “No se Rechaza la Ho” de la curva de distribución de t student ($T_p < T_{tabla}$)

Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula que afirma que la densidad del concreto con adición de celulosa de papel periódico es significativamente menor al de un concreto sin celulosa de papel periódico ($\mu_{\bar{x}_{cc}} \leq \mu_{\bar{x}_{sc}}$) a una edad de 14 días, con un nivel de significancia de 0.05 (5%).

Decisión respecto a la hipótesis de investigación

En la siguiente tabla se muestra el resumen de todos los análisis anteriores, con respecto a la resistencia a la compresión del concreto para diferentes porcentajes de adición de celulosa de papel periódico:

La hipótesis nula (H_0) planteada es:

H_0 : La adición de un porcentaje de celulosa de papel como sustituto parcial del cemento portland IP mejora la densidad del concreto.

Tabla 74.

Resumen de análisis de datos con metodo estadístico t de student

DESCRIPCIÓN	GRUPO MP	GRUPOS				
		GRUPO MP+5%	GRUPO MP+10%	GRUPO MP+15%	GRUPO MP+20%	GRUPO MP+25%
Densidad (edad 7 días)	tp	-0.23	0.87	0.10	0.06	-0.04
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	n_1+n_2-2	18	18	18	18	18
	$t_{tabla=}$	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
	Decisión	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza
Densidad (edad 7 días)	tp	-0.13	0.97	-0.12	0.03	-0.25
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	n_1+n_2-2	18	18	18	18	18
	$t_{tabla=}$	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
	Decisión	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza
Densidad (edad 7 días)	tp	-0.15	1.18	0.99	0.55	0.75
		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	n_1+n_2-2	18	18	18	18	18
	$t_{tabla=}$	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
	Decisión	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza	No se rechaza

De la anterior tabla podemos decir que: Se acepta la hipótesis de investigación que afirma que la adición de un porcentaje de celulosa de papel periódico como sustituto parcial del cemento mejora la densidad del concreto a la edad de 7, 14 y 28 días, dichos porcentajes de adición de celulosa de papel son el 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del peso de cemento en el diseño.

4.5. Cálculo estadístico de adición óptima de celulosa de papel

4.5.1. Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) a los 14 días

La Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) consiste en un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable es influenciada por otras. El objetivo de esta metodología es optimizar las variables propuestas a partir de las variables de interés. Esto se logra cuando se determinan las condiciones óptimas de operación del sistema, es decir, la combinación adecuada para maximizar o minimizar la función del objetivo.

Los datos de entrada para el MSR quedan ordenados como se muestra en la Tabla 85., dentro de las cuales se puede denotar como variables independientes a los factores adición de celulosa (%) y edad de las muestras (días); y las variables dependientes vendrían a ser los factores resistencia a la compresión (kg/cm²) y densidad (kg/m³). Cabe mencionar que el análisis se realizó en el Software Minitab 18.

Tabla 75.
Datos de entrada para Minitab 18

Adición (%)	Edad (días)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)
0	28	72.88	2.24
5	28	71.03	2.33
10	28	58.25	2.17
15	28	7.81	1.55
20	28	6.39	1.47
25	28	5.22	1.37

4.5.1.1. Regresión de superficie de respuesta: Densidad (kg/m³) vs. Adición

Para empezar, se realiza el análisis de varianza; del cual se muestran los resultados en la Tabla 86, donde podemos notar que el modelo lineal es estadísticamente significativo para la superficie y por consiguiente el polinomio es usado para el ajuste y análisis. La asociada Prob>F estimada para el modelo es menor que 0.05 ($\alpha=0.05$, o 0.95% confidencial) indicando que el modelo es estadísticamente significativo.

Tabla 76.
Análisis de varianza para Densidad (kg/m³) vs. Adición (%)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	1	0.8143	0.81432	24.09	0.008
Lineal	1	0.8143	0.81432	24.09	0.008
Adición	1	0.8143	0.81432	24.09	0.008
Error	4	0.1352	0.03381		
Total	5	0.9496			

Con los resultados que nos brinda el software también se encuentra datos estadísticos como el R cuadrado y la desviación estándar del modelo, los cuales se contemplan en la Tabla 87.

Tabla 77.
Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.183867	85.76%	82.20%	69.08%

Mediante el cálculo se pudo obtener además los coeficientes codificados para el MSR, los cuales se encuentran contemplados en la Tabla 88.

Tabla 78.
Coeficientes codificados del modelo

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1.8550	0.0751	24.71	0.000	
Adición	-0.539	0.110	-4.91	0.008	1.00

De esta forma, se obtiene la ecuación de superficie de respuesta correspondiente a la densidad, en función de la adición y la edad, la cual se muestra a continuación:

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = 2.394 - 0.04314 \text{ Adición (\%)}$$

4.5.1.2. Regresión de superficie de respuesta: Resistencia (kg/cm²) vs. Adición

Para empezar, se realiza el análisis de varianza; del cual se muestran los resultados en la Tabla 79., donde podemos notar que el modelo lineal es estadísticamente significativo para la superficie y por consiguiente el polinomio es usado para el ajuste y análisis. La asociada Prob>F estimada para el modelo es menor que 0.05 ($\alpha=0.05$, o 0.95% confidencial) indicando que el modelo es estadísticamente significativo.

Tabla 79.
Análisis de varianza para Densidad (kg/m³) vs. Adición, Edad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	1	4849.9	4849.9	22.93	0.009
Lineal	1	4849.9	4849.9	22.93	0.009
Adición	1	4849.9	4849.9	22.93	0.009
Error	4	846.0	211.5		
Total	5	5695.9			

Con los resultados que nos brinda el software también se encuentra datos estadísticos como el R cuadrado y la desviación estándar del modelo, los cuales se contemplan en la Tabla 80.

Tabla 80.
Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
14.5435	85.15%	81.43%	70.13%

Mediante el cálculo se pudo obtener además los coeficientes codificados para el MSR, los cuales se encuentran contemplados en la Tabla 81.

Tabla 81.
Coefficientes codificados del modelo

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	36.93	5.94	6.22	0.003	
Adición	-41.62	8.69	-4.79	0.009	1.00

De esta forma, se obtiene la ecuación de superficie de respuesta correspondiente a la densidad, en función de la adición y la edad, la cual se muestra a continuación:

$$\text{Resistencia (kg/cm}^2\text{)} = 78.5 - 3.329 \text{ Adición (\%)}$$

4.5.1.3. Optimización de respuesta: Resistencia (kg/cm²), Densidad (kg/m³)

Para poder encontrar la adición óptima se tomaron en cuenta algunos parámetros que se muestran en la Tabla 92., para poder predecir nuestra adición óptima de celulosa de papel consideramos que la muestra a seleccionar tenga la mayor resistencia posible y la menor densidad, esto para poder ser evaluado con las normativas actuales, además con la finalidad de disminuir el peso de la edificación.

Tabla 82.
Parámetros de Optimización del modelo.

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Resistencia (kg/cm ²)	Máximo	5.22	67.62	72.88	1	1
Densidad (kg/m ³)	Mínimo	1.37	2.40	2.64	1	1

Con los parámetros introducidos en el Software, podemos obtener una adición óptima de celulosa de papel de 11.36%, en donde se indica que con dicha adición se obtendrá una resistencia máxima de 46.3495 kg/cm² y una densidad mínima de 1.7702 kg/m³ a una edad de 28 días.

Tabla 83.
Respuesta de Adición Óptima de celulosa de papel

Variable	Valor de configuración
Adición	3.28283

Tabla 84.
Respuesta de predicción de resistencia y densidad con adición óptima

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Resistencia (kg/cm ²)	67.62	8.74	(43.36, 91.87)	(20.51, 114.72)
Densidad (kg/m ³)	2.253	0.110	(1.946, 2.559)	(1.657, 2.848)

Gráfico 7. Gráfico de Optimización de respuesta

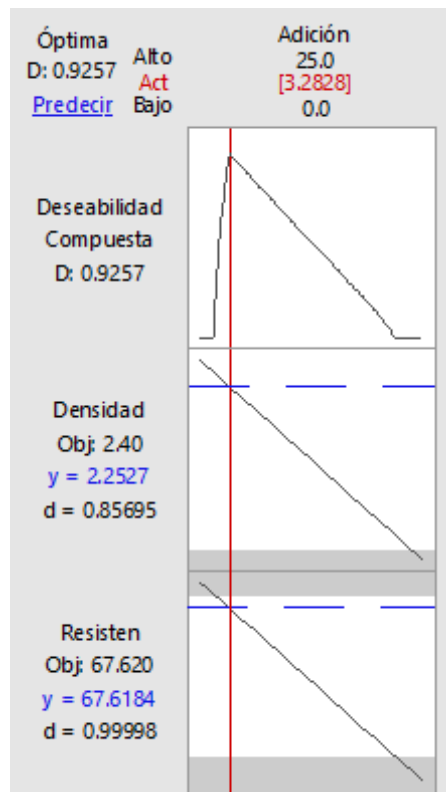
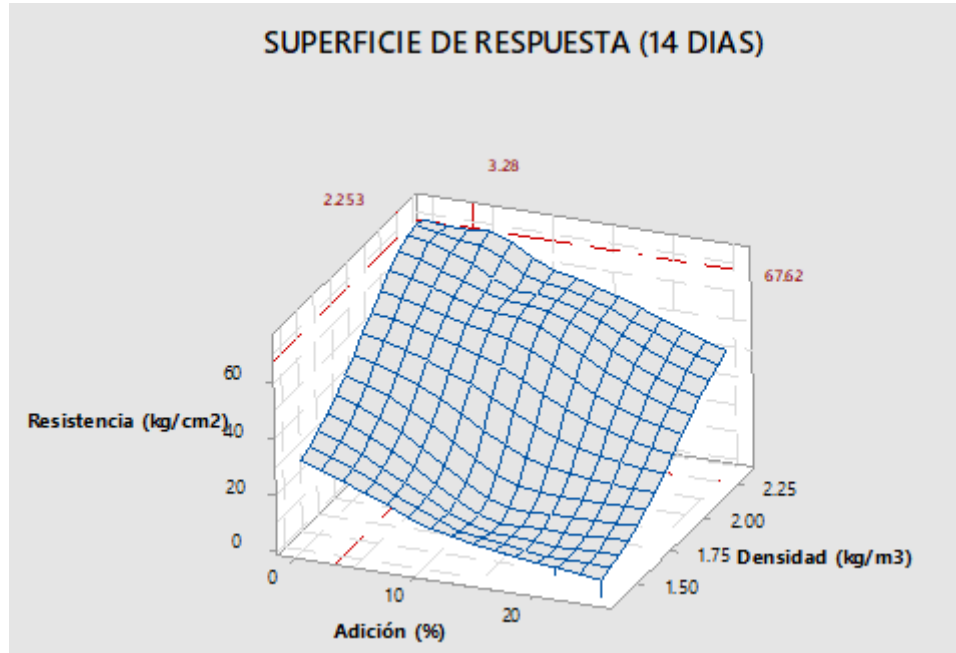


Gráfico 8. Gráfico del Método de Superficie de Respuesta



4.5.2. Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) a los 28 días

Los datos de entrada para el MSR quedan ordenados como se muestra en la Tabla 85., dentro de las cuales se puede denotar como variables independientes a los factores

adición de celulosa (%) y edad de las muestras (días); y las variables dependientes vendrían a ser los factores resistencia a la compresión (kg/cm²) y densidad (kg/m³). Cabe mencionar que el análisis se realizó en el Software Minitab 18.

Tabla 85.
Datos de entrada para Minitab 18

Adición (%)	Edad (días)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)
0	28	102.96	2.23
5	28	69.14	2.23
10	28	71.69	1.92
15	28	6.52	1.35
20	28	5.35	1.30
25	28	4.45	1.27

4.5.2.1. Regresión de superficie de respuesta: Densidad (kg/m³) vs. Adición

Para empezar, se realiza el análisis de varianza; del cual se muestran los resultados en la Tabla 86, donde podemos notar que el modelo lineal es estadísticamente significativo para la superficie y por consiguiente el polinomio es usado para el ajuste y análisis. La asociada Prob>F estimada para el modelo es menor que 0.05 ($\alpha=0.05$, o 0.95% confidencial) indicando que el modelo es estadísticamente significativo.

Tabla 86.
Análisis de varianza para Densidad (kg/m³) vs. Adición

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	1	0.9512	0.95122	30.51	0.005
Lineal	1	0.9512	0.95122	30.51	0.005
Adición	1	0.9512	0.95122	30.51	0.005
Error	4	0.1247	0.03118		
Total	5	1.0759			

Con los resultados que nos brinda el software también se encuentra datos estadísticos como el R cuadrado y la desviación estándar del modelo, los cuales se contemplan en la Tabla 87.

Tabla 87.*Resumen del modelo*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.176572	88.41%	85.51%	74.86%

Mediante el cálculo se pudo obtener además los coeficientes codificados para el MSR, los cuales se encuentran contemplados en la Tabla 88.

Tabla 88.*Coefficientes codificados del modelo*

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1.7167	0.0721	23.81	0.000	
Adición	-0.583	0.106	-5.52	0.005	1.00

De esta forma, se obtiene la ecuación de superficie de respuesta correspondiente a la densidad, en función de la adición y la edad, la cual se muestra a continuación:

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = 2.300 - 0.04663 \text{ Adición}$$

4.5.2.2. Regresión de superficie de respuesta: Resistencia (kg/cm²) vs. Adición

Para empezar, se realiza el análisis de varianza; del cual se muestran los resultados en la Tabla 89., donde podemos notar que el modelo lineal es estadísticamente significativo para la superficie y por consiguiente el polinomio es usado para el ajuste y análisis. La asociada Prob>F estimada para el modelo es menor que 0.05 ($\alpha=0.05$, o 0.95% confidencial) indicando que el modelo es estadísticamente significativo.

Tabla 89.*Análisis de varianza para Densidad (kg/m³) vs. Adición, Edad*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	1	8016	8016.2	24.31	0.008
Lineal	1	8016	8016.2	24.31	0.008
Adición	1	8016	8016.2	24.31	0.008
Error	4	1319	329.8		
Total	5	9335			

Con los resultados que nos brinda el software también se encuentra datos estadísticos como el R cuadrado y la desviación estándar del modelo, los cuales se contemplan en la Tabla 90.

Tabla 90.

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
18.1595	85.87%	82.34%	70.68%

Mediante el cálculo se pudo obtener además los coeficientes codificados para el MSR, los cuales se encuentran contemplados en la Tabla 91.

Tabla 91.

Coefficientes codificados del modelo

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	43.35	7.41	5.85	0.004	
Adición	-53.5	10.9	-4.93	0.008	1.00

De esta forma, se obtiene la ecuación de superficie de respuesta correspondiente a la densidad, en función de la adición y la edad, la cual se muestra a continuación:

$$\text{Resistencia (kg/cm}^2\text{)} = 96.9 - 4.281 \text{ Adición}$$

4.5.2.3. Optimización de respuesta: Resistencia (kg/cm²), Densidad (kg/m³)

Para poder encontrar la adición óptima se tomaron en cuenta algunos parámetros que se muestran en la Tabla 92., para poder predecir nuestra adición óptima de celulosa de papel consideramos que la muestra a seleccionar tenga la mayor resistencia posible y la menor densidad, esto para poder ser evaluado con las normativas actuales, además con la finalidad de disminuir el peso de la edificación.

Tabla 92.

Parámetros de Optimización del modelo.

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Resistencia (kg/cm ²)	Máximo	4.45	75.00	102.960	1	1
Densidad (kg/m ³)	Mínimo	1.27	2.23	2.453	1	1

Con los parámetros introducidos en el Software, podemos obtener una adición óptima de celulosa de papel de 11.36%, en donde se indica que con dicha adición se obtendrá una resistencia máxima de 46.3495 kg/cm² y una densidad mínima de 1.7702 kg/m³ a una edad de 28 días.

Tabla 93.*Respuesta de Adición Óptima de celulosa de papel*

Variable	Valor de configuración
Adición	5.05051

Tabla 94.*Respuesta de predicción de resistencia y densidad con adición óptima*

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Resistencia (kg/cm2)	75.24	9.84	(47.92, 102.55)	(17.90, 132.58)
Densidad (kg/m3)	2.0640	0.0957	(1.7984, 2.3296)	(1.5065, 2.6216)

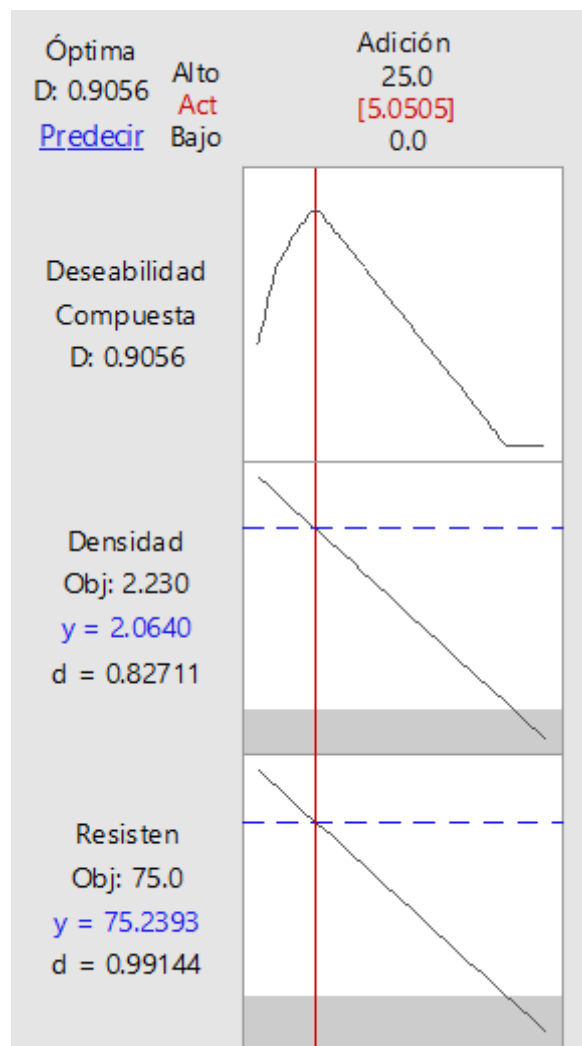
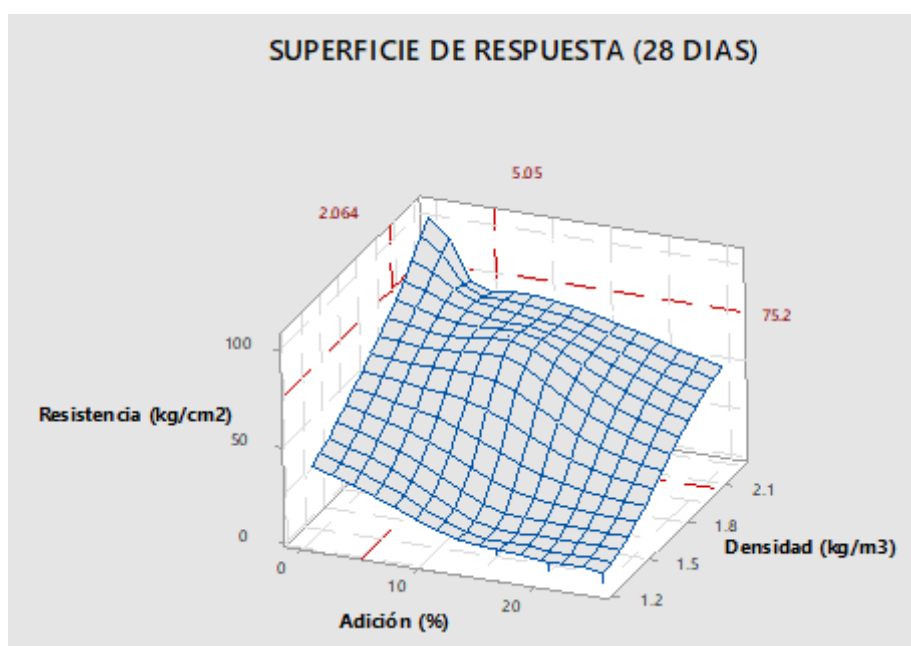
Gráfico 9. Gráfico de Optimización de respuesta

Gráfico 10. Gráfico del Método de Superficie de Respuesta



Por la tanto, el diseño de mezcla optimo vendría a ser el siguiente:

Tabla 95.

Diseño de mezcla óptimo para MP+5.05% de celulosa de papel

Material	Diseño de Mezcla Óptimo
Cemento (gr.)	79.13
Celulosa (gr.)	4.21
Arena (gr.)	217.59
Agua (gr.)	59.34

4.6. Análisis Económico

El análisis económico de las seis adiciones de celulosa de papel se realizará solo con los materiales que intervienen en la mezcla para una unidad de albañilería, además se tendrá en cuenta el costo para la obtención de la celulosa de papel.

- El costo por saco de 20kg de papel periódico reciclado se estima en S/. 5.00, esto es luego sometido a un proceso para obtención de la celulosa de papel el cual su costo se estimaría en S/.6.00 el saco de 20kg; por lo tanto, se obtendría un costo por kilo de celulosa de papel de S/.0.30.

En las siguientes tablas se muestra el costo de materiales para la elaboración de cada tipo de muestra con diferentes porcentajes de adición de celulosa de papel:

Tabla 96*Costo del Concreto Patrón (MP)*

MATERIAL	Cantidad usada (kg)	Cantidad equivalente	Costo unitario	Precio
Cemento	0.083	15.69 bls	S/. 25.00	S/. 392.16
Celulosa	-	0.00 kg	S/. 0.30	S/. 0.00
Arena	0.229	1.42 m3	S/. 45.00	S/. 63.95
Agua	0.040	0.32 m3	S/. 4.24	S/. 1.37
COSTO PARA 1M3 DE CONCRETO				S/. 457.48

Tabla 97*Costo del concreto para MP+5% de Celulosa de Papel*

MATERIAL	Cantidad usada (kg)	Cantidad equivalente	Costo unitario	Precio
Cemento	0.079	14.90 bls	S/. 25.00	S/. 372.55
Celulosa	0.004	33.33 kg	S/. 0.30	S/. 10.00
Arena	0.218	1.35 m3	S/. 45.00	S/. 60.76
Agua	0.050	0.40 m3	S/. 4.24	S/. 1.71
COSTO PARA 1M3 DE CONCRETO				S/. 445.01

Tabla 98*Costo del concreto para MP+10% de Celulosa de Papel*

MATERIAL	Cantidad usada (kg)	Cantidad equivalente	Costo unitario	Precio
Cemento	0.075	14.12 bls	S/. 25.00	S/. 352.94
Celulosa	0.008	66.67 kg	S/. 0.30	S/. 20.00
Arena	0.206	1.28 m3	S/. 45.00	S/. 57.56
Agua	0.053	0.42 m3	S/. 4.24	S/. 1.79
COSTO PARA 1M3 DE CONCRETO				S/. 432.29

Tabla 99*Costo del concreto para MP+15% de Celulosa de Papel*

MATERIAL	Cantidad usada (kg)	Cantidad equivalente	Costo unitario	Precio
Cemento	0.071	13.33 bls	S/. 25.00	S/. 333.33
Celulosa	0.013	100.00 kg	S/. 0.30	S/. 30.00
Arena	0.195	1.21 m3	S/. 45.00	S/. 54.36
Agua	0.059	0.47 m3	S/. 4.24	S/. 1.99
COSTO PARA 1M3 DE CONCRETO				S/. 419.69

Tabla 100*Costo del concreto para MP+20% de Celulosa de Papel*

MATERIAL	Cantidad usada (kg)	Cantidad equivalente	Costo unitario	Precio
Cemento	0.067	12.55 bls	S/. 25.00	S/. 313.73
Celulosa	0.017	133.33 kg	S/. 0.30	S/. 40.00
Arena	0.183	1.14 m3	S/. 45.00	S/. 51.16
Agua	0.063	0.5 m3	S/. 4.24	S/. 2.13
COSTO PARA 1M3 DE CONCRETO				S/. 407.02

Tabla 101*Costo del concreto para MP+25% de Celulosa de Papel*

MATERIAL	Cantidad usada (kg)	Cantidad equivalente	Costo unitario	Precio
Cemento	0.063	11.76 bls	S/. 25.00	S/. 294.12
Celulosa	0.021	166.67 kg	S/. 0.30	S/. 50.00
Arena	0.172	1.07 m3	S/. 45.00	S/. 47.97
Agua	0.067	0.53 m3	S/. 4.24	S/. 2.26
COSTO PARA 1M3 DE CONCRETO				S/. 394.34

Tabla 102*Resumen del costo del concreto (solo materiales) para diferentes dosificaciones.*

DESCRIPCION	PRECIO	%COSTO
MP+0% CELULOSA DE PAPEL	S/. 457.48	100.00%
MP+5% CELULOSA DE PAPEL	S/. 445.01	97.28%
MP+10% CELULOSA DE PAPEL	S/. 432.29	94.49%
MP+15% CELULOSA DE PAPEL	S/. 392.16	85.72%
MP+20% CELULOSA DE PAPEL	S/. 407.02	88.97%
MP+25% CELULOSA DE PAPEL	S/. 394.34	86.20%

Se puede observar que el costo del concreto sin celulosa de papel es superior al concreto que contiene diferentes porcentajes de celulosa de papel; además, el costo del concreto que tuvo menor incidencia en la resistencia a compresión respecto al concreto convencional, es menor en un 2.72%, esto para un concreto con 5% de celulosa de papel.

4.7. Evaluación de correlación de resistencia a compresión entre un cubo de 50mm con un cilindro de 150mm x 300mm

Según Neville (1966) en su artículo denominado “Una relación general para la resistencia de probetas de hormigón de diferentes formas y tamaños” da a conocer una fórmula general para calcular la correlación de resistencia a la compresión entre cubos y cilindros en función a sus secciones transversales:

$$\frac{P}{P_6} x \frac{d}{d_6} = 0.8878x \left(\frac{A}{A_6}\right)^{0.425} \dots\dots (iii)$$

Donde:

P = Resistencia a la compresión

P6 = Resistencia a la compresión del cubo de 50mm

d = Dimensión lateral máxima

d6 = Dimensión lateral máxima de un cubo de 50mm

A = Área sección Transversal

A6 = Área sección transversal de un cubo de 50mm

Tomando en cuenta que los cubos empleados en la presente investigación son de 50x50mm, calcularemos la correlación para un cilindro de 100x150mm. Para la primera muestra MP se obtendrá la siguiente correlación:

$$\frac{P}{102.96 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{100}{50} = 0.8878 \times \left(\frac{17671.46}{2500}\right)^{0.425}$$

$$\frac{P}{102.96 \text{ kg/cm}^2} \times 3 = 0.8878 \times 2.296$$

$$\frac{P}{102.96 \text{ kg/cm}^2} \times 3 = 2.038$$

$$\frac{P}{102.96 \text{ kg/cm}^2} = \frac{2.038}{3}$$

$$\frac{P}{102.96 \text{ kg/cm}^2} = 1.02$$

De la ecuación (iii) obtenemos la correlación para MP, el cual indica que la resistencia a la compresión de un cilindro de 100x150mm es 1.02 veces la resistencia a la compresión de un cubo de 50x50mm. En la Tabla 98. Se muestran los resultados para la correlación calculada.

Tabla 103.

Valores calculados para la correlación de cubo de 50x50mm a cilindro de 100x150mm

Adición	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	d (mm)	d6 (mm)	A (mm ²)	A6 (mm ²)	Factor de correlación	P (kg/cm ²)
MP	102.96	100	50	17671.46	2500	1.02	104.93
MP+5%	69.14	100	50	17671.46	2500	1.02	70.47
MP+10%	71.69	100	50	17671.46	2500	1.02	73.07
MP+15%	6.52	100	50	17671.46	2500	1.02	6.65
MP+20%	5.35	100	50	17671.46	2500	1.02	5.45
MP+25%	4.45	100	50	17671.46	2500	1.02	4.54

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Después de emplear distintos cálculos matemáticos y estadísticos para poder determinar la adición óptima de celulosa de papel en función a la resistencia a compresión y densidad del concreto, se llegó a la siguiente conclusión:

- La adición de celulosa de papel a los diferentes diseños experimentales provocó un aumento de la absorción de agua; así como una disminución de la densidad, denotándose que con la adición de este material podría elaborarse un bloque de concreto ligero. Debido a la capacidad de absorción de agua de la celulosa de papel se mejora también la trabajabilidad del concreto.
- Los resultados de resistencia a la compresión para los diseños experimentales MP+15%, MP+20% y MP+25% disminuyeron drásticamente con el aumento de la cantidad de celulosa de papel, mientras que los diseños experimentales MP+5% y MP+10% fueron levemente afectados por el mismo.
- Para poder validar la hipótesis de investigación se empleó el método T de Student, del cual podemos afirmar que la adición de un porcentaje de celulosa de papel periódico como sustituto parcial del cemento logra mantener la resistencia a compresión del concreto a la edad de 14 y 28 días; sin embargo, se afirma que la adición de un porcentaje de celulosa de papel periódico mejora la densidad seca del bloque de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días. Entonces, podemos afirmar que la adición de celulosa de papel en el concreto influye de manera positiva en las propiedades evaluadas.
- Una vez obtenidos los datos de laboratorio, se procedió a realizar el cálculo estadístico para hallar el porcentaje de adición óptima de celulosa de papel, el Método empleado fue Superficie de Respuesta con un nivel de confianza del 95%. Para tal cálculo se empleó el Software Minitab 18, en el cual se obtuvo como

resultado una adición óptima de 5.05% de celulosa de papel, el mismo que obtendrá una resistencia a la compresión de 75.20 kg/cm² y una densidad de 2.06 kg/m³ a la edad de 28 días.

- Tomando en cuenta que el Reglamento Nacional de Edificaciones en su norma E070 – Albañilería, capítulo 3, artículo 5, inciso 5.2 menciona que un bloque usado en la construcción de muros portantes debe de tener como mínimo una resistencia a la compresión de 50 kg/cm²; sabiendo también que la resistencia a compresión de la adición óptima calculada en la presente investigación es de 75.20 kg/cm², se da por permisible su uso. Además, en el mismo artículo 5, inciso 5.1 menciona también “*se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo*”, sabiendo que la densidad del bloque convencional MP es de 2.23 kg/m³ y del bloque con una adición óptima de 5.05% de celulosa es de 2.06 kg/m³, se deduce que cumple con este criterio establecido en la norma.
- Según la NTP 399.602:2002 Bloques de concreto para uso estructural (Requisitos), menciona que la resistencia a compresión promedio mínima de un bloque de concreto portante es de 71.40 kg/cm², sabiendo que la resistencia a compresión del bloque es de 75.20 kg/cm², esto indicaría que el bloque si estaría cumpliendo con los estándares de dicha normativa.
- Haciendo una evaluación de los costos por unidad de bloque, se obtiene también una ligera diferencia en el precio, un metro cubico de concreto convencional cuesta S/.457.48; sin embargo, un metro cubico de concreto con una adición de 5.00% de celulosa de papel cuesta S/.445.01 la. Esto quiere decir que un metro cubico de concreto con adición de celulosa de papel representa una disminución del 2.72% en el costo.
- El factor de correlación para la resistencia a la compresión de un cubo de 50x50mm con un cilindro de 100x150mm es de 1.02, indicando esto que los datos

calculados en la presente investigación son representativos para ser empleados en dichos cilindros de concreto.

5.2. Recomendaciones

Es importante tomar nota de todos los factores que intervienen en el proyecto, puesto que estos pueden alterar en los resultados que se obtienen, así como tener cuidado con el aditivo a emplear, en este caso la celulosa de papel periódico. Mantener el material en un ambiente cerrado y hermético para evitar que se humedezca y se esparza puesto que es un material que tiene una baja densidad. El material deberá ser tamizado por el tamiz N°08 y estar completamente seco.

Se recomienda mantener la celulosa de papel en un depósito cerrado y aislado, para evitar que tenga contacto con zonas húmedas hasta su empleo en la mezcla de concreto, antes de realizar la mezcla se recomienda pesar los materiales a emplear. Los equipos deberán estar en una superficie plana y nivelada, se deberá usar desmoldante para los moldes y si no se cuenta con una mesa vibratoria, se deberá emplear una varilla de acero liso para lograr que la mezcla llegue a todos los espacios vacíos en los bloques.

Es recomendable realizar el curado por inmersión tradicional al aire libre, además de tomar en cuenta que las muestras deben ser expuestas al sol para que puedan secarse antes de ser sometidas al ensayo de compresión y densidad, esto para obtener unos resultados más óptimos.

Se recomienda aplicar la presente investigación en porcentajes menores de celulosa de papel para así poder obtener un resultado mucho más eficiente, y evaluar las propiedades físico – mecánicas de cada bloque, así como también las propiedades de resistencia a la flexión, eflorescencia, dureza y muretes para poder obtener datos significativos del bloque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcivar Vèlez, D. E. (2012). El papercrete como material alternativo ecológico para la construcción de proyectos arquitectónicos turísticos. Ecuador.
- Akinwumi, I. I., Olatunbosun, O. M., Olofinnade, O. M., & Awoyera, P. O. (2014). Structural Evaluation of Lightweight Concrete Produced Using Waste Newspaper and Office Paper. *Civil and Environmental Research*, 6(7), 1-9. doi:2225-0514.
- Anandaraju, K., Ravindra Raj, B., & Vijaya Sarathy, R. (2015). Experimental Investigation of Papercrete Brick. *International Journal of Machine and Tool Design*, 2(2), 25-36.
- Alcivar Vèlez, D. E. (2012). El papercrete como material alternativo ecológico para la construcción de proyectos arquitectónicos turísticos. Ecuador.
- Barriga Cáceres, E., & Bernardo Murillo, J. (2016). Aplicación y Estudio de las propiedades de las celulosas recicladas obtenidas del Papel Periódico como una adición para el concreto. Tesis, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Brunaer, S., & Copeland, L. (1964). *Scientific American*.
- Cañola, H., Echevarria, C., & Sanchez, J. (2012). Recycled paper panels. *Dyna*.
- Chávez Quiroga, L. (2016). Evaluación geoeconómica del área costera de la región Piura orientada al estudio de agregados para concreto. Piura.
- Choi, C., Yun, H., & Jung, H. (2011). Mechanical Properties of Papercrete Containing Waste Paper. *18th International Conference on Composite Materials*, 1-4.
- Delcasse, M. M., V, R., C, A., & M. K, P. (Marzo de 2017). Papercrete Bricks - An Alternative Sustainable Building Material. *Int. Journal of Engineering Research and Application*, 7(3, (parte 6)), 09-14.
- Espinoza Huaylla (2009) evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort Térmico en viviendas altoandinas del Perú. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 13. Argentina.

- Glanville, W. H., Collins, A. R., & Matthews, D. D. (1947). The grading of aggregates and workability of concrete (5 ed.). London: HMSO.
- GRUPO POCHTECA, S.A.B. DE C.V. (2015). POCHTECA. Obtenido de celulosa, fibras y papel: <https://www.pochteca.com.mx/celulosa-fibras-y-papel/>
- Khandelwal, S., Lal Prajapat, K., & Kumar, M. (2015). Review on Papercrete (6 ed., Vol. 4). IJCRD.
- Gaibor, A., & Riera, M. (2015). Material alternativo Papercrete (cemento de papel). Ecuador. Hart, K. (2015). Greenhome building. New york: Hartworks.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas. Lima. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf.
- Kokkinos, M. (10 de Setiembre de 2011). Precast PaperKrete Panels. 2-6.
- León Nieto, C. M., & Fuentes Medina, M. E. (2012). diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando peróxido de hidrógeno. Cartagena: universidad de Cartagena
- Love, T. (2011). El concreto en la construcción (Vol. 2). México: Trillas. Recuperado el 15 de mayo de 2019.
- Mebrouki, A., Belas, N., Viña, J., Argüelles, A., & Zenasni, R. (Junio de 2010). Aplicacion del diseño estadístico de mezclas para la formulación de pasta autocompactante. *Materiales de Construcción*, 60(298), 17-31. doi:10.3989
- Mendoza Ruiz, J. (2006). Diseño de Experimentos –Diseños de Mezclas. STATGRAPHICS,
- Ministerio de Vivienda, Construcion y Saneamiento. (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Megabyte s.a.c.

- Muñoz, A., Chejne, F., Espinel S., J., & Londoño G., C. (Marzo de 2006). Evaluación de la celulosa de papel y de las cenizas de carbón, como materiales aislantes alternativos. *Dyna*, 73(148), 1-8.
- Neville, A. M. (1966). A General Relation for Strength of Concrete Specimens of Different Shapes and Sizes, *ACI Journal, Proceedings*, V. 63, N°. 10, pp. 1095-1109.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5 ed.). Malasia: Pearson.
- Palomo Cano Marta (2017). *Aislantes Térmicos criterios de selección por requisitos energéticos*. Madrid
- P. Kumar Mehta, P. J. (2006). *Concrete Microstructure, Properties and Materials*. California. doi:10.1036/007146289
- Pajuelo Bedoni, G. M., Huillca Cervantesii, E. H., & Vega Peredai, C. A. (2018). Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto usando fibras de botella de plástico y vidrio pulverizado. *ANEIC PERÚ*, 113.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología de concreto en el Perú*. Lima. Parker,
- H. (1982). *Diseño simplificado de concreto reforzado* (8 ed.). México
- Rivva Lopez, Enrique (2010) *Supervisión del Concreto en Obra*. Lima
- Rodgers, L. (17 de Diciembre de 2018). *BBC NEWS*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- Rodriguez San Roman, C. M. (2015). *Optimización del dimensionamiento de un relleno sanitario de residuos sólidos municipales para la ciudad de Juliaca 2015*. Juliaca. Salamanca Grosso, G., Reyes Méndez, L. M., Osorio Tangarife, M. P., & Rodríguez Arias, N. (2015). *Diseño experimental de mezclas como herramienta para la optimización de cremolácteos de mango*. ResearchGate, 2.
- Scinduja, M., Nathiya, S., Shudesamithronn, C. V., Harshavarthana Balaji, M., Sarathivelan, T., & Jaya Pradeep, S. (2014). *Innovative Brick Material*. International

Association& Technology for skill development, 1-6. Sociedad de Empresa
Periodística (2007) Perú

Teschke, K., & Demers, P. (s.f.). Industria del papel y de la pasta de papel.

Anexos

Anexo A: Análisis por fluorescencia de Rayos X de celulosa de papel.



UNESA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

Laboratorio de
Investigación y Servicios
LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE:	22024-19
CLIENTE:	ELIZABETH QUISPECONDORI VILCA KATHERINE ACUÑA HUILCA
DIRECCIÓN:	AREQUIPA
ENSAYO SOLICITADO:	ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X
PRODUCTO	CELULOSA DE PAPEL PERIODICO
CANTIDAD DE MUESTRA	01
FECHA DE RECEPCION:	Miércoles, 04 de diciembre de 2019
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:	BOTELLA DE VIDRIO
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:	Viernes, 06 de diciembre de 2019
REFERENCIA	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	ELABORACION PROPIA.
CÓDIGO DE MUESTRA	28129

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV

Página 1 de 2



INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 22024-19

Concentración de muestra: Celulosa de papel perfolida

ELEMENTO	CONCENTRACION (%)
CaO	61.7
Fe ₂ O ₃	9.64
SO ₂	7.78
SiO ₂	6.78
O	4.02
CuO	1.97
SnO ₂	1.89
MnO	1.64
Cr ₂ O ₃	1.46
H ₂ O	1.05
ZnO	0.644
BaO	0.474
LiO	0.458
B ₂ O ₃	0.112
Al ₂ O ₃	0.0918
Br	0.0710

Enchilva Arequipa, 07 de Agosto de 2019

Página 2 de 2



Dr. Juan Reyes Larico
Jefe de Laboratorio
RCGP - 348




Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén
Químico Responsable

Anexo B: Resultados de ensayos a compresión



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
CONTROL Y ASESORAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES
RUC: 20881812618

FORMA DE INFORME
SCT - SC - 040
REV 18

INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE COMPRESION
ART 2000-200

PROYECTO: INTERVENCIÓN DE CALLE EN EL PARQUE PERICO DE LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO PARA MARCHA PORTÁTIL

NOVEDAD: TERRETA SIN ACUMULO DE AGUA, EXTENSIÓN DE 10M²

UBICACIÓN: PARQUE PERICO, GUAYAMA, GUAYAMA

CANTERA: 02-01

F. SOLICITUD: 2020-07-27

F. EJECUCIÓN: 2020-02-14

Nº	CUBOS DE 15 CM x 15 CM								RESULTADOS	
	MONTAJE		PESAS		ÁREA	PESO	CARGA MÁXIMA	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA NOMINAL (f)	RESISTENCIA PROMEDIO
	SEÑALADO	ORDEN	VALOR	ESTIMADO	CM ²	g	kgf	kgf	MPa/cm ²	MPa/cm ²
1	M.P.	1	100-01-17	200-01-01	22.97	267.12	118.24	11.21	55.55	49.33
		2	100-01-18	200-01-01	22.95	267.43	118.24	11.21	55.55	
		3	100-01-19	200-01-01	22.92	267.41	118.24	11.21	55.55	
		4	100-01-20	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		5	100-01-21	200-01-01	22.92	267.75	118.24	11.21	55.55	
		6	100-01-22	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		7	100-01-23	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		8	100-01-24	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		9	100-01-25	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		10	100-01-26	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
2	M.P. + 1%	1	100-01-27	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	55.55
		2	100-01-28	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		3	100-01-29	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		4	100-01-30	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		5	100-01-31	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		6	100-01-32	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		7	100-01-33	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		8	100-01-34	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		9	100-01-35	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		10	100-01-36	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
3	M.P. + 2%	1	100-01-37	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	55.55
		2	100-01-38	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		3	100-01-39	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		4	100-01-40	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		5	100-01-41	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		6	100-01-42	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		7	100-01-43	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		8	100-01-44	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		9	100-01-45	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	
		10	100-01-46	200-01-01	22.92	267.72	118.24	11.21	55.55	

OBSERVACIONES

1. Verificar la presencia de defectos en el concreto.

2. Verificar la calidad de la preparación del concreto.

3. La resistencia de los cubos de concreto es superior a la especificada.

4. El tipo de cubo es adecuado para el uso en este laboratorio.

5. ---

6. ---



GeoCONTROL TOTAL
Ing. José María Rodríguez
CIP. 131440

Los datos aquí reflejados en este informe son los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de GeoCONTROL TOTAL S.R.L. Toda información adicional o aclaración deberá ser enviada al laboratorio de GeoCONTROL TOTAL S.R.L. El laboratorio no se hace responsable por los datos de la información proporcionada de los resultados de los ensayos.

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRAS

Dirección: Av. Comuna 1799 - Guayaquil - Ecuador
Teléfono: 041-308388 / 041-310447 / 041-311004
Correo: info@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
R.M.C. 0000070100001 S.R.L.

006165



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASESORAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES
RUC: 20001812816

INFORME DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESION

FORMA DE ENVASE
SCT - EC - SAH
RSP-101

PROYECTO: IMPLEMENTACION DE COLONIAS DE FAMILIA RORONCO EN LA ELABORACION DE BLOQUES DE CONCRETO PARA Muros PORTANTES
 SOLICITA: TORRES SACH AGROPECUARIO, KATHERINE MIREN
 TORRES SACH QUASPECUNOR VICA, YENIS SAGAREN
 UBICACION: PASEO - BAYBAYAN - CAJAMA
 CONTRA: UNO
 F. SOLICITUD: 2008-02-03
 F. EJECUCION: 2008-02-03

MP	CUBOS DE 5 CM x 5 CM							RESULTADOS				
	MATERIA		MUESTRA		AREA	PERI	CARGA	CARGA	RESISTENCIA	RESISTENCIA		
	CEMENTO	AGUADA	MOEDO	NOTAS	CM ²	g	kgf	kgf	MPA	MPA		
31	M.P. = 10%	01	01	01	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83	40.83		
32		02	01	02	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
33		03	01	03	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
34		04	01	04	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
35		05	01	05	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
36		06	01	06	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
37		07	01	07	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
38		08	01	08	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
39		09	01	09	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
40		10	01	10	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
41		M.P. = 20%	01	01	01	25.00	25.00	1020.75	1020.75		40.83	40.83
42			02	01	02	25.00	25.00	1020.75	1020.75		40.83	
43	03		01	03	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
44	04		01	04	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
45	05		01	05	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
46	06		01	06	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
47	07		01	07	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
48	08		01	08	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
49	09		01	09	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
50	10		01	10	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
51	M.P. = 25%		01	01	01	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83	40.83	
52			02	01	02	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83		
53		03	01	03	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
54		04	01	04	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
55		05	01	05	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
56		06	01	06	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
57		07	01	07	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
58		08	01	08	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
59		09	01	09	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
60		10	01	10	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
61		11	01	11	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			
62		12	01	12	25.00	25.00	1020.75	1020.75	40.83			

OBSERVACIONES

SECCION DE UN ELEMENTO	NO.	TIPO DE DEFECTO	DESCRIPCION	NOTA O MEDIDA CORRECTIVA
1			La muestra fue tomada en el laboratorio por el proveedor	
2			Debe verificarse por la presencia del agua en el momento de la toma	
3			La humedad de la muestra fue determinada por gravimetrica	
4			El valor de este es menor al especificado en base a los resultados	
5				
6				

REPÚBLICA PERUANA

 Ing. Edy Hualpa
 DPM 1011300

Los resultados reflejados en este informe solo serán válidos si se cumplen con la siguiente condición:
 Esta laboratorialmente proveída la representación parcial o total de una construcción de la Autoridad sectorial de INGENIERIA, CONSTRUCCION, CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION, TORRES SACH S.R.L.
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso de la información interpretada de los resultados aquí mostrados.

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRAS

Directorio de Construcción S/ 1788 - Lima (Tel. en este código rural)
 Teléfono: 001-3055555 / 001-270417 / 001-671268
 Correo: info@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com
 www.geocontroltotal.com

006166



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASESORAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601812699

FORMA DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESION

CODIGO DE PROYECTO
SCT - EC - 004
NÚMERO

PROYECTO: INCORPORACION DE TUBERIA DE PAPEL REFORZADA EN LA ESTRUCTURA DE SUELOS DE CONCRETO PARA VIALIDAD PORTANTE
 SOLICITA: TESTA SACH AGUAS AGUICA, GERENCIA SACH
 UBICACION: TUBERIA SACH OMBUDONCUBA VIAL, VERA GUABAMIN
 CANTERA: 6010
 F. SOLICITUD: 2019-04-27
 F. EJECUCION: 2019-05-12

Nº	CUNDI DE 5 CM x 5 CM										RESULTADOS	
	MUESTRA		FECHA		AREA	PIESO	CUBETA	CARGA	CARGA	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA PROMEDIO
	CONDICION	TIPO	ANILLO	NOTA	CM²	L	KG	MPA	MPA	MPA		
01	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	77.50
02	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
03	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
04	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
05	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
06	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
07	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
08	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
09	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
10	M.P.				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	77.50	
11	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50	71.00	
12	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50
13	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50
14	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50
15	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50
16	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50
17	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50
18	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50
19	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50
20	M.P. + IS				21.77	25.13	1000	17.50	17.50	77.50		77.50

OBSERVACIONES

1. La muestra se preparó en el laboratorio por el cliente.
 2. Se usó un molde con la presencia del representante del cliente.
 3. La preparación de la muestra se realizó en el laboratorio.
 4. El tipo de carga se realizó en un ensayo de compresión.



Los resultados reflejados en este informe son válidos únicamente si se cumplen las condiciones de la norma técnica aplicable y si el laboratorio cuenta con la autorización emitida por el Ministerio de Transportes, Infraestructura y Vivienda.
INGENIERÍA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRAS
 Dirección: Av. Chiriquí No. 1729 - Urb. Pinar de Oro, Bogotá D.C.
 Teléfonos: 011-269986 / 051 010442 / 051 071880
 Correo: info@geotecnologias.com / geotecnologias@geotecnologias.com
 www.geotecnologias.com

006167



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASESURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 26621612618

FORMA DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESION

FORMA DE ENSAYO

DCI - DC - 145

1997/98

PROYECTO: "RECONSTRUCCION DE EDIFICIO DE PAPEL FINICER EN LA ELABORACION DE BLOQUE DE CONCRETO M80 MEROPOYANTO"
 SOCIEDAD: SISA SA S.A. INGENIERIA CIVIL, ESTRUCTURAL Y OBRAS
 SISA SA S.A. QUISQUEZON DE YUCA, YUCA, GUATEMALA
 UBICACION: RUM - SAN JOSE - YUCA
 CARRETA: 102-02
 F. SOLICITUD: 2020-01-27
 F. EJECUCION: 2020-02-14

Nº	CURSO DE 5 CM x 5CM								RESULTADOS	
	MUESTRA		FECHA		AREA	ALTIMA	RESO	RESO	DEFORMA	DEFORMA PROMEDIO
	CLASIFICACION	TIPO	LAVADO	ESTADO	CM2	MM	MP	MP	MP	MP
1	M.F.				21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	2.91
2					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
3					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
4					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
5					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
6					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
7					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
8					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
9					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
10					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
11	M.F. + 1%				21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	2.15
12					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
13					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
14					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
15					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
16					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
17					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
18					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
19					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
20					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
21	M.F. + 1%				21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	2.07
22					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
23					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
24					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
25					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
26					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
27					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
28					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
29					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	
30					21.28	4.75	202.22	1.76	2.41	

OBSERVACIONES			
SECCION DE LOS ESPALDADES	Nº	CLASIFICACION DE MATERIAL	DEFORMACION
1			
2			
3			
4			
5			
6			



Este informe es válido en caso de ser solicitado por el cliente y no garantiza la exactitud de los resultados. El laboratorio no se hace responsable por los daños o perjuicios que se ocasionen por el uso de los resultados de este informe.

INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA
 Dirección: Av. Centralización N° 1708 - Zona Pet en suavizado comercial
 Teléfono: 011-328288 / 011-010447 / 011-321188
 Correo: inform@geocontroltotal.com / www.geocontroltotal.com
 www.geocontroltotal.com

006168



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASESURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601812616

ENSAYO DE COMPRESION

FORMA DE INFORME
SET - EC - 998
REV. 1/81

PROYECTO: RECONSTRUCCION DE CALLEJA DE PAPEL PERDIDA EN LA ELABORACION DE ENGRABES DE CONCRETO PARA MARCA PORTAVES
 SOLICITA: TESSA BACALACRA RIVERA, ESTEBAN SUETH
 TESSA BACH GUSPACHOCHIM VEGA, YVANA SUZARITH
 UBICACION: RUMI - SAN ROMAN - TUNJA
 CARRERA: 6010
 F. SOLICITUD: 2020-01-11
 F. EJECUCION: 2020-01-21

CUBOS DE 15 CM x 15 CM									RESULTADOS	
Nº	MUESTRA		FECHA		MED.		RES.		RESUMIO	RESUMIO PROMEDIO
	EXAMEN	TOMO	ENCARGO	OTRO	MM	CM	MP	MP	MP	MP
101	MP + 15%	10000000	10000000	10000000	20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	1.47
102					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
103					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
104					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
105					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
106					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
107					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
108					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
109					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
110					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
111	MP + 20%	10000000	10000000	10000000	20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	1.40
112					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
113					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
114					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
115					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
116					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
117					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
118					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
119					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
120					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
121	MP + 25%	10000000	10000000	10000000	20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	1.31
122					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
123					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
124					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
125					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	
126					20.20	1.00	101.50	1.16	1.00	

OBSERVACIONES

1. Se realizó el ensayo de compresión por el cubo de 15 cm x 15 cm x 15 cm.

2. No se realizó con la presencia del representante del cliente.

3. Se verificó el estado de los materiales de proporciónamiento por el laboratorio.

4. El estado del cubo de trabajo se verificó por el laboratorio.

5. ---

6. ---



006169



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASESURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601812616

ENSAYO DE COMPRESION

CODIGO DE FORMA
GCT - CC - MP
18/01/18

PROYECTO : INCORPORACION DE CELULOSA DE PAPER PONDICO EN LA ELABORACION DE BLOQUES DE CONCRETO PARA MURAS PERIMITICAS
 SOLICITA : TESTA SUELO ACUÑA RIVACA, SUMINRO JINETH
 TESTA SUELO QUEROLCONDO RICA, YENA SUMETH
 UBICACION : RUMI - SACRUMAY - MARIK
 CANTERA : 60-45
 F. SOLICITUD : 2020-01-07
 F. EJECUCION : 2020-02-02

MP	CURSOS DE 3 CM x 3 CM								RESULTADOS	
	MORTERO		ARENA		AGUA		FUELO		DENSIDAD	DENSIDAD PROMEDIO
	CEMENTO	AGUADO	GRASA	GRASA	GR	GR	GR	GR	GR/CM3	GR/CM3
M.P.	1	100%	100%	24.17	4.75	203.76	0.21	1.31	2.24	
	2	100%	100%	24.12	4.80	203.76	0.27	1.26		
	3	100%	100%	24.12	4.80	203.38	0.26	1.25		
	4	100%	100%	24.12	4.80	203.14	0.27	1.25		
	5	100%	100%	24.00	4.80	204.83	0.27	1.24		
	6	100%	100%	24.07	4.75	203.17	0.24	1.20		
	7	100%	100%	24.10	4.80	202.05	0.24	1.19		
	8	100%	100%	24.20	4.80	204.82	0.21	1.20		
	9	100%	100%	24.20	4.75	202.54	0.20	1.20		
	10	100%	100%	24.13	4.80	203.69	0.20	1.19		
M.P. + 2%	11	100%	100%	23.85	4.80	214.32	0.20	1.13	1.93	
	12	100%	100%	23.81	4.80	203.77	0.20	1.12		
	13	100%	100%	23.75	4.75	200.57	0.20	1.09		
	14	100%	100%	23.72	4.80	200.39	0.20	1.09		
	15	100%	100%	23.70	4.75	202.21	0.20	1.09		
	16	100%	100%	23.60	4.75	202.01	0.20	1.08		
	17	100%	100%	23.50	4.80	203.91	0.20	1.09		
	18	100%	100%	23.53	4.80	205.21	0.20	1.09		
	19	100%	100%	23.51	4.80	205.04	0.20	1.09		
	20	100%	100%	23.24	4.80	207.24	0.20	1.08		

OBSERVACIONES

DESCRIPCION DE LOS DEFECTOS	NO.	FECHA DE OBSERVACION	FECHA DE REVISION	FECHA DE APROBACION
1. No se realizaron ensayos de resistencia en el concreto.				
2. No se realizaron ensayos de resistencia en el concreto.				
3. La muestra de concreto no cumple con los requisitos de resistencia.				
4. El estado de conservación de la muestra no cumple con los requisitos de resistencia.				
5. ...				
6. ...				

INGENIERIA TOTAL S.A.S.



 Ing. Juan Carlos Rodriguez
 CIP: 131490

LOS RESULTADOS DE ESTE ENSAYO SON VALIDOS PARA EL OBJETO DE ESTE ENSAYO.
 Para cualquier aclaración o información adicional, favor dirigirse al laboratorio de suelos y concreto de INGENIERIA TOTAL S.A.S.
 El laboratorio no se hace responsable por los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio que no sean realizados por el laboratorio.

INGENIERIA - CONSULTORIA - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRAS

Dirección: Av. Chiriquiyacu N° 1728 - Jirón 1401 - Lima Perú - Teléfono: 01-206600 / 01-206647 / 01-2071881
 Correo: informacion@ingenieriatotal.com / ingenieriatotal@gmail.com
 www.ingenieriatotal.com



006170

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN The Excellence of Education	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---	---	---

PROYECTO :	"Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes."	
SOLICITANTES :	Bach. Katherine J. Acuña Huilca Bach. Yena E. Quispecondori Vilca	Resultados del muestreo de la resistencia a compresión de muestra patrón a los 28 días.
ASESOR:	Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE CONCRETO DE 50 X 50 MM
NTP 339.034



N°	Edad	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Carga Maxima (KN)	Resistencia a la Compresión(Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
21	28	25.00	260.44	2313.70	22.69	92.55	102.96
22	28	23.52	263.13	3016.80	29.58	128.27	
23	28	23.52	254.40	2793.90	27.40	118.79	
24	28	23.52	255.92	2718.90	26.66	115.60	
25	28	23.52	264.81	2679.40	26.28	113.92	
26	28	23.52	254.76	2841.80	27.87	120.82	
27	28	23.52	257.89	2638.10	25.87	112.16	
28	28	22.80	253.11	1898.50	18.62	81.57	
29	28	24.01	259.32	1735.30	17.02	73.02	
30	28	23.77	258.92	1750.40	17.17	72.91	

	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---	---	---

PROYECTO :	"Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes."	
SOLICITANTES :	Bach. Katherine J. Acuña Huillca Bach. Yena E. Quispecondori Vilca	Resultados del muestreo de la resistencia a compresión de muestra patrón + 5% de celulosa de papel a los 28 días.
ASESOR:	Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE CONCRETO DE 50 X 50 MM
NTP 339.034



N°	Edad	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Carga Maxima (KN)	Resistencia a la Compresión(Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
51	28	22.94	243.36	1483.60	14.55	65.76	69.14
52	28	23.28	251.86	1489.50	14.61	64.00	
53	28	23.96	253.06	1310.50	12.85	54.81	
54	28	23.91	248.86	1440.80	14.13	61.26	
55	28	23.77	255.07	1930.90	18.94	83.84	
56	28	23.52	258.78	2177.50	21.35	93.56	
57	28	23.57	259.97	1705.00	16.72	72.49	
58	28	23.52	253.85	1947.20	9.29	40.27	
59	28	23.72	259.02	1834.50	17.99	77.19	
60	28	23.52	245.65	1840.10	18.05	78.24	

 <i>Un. Unión</i>	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---	---	---

PROYECTO :	"Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes."	
SOLICITANTES :	Bach. Katherine J. Acuña Huilca Bach. Yena E. Quispecondori Vilca	Resultados del muestreo de la resistencia a compresión de muestra patrón + 10% de celulosa de papel a los 14 días.
ASESOR:	Ing. Juana Beatriz Aqise Pari	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE CONCRETO DE 50 X 50 MM
NTP 339.034



N°	Edad	Area (cm2)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Carga Maxima (KN)	Resistencia a la Compresión(Kg/cm2)	Resistencia Promedio (kg/cm2)
71	14	24.01	252.47	1647.60	16.16	68.62	58.25
72	14	23.04	252.26	1331.90	13.06	57.81	
73	14	23.04	263.34	1537.20	15.07	66.72	
74	14	23.52	252.44	1439.70	14.12	61.21	
75	14	23.52	257.21	1812.20	17.77	77.05	
76	14	23.38	251.58	1301.00	12.76	55.65	
77	14	23.66	259.88	1379.40	13.53	58.30	
78	14	23.28	253.06	1469.10	14.41	63.12	
79	14	23.28	202.43	1364.47	13.38	58.62	
80	14	23.52	205.01	362.10	3.55	15.40	

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	
---	---

PROYECTO :	"Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes."	
SOLICITANTES :	Bach. Katherine J. Acuña Huilca Bach. Yena E. Quispecondori Vilca	Resultados del muestreo de la resistencia a compresión de muestra patrón + 15% de celulosa de papel a los 14 días.
ASESOR:	Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE CONCRETO DE 50 X 50 MM
NTP 339.034

N°	Edad	Area (cm2)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Carga Maxima (KN)	Resistencia a la Compresión(Kg/cm2)	Resistencia Promedio (kg/cm2)
101	14	23.52	180.60	167.50	1.64	7.12	7.81
102	14	23.47	182.45	128.05	1.26	5.46	
103	14	24.40	179.20	134.09	1.31	5.50	
104	14	23.28	182.46	175.02	1.72	7.52	
105	14	23.03	176.16	164.70	1.62	7.15	
106	14	23.18	169.75	223.90	2.20	9.66	
107	14	22.94	168.39	222.90	2.19	9.71	
108	14	23.52	170.30	152.50	1.50	6.48	
109	14	23.14	172.41	252.20	2.47	10.90	
110	14	22.89	168.70	196.60	1.93	8.59	

 <i>Unión Peruviana</i>	UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES	 INGENIERIA CIVIL C.P.U.
---	---	--

PROYECTO :	"Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes."	
SOLICITANTES :	Bach. Katherine J. Acuña Huilca Bach. Yena E. Quispecondori Vilca	Resultados del muestreo de la resistencia a compresión de muestra patrón + 20% de celulosa de papel a los 14 días.
ASESOR:	Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE CONCRETO DE 50 X 50 MM
NTP 339.034

N°	Edad	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Carga Maxima (KN)	Resistencia a la Compresión(Kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
131	14	23.28	158.28	139.70	1.37	6.00	6.39
132	14	23.28	161.40	141.00	1.38	6.06	
133	14	23.52	158.79	146.60	1.44	6.23	
134	14	23.77	163.90	140.80	1.38	5.92	
135	14	23.03	157.45	124.70	1.22	5.41	
136	14	23.28	162.87	145.90	1.43	6.27	
137	14	22.70	171.24	185.40	1.82	8.17	
138	14	23.04	168.99	163.00	1.60	7.07	
139	14	22.80	165.40	152.00	1.49	6.67	
140	14	22.94	172.35	140.30	1.38	6.12	



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO Y MATERIALES



PROYECTO :	"Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes."	
	Bach. Katherine J. Acuña Huilca Bach. Yena E. Quispecondori Vilca	Resultados del muestreo de la resistencia a compresión de muestra patrón + 25% de celulosa de papel a los 7 y 14 días.
	ASESOR: Ing. Juana Beatriz Aquise Pari	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE CONCRETO DE 50 X 50 MM
NTP 339.034

N°	Edad	Area (cm2)	Peso (Kg)	Carga Maxima (Kg)	Carga Maxima (KN)	Resistencia a la Compresión(Kg/cm2)	Resistencia Promedio (kg/cm2)
156	7	23.12	150.57	107.10	1.05	4.63	4.37
157	7	23.52	152.51	106.30	1.04	4.52	
158	7	22.33	141.78	85.90	0.84	3.85	
159	7	22.32	144.49	98.40	0.96	4.41	
160	7	22.65	143.03	101.20	0.99	4.47	
161	14	22.80	147.52	80.30	0.79	3.52	5.22
162	14	22.33	149.01	138.00	1.35	6.18	
163	14	23.33	149.63	120.60	1.18	5.17	
164	14	23.03	155.87	103.80	1.02	4.51	
165	14	22.94	148.85	121.60	1.19	5.30	
166	14	22.66	148.27	131.10	1.29	5.79	
167	14	23.37	153.68	141.50	1.39	6.05	
168	14	22.56	152.88	116.80	1.15	5.18	
169	14	22.32	146.64	118.30	1.16	5.30	
170	14	22.79	151.11	118.30	1.16	5.19	

Anexo C: Constancia de ensayos realizados en Universidad Peruana Unión



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONSTANCIA

El que suscribe Ing. Herson Duberly Pari Cusi, Coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y el Jefe de laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Unión – Filial Juliaca.

HACE CONSTAR:

Que las Bachilleres en Ingeniería Civil:

KATHERINE J. ACUÑA HULLCA

Código universitario N° 201322823

YENA E. QUISPECONDORI VILCA

Código universitario N° 201322734


Han realizado ensayos en el Laboratorio de Tecnología del Concreto y Ensayos de los Materiales para completar su trabajo de tesis denominado: **"Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes"** con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Los trabajos se realizaron entre 10/02/20 al 04/03/20.

Los ensayos efectuados por las tesisas fueron los siguientes:

- ✓ 65 Ensayos de resistencia a la compresión de cubos de concreto de 50x50mm.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estime por conveniente.

Juliaca, Villa Chullunquiari, 11 de noviembre del 2020



Ing. Herson Duberly Pari Cusi
Coordinador E.P. de Ingeniería Civil



Ing. Yesenia Apaza Pinto
Jefe de Laboratorios