

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



**Elaboración de mortero de albañilería utilizando la ceniza de caña de azúcar y las partículas residuales del chancado de piedra**

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

**AUTOR**

**Franklin Alexander Cumpa Fernandez**

**ASESOR**

**Fidel Ortiz Zapata**

<https://orcid.org/0000-0002-1239-7290>

**Chiclayo, 2023**

**Elaboración de mortero de albañilería utilizando la ceniza de  
caña de azúcar y las partículas residuales del chancado de piedra**

PRESENTADA POR  
**Franklin Alexander Cumpa Fernandez**

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

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Juan Ignacio Luna Mera  
PRESIDENTE

Luis Quiroz Quiñones  
SECRETARIO

Fidel Ortiz Zapata  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A mi madre, porque todos mis logros son para ella, por su amor incondicional que me brinda día a día y por no permitir que me rinda frente a la adversidad. Te amo madre.

A mi familia, porque siempre han estado para mí en las veces que los he necesitado.

## **Agradecimientos**

Agradezco al Ing. Fidel Ortiz, docente asesor, por brindarme toda su disposición, sus recomendaciones y motivación para poder culminar con éxito esta tesis; también quiero agradecer al Sr. Henry Rivadeneyra por su apoyo desde proyecto de tesis para poder ejecutar esta investigación y finalmente quiero agradecer a Luis Fernández, Víctor Álvarez, Daniel Benel, Manuel Bobadilla por su apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

## Tesis al 100%

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## Índice

Resumen.....	18
Abstract .....	19
Introducción .....	20
Revisión de Literatura .....	23
Antecedentes del problema.....	23
Bases teórico-científicas .....	25
Albañilería .....	25
Clasificación de la albañilería.....	26
Componentes del muro de albañilería .....	27
Mortero .....	27
Componentes del mortero .....	27
Propiedades del mortero .....	29
Propiedades del mortero en estado fresco .....	29
Propiedades del mortero en estado endurecido .....	29
Unidades de albañilería.....	29
Tipos de albañilería.....	30
Clasificación para fines estructurales .....	30
Limitaciones en su aplicación.....	30
Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) .....	31
Producción de caña de azúcar en el Perú.....	31
Proceso industrial para la obtención de ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	32
Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar .....	33
Definición de términos básicos.....	33
Materiales y métodos .....	34
Tipo y nivel de la investigación.....	34
Diseño de investigación.....	34
Hipótesis .....	34
Población, muestra y muestreo .....	34
Población .....	34
Muestra .....	34
Criterios de selección.....	35
Operacionalización de variables .....	36
Variables dependientes .....	36
Variable independiente: .....	36

Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	37
Investigación documental .....	37
Investigación de campo .....	38
Procedimientos .....	38
Ensayo de densidad de la ceniza de bagazo de caña de azúcar .....	38
Procedimientos para la realización de los ensayos físicos de los agregados .....	39
Contenido de humedad del agregado fino .....	40
Análisis granulométrico del agregado fino.....	41
Peso específico y absorción del agregado fino .....	42
Carbón o lignito del agregado fino .....	43
Ensayo de terrones de arcilla del agregado fino .....	44
Peso unitario del agregado fino .....	45
Ensayo de sales y cloruros totales para el agregado fino.....	47
Ensayo de desgaste por sulfato de magnesio para el agregado fino .....	48
Procedimiento para el ensayo de las unidades de albañilería .....	49
Variación dimensional .....	49
Alabeo.....	50
Absorción.....	51
Resistencia a la compresión.....	52
Procedimiento para la elaboración de mortero .....	52
Procedimiento para ensayos del mortero en estado fresco .....	54
Ensayo de fluidez de la pasta de mortero .....	54
Peso unitario del mortero.....	55
Ensayo de tiempo de fraguado.....	56
Ensayos del mortero en estado endurecido.....	57
Resistencia a la compresión de mortero .....	57
Resistencia a la pila de albañilería.....	58
Resistencia al murete de albañilería .....	59
Plan de procesamiento y análisis de datos.....	60
Matriz de consistencia .....	62
Consideraciones éticas.....	63
Resultados y discusión .....	64
Resultados del ensayo de densidad de la ceniza de bagazo de caña de azúcar .....	64
Resultados de los ensayos realizados al agregado fino .....	64
Contenido de humedad del agregado fino .....	64

Análisis granulométrico del agregado fino.....	65
Peso específico y absorción del agregado fino.....	67
Carbón y lignito del agregado fino.....	69
Ensayo de terrones de arcilla del agregado fino.....	70
Peso unitario del agregado fino.....	71
Ensayo de sales y cloruros totales del agregado fino.....	74
Ensayo de desgaste por sulfato de magnesio del agregado fino.....	75
Resumen de las propiedades del agregado fino.....	76
Resultados de los ensayos realizados a la unidad de albañilería.....	77
Variación de la dimensión del ladrillo.....	77
Alabeo del ladrillo.....	78
Absorción del ladrillo.....	78
Resistencia a la compresión de unidades de albañilería.....	79
Resumen de las propiedades de la unidad de albañilería.....	79
Tipo de mortero y dosificación.....	79
Diseño de morteros patrones.....	80
Diseño de mezcla para morteros con RTG y CBCA.....	81
Resultados de los ensayos del mortero en estado fresco.....	81
Ensayo de fluidez del mortero.....	81
Resumen del ensayo de fluidez del mortero patrón.....	83
Resumen del ensayo de fluidez del mortero patrón y con %CBCA.....	85
Resumen del ensayo de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada..	87
Resumen del ensayo de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada y %CBCA.....	89
Ensayo de peso unitario del mortero.....	89
Ensayo de tiempo de fraguado del mortero.....	91
Resultados de los ensayos del mortero en estado endurecido.....	92
Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del mortero.....	92
Resultados de las propiedades mecánicas de la albañilería simple.....	111
Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en pilas de albañilería.....	111
Resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería .....	112
Análisis económico.....	114
Análisis de costo unitario: Pasante por la malla N°200 de CBCA.....	115
Análisis de costo unitario: Muro con mortero convencional.....	115
Análisis de costo unitario: Muro con mortero modificado.....	116

Resumen del análisis económico .....	116
Conclusiones .....	117
Recomendaciones.....	119
Referencias .....	120
Anexos.....	122

## Lista de Tablas

Tabla 1 Granulometría de la arena gruesa.....	28
Tabla 2 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales [1] .....	30
Tabla 3 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales [1] .....	31
Tabla 4 Composición química de cenizas de paja y bagazo de caña de azúcar de Perú.....	33
Tabla 5 Variables, indicadores e instrumentos.....	37
Tabla 6 Técnicas y recolección de datos .....	37
Tabla 7 Ensayos de ceniza, agregados y mortero.....	38
Tabla 8 Peso mínimo de la muestra .....	44
Tabla 9 Tamices a utilizar para la separación de las partículas .....	45
Tabla 10 Matriz de consistencia.....	62
Tabla 11 Resultados del ensayo de Densidad de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.....	64
Tabla 12 Resultado del ensayo de contenido de humedad para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul.....	64
Tabla 13 Resultado del ensayo de contenido de humedad para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra .....	64
Tabla 14 Resultado del análisis granulométrico para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	65
Tabla 15 Resultado del análisis granulométrico para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	66
Tabla 16 Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	68
Tabla 17 Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	68
Tabla 18 Resultado del ensayo de carbón y lignito en agregados para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	69
Tabla 19 Resultado del ensayo de carbón y lignito en agregados para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	70
Tabla 20 Resultado del ensayo de terrones de arcilla para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	71
Tabla 21 Resultado del ensayo de terrones de arcilla para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	71
Tabla 22 Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	71
Tabla 23 Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	72
Tabla 24 Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	72
Tabla 25 Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	73
Tabla 26 Ensayo de sales y cloruros totales para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	74
Tabla 27 Ensayo de sales y cloruros totales para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe.....	75
Tabla 28 Resultados del ensayo de desgaste por sulfato de magnesio para para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	75
Tabla 29 Resultado del ensayo de desgaste por sulfato de magnesio para para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	76
Tabla 30 Resumen de propiedades del RTF y RTG.....	76
Tabla 31 Resultado del ensayo de variación de la dimensión del ladrillo .....	77

Tabla 32 Resultado del ensayo de alabeo en ladrillo .....	78
Tabla 33 Resultado del porcentaje de absorción del ladrillo .....	78
Tabla 34 Resultados de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería .....	79
Tabla 35 Resumen de propiedades del ladrillo “Master” .....	79
Tabla 36 Diseño de morteros patrones .....	80
Tabla 37 Diseño de mezcla para morteros con Residuo Triturado Grueso y Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.....	81
Tabla 38 Ensayo N°01 de fluidez del mortero patrón.....	81
Tabla 39 Ensayo N°02 de fluidez del mortero patrón.....	82
Tabla 40 Ensayo N°03 de fluidez del mortero patrón.....	82
Tabla 41 Ensayo N°01 de fluidez del MP con 5%CBCA .....	83
Tabla 42 Ensayo N°02 de fluidez del MP con 10%CBCA .....	84
Tabla 43 Ensayo N°03 de fluidez del MP con 15%CBCA .....	84
Tabla 44 Ensayo N°04 de fluidez del MP con 20%CBCA.....	84
Tabla 45 Ensayo N°01 de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada .....	85
Tabla 46 Ensayo N°02 de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada .....	86
Tabla 47 Ensayo N°02 de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada .....	86
Tabla 48 Ensayo N°01 de fluidez del Mortero con RTPC y 5%CBCA.....	87
Tabla 49 Ensayo N°02 de fluidez del Mortero con RTPC y 10%CBCA.....	88
Tabla 50 Ensayo N°03 de fluidez del Mortero con RTPC y 15%CBCA.....	88
Tabla 51 Ensayo N°04 de fluidez del Mortero con RTPC y 20%CBCA.....	88
Tabla 52 Resultado del ensayo de peso unitario del mortero patrón con %CBCA .....	89
Tabla 53 Resultado del ensayo de peso unitario del mortero con residuo triturado grueso y %CBCA.....	90
Tabla 54 Registro de lectura tiempo - penetración .....	91
Tabla 55 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón.....	92
Tabla 56 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 5%CBCA.....	93
Tabla 57 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 10%CBCA.....	94
Tabla 58 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 15%CBCA.....	95
Tabla 59 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 20%CBCA.....	96
Tabla 60 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada .....	97
Tabla 61 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 5%CBCA.....	98
Tabla 62 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 10%CBCA.....	99
Tabla 63 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 15%CBCA.....	100
Tabla 64 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 20%CBCA.....	101
Tabla 65 Resultado del ensayo de resistencia a compresión del mortero patrón con %CBCA .....	106
Tabla 66 Resultados del ensayo a compresión del mortero patrón con residuo triturado grueso de piedra chancada y % CBCA.....	109
Tabla 67 Lista de prismas elaborados de 3 hiladas .....	111
Tabla 68 Registro del ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería ...	111

Tabla 69 Lista de muretes elaborados .....	113
Tabla 70 Registro del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería .....	113
Tabla 71 Costo unitario: pasante por la malla N°200 de CBCA.....	115
Tabla 72 Costo unitario por m2 de un muro de albañilería con mortero convencional .....	115
Tabla 73 Costo unitario por m2 de un muro de albañilería con mortero modificado .....	116

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 Resultado del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.....	65
Gráfico 2 Resultado del análisis granulométrico para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe .....	66
Gráfico 3 Resultado del análisis granulométrico para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe.....	67
Gráfico 4 Resultado del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.....	69
Gráfico 5 Resultado del ensayo carbón y lignito del agregado fino .....	70
Gráfico 6 Resultado del ensayo peso unitario suelto del agregado fino .....	73
Gráfico 7 Resultado del ensayo peso unitario compactado del agregado fino.....	74
Gráfico 8 Resistencia a la compresión vs A/C [20] .....	80
Gráfico 9 Resultados del ensayo de fluidez del mortero patrón .....	83
Gráfico 10 Resultados del ensayo de fluidez del mortero patrón y con %CBCA .....	85
Gráfico 11 Resultado de ensayo de fluidez para mortero con residuo triturado de piedra chancada.....	87
Gráfico 12 Resultados del ensayo de fluidez del mortero patrón con residuo triturado de piedra chancada y %CBCA.....	89
Gráfico 13 Resultado del ensayo de peso unitario del mortero patrón con %CBCA .....	90
Gráfico 14 Resultado del ensayo de peso unitario del mortero con residuo triturado grueso y %CBCA.....	91
Gráfico 15 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para el Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5%CBCA .....	92
Gráfico 16 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón.....	93
Gráfico 17 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 5%CBCA .....	94
Gráfico 18 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 10%CBCA .....	95
Gráfico 19 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 15%CBCA .....	96
Gráfico 20 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 20%CBCA .....	97
Gráfico 21 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada.....	98
Gráfico 22 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 5%CBCA.....	99
Gráfico 23 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada –10%CBCA.....	100
Gráfico 24 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada –15%CBCA.....	101
Gráfico 25 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada –20%CBCA.....	102
Gráfico 26 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros .....	102
Gráfico 27 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros con sustitución del 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar .....	103
Gráfico 28 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros con sustitución del 10% Ceniza de bagazo de caña de azúcar .....	104
Gráfico 29 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros con sustitución del 15% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar .....	105
Gráfico 30 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros con sustitución del 20% Ceniza de bagazo de caña de azúcar .....	106
Gráfico 31 Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del mortero patrón convencional con %CBCA.....	108
Gráfico 32 Resultado del ensayo a compresión del mortero patrón con residuo triturado	

grueso y %CBCA .....	110
Gráfico 33 Resultado del ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería .....	112
Gráfico 34 Resultado del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería .....	114
Gráfico 35Resuemen del costo por m2 de muro de albañilería .....	116

## Lista de Imágenes

Imagen 1 Albañilería [13] .....	26
Imagen 2 Muro armado o albañilería armada [14].....	26
Imagen 3 Muro confinado o albañilería confinada [14].....	27
Imagen 4 Proceso industrial de la caña de azúcar .....	32
Imagen 5 Retenido de ceniza al pasarlo por un colador.....	39
Imagen 6 Procedimiento del tamizado por la malla N°200 .....	39
Imagen 7 Molienda a mano de ceniza de bagazo de caña de azúcar .....	39
Imagen 8 Tesista visitando la planta chancadora Piedra Azul .....	39
Imagen 9 Obteniendo muestras de agregado fino .....	39
Imagen 10 Resultados obtenidos del contenido de humedad de residuo triturado fino y grueso .....	40
Imagen 11 Tamices normalizados para agregado fino.....	41
Imagen 12 Tesista realizando el ensayo de granulometría al residuo triturado .....	41
Imagen 13 Procedimiento para quitar el excedente de vacíos de la muestra residuo triturado grueso .....	43
Imagen 14 Procedimiento para el ensayo de peso unitario suelto con residuo triturado fino..	46
Imagen 15 Procedimiento para el peso unitario compactado residuo triturado grueso .....	47
Imagen 16 Tesista realizando el proceso de.....	50
Imagen 17 Procedimiento para la medida de alabeo que presenta el ladrillo .....	51
Imagen 18 Procedimiento para el ensayo de absorción del ladrillo.....	51
Imagen 19 Ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos.....	52
Imagen 20 Elaboración de mortero patrón .....	53
Imagen 21 Materiales listos para elaborar mortero .....	53
Imagen 22 Procedimiento de ensayo de fluidez del mortero .....	54
Imagen 23 Peso del molde y peso del molde + mortero .....	55
Imagen 24 Procedimiento para el tiempo de fraguado final .....	57
Imagen 25 Procedimiento para el tiempo de fraguado inicial.....	57
Imagen 27 Especímenes cúbicos del mortero patrón .....	58
Imagen 26 Rotura a la compresión de los especímenes cúbicos.....	58
Imagen 28 Ensayo de resistencia a la compresión axial de la pila de albañilería .....	59
Imagen 29 Muestra de la pila de albañilería .....	59
Imagen 30 Muestras de murete de albañilería.....	60
Imagen 31 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería.....	60
Imagen 32 Mortero para realizar el ensayo de fluidez.....	154
Imagen 33 Mortero ensayado en la mesa de fluidez .....	154
Imagen 34 Tesista realizando el ensayo de fluidez .....	154
Imagen 35 Tesista realizando la medida del diámetro del mortero para hallar el porcentaje de fluidez.....	154
Imagen 37 Tesista con especímenes cúbicos de MP y Mortero RTPC.....	154
Imagen 36 Especímenes cúbicos de MP y Mortero RTPC .....	154
Imagen 39 Tesista con los especímenes cúbicos de MP con 5 y 10% CBCA .....	155
Imagen 38 Tesista con especímenes cúbicos de Mortero con RTPC y con los porcentajes del 5, 10, 15 y 20% CBCA.....	155
Imagen 40 Especímenes cúbicos de MP con 5% CBCA y 10% CBCA.....	155
Imagen 41 Tesista con especímenes cúbicos de Mortero con RTPC y con los porcentajes del 5, 10, 15 y 20% CBCA.....	155
Imagen 42 Cubo de MP ensayado a la edad de 28 días.....	156
Imagen 43 Carga resistida del MP a la edad de 28 días .....	156

Imagen 44	Cubo de MP-5%CBCA ensayado a la edad de 28 días.....	156
Imagen 45	Carga resistida del MP-5%CBCA a la edad de 28 días .....	156
Imagen 46	Cubo de Mortero con RTPC-5%CBCA ensayado a la edad de 28 días.....	156
Imagen 47	Carga resistida del Mortero RTPC-5%CBCA a la edad de 28 días.....	156
Imagen 48	Verificando la nivelación del murete .....	157
Imagen 49	Realización del corte del ladrillo .....	157
Imagen 50	Humedeciendo el ladrillo antes de asentarlos.....	157
Imagen 51	Finalización de elaboración de muretes .....	157
Imagen 52	Tesista con las muestras de muretes y pilas de albañilería .....	157
Imagen 53	Transporte de los muretes hacia el ensayo .....	158
Imagen 54	Tesista a punto de realizar el ensayo a la compresión diagonal del murete .....	158
Imagen 55	Murete con MP alcanzo $V'm=6986$ kg.....	158
Imagen 56	Murete con MP y .....	158
Imagen 57	Murete con RTPC y 5%CBCA alcanzo $V'm=9249$ kg .....	158
Imagen 60	Pila con MP-5%CBCA alcanzo una $f'm=23324$ kg .....	159
Imagen 59	Pila con MP-5%CBCA alcanzo una $f'm=23324$ kg .....	159
Imagen 58	Pila con MP alcanzo una $f'm=18996$ kg.....	159

## Lista de Anexos

Anexo 1 Informe del ensayo de densidad de ceniza de bagazo de caña de azúcar de la empresa azucarera “Pucalá” .....	122
Anexo 2 Informe del ensayo de contenido de humedad del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	123
Anexo 3 Informe del ensayo análisis granulométrico del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	124
Anexo 4 Informe del ensayo peso unitario suelto y compactado del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	125
Anexo 5 Informe del ensayo peso específico y absorción del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	126
Anexo 6 Informe del ensayo desgaste por sulfato de magnesio del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	127
Anexo 7 Informe del ensayo terrones de arcilla del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	128
Anexo 8 Informe del ensayo carbón y lignito del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	129
Anexo 9 Informe del ensayo sales y cloruros totales del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	130
Anexo 10 Informe del ensayo contenido de humedad del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	131
Anexo 11 Informe del ensayo análisis granulométrico del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	132
Anexo 12 Informe del ensayo peso unitario suelto y compactado del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	133
Anexo 13 Informe del ensayo peso específico y absorción del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	134
Anexo 14 Informe del ensayo desgaste por sulfato de magnesio del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	135
Anexo 15 Informe del ensayo terrones de arcilla del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	136
Anexo 16 Informe del ensayo carbón y lignito del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	137
Anexo 17 Informe del ensayo sales y cloruros totales del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe .....	138
Anexo 18 Informe del ensayo muestreo de variación dimensional al Ladrillo Master.....	139
Anexo 19 Informe del ensayo para alabeo al Ladrillo Master .....	140
Anexo 20 Informe del ensayo de absorción al Ladrillo Master .....	141
Anexo 21 Informe del ensayo resistencia a la compresión al Ladrillo Master .....	142
Anexo 22 Informe del ensayo determinación de la fluidez de morteros.....	143
Anexo 23 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero patrón - %CBCA a la edad de 3 días .....	144
Anexo 24 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para .....	145
Anexo 25 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero patrón - %CBCA a la edad de 7 días .....	146
Anexo 26 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero con residuo triturado de piedra chancada - %CBCA a la edad de 7 días .....	147
Anexo 27 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero patrón - %CBCA a la edad de 14 días .....	148

Anexo 28 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero con residuo triturado de piedra chancada - %CBCA a la edad de 14 días .....	149
Anexo 29 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero patrón - %CBCA a la edad de 28 días .....	150
Anexo 30 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero con residuo triturado de piedra chancada - %CBCA a la edad de 28 días .....	151
Anexo 31 Informe del ensayo de resistencia a la pila de albañilería a la edad de 28 días .....	152
Anexo 32 Informe del ensayo de resistencia diagonal al murete de albañilería a la edad de 28 días .....	153
Anexo 33 Evidencia fotográfica del ensayo de fluidez del mortero .....	154
Anexo 34 Evidencia fotográfica del ensayo de fluidez del mortero .....	154
Anexo 35 <i>Evidencia fotográfica de ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm</i> .....	156
Anexo 36 <i>Evidencia fotográfica de elaboración de pilas y muretes de albañilería</i> .....	157
Anexo 37 <i>Evidencia fotográfica del ensayo a compresión diagonal de muretes de albañilería</i> .....	158
Anexo 38 <i>Evidencia fotográfica del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería</i> .....	159

## Resumen

La caña de azúcar es una materia prima muy utilizado por el consumo humano. En el norte del país hay muchos sembríos de caña de azúcar, así como su procesamiento industrial, por lo que abundan residuos de bagazo de dicho material; así mismo, existe una ardua explotación en las canteras para obtener los agregados. Es por ello que se pretende combinar estos materiales para la elaboración del mortero de albañilería.

El objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia que tiene el mortero mediante el reemplazo de la ceniza de caña de azúcar en el cemento y la arena por el residuo de la trituración de la piedra en las chancadoras, poniendo énfasis en las propiedades físicas y mecánicas más importantes. Para esta investigación se utilizó una relación cemento: arena de 1:4 reemplazando el cemento en porcentajes del 5%, 10%, 15% y 20% en función a su peso por la ceniza de bagazo de caña de azúcar y el residuo triturado de piedra chancada por la arena en su totalidad.

Se concluyó que el residuo triturado de piedra chancada si puede reemplazar a la arena gruesa en su totalidad, puesto que en su elaboración se utilizó menos cantidad de agua, logrando alcanzar una resistencia a la compresión de 267.27 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que el mortero patrón alcanzo 161.94 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días. Además, el porcentaje optimo fue del 5% generando un aumento en la resistencia a la compresión, en las pilas y muretes de albañilería.

**Palabras clave:** Mortero, ceniza de caña de azúcar, residuo de piedra de chancadora, resistencia a la compresión, pilas y muretes.

### **Abstract**

Sugar cane is a raw material widely used for human consumption. In the north of the country there are many sugarcane crops, as well as its industrial processing, so there is an abundance of bagasse waste from said material; Likewise, there is an arduous exploitation in the quarries to obtain the aggregates. That is why it is intended to combine these materials for the preparation of masonry mortar.

The objective of this research is to determine the efficiency of the mortar by replacing the sugar cane ash in the cement and the sand with the residue from the crushing of the stone in the crushers, emphasizing the physical and mechanical properties. more important. For this investigation, a cement: sand ratio of 1:4 was used, replacing the cement in percentages of 5%, 10%, 15% and 20% based on its weight by the ash of sugarcane bagasse and the crushed residue of stone crushed by the sand in its entirety.

It was concluded that the crushed stone residue can replace coarse sand in its entirety, because less water was used in its preparation, achieving a compressive strength of 267.27 kg/cm<sup>2</sup>; while the standard mortar reached 161.94 kg/cm<sup>2</sup> at the age of 28 days. In addition, the optimal percentage was 5%, generating an increase in the compressive strength, in the piles and masonry walls.

**Keywords:** Mortar, sugar cane ash, crusher stone residue, compressive strength, piles and low walls.

## Introducción

Según la norma técnica E070: Albañilería, el mortero está constituido por una mezcla de cemento, arena gruesa y agua. Se caracteriza por ser una mezcla fácil de trabajar, adhesiva y sin segregación del agregado. Es utilizado para enlazar de manera horizontal y vertical las unidades de albañilería. [1]

En el Perú, los morteros de albañilería se agrupan en tipo P y NP, estos son usados en muros portantes y no portantes, las dosificaciones volumétricas de cemento: arena están comprendidas entre 1:3 - 1:6. [1]

Según el IGP “El Perú es un país altamente sísmico, pero el principal problema no es el sismo, sino el crecimiento desordenado de la población” [2] Es por ello que las edificaciones tienen que ser diseñadas y construidas con una rigurosa supervisión, de modo que tengan un buen comportamiento ante cualquier evento sísmico que podría ocurrir”. En este sentido San Bartolomé afirma que “Las viviendas se comportan de muchas maneras debido a cualquier evento sísmico existente, ya que esto depende del estado de los materiales y el proceso constructivo” [3]

Por otro lado, según las estadísticas de los Censos Nacionales XII de población y VII de vivienda de 2017, se considera que “El 55.8% de las viviendas totales en nuestro país son de albañilería y el 27.9% de adobe. Dentro de las primeras la gran parte son del tipo albañilería confinada” [4]

Muy aparte de todo ello, sabemos que existe un problema en las construcciones de albañilería, por lo general son a través de fallas en las paredes que se dan en forma diagonal o escalona. Esto se debe por muchos factores: la autoconstrucción realizada empíricamente sin dirección técnica, no teniendo en cuenta que los materiales sean de calidad muchas veces de dudosa procedencia, malas prácticas constructivas al elaborar el mortero, mano de obra no calificada, entre otros factores. Ante estas deficiencias existentes provoca que la edificación se vuelva vulnerable ante los eventos sísmicos.

En la actualidad, se están implementando diversos métodos o nuevas tecnologías para la elaboración de mortero, teniendo siempre como objetivo mejorar sus propiedades como brindándole una resistencia y adherencia adecuada; para fabricar de este nuevo mortero se pretende emplear la ceniza de caña de azúcar y el residuo triturado de la piedra triturada. La caña de azúcar es una materia prima muy utilizado por el consumo humano, en la cual en el norte del país hay muchos sembríos de caña de azúcar. La producción de caña de azúcar origina como residuo bagazo de caña, que posteriormente es quemado en calderas para la producción de energía y se obtiene como resultado final la ceniza de bagazo de caña de

azúcar.

Un punto importante a resaltar es que; la explotación minera de las canteras y de los ríos, es considerada como una de las fuentes principales de obtención de agregados. Claramente, son un excelente medio de extracción y disponible de agregados, sin embargo, traen consigo impactos ambientales muy graves que, a futuro, llegaría a provocar la pérdida de ecosistemas costeros, agravios en la infraestructura (caminos y puentes), contaminación de sólidos suspendidos, erosión de la ribera, destrucción de algunos sitios arqueológicos y un posible agotamiento de agregados. [5]

Por ello, el residuo del material no utilizado del triturado de la piedra chancada, además de generar polvo; lo que hace es formar montículos grandes de cerros de dicho residuo, sabiendo que esto se puede reaprovechar como sustituto de agregado fino. Para así, mitigar la explotación mayor del agregado fino que trae consigo la escasez de la materia prima.

Lo que se pretende en este trabajo de investigación, desde el punto de vista económico y ambiental, es combinar estos elementos como una nueva materia prima en el mercado de la construcción para la elaboración de mortero de albañilería, reemplazando la ceniza de caña de azúcar en el cemento y la arena por las partículas residuales de la trituración de piedra de las chancadoras. Es relevante conocer el efecto que tendrá al reemplazar dichos elementos mencionados anteriormente en un mortero modificado, lo cual se buscará conocer la dosificación óptima para alcanzar la resistencia necesaria en estado endurecido para construcciones de albañilería.

Por consiguiente, el problema de la investigación ha quedado formulado de la siguiente manera: ¿Se podrá combinar estos elementos como un nuevo material en el mercado de la construcción garantizando su resistencia y durabilidad, asimismo mitigar la explotación del mineral no metálico?

En el aspecto técnico-social, este estudio propone soluciones ante problemas que se plantea la ingeniería, como lo es en este caso la elaboración de mortero de albañilería utilizando nuevos materiales que beneficiara su resistencia y su durabilidad: ya que hoy en día se viene observando que existen deficiencias en las edificaciones de albañilería, por lo que estos alcances serán relevantes para empresas constructoras, ingenieros, maestros de obra, albañiles y población civil de la ciudad de Chiclayo.

Evaluando desde el punto económico, esta investigación busca reducir los costos en la elaboración del mortero, debido a que, a diferencia del mortero convencional, incorporaremos materiales que pueden ser reciclados, reutilizados y recuperándolos de materiales que han sido residuos de otros procesos de producción.

Desde el punto de vista ambiental, se pretende darle un nuevo uso a la ceniza de caña de azúcar que las empresas azucareras desechan. Por otro lado, se busca reutilizar el residuo de la trituración de la piedra chancada como sustituto del agregado fino.

Esta tesis tiene como principal objetivo, establecer la eficiencia del mortero de albañilería utilizando la ceniza de caña de azúcar y las partículas residuales del chancado de piedra en comparación con la elaboración del mortero convencional, a través de la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas.

Para esta investigación, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la densidad de la ceniza de caña de azúcar y realizar los ensayos físicos y mecánicos del agregado a utilizar
- Elaborar dos patrones de diseño utilizando mortero convencional y el residuo de la piedra chancada; reemplazar a ambos la ceniza en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% con respecto al peso del cemento.
- Comparar los resultados conseguidos del ensayo en estado fresco y endurecido de mortero reemplazando ceniza de caña de azúcar por cemento y agregado fino por el residuo triturado de la piedra chancada con lo que se obtiene de un mortero convencional.
- Determinar las propiedades de ambos morteros de albañilería ensayando pilas y muretes de ladrillo sólido industrial de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones (RNE E70).

## Revisión de Literatura

### Antecedentes del problema

**J. Libreros Yusti y S. Henao Caicedo** “*Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros*” tesis pregrado, Univ. Pontificia Javeriana, Cali-Colombia, 2015.

Con este trabajo de investigación se afirma que la ceniza de bagazo de caña de azúcar es un material óptimo como sustituto parcial del cemento dentro de la fabricación de mortero. Debido a que los resultados arrojaron que el tiempo de fraguado inicial y final tuvo un incremento significativo del 221% y 234%, otro punto relevante a destacar es el incremento en su propiedad mecánica de resistencia a los 58 días, reemplazando en porcentajes del 10 y 20% supero al mortero patrón en 2.5 y 5% respectivamente y la resistencia a flexión en porcentaje del 20 % aumento en 40% de la resistencia del mortero patrón. También se concluyó que con un reemplazo del 20% del peso del cemento se puede ahorrar dos sacos de cemento por metro cúbico de mortero. [6]

**P. Camargo Macedo, A. Pereira, J. Akasaki, C. Fioriti, J. Payá, y J. Pinheiro** “*Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar*” Artículo de revista: *Ingeniería de construcción*, vol. 29 (187-199), Brasil, 2014

Los resultados de la resistencia a compresión a los 7 días en los porcentajes de 3, 5 y 8% son similares y menores con respecto al mortero de referencia; sin embargo, a las edades de 28 y 56 hubo un aumento significativo. El resultado de la resistencia a la tracción arrojó que con el porcentaje del 3% posee un comportamiento óptimo. [7]

**R. A. Berenguer, F. A. Nogueira Silva, S. Marden Torres, E. C. Barreto Monteiro, P. Helene, A. A. de Melo Neto** “*La influencia de las cenizas de bagazo de caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento en la resistencia a la compresión de los morteros*” Artículo de revista: *Alconpat*, vol. 8 (30-37) Brasil, 2018

En esta investigación se trató de hacer una comparación entre la ceniza proveniente de los ingenios azucareros como de una pizzería. Se pudo verificar que al adicionar el 15% de ceniza tiene un efecto puzolánico y aglutinante en la mezcla. Hubo un incremento del 8% en la resistencia a compresión a la edad de 91 días utilizando la ceniza de caña de azúcar. Por último, se puede concluir que la sobrepasar una adición del 30% a la mezcla de mortero no se obtendrá ningún beneficio. [8]

**J. Rodríguez Bucio** “*Ceniza de bagazo de caña: efecto puzolánico en morteros de cemento*” Maestría en ciencias, Univ. Autónoma de Querétaro, México, 2014.

Conforme a lo establecido por el Reglamento de Construcción del Distrito Federal (RCDF)

el mortero elaborado puede ser utilizado como material para asentar ladrillo. El resultado de la resistencia a la compresión con la sustitución del 5, 10, 15, 20, 25 y 30% del peso del cemento se encuentran por encima del mortero patrón a partir de la edad de 37 días, sobresaliendo el porcentaje del 20%. El resultado de la resistencia a flexión tuvo un buen comportamiento destacándose por encima del mortero patrón el porcentaje de 5% y 20%. [9]

**J. Gaitan Arévalo y B. Torres Rivas** *“Influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar proveniente del ingenio monte rosa sobre las propiedades físico-mecánicas y de durabilidad de morteros de cemento tipo gu”* Tesis de grado, Univ. Nacional de Ingeniería, Managua-Nicaragua, 2013

El resultado de la resistencia mecánica arrojó que al utilizar un 15% de sustitución de CBCA con relación de a/c 0.5 y de are/c 2/1 se obtuvo una resistencia a 28 días de 14.20 MPa. No se puede sustituir la arena tradicional por CBCA, los resultados no fueron beneficiosos para las propiedades mecánicas. El tiempo de fraguado depende del % incrementado de CBCA, para el mortero con un 45% de sustitución el tiempo de fraguado final es mayor que 6,6h mientras que para el porcentaje de 15% fue de 4.9h. [10]

**A.L. Baron Bello** *“Evaluación del tamaño de partícula y porcentaje de sustitución óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la variación de la resistencia de un mortero sostenible”* Tesis pregrado, Univ. La Gran Colombia, Bogotá, 2017

En este trabajo de investigación se adicionó la ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentaje de 10, 15, 20, 25% en peso del cemento. Cabe resaltar que el porcentaje del 10% y 15% en la mezcla del mortero modificado tuvo un comportamiento del 97% y 93% respectivamente en comparación con el mortero convencional y en la resistencia a flexión alcanzaron los porcentajes de 103% y 104% respectivamente en comparación con el mortero convencional. El tamaño de la CBCA es importante tenerlo en cuenta, se utilizaron los tamices #100 y #200, logrando tener un mejor comportamiento las mezclas que pasaron por el tamiz #200. Los porcentajes óptimos para alcanzar una buena resistencia fueron los del rango del 10%-20% logrando obtener una resistencia mayor a los 17.5MPa y estos pueden ser utilizados en los muros de albañilería. [11]

**L. Calderón Peláez; S. Martínez Cabrera** *“Influencia del tamaño de partícula y del porcentaje de reemplazo de ceniza de bagazo de caña de azúcar (cbca) por cemento portland tipo i sobre la resistencia a la compresión, actividad puzolánica, y reactividad álcali-sílice en morteros modificados”* Tesis pregrado, Univ. Nacional de Trujillo, Perú, 2017

Los porcentajes empleados en esta investigación fueron del 10, 20 y 30% del peso. El tamaño de las partículas de la CBCA fue de 48 $\mu$ m y 75 $\mu$ m. El resultado de la resistencia a la compresión

de la mezcla de mortero arrojó que el porcentaje óptimo para alcanzar la mayor resistencia fue el 20% con un valor de 110.07 kg/cm<sup>2</sup> con el tamaño de la partícula de 48µm, mientras que para la partícula de 75µm fue de 96.91 kg/cm<sup>2</sup>. Se obtuvo que el índice de actividad puzolánica alcanza un máximo de 32.48% con respecto a las probetas patrón del 20% en peso de reemplazo de ceniza de bagazo de caña de azúcar por cemento tipo I con un tamaño de partículas de 48µm. [12]

**S. Mendoza Díaz “Diseño de mortero para albañilería incorporando vidrio reciclado triturado” Tesis Pregrado, Univ. Señor de Sipán, Chiclayo (2020)**

El objetivo de su investigación fue incorporar al diseño del mortero convencional el residuo triturado del vidrio reciclado en porcentajes del 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% como reemplazo del agregado fino para las dosificaciones de 1:3.5; 1:4; 1:5 y 1:6.

Para la utilización del vidrio triturado tuvo que pasarlo por la malla N°4, el ensayo de granulometría arrojó que está dentro de los husos permitidos por la NTP 400.012.

Se realizaron los siguientes ensayos del mortero: fluidez, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión. Además, realizaron el ensayo a la adherencia entre el mortero y la unidad de albañilería, resistencia a la compresión axial de primas de albañilería y la resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.

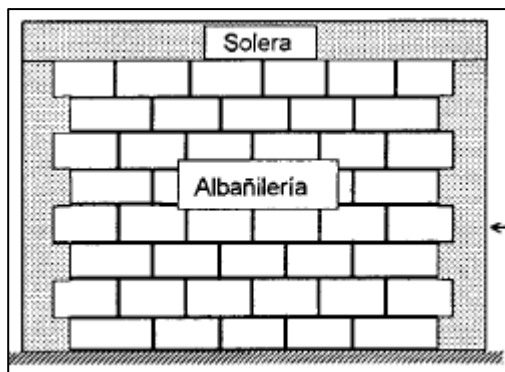
Como resultados de la fluidez, se obtuvo que la relación a/c es inversamente proporcional al porcentaje de vidrio empleado; el resultado de la resistencia a la compresión y flexión se obtuvo que la mejor dosificación es de 1:3.5 con el 30% de reemplazo de VT debido a que alcanzó los valores de 266.62 kg/cm<sup>2</sup> para compresión y 41.17 kg/cm<sup>2</sup> para flexión; finalmente se determinó que para todas las dosificaciones donde se utilizó el VT alcanzan resistencias superiores al mortero patrón, con respecto a los primas y muretes elaborados alcanzaron una resistencia de 134.19 kg/cm<sup>2</sup> y 30.63 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Con esta investigación se pudo demostrar que el vidrio triturado influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del mortero de albañilería siempre y cuando no excedan del porcentaje del 30% como sustituto del agregado fino.

### **Bases teórico-científicas**

#### **Albañilería**

Llamado también mampostería, se define como un conjunto de “unidades de albañilería”, ladrillos de arcilla cocida, que están unidas o asentadas entre sí con un mortero. [1]



*Imagen 1 Albañilería [13]*

## **Clasificación de la albañilería**

### **Por la función estructural**

#### **Muros portantes**

Son aquellos que se utilizan como elementos estructurales de un edificio. Los cuales están sujetos a todo tipo de sollicitación. Transmite cargas horizontales y verticales a la cimentación. [13]

#### **Muros no portantes**

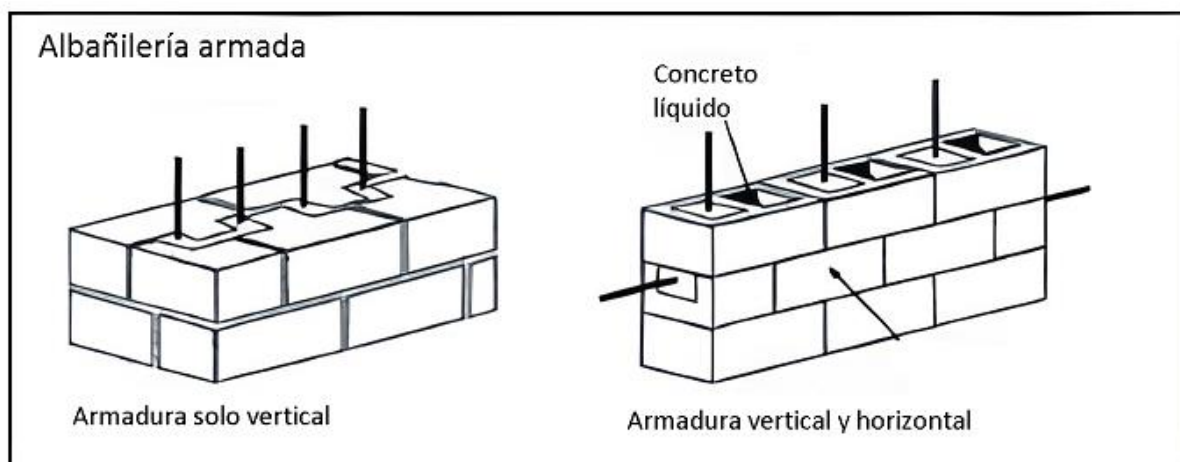
Son los que no reciben carga vertical, como, tales como: los cercos, los parapetos y los tabiques. Estos soportan su peso propio y las cargas verticales a su plano. [13]

### **Por la distribución del refuerzo**

#### **Muros reforzados**

##### Muros armados

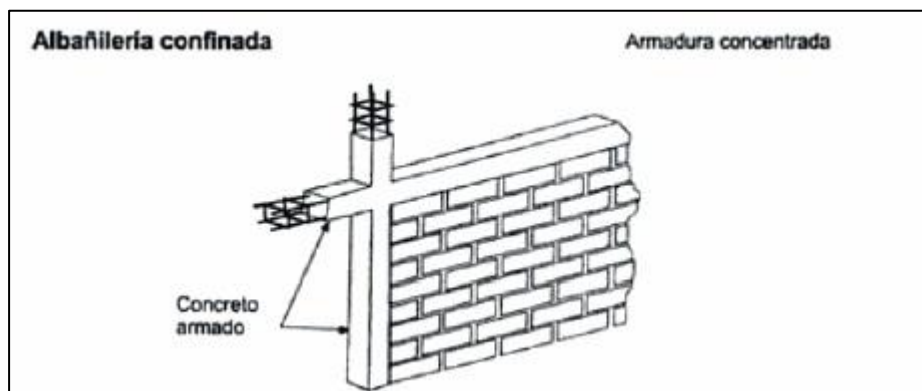
Se caracteriza por presentar el refuerzo en el interior de la albañilería. Generalmente, este refuerzo está distribuido a lo largo de su altura del muro como de su longitud e integrada mediante concreto líquido. [13]



*Imagen 2 Muro armado o albañilería armada [14]*

### Muros confinados

Se caracteriza por estar compuesta por un muro de albañilería simple enmarcado por una cadena de concreto armado, vaciada con posterioridad a la construcción del muro. [13]



*Imagen 3 Muro confinado o albañilería confinada [14]*

### **Muros no reforzados**

Son los que no poseen refuerzo; o que, teniéndolo, no cumplen con las especificaciones estipuladas por el reglamento que debe tener todo muro reforzado. [13]

### **Componentes del muro de albañilería**

#### **Mortero**

Es una mezcla de cemento, arena y agua. Se caracteriza por su adherencia, trabajabilidad y tiempo de fragua. Se emplean para edificaciones de albañilería. [1]

#### **Morteros según su aplicación**

##### Morteros para Mampostería

Es lo que comúnmente conocemos como el mortero que se utiliza para asentar ladrillo. Para calificar la resistencia a la compresión de una mampostería, no solo influye el mortero sino también el ladrillo que se ha empleado. Por otro lado, para evaluar los esfuerzos cortantes, este solo depende de la adherencia del mortero y el ladrillo. [15]

##### Morteros para Revoques

Dicho mortero se utiliza para subsanar las irregularidades que se presentan en la mampostería. Estos se clasifican en revoques en interiores y exteriores. Este último protege de la humedad y de las bajas temperaturas que puedan presentarse. [15]

### **Componentes del mortero**

#### **Cemento**

Los cementos aceptados por la norma E070-albañilería para la preparación de morteros de albañilería son:

- Cemento Portland: tipo I y II, NTP 334.009

- Cemento Adicionado: IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.

Los cementos portland son aglomerantes hidráulicos normalizados obtenidos de la trituración de Clinker, que está compuesto por silicatos cálcicos hidráulicos a los que se les ha incorporado como adición eventual el sulfato de calcio y otros productos que no excedan el 1% en su peso del total. [16]

Tiene como función proporcionar a una mezcla de mortero trabajabilidad y resistencia a la compresión en estado fresco y endurecido. Los morteros con exceso de cemento incrementan la contracción de fragua lo que genera a retraer el mortero; es decir, disminuir su durabilidad de la adherencia. [14]

#### **Agregado fino**

El material tendrá que ser arena gruesa natural, no debe contener sales ni mucho menos materiales orgánicos, deberán seguir la granulometría propuesta en la Tabla 1. Cuando el material no cumpla con la granulometría especificada en la tabla 1, deberán realizar ensayos de primas y muretes y verificar los resultados propuestos en la norma E070. [1]

*Tabla 1 Granulometría de la arena gruesa*

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
Malla ASTM	% Que Pasa
Nº 4	100
Nº 8	95 a 100
Nº 16	70 a 100
Nº 30	40 a 75
Nº 50	10 a 35
Nº 100	2 a 15
Nº 200	Menos de 2

La norma E070 brinda las siguientes especificaciones que corresponden a la granulometría de la arena gruesa:

- Entre dos mallas consecutivas no puede quedar retino más del 50% de arena.
- El resultado del módulo de fineza no podrá ser menor que 1.6 y mayor que 2.5.
- Las partículas quebradizas tendrán que tener un porcentaje máximo del 1% en peso.
- La arena de mar no puede reemplazar a la arena gruesa.

La función de la arena es facilitar estabilidad volumétrica a la mezcla y disminuir la contracción por secado [13]. Los agregados de clasificación grueso aumentan la resistencia a la compresión del mortero y producen morteros ásperos; mientras los agregados de clasificación

fino reducen la resistencia y la adherencia [16]

### **Agua**

El agua para ser empleada tiene que estar libre de contaminantes, ácidos, álcalis y materia orgánica, por lo tanto, tiene que ser potable [1] El agua proporciona a la mezcla de mortero trabajabilidad; además, hidrata al cemento. [14]

### **Propiedades del mortero**

#### **Propiedades del mortero en estado fresco**

##### Trabajabilidad

Consiste en que el mortero en estado fresco logra cierto grado de plasticidad, permitiendo alinear y regular las unidades de albañilería. Esta propiedad genera que el mortero ocupe los intersticios entre los ladrillos [16]

##### Consistencia

Permite que el mortero en estado fresco pueda fluir, medir la cantidad de agua previa a la construcción garantiza una buena consistencia. Al no tener una buena consistencia, esto es un indicador que existe una deficiencia en la dosificación y mezclado del mortero. [16]

##### Retención de la consistencia

Característica del mortero para retener el agua. Permite que el mortero sea trabajable. Mayormente lo podemos apreciar en el asentado de ladrillo. Los morteros que tienen baja la retención de agua generan que el asentado de ladrillo sea difícil, caso contrario pasa cuando el mortero tiene alta retención de agua. [16]

#### **Propiedades del mortero en estado endurecido**

##### Adherencia

La adherencia del mortero se caracteriza por permitir trabajar en unión con la albañilería resistiendo a las cargas a la que esta será sometida; así como también, a los cambios bruscos de temperatura. [16]

##### Resistencia a la compresión

Es una propiedad física del mortero en estado endurecido, nos permite evaluar que tan resistente es el mortero para soportar los esfuerzo a los que este será sometido. La calidad de sus componentes es determinante para obtener un mortero resistente, principalmente del tipo de cemento y la relación agua-cemento. [16]

#### **Unidades de albañilería**

Las unidades de albañilería son los ladrillos o bloques, son fabricados de arcilla cosida, de concreto o de sílice-cal. Es considerado un material primordial para las construcciones de albañilería. Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser

fabricadas de manera artesanal o industrial. [1]

### **Tipos de albañilería**

#### **Unidades sólidas o macizas**

Esta unidad su sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. [1]

#### **Unidades huecas**

Esta unidad su sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. [1]

#### **Unidades tubulares**

Esta unidad se caracteriza por sus huecos están paralelos a la superficie del asiento. [1]

#### **Clasificación para fines estructurales**

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la siguiente tabla:

*Tabla 2 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales [1]*

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre area 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)

#### **Limitaciones en su aplicación**

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la siguiente tabla. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

Tabla 3 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales [1]

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos	Sí
Sólido Industrial	Sí	pisos	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

### **Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)**

CBCA es un subproducto de la caña de azúcar. Es empleado como combustible y permite calentar las calderas con la finalidad de obtener azúcar. Hoy en día las cenizas de bagazo de caña de azúcar son muy útiles en la industria de la construcción. Sus propiedades como material cementicio puede utilizarse como puzolana. Además, es necesario conocer la fibra de la caña de azúcar, que representa el 40-50% del volumen total de la planta. [17]

La caña de azúcar varía mucho de una industria a otra. Desde la siembra hasta la cosecha de la caña de azúcar se demoran de 12 a 14 meses. El método utilizado para cortar la caña de azúcar es mecánico o manual. Son transportados en camiones cargados de caña de azúcar hasta el ingenio más cercano de la zona y esta es almacena en el patio del ingenio azucarero para que luego se convierta en azúcar. [17]

### **Producción de caña de azúcar en el Perú**

Posterior a la caída en la producción de caña de azúcar en 2017 debido a que el fenómeno del niño afectó las carreteras y la infraestructura de riego, la tendencia ha ido incrementando en los siguientes dos años. En el 2019 se retomaron la producción generando 10,9 millones de toneladas, lo que resulto una creciente del 5,7% en comparación con el año 2018.

A partir del 2020, se produjeron 10,5 millones de toneladas, un 4% menos que la producción del 2019. Nuevamente, la caída se debió al impacto de las medidas sanitarias del gobierno para contener el COVID-19, que inicialmente restringió la mano de obra para la recolección de caña de azúcar y la plena producción en las operaciones industriales.

La incidencia mayor se registró en los departamentos de Lambayeque (- 14,9%), La Libertad (-3,1%) y Lima (-9,6%)

Sin embargo, en el primer trimestre del 2021, hay evidencia de una recuperación en la producción de caña de azúcar (5,6%) a 2,3 millones de toneladas, respaldada por un aumento en la mayor superficie cosechada (4,2%) y mayores niveles de rendimiento. (1,3%). Esto llevó la producción de azúcar a 237.000 toneladas, un 8,7% más que el primer trimestre del año anterior. [18]

### Proceso industrial para la obtención de ceniza de bagazo de caña de azúcar

El proceso de obtención de CBCA comienza con la caña de azúcar transportada en camión, la caña de azúcar se cosecha del campo y llega a la fábrica, donde se extrae todo el jugo, se clarifica y luego se cristaliza para separar la caña de azúcar. La extracción se suele hacer en un molino donde pasa la caña de azúcar entre tres a cuatro piezas de cuchillas acero, que exprime los tallos de tal forma que se extrae todo el jugo. El residuo sólido fibroso obtenido después de la extracción se llama bagazo, que se emplea para la fabricación de papel y la combustión que esta genera para el combustible de las calderas. Estas calderas pueden alcanzar temperaturas de 800°C a 1000°C. La CBCA se obtiene de la caldera como residuo almacenado en el estanque y luego se transporta en camión volquete al campo de siembra utilizado como fertilizante.

Dado que el bagazo se emplea como combustible para las calderas, la producción de ceniza es continúa al igual que las calderas, por lo que el proceso se repite nuevamente. [17]

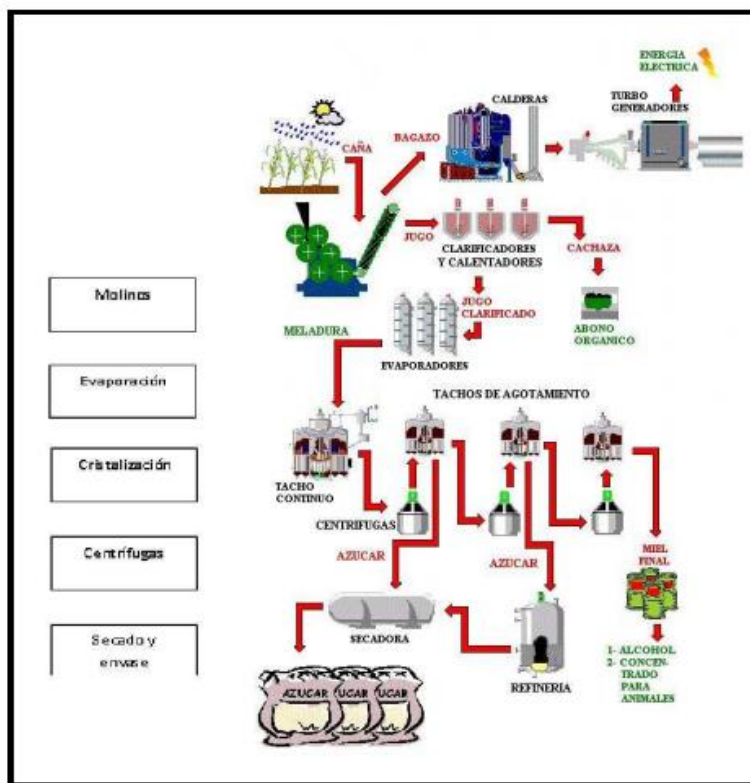


Imagen 4 Proceso industrial de la caña de azúcar

### Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

La composición de la ceniza cambia dependiendo el tipo de la caña de azúcar y su edad, tipo de suelo y cantidad de fertilizante. La cantidad de ceniza en el bagazo está supeditada a las condiciones atmosféricas, es decir, el clima es seco o húmedo. Las cenizas normales en condiciones de escasas precipitaciones representan del 2% al 4% del bagazo total. [17]

Estudios correspondientes a la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el Perú evaluaron a la composición mineralógica de las cenizas a través del análisis de Difracción de Rayos X (DRX), como se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 4 Composición química de cenizas de paja y bagazo de caña de azúcar de Perú*

CENIZA	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
PAJA DE CAÑA	64.71	4.21	13.77	6.22	1.37	6.87	1	0.27	0.01
BAGAZO	67.52	3.5	7.6	3.5	8.95	3.75	2.17	1.7	0.03

Los componentes químicos que contiene las CBCA son ideales para ser utilizados como un material cementante puzolánico por lo que posee un alto contenido de Oxido de Silicio

#### Definición de términos básicos

##### Mortero de mampostería de ladrillo

Material elaborado a partir de la mezcla de cemento, arena gruesa y agua; se destaca por ser un elemento clave para la construcción de muros portantes, es por ello que se debe preparar un mortero que cumpla con todas sus propiedades físicas y mecánicas. [1] Se clasifica en: tipo P, utilizado para la construcción de muros portantes teniendo una relación de cemento arena 1:3; y NP, empleado en los muros no portantes teniendo una relación de cemento arena 1:6.

##### Granulometría

Mide los diversos tamaños de las partículas de los agregados en estado seco. En una escala granulométrica, tiene que estar dentro de los husos granulométricos. [19]

##### Residuo de piedra chancada

Es un material que resulta de la trituración de las piedras en las plantas chancadoras, generalmente se caracterizan por producir agregado grueso. Este residuo puede ser clasificado como fino y grueso según la granulometría realizada

##### Bagazo de caña de azúcar

Es el residuo del proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña, el remanente de los tallos de la caña después de ser extraído el jugo azucarado que ésta contiene; se ha empleado tradicionalmente en los países azucareros como materia prima para la producción de energía en las calderas de los ingenios o centrales azucareros

## **Materiales y métodos**

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

De acuerdo con el desarrollo de la investigación es de tipo: EXPERIMENTAL

Ya que se requiere de un análisis del tema a investigar mediante recolección de datos, asimismo evaluar los resultados obtenidos por los ensayos de laboratorio y de esta manera, con ayuda de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera profesional, poder observar las características físicas y mecánicas que son modificadas en el mortero de albañilería, utilizando la ceniza de caña de azúcar como reemplazo del cemento, los porcentajes se obtendrán de acuerdo a la calidad del mortero a emplear y la arena por el residuo de la trituración de la piedra chancada. La importancia de tener mortero resistente y durable es hallar las proporciones adecuadas, que se comporte en la mampostería de ladrillo de una edificación

De acuerdo con el fin que se persigue es: APLICADA

Ya que a través de la realización de este proyecto se busca utilizar y constatar los conocimientos y criterios adquiridos durante la carrera de ingeniería Civil Ambiental.

### **Diseño de investigación**

#### **Hipótesis**

El mortero de albañilería mediante la sustitución de la ceniza de caña de azúcar (5%, 10%, 15%, 20% del peso del cemento) y las partículas residuales del chancado de piedra (sustituto parcial o total del agregado fino) mejorará su adherencia con el ladrillo, así como su resistencia a la compresión axial y corte respecto a la elaboración de mortero convencional.

### **Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Para el desarrollo de la investigación se tomó como población en lo específico a los componentes principales en la elaboración del mortero, reemplazando la ceniza de caña de azúcar en porcentajes del peso del cemento y la arena por el residuo de la trituración de la piedra chancada.

#### **Muestra**

##### Muestra de canteras y ceniza

- Se hará muestreo de cantera del agregado fino convencional y residuo triturado de la piedra chancada para llevarlo al laboratorio y realizar el ensayo granulométrico; posterior a ello, los ensayos físicos, mecánicos antes mencionados y con los resultados obtenidos se verificará que cumplan o se aproximen a las especificaciones técnicas del ASTM.
- Se visitará a una empresa azucarera para tomar muestras de ceniza, una vez obtenida la muestra se llevará a laboratorio para limpiarle las impurezas y si la ceniza de bagazo de caña

de azúcar está muy gruesa se le harán las moliendas respectivas con la finalidad de obtener todo lo que pase por el tamiz N° 200.

#### Muestra de mortero fresco

- De los resultados obtenidos de las canteras, se seleccionará el que cumpla lo especificado en la ASTM y con las características obtenidas de la ceniza se procederá a la elaboración del mortero, utilizando el cemento tipo I
- Con el mortero obtenido se realizará los ensayos en estado fresco o plástico para evaluar su calidad, tanto como su fluidez y su tiempo de fraguado inicial.
- La fluidez se determinará a través del ensayo de fluidez de pasta de mortero aplicando la norma técnica peruana NTP 334.057; con este ensayo determinaremos la consistencia del mortero en mesa de sacudidas y su relación con el porcentaje de agua con la finalidad de determinar dos espectros principales: su consistencia y agua de amasado, estas dos variables están condicionalmente en morteros y concretos
- Se determinará a través de la aguja de vicat, el tiempo de fraguado inicial del mortero, aplicando la norma técnica peruana NTP 334.006, con este ensayo determinaremos en que tiempo el mortero llega o comienza a fraguar.

#### Muestra de mortero endurecido

- Después de la elaboración del mortero y sus ensayos mencionados anteriormente, se realizarán especímenes cúbicos de 5x5x5cm para determinar su resistencia a la compresión a los 3, 7, 14, 28 días. Se realizarán 12 cubos por cada porcentaje de ceniza realizado; así mismo, para los morteros patrones con arena convencional y con el residuo triturado de piedra chancada. Esto con el propósito de determinar el porcentaje ideal en la cual alcance su mayor resistencia
- Conociendo con qué porcentaje el mortero tuvo mejor fluidez y resistencia a la compresión, ahora se procederá a ensayar su adherencia vertical y diagonal. Realizando el ensayo de la pila de albañilería y murete de albañilería respectivamente. Estos ensayos nos ayudarán a determinar su adherencia vertical y adherencia diagonal. Se realizarán 3 muestras por cada patrón y con el porcentaje optimo encontrado.

#### **Criterios de selección**

##### **Ceniza**

Se visitó el ingenio azucarero de Pucalá, se buscó el lugar donde depositan toda la ceniza; después de ello, se recogió la ceniza de bagazo de caña de azúcar para después someterla a una molienda con la finalidad de pasar por la malla N° 200. Con esta molienda se espera obtener que la ceniza se convierta en una sílice que ayudará al cemento a alcanzar una mejor resistencia,

para esto se llevará a laboratorio la ceniza molida y se hará el ensayo correspondiente.

### **Chancado de piedra**

Se visitó a la planta chancadora “Piedra azul” ubicada en la carretera camino a Ferreñafe. Una vez obtenido las muestras se llevarán a laboratorio de materiales y se harán los ensayos físicos (granulometría, humedad, absorción, etc.) y con los resultados obtenidos del laboratorio se seleccionará el agregado que cumpla con los requisitos de la norma técnica peruana.

### **Operacionalización de variables**

#### **Variables dependientes**

##### Evaluación del mortero en estado fresco

- fluidez
- peso unitario
- tiempo de fraguado

##### Evaluación del mortero en estado endurecido

- resistencia a la compresión del mortero.
- resistencia a la pila de albañilería con mortero
- resistencia al murete de albañilería

#### **Variable independiente:**

Porcentaje de la ceniza de caña de azúcar.

##### Propiedades de los agregados naturales

##### Ensayos físicos de los agregados a utilizar:

- granulometría
- contenido de humedad
- peso específico
- absorción
- carbón lignito de los agregados
- terrones de arcilla
- peso unitario
- sales y cloruros totales

##### Ensayos mecánicos de los agregados:

- desgaste por sulfato de magnesio

##### Ensayos físicos de la ceniza de caña de azúcar:

- Densidad

Tabla 5 Variables, indicadores e instrumentos

VARIABLE	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>VAR INDEPENDIENTE:</b>		
Ceniza de caña de azúcar	Porcentaje de la ceniza de caña de azúcar en peso del cemento en la mezcla	Balanzas
		Recipientes
Propiedades de los Agregados Naturales	Granulometría	Juego de Tamices
	Peso específico	Balanzas
	Contenido de humedad	Horno
	Dosificación	Recipientes
<b>VAR DEPENDIENTE:</b>		
<b>Estado Endurecido</b>		
Resistencia a compresión del mortero	Fuerza de compresión aplicada	Máquina de ensayo de compresión
Resistencia a la Pila de mortero	Adherencia vertical	Máquina de ensayo de compresión
Resistencia al murete de albañilería	Adherencia diagonal	Máquina de ensayo de compresión
<b>Estado Fresco</b>		
Fluidez	% de fluidez	Mesa de fluidez
Tiempo de fraguado	Proceso de fragua	Aguja de vicat

Fuente: Propia

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos de la investigación se llevó a cabo en forma directa, la primera etapa a través de la investigación documental se determinó los parámetros en torno a los cuales se desarrollara la investigación y la segunda etapa a partir de los diseños y ensayos anotándolos en los formatos respectivos siguiendo los procedimientos técnicos y normativos establecidos y en función al cronograma establecido del proyecto de tesis; así como las fechas de fabricación de los especímenes de mortero y fecha de los respectivos ensayos de resistencia a la compresión axial NTP 334.051, resistencia a la pila de albañilería con mortero y resistencia al murete de albañilería (RNE E070)

### Investigación documental

Tabla 6 Técnicas y recolección de datos

MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Síntesis bibliográfica	Análisis de documentos	Guías, libros, revistas, artículos de investigación, Tesis con relación a elaboración de mortero de albañilería

Fuente: Propia

## Investigación de campo

Tabla 7 Ensayos de ceniza, agregados y mortero

ENSAYOS		
CENIZA	AGREGADOS	MORTERO
- Densidad	- Análisis granulométrico del agregado fino (MTC E 204-2000, NTP 400.012).	- Ensayo de fluidez de pasta de mortero (NTP 334.057)
	- Contenido de humedad (MTC E 215).	- Ensayo del tiempo de fraguado inicial del mortero (NTP 334.006)
	- Peso específico y absorción de agregado fino (MTC E 206- 2000, NTP 400.022).	- Ensayo de resistencia a la compresión axial NTP 334.051.
	- Carbon o lignito de los agregados (MTC E 211).	- Resistencia a la pila de albañilería con mortero RNE E070
	- Terrones de arcilla en los agregados (MTC E 212).	- Resistencia al murete de albañilería RNE E070
	- Peso unitario de los agregados (MTC E 203 – 2000, NTP 400.017).	

Fuente: Propia

### Procedimientos

#### Ensayo de densidad de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

##### Objetivo

Determinar el porcentaje de ceniza que se incorporara a la mezcla de mortero

##### Equipos

- Balanza de 0.1g de precisión,
- probeta graduada 100ml,
- cucharon,
- embudo de pico redondo,
- termómetro ambiental

##### Procedimiento

Debido a que la ceniza se encontraba a la intemperie se tuvo que pasar por un colador para poder obtener ceniza más limpia y pura. Luego al querer pasar la ceniza por la malla N° 200 quedaba mucho retenido y poco era lo que pasaba por la malla, entonces se tuvo que moler la ceniza, mediante un molino de mano

Para realizar el ensayo de densidad se pesa la probeta graduada (tara), se tomará la anotación el peso graduado. Después se añade la ceniza a la probeta hasta alcanzar los 100ml y se anota el peso obtenido. Finalmente aplicando una formula simple de  $D=M/V$  se obtiene el peso volumétrico.



*Imagen 5 Retenido de ceniza al pasarlo por un colador*



*Imagen 7 Molienda a mano de ceniza de bagazo de caña de azúcar*



*Imagen 6 Procedimiento del tamizado por la malla N°200*

Fuente: Propia

### Normativa

- NTP 334.005: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Portland

### **Procedimientos para la realización de los ensayos físicos de los agregados**

El agregado fino que se analizó fue el residuo triturado de la piedra chancada de la planta chancadora Piedra Azul – Ferreñafe; se obtuvo dos tipos de muestras: residuo triturado fino y grueso.



*Imagen 8 Tesista visitando la planta chancadora Piedra Azul*



*Imagen 9 Obteniendo muestras de agregado fino*

Fuente: Propia

## Contenido de humedad del agregado fino

### Objetivo

Determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino.

### Equipos

- balanza electrónica, con sensibilidad de  $\pm 0.5$  gr,
- estufa, con la capacidad de conservar temperaturas homogéneas e invariables hasta de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- taras de acero capaz de soportar  $T^{\circ}$  mayores de  $110^{\circ}\text{C}$
- cucharones

### Procedimiento

Se hará un cuarteo del agregado fino y se tomará una muestra representativa no mayor de 500gr. La muestra seleccionada lo pesaremos en la balanza de precisión dentro de la tara de acero y la someteremos al horno a una  $T^{\circ}$  de  $110^{\circ}\text{C}$  por 24h como máximo. Pasadas las 24h se volverá a pesar y tomaremos el peso seco, la diferencia del peso húmedo y el peso seco, será el resultado final de este ensayo.



*Imagen 10 Resultados obtenidos del contenido de humedad de residuo triturado fino y grueso*

Fuente: Propia

### Normativa

- MTC E 215: Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado
- NTP 339.185: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

## **Análisis granulométrico del agregado fino**

### Objetivo

Con este ensayo se busca conocer el tamaño de las partículas del agregado utilizado o los que están siendo utilizados como tales; a través, de unos tamices.

### Equipos

- balanza con precisión 0.1g
- tamices N° 4, 8, 16, 30, 50, 100, fondo
- taras (bandejas para la recepción de los agregados)
- horno con precisión  $\pm 0.5$  capaz de soportar  $T^\circ$  mayor a  $500^\circ\text{C}$
- agua (lavado de muestra)
- cucharones

### Procedimiento

Para la realizar este ensayo, se tomará en cuenta lo recomendado por las NTP o MTC que nos recomienda hacer un cuarteo y se seleccionará la muestra más representativa. Pesaremos 500g como máximo y lo lavaremos para eliminar las impurezas de arcillas o suciedad del material, lo someteremos al horno por 24h para secarlo. Pasadas las 24h lo pesaremos y se determinará el porcentaje que paso por cada una de los tamices normalizados para agregado fino. Se realizará los tamizados por las mallas antes mencionadas y se pesará lo retenido de cada tamiz y con esos resultados obtendremos el módulo de fineza y el porcentaje pasante retenidos y acumulados que nos ayudará a graficar la curva granulométrica para poder determinar si la curva está dentro de los husos recomendados por el ACI 211.



*Imagen 11 Tamices normalizados para agregado fino*



*Imagen 12 Tesista realizando el ensayo de granulometría al residuo triturado*

Fuente:

Propia

### Normativa

- MTC E 204: Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos
- NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

### **Peso específico y absorción del agregado fino**

#### Objetivo

Con este ensayo se pretende conocer el valor del peso específico seco y la absorción del agregado fino después de estar sumergido por un día en agua.

#### Equipos

- balanza con precisión 0.1g
- taras (bandejas para la recepción de los agregados)
- horno con precisión  $\pm 0.5$  capaz de soportar  $T^\circ$  mayor a  $500^\circ\text{C}$
- tamiz N° 4
- cucharones
- fiolas de 500cm<sup>3</sup> de capacidad,
- pipeta graduada
- agua destilada

#### Procedimiento

Se seleccionan las partículas que pasen por el tamiz N°4 y se pesara las dos muestras con una cantidad de 500g c/u, después se satura la muestra y se dejara reposar por 24h. No olvidar pesar c/u de las fiolas. Colocamos el agregado dentro de c/u de las fiolas y se llena con agua destilada hasta el minisco, posteriormente movemos la fiola con ayuda de la palma de la mano con la finalidad de poder eliminar los vacíos generados, después dejamos reposar la fiola por un día. Luego de haber transcurrido las 24h se llena con agua hasta la línea señalada de la fiola y se vuelve a pesar c/u de las fiolas, posteriormente la muestra que estaba dentro de las fiolas la colocamos en los recipientes y dejamos reposar hasta que el material sedimente; luego quitamos el agua sobrante con la ayuda de la pipeta. Finalmente colocamos las muestras al horno por un tiempo de 24h a una temperatura de  $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ , al retirar las muestras del horno se vuelve a pesar y se calcula el peso específico y absorción.



*Imagen 13 Procedimiento para quitar el excedente de vacíos de la muestra residuo triturado grueso*

Fuente: Propia

Normativa:

- MTC E 205: Gravedad específica y absorción de agregados finos
- NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

**Carbón o lignito del agregado fino**

Objetivo

Determinar, conforme a lo estipulado en la Especificación C-33, la cantidad total de material liviano en los agregados finos y gruesos

Equipos

- balanza con precisión 0.01g
- tamices N° 4
- horno con precisión  $\pm 0.5$  capaz de soportar  $T^\circ$  mayor a  $500^\circ\text{C}$

Procedimiento

Para realizar este ensayo se tomará en cuenta la norma ASTM donde nos indica que hay que cortar por la malla N°4 hacia abajo y escoger la pasante de la malla N°4. Se lava la muestra con la solución química y se dejará enfriar a temperatura ambiente y luego se tamizará por la malla N°50 hasta que menos del 1% del material retenido pase por el tamiz en 1 min. El peso de estos

será el porcentaje del ensayo

### Normativa

- MTC E 211: Partículas livianas en los agregados
- ASTM C 123: Standard Test Method for Lightweight Particles in Aggregate.

### **Ensayo de terrones de arcilla del agregado fino**

#### Objetivo

Determinar de manera aproximada el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados que se emplearán en la elaboración de mortero.

#### Equipos

- balanza con precisión 0.01g
- agua destilada
- tamices N° 4, 16, 20, 50, 100 y 200
- taras
- estufa con la capacidad de proporcionar una temperatura entre 105 °C y 115°C.

#### Procedimiento

El agregado es tamizado con malla N° 200 según NTP 400.015. Las muestras se tienen que secar en estufa hasta obtener una masa constante. El tamaño de la muestra de finos consiste en material retenido en el tamiz N° 16. La cantidad mínima es de 25 gramos, y dependiendo de su tamaño de partícula, puede ser necesario tamizar varias veces para obtener la cantidad mínima. Los tamaños de muestra de agregado grueso se obtuvieron tamizando en mallas N° 4, 3/8", 3/4" y 1 1/2". Los pesos mínimos retenidos en cada cuadrícula son los siguientes

*Tabla 8 Peso mínimo de la muestra*

<b>Tamaño de las partículas de las muestras</b>	<b>Peso mínimo de la muestra (g)</b>
4.75 mm a 9.5 mm (No.4 a 3/8 pulg)	1000
9.5 mm a 19.0 mm (3/8 pulg a 3/4 pulg)	2000
19.0 mm a 37.5 mm (3/4 pulg a 1 1/2 pulg)	3000
Mayor que 37.5 mm (1 1/2 pulg)	5000

Fuente: NTP 400.015

Esparcir los áridos sobre el recipiente y llenar con agua destilada durante 24 horas. Presiona los gránulos con el pulgar y el índice para romper las piezas agregadas. Durante este proceso, debe evitar usar las uñas y aplicar el agregado a superficies más duras. Después de

separar la tierra usando el procedimiento anterior, tamizar en húmedo de acuerdo con la tabla a continuación

*Tabla 9 Tamices a utilizar para la separación de las partículas*

<b>Tamaño de las partículas de las muestras</b>	<b>Tamiz a utilizar para la separación de los terrones de arcilla y partículas desmenuzables</b>
Agregado fino retenido sobre el tamiz de 1.18 mm (No 16)	850 mm (N° 20)
4.75 mm a 9.5 mm (No.4 a 3/8 pulg)	2.36 mm (N° 8)
9.5 mm a 19.0 mm (3/8 pulg a 3/4 pulg)	4.75 mm (N° 4)
19.0 mm a 37.5 mm (3/4 pulg a 1 1/2 pulg)	4.75 mm (N° 4)
Mayor que 37.5 mm (1 1/2 pulg)	4.75 mm (N° 4)

Fuente: NTP 400.015

El material retenido en el tamiz se elimina para evitar la pérdida de material. A continuación, el árido retenido se seca a una temperatura de 110°C hasta obtener una masa constante. Una vez que se obtiene una masa constante, se pesan los agregados

#### **Normativa**

- MTC E 212: Arcilla en terrones y partículas desmenuzables (friables) en agregados
- NTP 400.015: Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados.

#### **Peso unitario del agregado fino**

##### Objetivo

Determinar el peso volumétrico del agregado que ocupa en un metro cúbico

#### **Peso unitario suelto**

##### Equipos

- balanza con precisión 0.1g
- bandeja
- brocha
- enrasador
- recipiente cilíndrico
- cucharón

##### Procedimiento

Primero tenemos que saber el peso del molde vacío y su volumen, luego llenamos el molde cilíndrico con la ayuda de un cucharón hasta el tope, evitamos la separación de partículas

escurriendo el material a una distancia no mayor a 5cm por encima del borde superior. Luego usamos una regla para quitar el exceso de material y usamos un cepillo para limpiar el material restante fuera del recipiente cilíndrico. Finalmente determinamos el PU suelto del agregado, para una mayor precisión se tiene que realizar el mismo procedimiento varias veces.



*Imagen 14 Procedimiento para el ensayo de peso unitario suelto con residuo triturado fino*

Fuente: Propia

### **Peso unitario compactado**

#### Equipos

- balanza con precisión 0.1g
- bandeja
- brocha
- enrasador metálico
- recipiente cilíndrico
- cucharón
- varilla lisa
- martillo de goma

#### Procedimiento

Primero tenemos que saber el peso del molde vacío y su volumen, luego llenamos el molde cilíndrico hasta  $1/3$  de su capacidad y chuseamos la muestra en sentido horario 25 veces con la ayuda de una varilla lisa y golpeamos la superficie 15 veces con un martillo de goma. Luego llenamos el recipiente a  $2/3$  de su capacidad y volvimos a compactar, llenamos nuevamente el

recipiente hasta rebosar, golpeamos 25 veces con una varilla lisa y lo nivelamos con una regla metálica. Finalmente determinamos el PU compactado del agregado, para una mayor precisión se tiene que realizar el mismo procedimiento varias veces.



Fuente: Propia

### Normativa

- MTC E 203: Peso unitario y vacíos de los agregados
- NTP 400.017: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados

### **Ensayo de sales y cloruros totales para el agregado fino**

#### Objetivo

Determinar la cantidad de iones y cloruros que tiene la muestra

#### Equipos

- mufla >500°
- bureta graduada
- solución acido-básico
- beaker
- papel filtro

- embudo
- probeta graduada
- agitador
- envase de vidrio para sales de 500g
- agua destilada

#### Procedimiento

Cortar la muestra por la malla N°4 y pesar 50g, ponerlo en el envase de vidrio para sales con la ayuda del agitador, se agitará la muestra por 15min y se deja reposar hasta que todos los finos hayan reposado. Se pasará por el papel filtro y se medirá 50ml de agua destilada en la probeta de vidrio, luego se echará en los beaker y se pondrá al horno, pasadas las 24h se pesará y los residuos que quedan serán las sales. Los residuos del papel filtrado se pondrán en la mufla hasta calcinarse y los residuos que quedan serán los sulfatos y los cloruros

#### Normativa

- NTP 339.152: Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea

#### **Ensayo de desgaste por sulfato de magnesio para el agregado fino**

#### Objetivo

La finalidad de este ensayo es conocer el componente de los agregados al someterlos a los sulfatos.

#### Equipos

- bandejas
- horno
- taras
- balanza con precisión 1g
- tamices 3/8, N°4, 8, 16, 30, 50 y 100
- sulfato de magnesio
- agua destilada

#### Procedimiento

Para la realización del ensayo se tomará la norma NTP 400.016 que nos indica el procedimiento a seguir para dicho ensayo: se lavara la muestra por el tamiz N° 200 para eliminar todas las impurezas que tiene el agregado, se llevará al horno por 24h para secarlo y a la par se disolverá el sulfato de magnesio con agua destilada logrando una densidad de 1.305g.

Pasadas las 24h se saca la muestra lavada del horno y se tamiza con los tamices mencionados

y se separará 100g de cada peso retenido de los tamices y se incrementará el agua y el sulfato disuelto hasta que cubra el total de la muestra, se deja reposar por 24h, pasadas las 24h, se saca el excedente del agua y se lleva al horno por 5h, se extrae del horno, se deja enfriar y otra vez se le agrega el sulfato disuelto. Ese procedimiento se repetirá como mínimo 4 días.

Pasado los 4 días se lava la muestra, se retamiza y se vuelve a pesar y la diferencia que hay del peso inicial y final de cada tamiz es el porcentaje de desgaste del agregado.

#### Normativa

- MTC E 209: Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio
- NTP 400.016: Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

#### **Procedimiento para el ensayo de las unidades de albañilería**

Para el presente estudio se usaron ladrillos sólido industrial de arcilla cocida de la marca “Master”, en su presentación ladrillo King Kong 18 huecos que es el ladrillo que uso más común en la construcción de muros de albañilería. El ladrillo utilizado fue sometido a los ensayos correspondientes estipulado en la norma E070 Albañilería.

#### **Variación dimensional**

##### Objetivo

Medir las dimensiones del ladrillo: largo, ancho y alto de cada unidad de albañilería

##### Equipos

- vernier
- ladrillos

##### Procedimiento

Se tomará al azar 10 ladrillos, estos deben estar enteros y secos. Se realizará la medición correspondiente para cada ladrillo; es decir, se tomará cuatro medidas efectivas, el promedio de las medidas obtenidas para el ancho, largo y alto del ladrillo se reportará y se comparará con las medidas obtenidas de la ficha técnica del ladrillo empleado obteniendo la variación dimensional.

#### Normativa

- NTP 399.613: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería



*Imagen 16 Tesista realizando el proceso de medición del ladrillo*

Fuente: Propia

## **Alabeo**

### Objetivo

Medir las dimensiones del alabeo estas pueden ser cóncavas o convexas

### Equipos

- Vernier
- Regla metálica
- ladrillos

### Procedimiento

Se tomará al azar 10 ladrillos, estos deben estar enteros y secos. Con la ayuda de la regla metálica se colocará a lo largo de la diagonal de cara de asiento del ladrillo si presenta concavidad existirá un pequeño espacio en el punto medio de la regla; pero, si el espacio existe en los vértices del ladrillo presentará convexidad. Se indicará el valor promedio obtenido correspondientes a las mediciones de concavidad o convexidad.

### Normativa

- NTP 399.613: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería



Fuente: Propia

## **Absorción**

### Objetivo

Determinar el porcentaje de absorción de las muestras de ladrillo

### Equipos

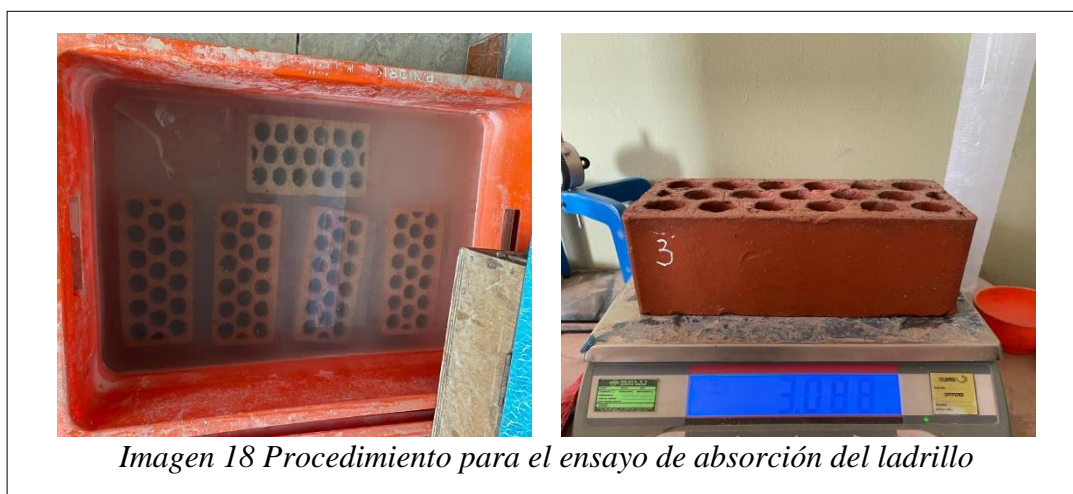
- Ladrillos
- Balanza no menor a 2000g
- Recipiente para sumergirlas

### Procedimiento

Se tomará 5 ladrillos, pueden ser los que se utilizó para la variación dimensional y alabeo estos deben estar enteros y secos. Se pesarán los ladrillos en estado seco y se anotara en un cuaderno los pesos, luego de ellos se sumergirán en agua por 24h. Una vez pasadas las 24h se volverán a pesar, conociendo todos esos datos se calculará el porcentaje de absorción.

### Normativa

- NTP 399.613: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería



Fuente: Propia

## Resistencia a la compresión

### Objetivo

Determinar la resistencia a la compresión de las muestras de ladrillo

### Equipos

- Ladrillos
- Prensa hidráulica
- Cartón

### Procedimiento

Se tomará 5 ladrillos, pueden ser los que se utilizó para la variación dimensional y alabeo estos deben estar enteros y secos. Los ladrillos serán ensayos en la prensa hidráulica, como refranteo se utilizó cartón esto con la finalidad de nivelar los ladrillos y se pueda realizar un buen ensayo. Una vez conocida la resistencia a la compresión que alcanza cada ladrillo se procederá a calcular la resistencia a la compresión que se obtiene restando la desviación estándar al promedio de los ensayos a la compresión.

### Normativa

- NTP 399.613: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería



Fuente: Propia

### **Procedimiento para la elaboración de mortero**

Primero se elaboró el mortero patrón, la proporción de cemento: arena utilizada fue de 1:4 para ello se buscó la relación agua/cemento más óptimo quedando finalmente una relación de 0.85; es decir por cada 1000g de cemento se deberá colocar 850mL de agua.



*Imagen 20 Elaboración de mortero patrón*

Fuente: Propia

Segundo se elaboró un mortero reemplazando la arena fina convencional por el residuo triturado de la piedra chancada, para ello se buscó la relación agua/cemento más óptimo quedando finalmente una relación de 0.78; es decir por cada 1000g de cemento se deberá colocar 780mL de agua y de arena 4000g.

Una vez obtenido la relación óptima de agua-cemento para ambos morteros se reemplazó la ceniza en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% con respecto al peso del cemento



*Imagen 21 Materiales listos para elaborar mortero*

Fuente: Propia

## Procedimiento para ensayos del mortero en estado fresco

### Ensayo de fluidez de la pasta de mortero

#### Objetivo

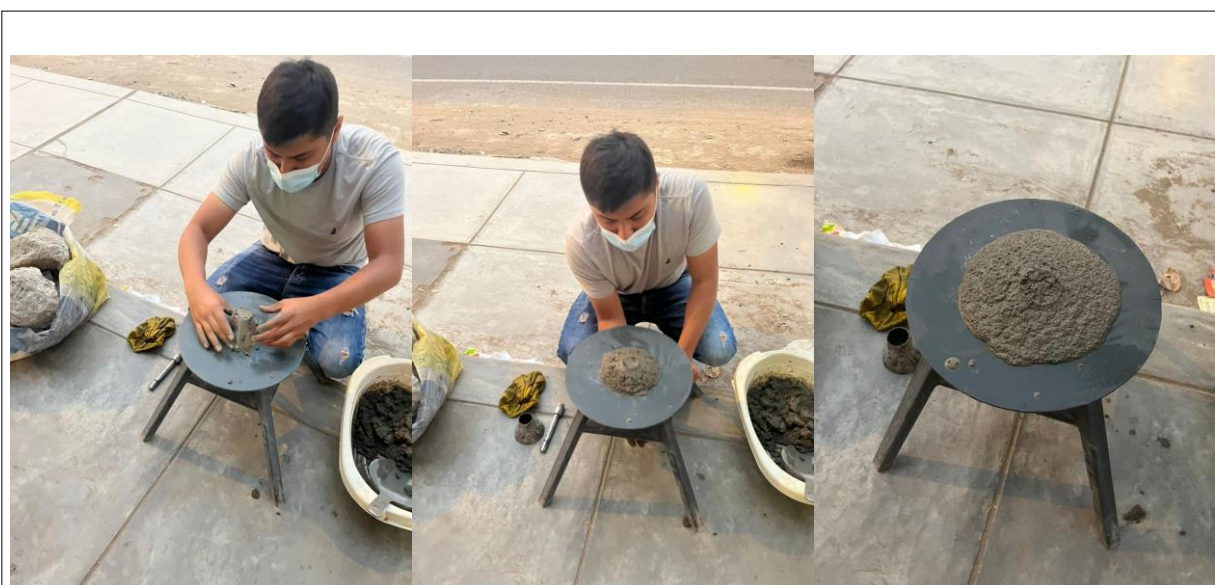
Con este ensayo determinaremos la consistencia del mortero en mesa de sacudidas y su relación con el porcentaje de agua con la finalidad de determinar dos espectros principales: su consistencia y agua de amasado, estas dos variables están condicionalmente en morteros y concretos

#### Equipos

- mesa y molde de flujo
- calibrador
- pisón o compactador
- espátula
- regla

#### Procedimiento

Una vez terminado la mezcla de mortero, colocamos una capa de 1 pulg de espesor sobre la mesa de fluidez, debemos compactar 20 veces con el pisón. Luego llenar el molde con una segunda capa de mortero y volver a compactar 20 veces con el pisón. Finalmente medir los diámetros del mortero a través de las líneas marcadas en la mesa, registrar cada diámetro como el número de divisiones del calibrador, estimando hasta un décimo de cada división.



*Imagen 22 Procedimiento de ensayo de fluidez del mortero*

Fuente: Propia

### Normativa

- MTC E 616: Fluidez de morteros de cemento hidráulico (mesa de flujo)
- NTP 334.057:

### **Peso unitario del mortero**

#### Objetivo

Determinar el peso de la masa del mortero en un metro cúbico

#### Equipos

- molde con medida conocida
- pisón compactador
- balanza precisión 0.1g

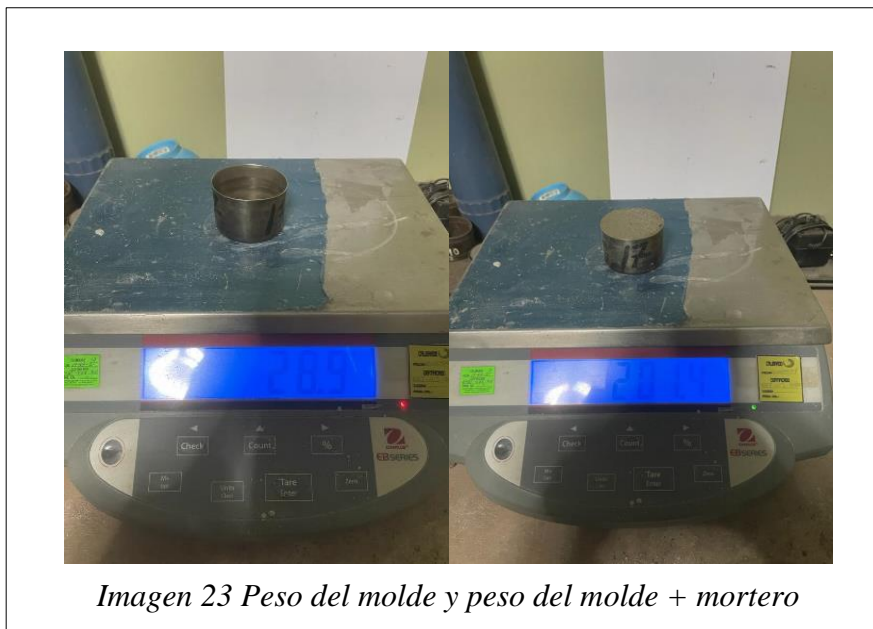
#### Procedimiento

Se realizará la mezcla de mortero y se vaciará en los moldes cúbicos de medidas conocidas.

Se pesa y se saca el volumen.

### Normativa

- MTC E 714: Peso unitario de producción (rendimiento) y contenido de aire (gravimétrico)
- NTP 339.046: Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.



Fuente: Propia

## **Ensayo de tiempo de fraguado**

### Objetivo

Con este ensayo determinaremos en que tiempo el mortero comienza y termina su fraguado inicial.

### Equipos

- aguja de vicat y su equipo
- masa de referencia
- probetas graduadas
- placa plana no adsorbente (vidrio)
- paleta plana
- mezclador
- tazón y paleta
- anillo cónico

### Procedimiento

La pasta, dosificada y mezclada hasta obtener una consistencia normal como se describe en la NTP 334.074, se moldea y se coloca en un gabinete húmedo y se deja ajustar. La prueba de penetración periódica de esta suspensión se realiza insertando una aguja Vicat de 1 mm en la muestra. El tiempo inicial de fraguado es el tiempo que pasa desde el contacto inicial del cemento con el agua hasta el momento en que se mide o calcula la permeabilidad en 25 mm. El tiempo final de penetración es el tiempo transcurrido desde el momento en que el cemento y el agua entraron en contacto inicialmente hasta el momento en que la aguja Vicat no dejó una impresión circular completa en la superficie de la pasta.

### Normativa

- MTC E 606: Tiempo de fraguado del cemento portland (método de vicat)
- NTP 334.006: Determinación del tiempo de fraguado del cemento Hidráulico utilizando la aguja de Vicat.



*Imagen 25 Procedimiento para el tiempo de fraguado inicial*



*Imagen 24 Procedimiento para el tiempo de fraguado final*

## **Ensayos del mortero en estado endurecido**

### **Resistencia a la compresión de mortero**

#### Objetivo

Determinar el porcentaje óptimo en la cual alcance su mayor resistencia

#### Equipos

- balanza
- vernier
- prensa de compresión

#### Procedimiento

Se determina llevando a la rotura especímenes de 5x5x5cm, preparados con mortero consistente de un parte de cemento y 4 partes de arena dosificados en masa. Los especímenes cúbicos son compactados en dos capas por apisonado del compactador. Los cubos se curan un día en su molde y luego son retirados e inmersos en agua hasta su ensayo.



*Imagen 26 Especímenes cúbicos del mortero patrón*



*Imagen 27 Rotura a la compresión de los especímenes cúbicos*

Fuente: Propia

### Normativa

- MTC E 609: Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50,8 mm)
- NTP 334.051: Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de mortero de cemento Portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

### **Resistencia a la pila de albañilería**

#### Objetivo

Determinar la resistencia a la compresión axial ( $f'_m$ ), en pilas de albañilería

#### Equipos

- máquinas de ensayo
- nivel de albañil
- plomada
- badilejo
- escuadras de carga

#### Procedimiento

Se prepara una pila de 3 ladrillos. Mediante este ensayo se establece la resistencia a la compresión de una pila de albañilería ( $f'_m$ ). Se coloca cada ladrillo con una junta de mortero de espesor no mayor a 1.5cm. La relación cemento: arena del mortero debe ser la que se usará en la construcción. Pasados los 21 días se someterá a carga para determinar su  $f'_m$  y su resistencia a la compresión de mortero junto con el ladrillo



*Imagen 29 Muestra de la pila de albañilería*



*Imagen 28 Ensayo de resistencia a la compresión axial de la pila de albañilería*

Fuente: Propia

### Normativa

- RNE: Norma técnica E.070 – Albañilería
- NTP 339.605: Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería

### **Resistencia al murete de albañilería**

#### Objetivo

Determina la resistencia a la tracción diagonal ( $v'm$ ), en muretes de albañilería

#### Equipos

- máquinas de ensayo
- nivel de albañil
- plomada
- badilejo
- escuadras de carga

#### Procedimiento

Los prismas serán elaborados con una dimensión mínima 60cm x 60cm después de los 21 días se aplicará una carga de compresión a lo largo de una diagonal, originando de esa manera una falla por tracción diagonal que hace que el espécimen se fisure en la dirección paralela a la aplicación a la carga.

### Normativa

- RNE: Norma técnica E.070 – Albañilería
- NTP 339.621: Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión diagonal en muretes



*Imagen 30 Muestras de murete de albañilería*



*Imagen 31 Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería*

Fuente: Propia

### **Plan de procesamiento y análisis de datos**

#### FASE I:

- Reunir la información bibliográfica
- Verificar la normativa nacional vigente relacionada con la investigación.

#### FASE II:

- Planificación de los ensayos a realizar
- Material y herramientas requerido
- Cronograma y reservación de laboratorio

#### FASE III:

- Conseguir los materiales a utilizar para los ensayos.
- Ensayos de agregados (humedad, absorción, peso específico, módulo de fineza).

#### FASE IV:

- Procesamiento de información de los ensayos de agregados.
- Diseño de mortero patrón.
- Diseño de mortero modificado.

#### FASE V:

- Producción de mortero para ensayos

- Ensayos de mortero en estado fresco (fluidez, tiempo de fraguado, peso unitario).
- Ensayos de mortero en estado endurecido (resistencia a la compresión de cubos) a los 3, 7, 14 y 28 días.
- Ensayo a la pila y murete de albañilería
- Recolección de resultados obtenidos

FASE VI:

- Recolección de resultados obtenidos
- Análisis y comparación de los resultados
- Conclusiones y recomendaciones

### Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBEJTIVO	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACIÓN
¿Se podrá combinar estos elementos como un nuevo material en el mercado de la construcción garantizando su resistencia y durabilidad, asimismo mitigar la explotación del mineral no metálico?	Determinar la eficiencia del mortero de albañilería utilizando la ceniza de caña de azúcar y las partículas residuales del chancado de piedra en comparación con la elaboración del mortero convencional, a través de la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas.	<p><b>Antecedentes del problema</b></p> <p>“Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros” tesis pregrado</p> <p><b>Bases teóricas</b></p> <p>Albañilería, clasificación; mortero, aplicación, componentes, propiedades; ceniza de bagazo de caña de azúcar</p>	El mortero de albañilería mediante la utilización de la ceniza de caña de azúcar (5%, 10%, 15%, 20% del peso del cemento) y las partículas residuales del chancado de piedra (sustituto parcial o total del agregado fino) mejorará su adherencia con el ladrillo, así como su resistencia a la compresión axial y corte respecto a la elaboración de mortero convencional.	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>ceniza de caña de azucar, propiedades de los agregados</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>fluidez, tiempo de fraguado, resistencia a la compresión y a la pila de mortero, resistencia al murete de albañilería</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>aplicada</p> <p><b>Metodo específico</b></p> <p>experimental</p>	<p><b>Población</b></p> <p>los componentes principales en la elaboración del mortero, adicionando la ceniza de caña de azúcar y reemplazando la arena por el residuo de la trituración de la piedra chancada.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Se tomará muestras de tres ingenios azucareros y de tres plantas chancadoras cercanas</p>

Tabla 10 Matriz de consistencia

### **Consideraciones éticas**

La presente investigación se realizará con todos los ensayos de laboratorio mencionados a lo largo de la redacción con los respectivos certificados debidamente firmados por el responsable de dicho laboratorio para evidenciar la responsabilidad y la honestidad de que no se alterará ningún resultado.

Toda la información y bibliografía utilizada será referenciada para validar la autoría de la investigación de acuerdo a la normativa IEEE.

Además, el resultado de la investigación tiene como finalidad dar a conocer a los profesionales involucrados en la materia, los porcentajes óptimos de ceniza de bagazo de caña de azúcar y la cantidad necesaria de agregado fino para su posterior uso.

## Resultados y discusión

### Resultados del ensayo de densidad de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

Tabla 11 Resultados del ensayo de Densidad de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

Masa de Ceniza de bagazo de caña	(gr)	50
Vol.inicial kerosene	(ml)	0
Vol.final desplazado kerosene	(ml)	23.5
Densidad Ceniza de bagazo de caña	(g/ml)	2.13

Fuente: Reporte de laboratorio

Según la tabla 70, Podemos observar que la ceniza de bagazo de caña de azúcar de la empresa azucarera “Pucala” presenta una densidad de 2.13 g/ml

### Resultados de los ensayos realizados al agregado fino

#### Contenido de humedad del agregado fino

Muestra: Residuo triturado fino (RTF)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

Tabla 12 Resultado del ensayo de contenido de humedad para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g.	800.0
Peso muestra seca + peso de tara	g.	796.4
Peso de agua	g.	3.6
Peso de tara	g.	45.6
Peso neto muestra seca	g.	750.8
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.48

Fuente: Reporte de laboratorio

Como resultado se obtuvo que el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul contiene un contenido de humedad de 0.48%

Muestra: Residuo triturado grueso (RTG)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

Tabla 13 Resultado del ensayo de contenido de humedad para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra

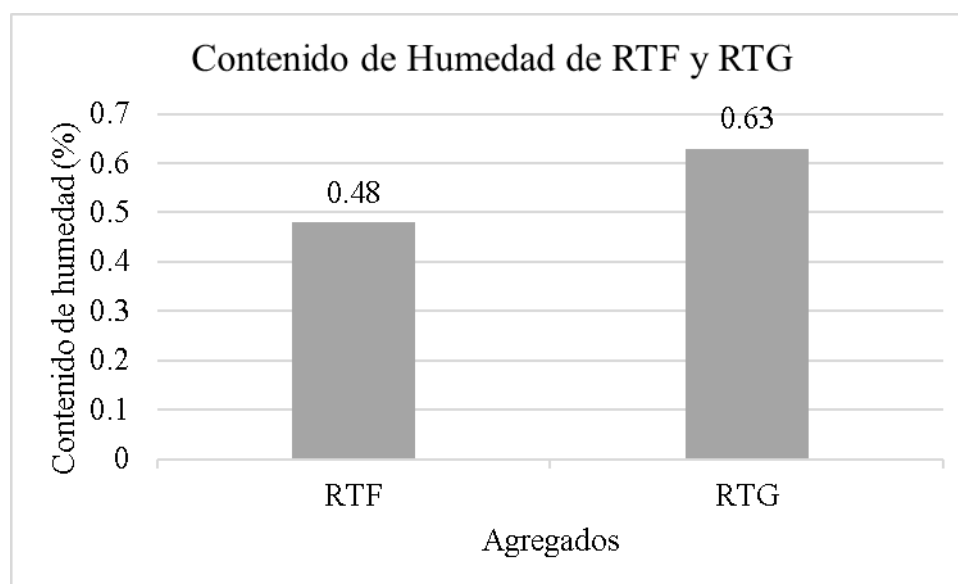
Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g.	800.0
Peso muestra seca + peso de tara	g.	795.3
Peso de agua	g.	4.7
Peso de tara	g.	45.6
Peso neto muestra seca	g.	749.7
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.63

Fuente: Reporte de laboratorio

Como resultado se obtuvo que el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul contiene un contenido de humedad de 0.63%

Con los resultados obtenidos en la tabla 11 y tabla 12 se presenta el grafico 1

*Gráfico 1 Resultado del ensayo de contenido de humedad del agregado fino*



Fuente: Propia

Del grafico 1, podemos interpretar que el Residuo Triturado Grueso presenta mayor contenido de humedad que el Residuo Triturado Fino; el RTG tiene la capacidad de retener mayor cantidad de agua que el RTF.

#### **Análisis granulométrico del agregado fino**

Muestra: Residuo triturado fino (RTF)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 14 Resultado del análisis granulométrico para el residuo triturado de la piedra*

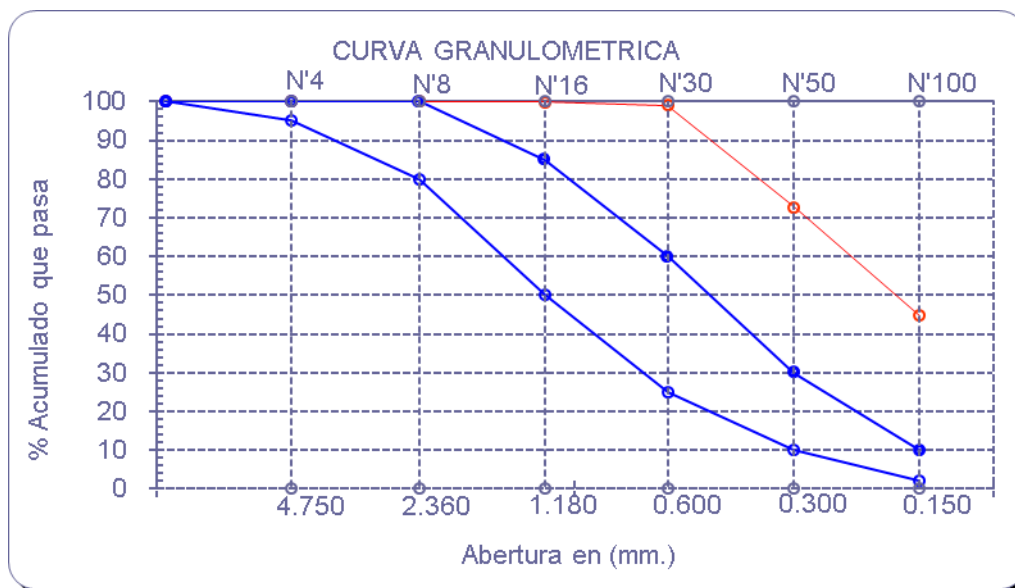
*chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

Malla		(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	0.0	0.0	100.0	95	100
Nº 08	2.360	0.0	0.0	100.0	80	100
Nº 16	1.180	0.2	0.2	99.8	50	85
Nº 30	0.600	0.7	0.9	99.1	25	60
Nº 50	0.300	26.3	27.2	72.8	10	30
Nº 100	0.150	28.0	55.2	44.8	2	10
Fondo		44.8	100.0	0.0		
Módulo de Fineza			0.835			
Abertura de malla de referencia			9.500			

*Fuente: Reporte de laboratorio*

De los resultados obtenidos del análisis granulométrico del residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe, encontramos que este material presenta un módulo de fineza de 0.835, clasificándolo como un material muy fino

*Gráfico 2 Resultado del análisis granulométrico para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe*



*Fuente: Reporte de laboratorio*

La curva granulométrica de la muestra analizada no se encuentra dentro de los límites granulométricos establecidos en la E070-Albañilería, es un material muy fino. Para la elaboración de mortero de albañilería no podría ser el más adecuado

Muestra: Residuo triturado grueso (RTG)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 15 Resultado del análisis granulométrico para el residuo triturado de la piedra*

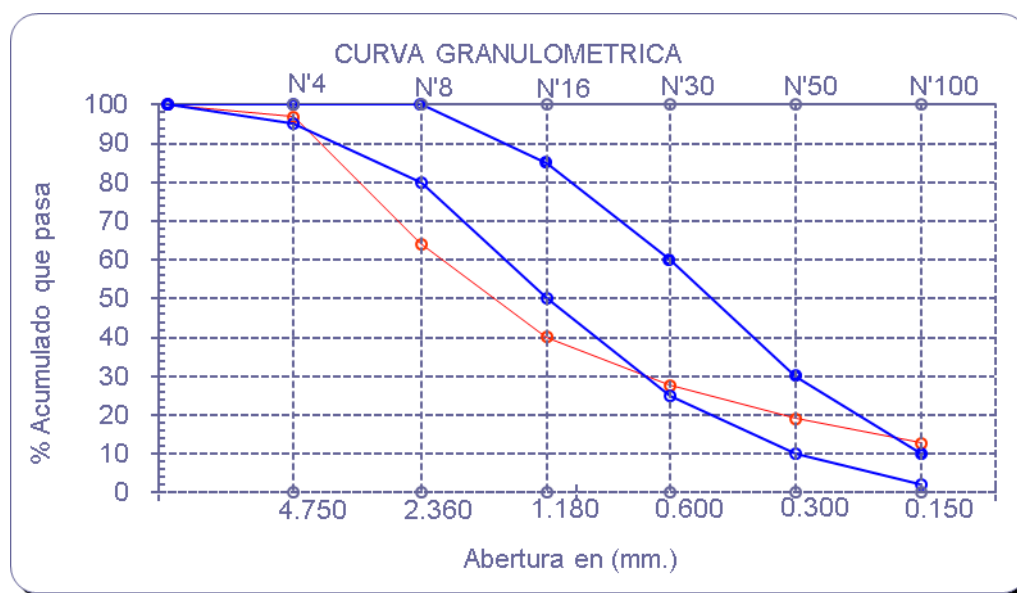
*chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

Malla		(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	3.1	3.1	96.9	95	100
Nº 08	2.360	32.8	35.9	64.1	80	100
Nº 16	1.180	23.9	59.8	40.2	50	85
Nº 30	0.600	12.5	72.4	27.6	25	60
Nº 50	0.300	8.6	80.9	19.1	10	30
Nº 100	0.150	6.2	87.2	12.8	2	10
Fondo		12.8	100.0	0.0		
Módulo de Fineza			3.394			
Abertura de malla de referencia			9.500			

*Fuente: Reporte de laboratorio*

De los resultados obtenidos del análisis granulométrico del residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe, encontramos que este material presenta un módulo de fineza de 3.394, clasificándolo como un material grueso

*Gráfico 3 Resultado del análisis granulométrico para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe*



*Fuente: Reporte de laboratorio*

La curva granulométrica de la muestra analizada no se encuentra dentro de los límites granulométricos establecidos en la E070-Albañilería; por lo tanto, para su utilización se tendrá que realizar los ensayos de pilas y muretes de albañilería.

### **Peso específico y absorción del agregado fino**

Muestra: Residuo triturado fino (RTF)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 16 Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

A.- Datos de la arena		
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	980.9
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	670.5
4.- Peso del Agua.	g	310.4
5.- Peso del Frasco	g	170.5
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	666.8
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	496.3
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0
B.- Resultados		
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm <sup>3</sup>	2.618
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm <sup>3</sup>	2.637
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm <sup>3</sup>	2.670
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.75

*Fuente: Reporte de laboratorio*

El resultado del ensayo arrojó que el peso específico de la masa del residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe fue de 2.637 g/cm<sup>3</sup>, mientras que el porcentaje de absorción fue de 0.75%

Muestra: Residuo triturado grueso

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 17 Resultado del ensayo de peso específico y absorción para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

A.- Datos de la arena		
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	994.9
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	681.1
4.- Peso del Agua.	g	313.8
5.- Peso del Frasco	g	181.1
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	678.5
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	497.4
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0
B.- Resultados		
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm <sup>3</sup>	2.671
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm <sup>3</sup>	2.685
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm <sup>3</sup>	2.709
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.52

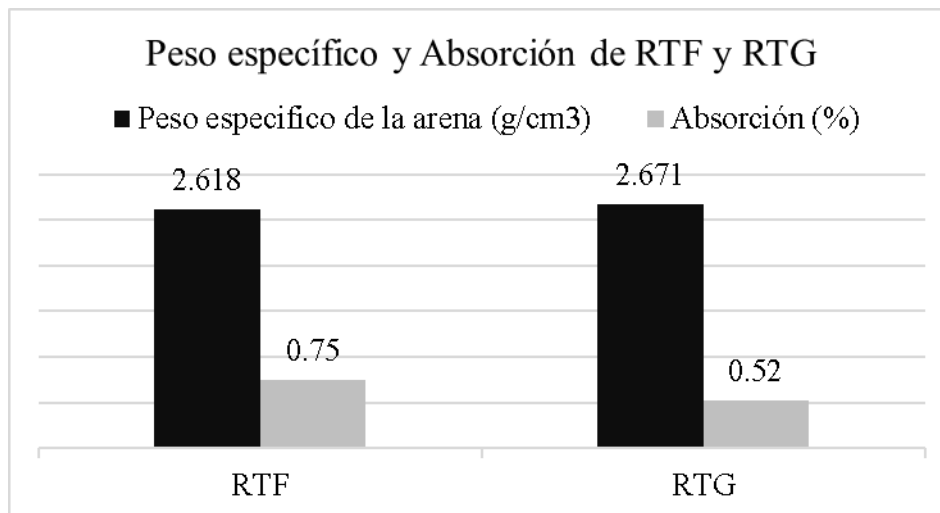
*Fuente: Reporte de laboratorio*

El resultado del ensayo arrojó que el peso específico de la masa del agregado fino- residuo

triturado de piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe fue de 2.685 g/cm<sup>3</sup>, mientras que el porcentaje de absorción fue de 0.52%

Con los resultados obtenidos en la tabla 15 y tabla 16 se presenta el grafico 4

*Gráfico 4 Resultado del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino*



Fuente: Propia

Del gráfico 4, podemos interpretar que el Residuo Triturado Grueso presenta mayor peso específico que el Residuo Triturado Fino, mientras que el RTF presenta mayor porcentaje de absorción que el RTG por la gran cantidad de material fino que presenta.

### **Carbón y lignito del agregado fino**

Muestra: Residuo triturado fino (RTF)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 18 Resultado del ensayo de carbón y lignito en agregados para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

	RTF		
PESO RECIPIENTE	426.5	461	426.5
PESO DE MUESTRA SECA	200	200	200
PESO FILTRO (GASA)	12.36	12.42	13.85
PESO FILTRO + PARTICULAS DECANTADAS SECO	12.69	13.12	14.68
PESO DE PARTICULAS DECANTADAS	0.32	0.42	0.38
% DE CARBON Y LIGNITO (D/A)x100	0.16	0.21	0.19
% PROMEDIO	0.19		

Fuente: Reporte de laboratorio

Tras el ensayo pertinente se demostró que el porcentaje promedio de carbón y lignito fue de 0.19% para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe

Muestra: Residuo triturado grueso (RTG)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 19 Resultado del ensayo de carbón y lignito en agregados para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

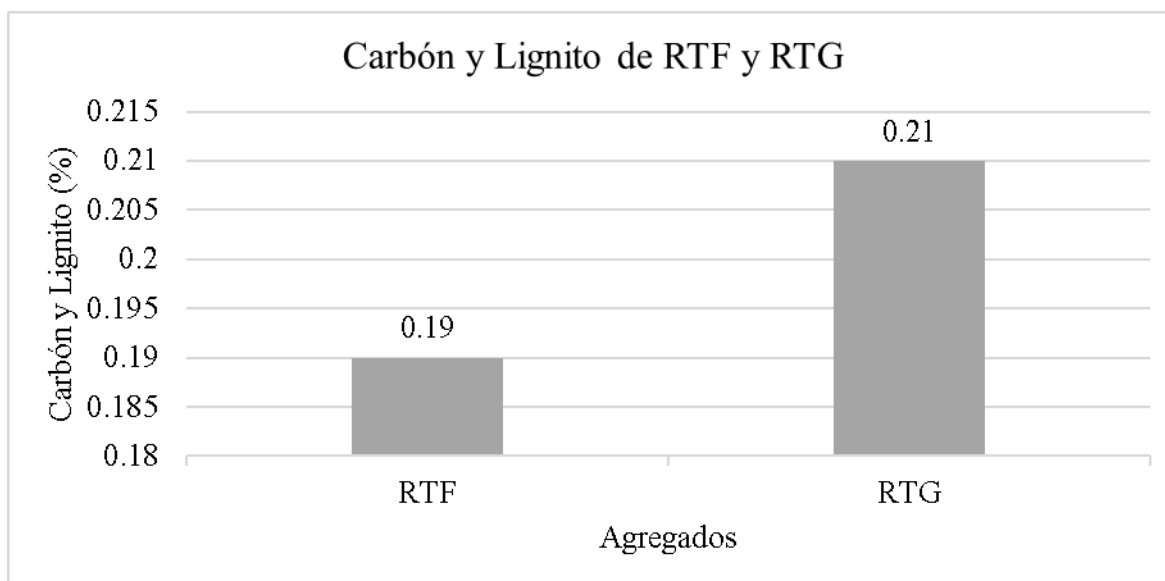
	RTG		
PESO RECIPIENTE	436.5	459	462.5
PESO DE MUESTRA SECA	200	200	200
PESO FILTRO (GASA)	12.96	12.52	13.25
PESO FILTRO + PARTICULAS DECANTADAS SECO	12.69	13.42	14.18
PESO DE PARTICULAS DECANTADAS	0.42	0.41	0.41
% DE CARBON Y LIGNITO (D/A)x100	0.21	0.205	0.205
% PROMEDIO	0.21		

*Fuente: Reporte de laboratorio*

Tras el ensayo pertinente se demostró que el porcentaje promedio de carbón y lignito fue de 0.21% para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe

Con los resultados obtenidos en la tabla 15 y tabla 16 se presenta el grafico 5

*Gráfico 5 Resultado del ensayo carbón y lignito del agregado fino*



Fuente: Propia

Del grafico 5, podemos interpretar que el Residuo Triturado Grueso presenta mayor porcentaje de 0.21% de Carbón y Lignito, mientras que el Residuo Triturado Fino un porcentaje del 0.19%

**Ensayo de terrones de arcilla del agregado fino**

Muestra: Residuo triturado fino (RTF)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 20 Resultado del ensayo de terrones de arcilla para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

Terrones de arcilla y partículas friables	%	<b>0.31</b>
---	---	-------------

*Fuente: Reporte de laboratorio*

Tras el ensayo pertinente se demostró que el porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables es de 0.31% para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe

Muestra: Residuo triturado grueso (RTG)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 21 Resultado del ensayo de terrones de arcilla para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

Terrones de arcilla y partículas friables	%	<b>0.14</b>
---	---	-------------

*Fuente: Reporte de laboratorio*

Tras el ensayo pertinente se demostró que el porcentaje de terrones de arcilla y partículas friables es de 0.14% para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe

**Peso unitario del agregado fino**

Muestra: Residuo triturado fino

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 22 Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

**PESO UNITARIO SUELTO**

Molde de ensayo		A	B	PROMEDIO
Peso de molde de ensayo + peso muestra contenida	g.	9042.0	9060.0	9051.0
Peso de molde de ensayo	g.	6316.0	6316.0	
Peso neto muestra contenida	g.	2726.0	2744.0	2735.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.00212307		
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1284	1292	1288
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1278	1286	1282

*Fuente: Reporte de laboratorio*

Como resultado se obtuvo que el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul contiene un peso unitario suelto húmedo de 1288 kg/m<sup>3</sup>; mientras que

el peso unitario suelto seco de 1282 kg/m<sup>3</sup>.

*Tabla 23 Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Molde de ensayo		A	B	PROMEDIO
Peso de molde de ensayo + peso muestra contenida	g.	9566.0	9582.0	9574.0
Peso de molde de ensayo	g.	6316.0	6316.0	
Peso neto muestra contenida	g.	3250.0	3266.0	3258.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.00212307		
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1531	1538	1535
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1523	1531	1527

*Fuente: Reporte de laboratorio*

Como resultado se obtuvo que el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul contiene un peso unitario compactado húmedo de 1535 kg/m<sup>3</sup>; mientras que el peso unitario compactado seco de 1527 kg/m<sup>3</sup>

Muestra: Residuo triturado grueso

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 24 Resultado del ensayo de peso unitario suelto para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

**PESO UNITARIO SUELTO**

Molde de ensayo		A	B	PROMEDIO
Peso de molde de ensayo + peso muestra contenida	g.	9337.0	9354.0	9345.5
Peso de molde de ensayo	g.	6316.0	6316.0	
Peso neto muestra contenida	g.	3021.0	3038.0	3029.5
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.00212307		
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1423	1431	1427
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1416	1424	1420

*Fuente: Reporte de laboratorio*

Como resultado se obtuvo que el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul contiene un peso unitario suelto húmedo de 1427 kg/m<sup>3</sup>; mientras que el peso unitario suelto seco de 1420 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 25 Resultado del ensayo de peso unitario compactado para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe

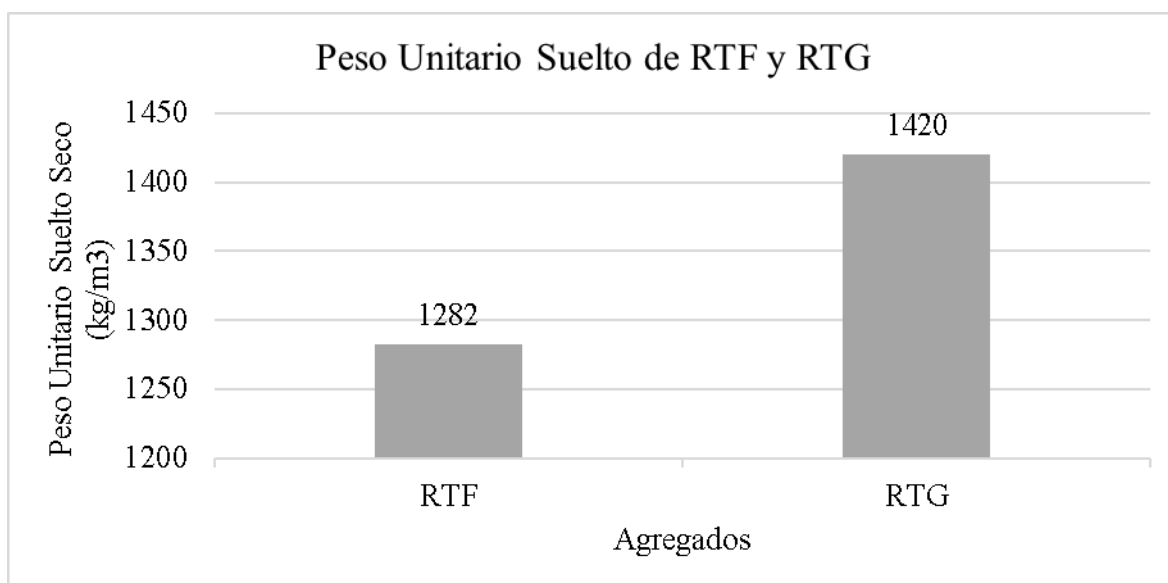
PESO UNITARIO COMPACTADO				
Molde de ensayo		A	B	PROMEDIO
Peso de molde de ensayo + peso muestra contenida	g	9888.0	9870.0	9879.0
Peso de molde de ensayo	g	6316.0	6316.0	
Peso neto muestra contenida	g	3572.0	3554.0	3563.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.00212307		
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1682	1674	1678
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1674	1666	1670

Fuente: Reporte de laboratorio

Como resultado se obtuvo que el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul contiene un peso unitario compactado húmedo de 1678 kg/m<sup>3</sup>; mientras que el peso unitario compactado seco de 1670 kg/m<sup>3</sup>.

Con los resultados obtenidos en la tabla 21 y tabla 23 se presenta el grafico 6

Gráfico 6 Resultado del ensayo peso unitario suelto del agregado fino

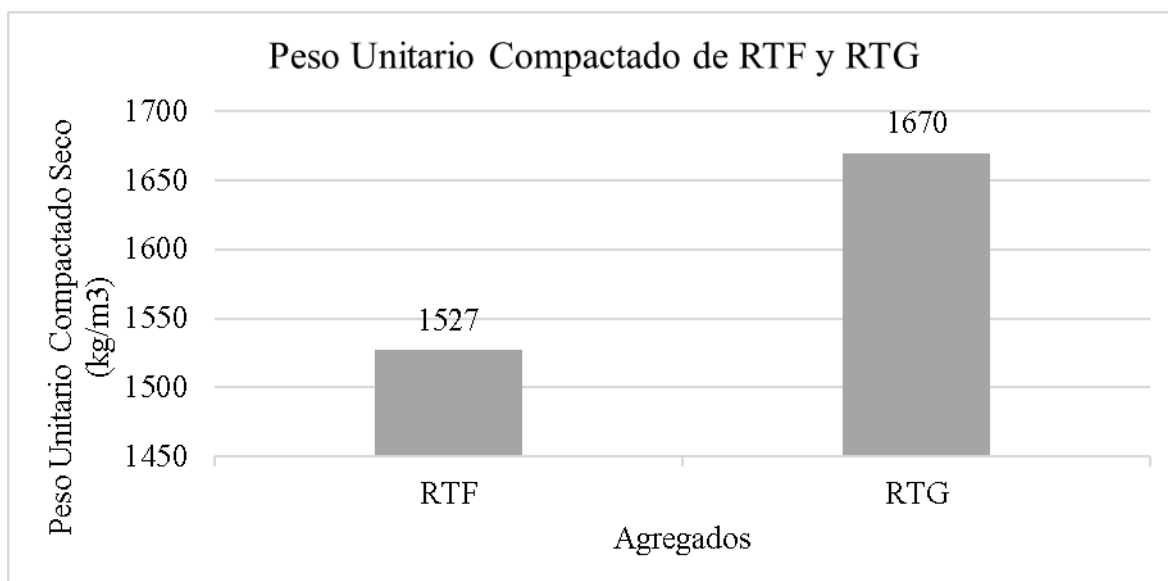


Fuente: Propia

Del grafico 6, podemos interpretar que el Residuo Triturado Grueso es superior por 138 kg/m<sup>3</sup> que el Residuo Triturado Fino; esto se debe porque el RTF no presenta una correcta distribución y acomodación del agregado generando así espacios vacíos entre las partículas del material

Con los resultados obtenidos en la tabla 22 y tabla 24 se presenta el grafico 7

Gráfico 7 Resultado del ensayo peso unitario compactado del agregado fino



Fuente: Propia

Del gráfico, podemos interpretar que el Residuo Triturado Grueso es superior por 143 kg/m<sup>3</sup> que el Residuo Triturado Fino; esto se debe porque el RTF no presenta una correcta distribución y acomodación del agregado generando así espacios vacíos entre las partículas del material

#### Ensayo de sales y cloruros totales del agregado fino

Muestra: Residuo triturado fino (RTF)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

Tabla 26 Ensayo de sales y cloruros totales para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe

		RTF
Sales Solubles Totales	ppm	210
	%	0.021
Cloruros Cl <sup>-</sup>	ppm	34
	%	0.003
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ppm	21
	%	0.002

Fuente: Reporte de laboratorio

Como resultado se obtuvo que el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul contiene un total de sales solubles del 0.021%, cloruros del 0.003% y sulfatos del 0.002%

Muestra: Residuo triturado grueso (RTG)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 27 Ensayo de sales y cloruros totales para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

		RTG	
Sales Solubles Totales	ppm	108	
	%	0.011	
Cloruros Cl <sup>-</sup>	ppm	26	
	%	0.003	
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ppm	12	
	%	0.001	

*Fuente: Reporte de laboratorio*

Como resultado se obtuvo que el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul contiene un total de sales solubles del 0.011%, cloruros del 0.003% y sulfatos del 0.001%

#### **Ensayo de desgaste por sulfato de magnesio del agregado fino**

Muestra: Residuo triturado fino (RTF)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 28 Resultados del ensayo de desgaste por sulfato de magnesio para para el residuo triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

I .- DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	0.9
Nº 4 4.75 mm	Nº 8 2.36 mm	0.9
Nº 8 2.36 mm	Nº 16 1.18 mm	0.6
Nº 16 1.18 mm	Nº 30 600 µm	0.5
Nº 30 600 µm	Nº 50 300 µm	1.3
Nº 50 300 µm	Nº 100 150 µm	2.2

II .- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	6.4
----------------	-----	-----

*Fuente: Reporte de laboratorio*

El resultado del ensayo arrojó que el desgaste total por sulfato de magnesio del residuo

triturado de la piedra chancada - fino de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe fue de 6.4%.

Muestra: Residuo triturado grueso (RTG)

Cantera: Chancadora Piedra Azul

*Tabla 29 Resultado del ensayo de desgaste por sulfato de magnesio para para el residuo triturado de la piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*

I .- DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	0.8
Nº 4 4.75 mm	Nº 8 2.36 mm	0.9
Nº 8 2.36 mm	Nº 16 1.18 mm	0.6
Nº 16 1.18 mm	Nº 30 600 µm	0.5
Nº 30 600 µm	Nº 50 300 µm	1.2
Nº 50 300 µm	Nº 100 150 µm	2.2

II .- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	6.2
----------------	-----	-----

*Fuente: Reporte de laboratorio*

El resultado del ensayo arroja que el desgaste total por sulfato de magnesio fue de 6.2% para el residuo triturado de piedra chancada - grueso de la planta chancadora Piedra Azul-Ferreñafe

### **Resumen de las propiedades del agregado fino**

*Tabla 30 Resumen de propiedades del RTF y RTG*

PROPIEDADES	U.M.	RESIDUO TRITURADO	RESIDUO TRITURADO
Contenido de Humedad	%	0.48	0.63
Modulo de Fineza	-	0.835	3.394
Peso Especifico de la Masa	g/cm <sup>3</sup>	2.618	2.671
Absorción	%	0.75	0.52
Terrones de Arcilla	%	0.31	0.14
Peso Unitario Suelto	kg/m <sup>3</sup>	1282	1420
Peso Unitario Compactado	kg/m <sup>3</sup>	1527	1670

*Fuente: Propia*

Como podemos apreciar en la tabla 29, el Residuo Triturado Grueso, presenta mejores propiedades que el Residuo Triturado Fino; sin embargo, ambos agregados no cumplen con la granulometría necesaria para ser considerado como reemplazo de la arena gruesa para la elaboración de mortero de albañilería. Es por ello que una alternativa para utilizar estos materiales es elaborar pilas y muretes de albañilería como lo indica en la norma E070, además de verificar las propiedades del mortero en estado fresco y endurecido

### Resultados de los ensayos realizados a la unidad de albañilería

#### Variación de la dimensión del ladrillo

Muestra: Ladrillo Master

*Tabla 31 Resultado del ensayo de variación de la dimensión del ladrillo*

<b>Ladrillo King Kong 18 huecos (Dimensiones del fabricante)</b>		
<b>Le (cm)</b>	<b>Ae (cm)</b>	<b>He (cm)</b>
24	12	9

<b>Muestra</b>	<b>Largo promedio</b>	<b>Ancho promedio</b>	<b>Altura promedio</b>	<b>VD Largo (%)</b>	<b>VD Ancho (%)</b>	<b>VD Alto (%)</b>
L-1	24.12	12.43	8.64	-0.50	-3.54	4.00
L-2	24.05	12.42	8.80	-0.19	-3.50	2.28
L-3	24.00	12.39	8.78	0.02	-3.25	2.50
L-4	24.07	12.38	8.65	-0.27	-3.13	3.94
L-5	24.17	12.35	8.71	-0.69	-2.88	3.22
L-6	24.03	12.41	9.02	-0.13	-3.37	-0.22
L-7	24.13	12.41	8.87	-0.54	-3.37	1.44
L-8	24.07	12.42	8.80	-0.27	-3.50	2.22
L-9	23.90	12.43	8.59	0.42	-3.54	4.61
L-10	24.13	12.42	9.03	-0.54	-3.46	-0.28
<b>VD promedio % (-)</b>				-0.39	-3.35	-0.25
<b>VD promedio % (+)</b>				0.22	0.00	3.03

*Fuente: Elaboración propia*

El resultado del ensayo arroja que el ladrillo de la marca “Master” presenta una variación dimensional hasta  $100\text{mm} \pm 4$ ; lo que demuestra que la unidad de albañilería presenta una clasificación tipo IV según la norma E070.

### Alabeo del ladrillo

Muestra: Ladrillo Master

*Tabla 32 Resultado del ensayo de alabeo en ladrillo*

<b>Muestra</b>	<b>Concavida d Maxima</b>	<b>Convexida d Maxima</b>	<b>Valor mas desfavorab</b>
L-1	-	1.15	1.15
L-2	-	1.90	1.90
L-3	-	1.75	1.75
L-4	-	1.40	1.40
L-5	1.20	-	1.20
L-6	2.60	-	2.60
L-7	2.30	-	2.30
L-8	1.80	-	1.80
L-9	1.40	-	1.40
L-10	-	1.50	1.50
<b>Promedio</b>			1.70

*Fuente: Elaboración propia*

El resultado del ensayo arroja que el ladrillo de la marca “Master” presenta un alabeo de 1.70mm; corresponde a la clasificación del ladrillo tipo IV según la norma E070.

### Absorción del ladrillo

Muestra: Ladrillo Master

*Tabla 33 Resultado del porcentaje de absorción del ladrillo*

<b>Muestra</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Peso saturado</b>	<b>Absorción (%)</b>
L-1	2703.00	3055.00	13.02
L-2	2772.00	3105.00	12.01
L-3	2751.00	3088.00	12.25
L-4	2736.00	3072.00	12.28
L-5	2820.00	3177.00	12.66
<b>Promedio</b>			12.45

*Fuente: Elaboración propia*

El resultado del ensayo arroja que el ladrillo de la marca “Master” presenta un porcentaje aceptable, el valor promedio de absorción fue 12.45%. Según la norma E070 la absorción de las unidades de arcilla no deberá ser mayor que 22%.

## Resistencia a la compresión de unidades de albañilería

Muestra: Ladrillo Master

Tabla 34 Resultados de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería

Muestra	Largo prom. (cm)	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Area bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
L-6	24.03	12.41	9.02	298.09	28174.00	94.51
L-7	24.13	12.41	8.87	299.33	26884.00	89.81
L-8	24.07	12.42	8.80	298.89	30543.00	102.19
L-9	23.90	12.43	8.59	296.96	32877.00	110.71
L-10	24.13	12.42	9.03	299.57	34764.00	116.04
<b>Promedio</b>						102.65

Fuente: Elaboración propia

El resultado del ensayo arroja que el ladrillo de la marca “Master” presenta una resistencia a la compresión promedio de 102.65 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados indican que el ladrillo es de clase Ladrillo III, según la norma E070.

## Resumen de las propiedades de la unidad de albañilería

Tabla 35 Resumen de propiedades del ladrillo “Master”

LADRILLO KING KONG 18 HUECOS			
ENSAYOS	U.M.	IARCA MASTE	CLASE
Variación de la Dimensión	mm	103.35	Ladrillo IV
Alabeo	mm	1.7	Ladrillo V
Absorción	%	12.45	-
Resistencia a la Compresión	kg/cm <sup>2</sup>	102.65	Ladrillo III

Fuente: Propia

De la tabla 34, podemos interpretar que la unidad de albañilería empleado para la elaboración de pilas y muretes de albañilería es de clase: Ladrillo III debido a que alcanzo tan solo una resistencia a la compresión promedio de 102.65 kg/cm<sup>2</sup>

### Tipo de mortero y dosificación

El tipo de mortero a elaborar de acuerdo a la norma E070 (2020), su uso es para muros portantes denominada P2 según la tabla 4 “Tipos de Mortero”, cuya dosificación empleada fue 1:4 – cemento: arena gruesa.

Además, según en la ASTM C270, mencionando que para el mortero Tipo “S” la resistencia a la compresión que debería alcanzar es de 126 kg/cm<sup>2</sup>. [18]

## Diseño de morteros patrones

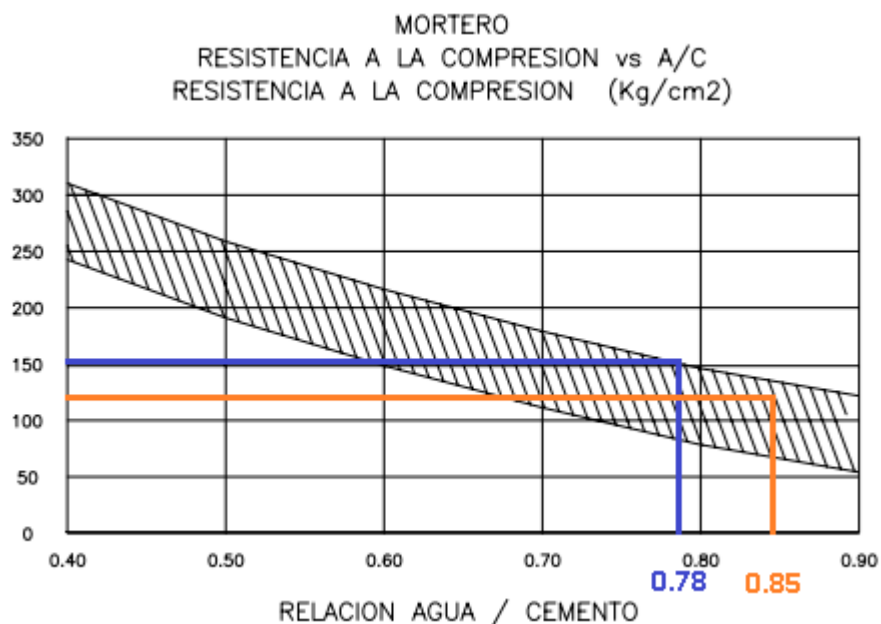
Tabla 36 Diseño de morteros patrones

DESCRIPCIÓN	DOSIFICACIÓN			RELACIÓN
	CEMENTO	ARENA	CENIZA	AGUA/CEMENTO
Mortero Patron	1	4	0	0.85
Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada	1	4	0	0.78

Fuente: Propia

De la tabla 35, podemos interpretar que al sustituir el residuo triturado grueso de la piedra chancada por la arena amarilla la relación agua/cemento disminuye; por lo tanto, aumentara su resistencia a la compresión.

Gráfico 8 Resistencia a la compresión vs A/C [20]



Del gráfico 8, la ecuación del límite superior hace referencia a arenas gruesas; mientras que la ecuación del límite inferior para arenas finas. Podemos interpretar que al usar la relación a/c de 0.78 y 0.85 podemos igualar o superar la resistencia a la compresión reglamentada de 125 kg/cm<sup>2</sup> para morteros de albañilería.

## Diseño de mezcla para morteros con RTG y CBCA

Tabla 37 Diseño de mezcla para morteros con Residuo Triturado Grueso y Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	DOSIFICACIÓN			RELACIÓN
		CEMENTO (g)	ARENA (g)	CENIZA (g)	AGUA/CEMENT
<b>Mortero Patron</b>	<b>1 : 4 : 0%</b>	<b>1000</b>	<b>4000</b>	<b>0</b>	<b>0.85</b>
Mortero Patron con %Ceniza	1 : 4 : 5%	950	4000	50	0.85
de Bagazo de Caña de	1 : 4 : 10%	900	4000	100	0.85
Azúcar	1 : 4 : 15%	850	4000	150	0.85
	1 : 4 : 20%	800	4000	200	0.85
<b>Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada</b>	<b>Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada</b>	<b>1000</b>	<b>4000</b>	<b>0</b>	<b>0.78</b>
Mortero con Residuo	1 : 4 : 5%	950	4000	50	0.78
Triturado de Piedra Chancada	1 : 4 : 10%	900	4000	100	0.78
y %Ceniza de Bagazo de	1 : 4 : 15%	850	4000	150	0.78
Caña de Azúcar	1 : 4 : 20%	800	4000	200	0.78

Fuente: Propia

Una vez conocido la dosificación del mortero patrón, se le sustituyó en porcentajes del 5%, 10%, 15%, 20% al cemento en función de su peso. Por otra parte, se elaboró un mortero sustituyendo la arena amarilla por el residuo triturado de piedra chancada grueso, luego se sustituyó en porcentajes mencionados anteriormente en función al peso del cemento.

### Resultados de los ensayos del mortero en estado fresco

#### Ensayo de fluidez del mortero

Muestra: Mortero patrón

Ensayo N°01

Tabla 38 Ensayo N°01 de fluidez del mortero patrón

MORTERO	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)					
	MATERIALES (gr.)	CEMENTO	ARENA	A/C	D1	D2	D3	D4	DP
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0.80</b>						
CEMENTO		1000		150.0	148.0	143.0	153.0	<b>148.50</b>	
ARENA		4000							
AGUA		800							
					<b>FLUIDEZ =</b>		61.41 %		
DI=	92	mm							

Fuente: Propia

Al elaborar el mortero patrón con una relación a/c de 0.80 arrojo un porcentaje de fluidez de 61.41%; clasificándose como una consistencia muy dura (muy seca)

## Ensayo N°02

Tabla 39 Ensayo N°02 de fluidez del mortero patrón

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm.)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO <b>1</b>	ARENA <b>4</b>	A/C <b>0.84</b>	D1	D2	D3	D4	DP	
CEMENTO		1000		188.0	178.0	176.0	182.0	<b>181.00</b>	
ARENA		4000							
AGUA		840							
<b>FLUIDEZ =</b>						96.74 %			

92

Fuente: Propia

Al elaborar el mortero patrón con una relación a/c de 0.84 arrojó un porcentaje de fluidez de 96.74%; clasificándose como una consistencia dura (seca).

## Ensayo N°03

Tabla 40 Ensayo N°03 de fluidez del mortero patrón

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm.)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO <b>1</b>	ARENA <b>4</b>	A/C <b>0.85</b>	D1	D2	D3	D4	DP	
CEMENTO		1000		188.0	195.0	193.0	191.0	<b>191.75</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
<b>FLUIDEZ =</b>						108.42 %			

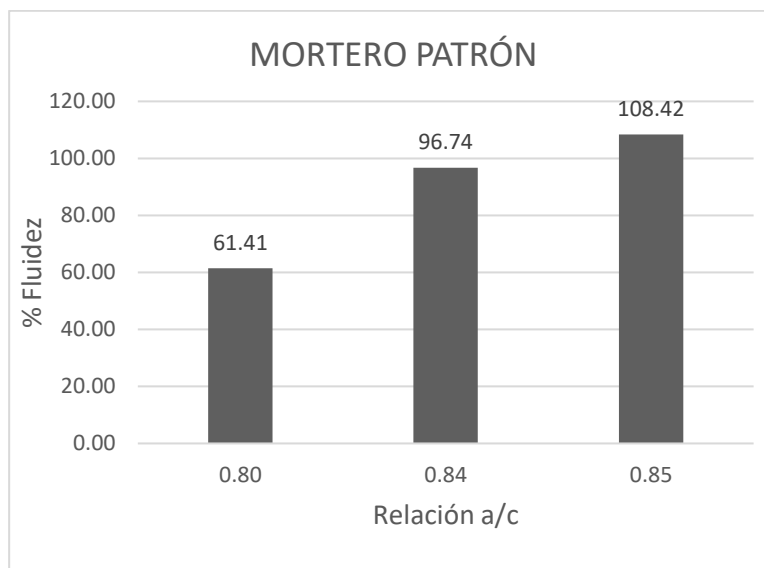
92

Fuente: Propia

Al elaborar el mortero patrón con una relación a/c de 0.85 arrojó un porcentaje de fluidez de 108.42%; clasificándose como una consistencia media (plástica). Esta consistencia es recomendada por la norma E070, para su utilización en morteros de albañilería.

## Resumen del ensayo de fluidez del mortero patrón

Gráfico 9 Resultados del ensayo de fluidez del mortero patrón



Fuente: Elaboración propia

El resultado del ensayo arrojó que para una relación a/c=0.85 el mortero obtiene el porcentaje óptimo de fluidez para ser considerado mortero de albañilería con un valor de 108.42%.

### Muestra: Mortero patrón con %CBCA

Ensayo N°01 – MP con 5%CBCA

Tabla 41 Ensayo N°01 de fluidez del MP con 5%CBCA

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO	ARENA	A/C	D1	D2	D3	D4	DP	
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0.85</b>						
CBCA		50							
CEMENTO		950		193.0	202.0	187.0	201.0	<b>195.75</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
<b>FLUIDEZ =</b>						112.77 %			

DI= 92 mm

Fuente: Elaboración propia

Al elaborar el Mortero Patrón con 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar se obtuvo una fluidez del 112.77%

## Ensayo N°02 – MP con 10%CBCA

Tabla 42 Ensayo N°02 de fluidez del MP con 10%CBCA

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO 1	ARENA 4	A/C 0.85	D1	D2	D3	D4	DP	
CBCA		100							
CEMENTO		900		203.0	200.0	198.0	202.0	<b>200.75</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
<b>FLUIDEZ =</b>						118.21 %			
DI=	92	mm							

*Fuente: Elaboración propia*

Al elaborar el Mortero Patrón con 10% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar se obtuvo una fluidez del 118.21%

## Ensayo N°03 – MP con 15%CBCA

Tabla 43 Ensayo N°03 de fluidez del MP con 15%CBCA

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO 1	ARENA 4	A/C 0.85	D1	D2	D3	D4	DP	
CBCA		150							
CEMENTO		850		202.0	207.0	206.0	200.0	<b>203.75</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
<b>FLUIDEZ =</b>						121.47 %			
DI=	92	mm							

*Fuente: Elaboración propia*

Al elaborar el Mortero Patrón con 15% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar se obtuvo una fluidez del 121.47%

## Ensayo N°04 – MP con 20%CBCA

Tabla 44 Ensayo N°04 de fluidez del MP con 20%CBCA

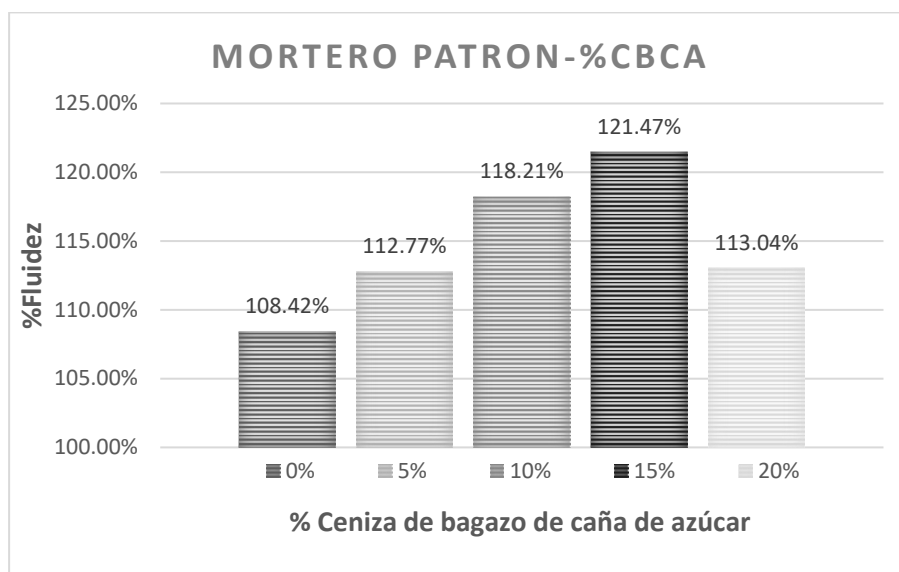
MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO 1	ARENA 4	A/C 0.85	D1	D2	D3	D4	DP	
CBCA		200							
CEMENTO		800		192.0	197.0	195.0	200.0	<b>196.00</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
<b>FLUIDEZ =</b>						113.04 %			
DI=	92	mm							

*Fuente: Elaboración propia*

Al elaborar el Mortero Patrón con 20% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar se obtuvo una fluidez del 113.04%

## Resumen del ensayo de fluidez del mortero patrón y con %CBCA

Gráfico 10 Resultados del ensayo de fluidez del mortero patrón y con %CBCA



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 4 se puede interpretar que los porcentajes del 10% y 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del peso del cemento incrementan significativamente la fluidez al mortero patrón. Según la NTP 334.057 la fluidez del mortero de albañilería tiene que tener un porcentaje de  $110\% \pm 5$ ; por lo tanto, los porcentajes que cumplen son el 5% y 20%

### Muestra: Mortero con residuo triturado de piedra chancada

Ensayo N°01

Tabla 45 Ensayo N°01 de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada

MORTERO MATERIALES (gr.)	DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
	CEMENTO 1	ARENA 4	A/C 0.80	D1	D2	D3	D4	DP
CEMENTO		1000		197.0	200.0	200.0	205.0	<b>200.50</b>
ARENA		4000						
AGUA		800						
				<b>FLUIDEZ =</b>			117.93 %	
DI=	92	mm						

Fuente: Propia

Al elaborar el mortero patrón con una relación a/c de 0.80 arrojó un porcentaje de fluidez de 117.93%; clasificándose como una consistencia media (plástica).

## Ensayo N°02

*Tabla 46 Ensayo N°02 de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada*

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO <b>1</b>	ARENA <b>4</b>	A/C <b>0.75</b>	D1	D2	D3	D4	DP	
CEMENTO		1000		187.0	185.0	180.0	178.0	<b>182.50</b>	
ARENA		4000							
AGUA		750							
						<b>FLUIDEZ =</b>	98.37 %		
DI=	92	mm							

Fuente: Propia

Al elaborar el mortero patrón con una relación a/c de 0.75 arrojó un porcentaje de fluidez de 98.37%; clasificándose como una consistencia dura (seca).

## Ensayo N°03

*Tabla 47 Ensayo N°02 de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada*

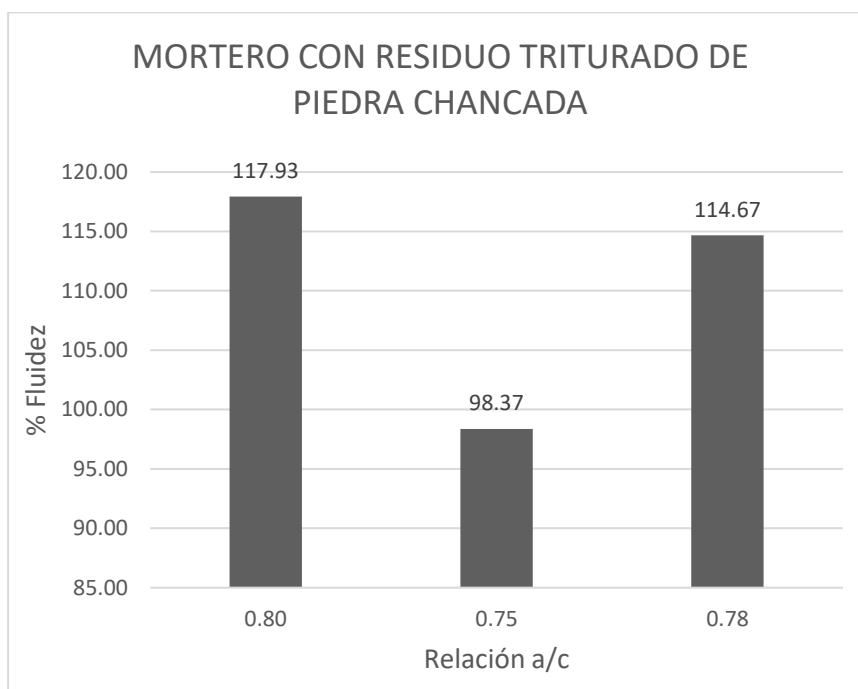
MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO <b>1</b>	ARENA <b>4</b>	A/C <b>0.78</b>	D1	D2	D3	D4	DP	
CEMENTO		1000		197.0	196.0	200.0	197.0	<b>197.50</b>	
ARENA		4000							
AGUA		780							
						<b>FLUIDEZ =</b>	114.67 %		
DI=	92	mm							

Fuente: Propia

Al elaborar el mortero patrón con una relación a/c de 0.78 arrojó un porcentaje de fluidez de 114.67%; clasificándose como una consistencia media (plástica). Esta consistencia es recomendada por la norma E070, para su utilización en morteros de albañilería

## Resumen del ensayo de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada

Gráfico 11 Resultado de ensayo de fluidez para mortero con residuo triturado de piedra chancada



Fuente: Elaboración propia

El resultado del ensayo arrojó que para una relación a/c=0.78 el mortero obtiene el porcentaje óptimo de fluidez para ser considerado mortero de albañilería con un valor de 114.67%.

### Muestra: Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y %CBCA

Ensayo N°01 – Mortero con RTPC y 5%CBCA

Tabla 48 Ensayo N°01 de fluidez del Mortero con RTPC y 5%CBCA

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO	ARENA	A/C	D1	D2	D3	D4	DP	
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0.85</b>						
CBCA		50							
CEMENTO		950		192.0	203.0	187.0	199.0	<b>195.25</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
						<b>FLUIDEZ =</b>		112.23 %	

DI= 92 mm

Fuente: Elaboración propia

Al elaborar el Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar se obtuvo una fluidez del 112.23%

## Ensayo N°02 – Mortero con RTPC y 10%CBCA

Tabla 49 Ensayo N°02 de fluidez del Mortero con RTPC y 10%CBCA

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO	ARENA	A/C	D1	D2	D3	D4	DP	
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0.85</b>						
CBCA		100							
CEMENTO		900		180.0	187.0	186.0	180.0	<b>183.25</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
<b>FLUIDEZ =</b>						99.18 %			
DI=	92	mm							

*Fuente: Elaboración propia*

Al elaborar el Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 10% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar se obtuvo una fluidez del 99.18%

## Ensayo N°03 – Mortero con RTPC y 15%CBCA

Tabla 50 Ensayo N°03 de fluidez del Mortero con RTPC y 15%CBCA

MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO	ARENA	A/C	D1	D2	D3	D4	DP	
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0.85</b>						
CBCA		150							
CEMENTO		850		165.0	178.0	164.0	173.0	<b>170.00</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
<b>FLUIDEZ =</b>						84.78 %			
DI=	92	mm							

*Fuente: Elaboración propia*

Al elaborar el Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 15% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar se obtuvo una fluidez del 84.78%

## Ensayo N°04 – Mortero con RTPC y 20%CBCA

Tabla 51 Ensayo N°04 de fluidez del Mortero con RTPC y 20%CBCA

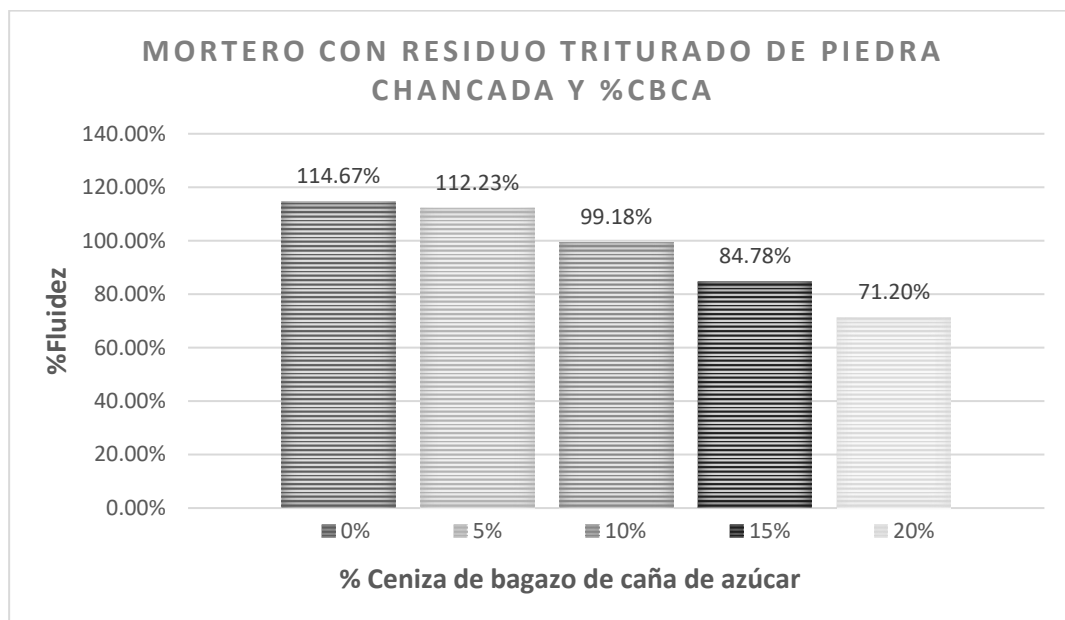
MORTERO		DOSIFICACIÓN			DIAMETRO DE FLUIDEZ (mm)				
MATERIALES (gr.)	CEMENTO	ARENA	A/C	D1	D2	D3	D4	DP	
	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0.85</b>						
CBCA		200							
CEMENTO		800		165.0	142.0	155.0	168.0	<b>157.50</b>	
ARENA		4000							
AGUA		850							
<b>FLUIDEZ =</b>						71.20 %			
DI=	92	mm							

*Fuente: Elaboración propia*

Al elaborar el Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 20% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar se obtuvo una fluidez del 71.20%

## Resumen del ensayo de fluidez del mortero con residuo triturado de piedra chancada y %CBCA

Gráfico 12 Resultados del ensayo de fluidez del mortero patrón con residuo triturado de piedra chancada y %CBCA



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 6 se puede interpretar que conforme se va incrementando los porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución del peso del cemento, estos disminuyen significativamente la fluidez al mortero patrón. Según la NTP 334.057 la fluidez del mortero de albañilería tiene que tener un porcentaje de  $110\% \pm 5$ ; por lo tanto, el porcentaje que cumple es del 5%.

### Ensayo de peso unitario del mortero

Muestra: Mortero patrón con %CBCA

Peso del molde: 28.90 g

Volumen del molde: 68.84 cm<sup>3</sup>

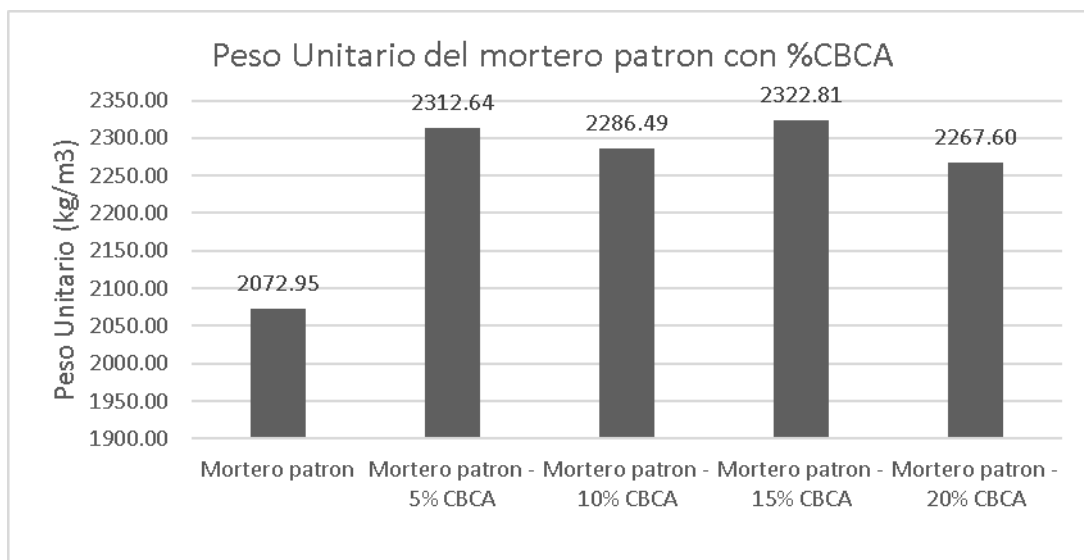
Tabla 52 Resultado del ensayo de peso unitario del mortero patrón con %CBCA

MEZCLA	P. MORTERO + RECIPIENTE (g)	P.U. MORTERO (kg/m <sup>3</sup> )
Mortero Patron	171.60	2072.95
MP - 5% CBCA	188.10	2312.64
MP - 10% CBCA	186.30	2286.49
MP - 15% CBCA	188.80	2322.81
MP - 20% CBCA	185.00	2267.60

Fuente: propia

El ensayo de peso unitario del mortero patrón tuvo un valor de 2072.95 kg/m<sup>3</sup>. Al sustituir el 20%CBCA se obtuvo el menor peso unitario con un valor de 2267.60 kg/m<sup>3</sup>; mientras que al sustituir el 15% se obtuvo el mayor peso unitario con un valor de 2322.81 kg/m<sup>3</sup>.

*Gráfico 13 Resultado del ensayo de peso unitario del mortero patrón con %CBCA*



Fuente: propia

Muestra: Mortero con residuo triturado de piedra chancada - %CBCA

Peso del molde: 28.90 g

Volumen del molde: 68.84 cm<sup>3</sup>

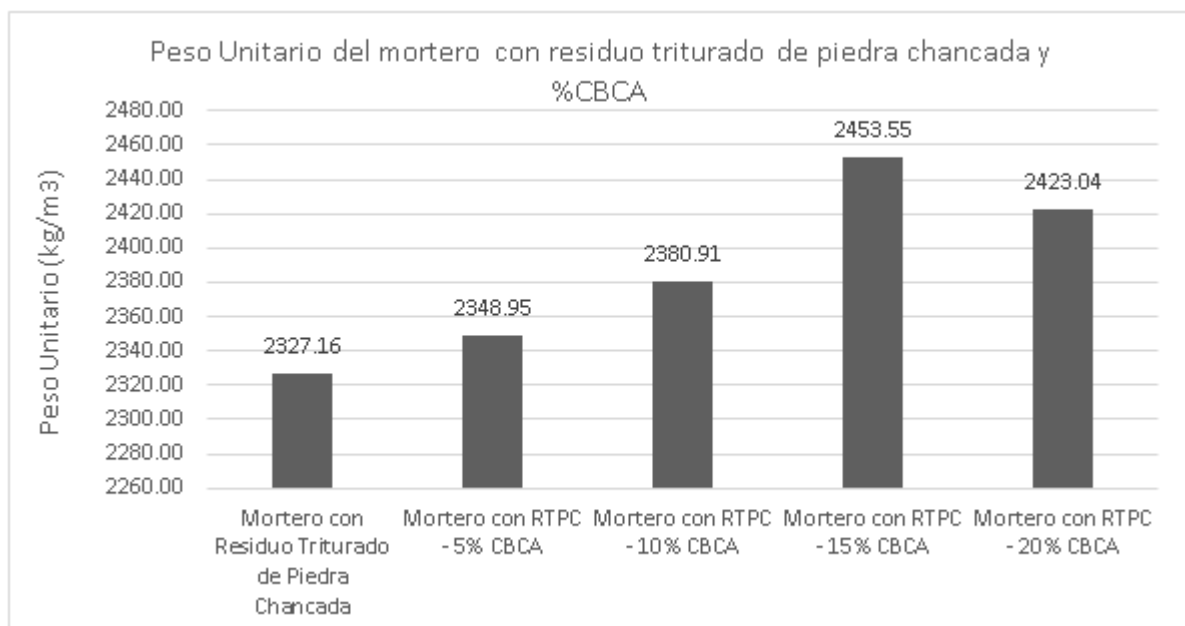
*Tabla 53 Resultado del ensayo de peso unitario del mortero con residuo triturado grueso y %CBCA*

MEZCLA	P. MORTERO + RECIPIENTE (g)	P.U. MORTERO (kg/m <sup>3</sup> )
Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada	189.10	2327.16
Mortero con RTPC - 5% CBCA	190.60	2348.95
Mortero con RTPC - 10% CBCA	192.80	2380.91
Mortero con RTPC - 15% CBCA	197.80	2453.55
Mortero con RTPC - 20% CBCA	195.70	2423.04

Fuente: propia

El ensayo de peso unitario del mortero con residuo triturado de piedra chancada grueso tuvo un valor de 2327.16 kg/m<sup>3</sup>. Al sustituir el 5%CBCA se obtuvo el menor peso unitario con un valor de 2348.95 kg/m<sup>3</sup>; mientras que al sustituir el 15% se obtuvo el mayor peso unitario con un valor de 2453.55 kg/m<sup>3</sup>.

Gráfico 14 Resultado del ensayo de peso unitario del mortero con residuo triturado grueso y %CBCA



Fuente: propia

### Ensayo de tiempo de fraguado del mortero

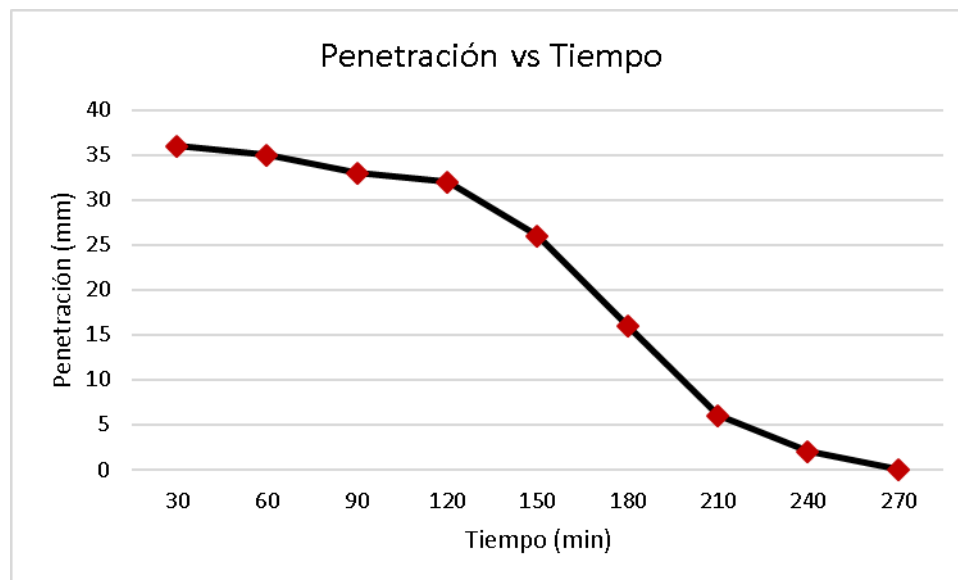
Muestra: Mortero con residuo triturado de piedra chancada - 5% CBCA

Tabla 54 Registro de lectura tiempo - penetración

Lectura	Tiempo (min)	Penetración (mm)
1	30	36
2	60	35
3	90	33
4	120	32
5	150	26
6	180	16
7	210	6
8	240	2
9	270	0

Fuente: propia

Gráfico 15 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para el Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5%CBCA



Fuente: propia

El tiempo de fraguado inicial se da para una penetración de 25mm que le corresponde al minuto de 155; mientras que el tiempo de fraguado final se da al minuto 270 con una penetración de 0mm.

### Resultados de los ensayos del mortero en estado endurecido

#### Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del mortero

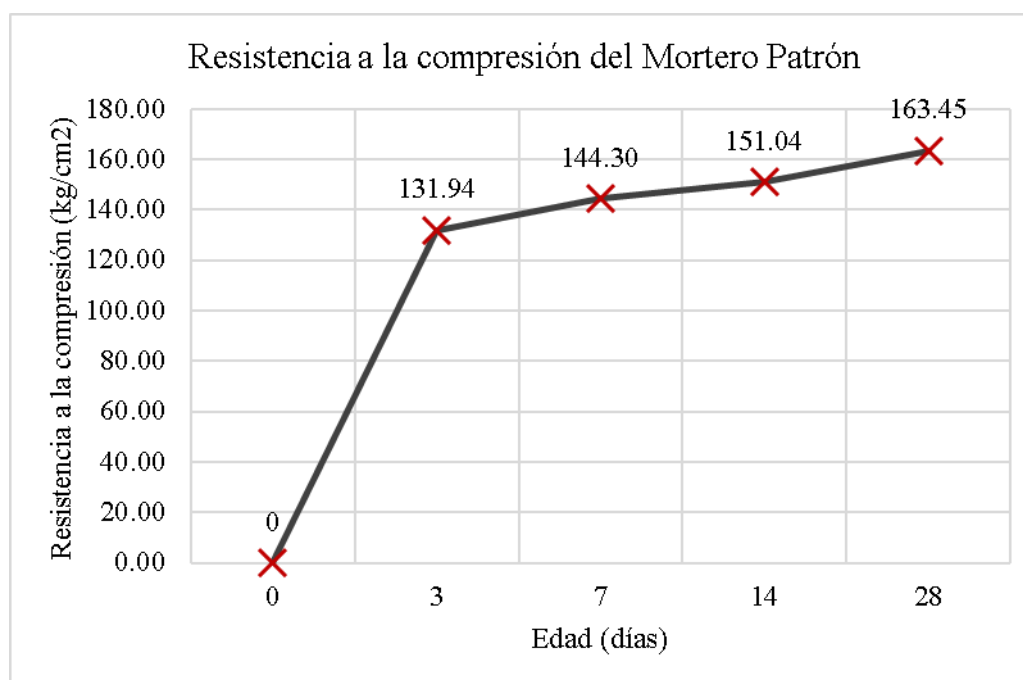
Muestra: Mortero Patrón

Tabla 55 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
Mortero Patrón	22/04/2022	25/04/2022	3	25.50	3381	132.58	
	22/04/2022	25/04/2022	3	25.00	3173	126.93	131.94
	22/04/2022	25/04/2022	3	25.50	3476	136.31	
	22/04/2022	29/04/2022	7	25.76	3530	137.06	
	22/04/2022	29/04/2022	7	24.75	3504	141.60	144.30
	22/04/2022	29/04/2022	7	25.34	3909	154.24	
	22/04/2022	6/05/2022	14	25.15	3751	149.15	
	22/04/2022	6/05/2022	14	25.25	3869	153.23	151.04
	22/04/2022	6/05/2022	14	25.49	3843	150.74	
	22/04/2022	20/05/2022	28	24.92	4618	185.28	
	22/04/2022	20/05/2022	28	26.83	3919	146.06	163.45
	22/04/2022	20/05/2022	28	25.43	4043	159.00	

Fuente: Propia

Gráfico 16 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón



Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión de mortero patrón con especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 163.45 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

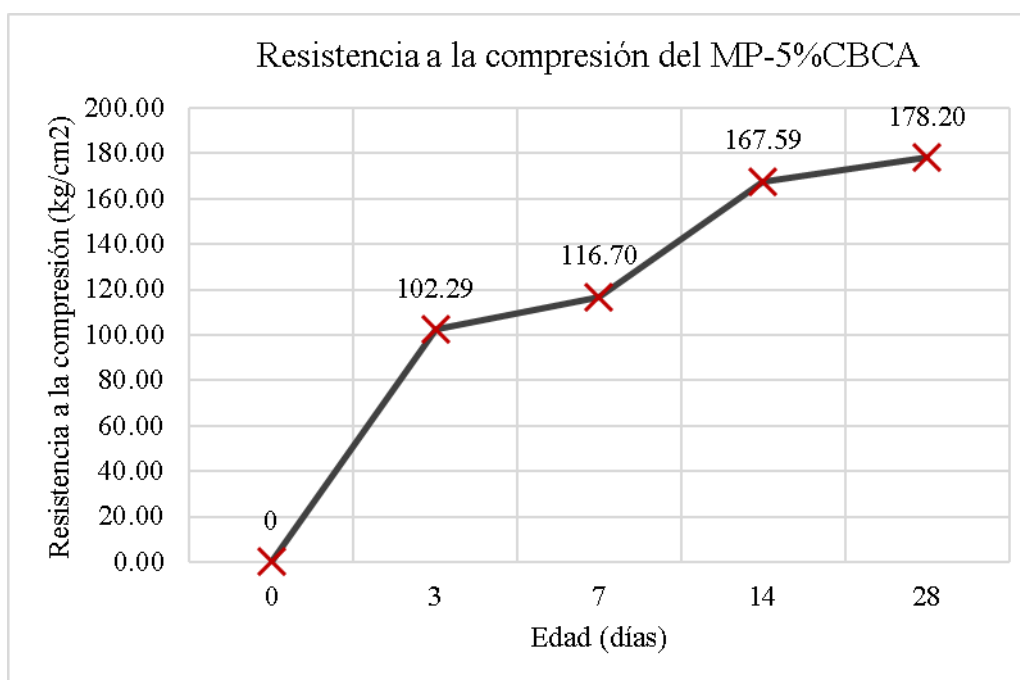
Muestra: Mortero Patrón – 5%CBCA

Tabla 56 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 5%CBCA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
MP - 5%CBCA	23/04/2022	26/04/2022	3	25.86	2721	105.24	
	23/04/2022	26/04/2022	3	25.09	2584	102.98	102.29
	23/04/2022	26/04/2022	3	25.76	2541	98.66	
	23/04/2022	30/04/2022	7	26.27	3094	117.80	
	23/04/2022	30/04/2022	7	24.75	2985	120.61	116.70
	23/04/2022	30/04/2022	7	25.70	2871	111.69	
	23/04/2022	7/05/2022	14	26.37	4280	162.32	
	23/04/2022	7/05/2022	14	24.95	4567	183.05	167.59
	23/04/2022	7/05/2022	14	27.78	4372	157.41	
	23/04/2022	21/05/2022	28	25.96	4826	185.92	
	23/04/2022	21/05/2022	28	25.81	4499	174.34	178.20
	23/04/2022	21/05/2022	28	28.05	4890	174.33	

Fuente: Propia

Gráfico 17 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 5%CBCA



Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero Patrón con 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 178.20 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

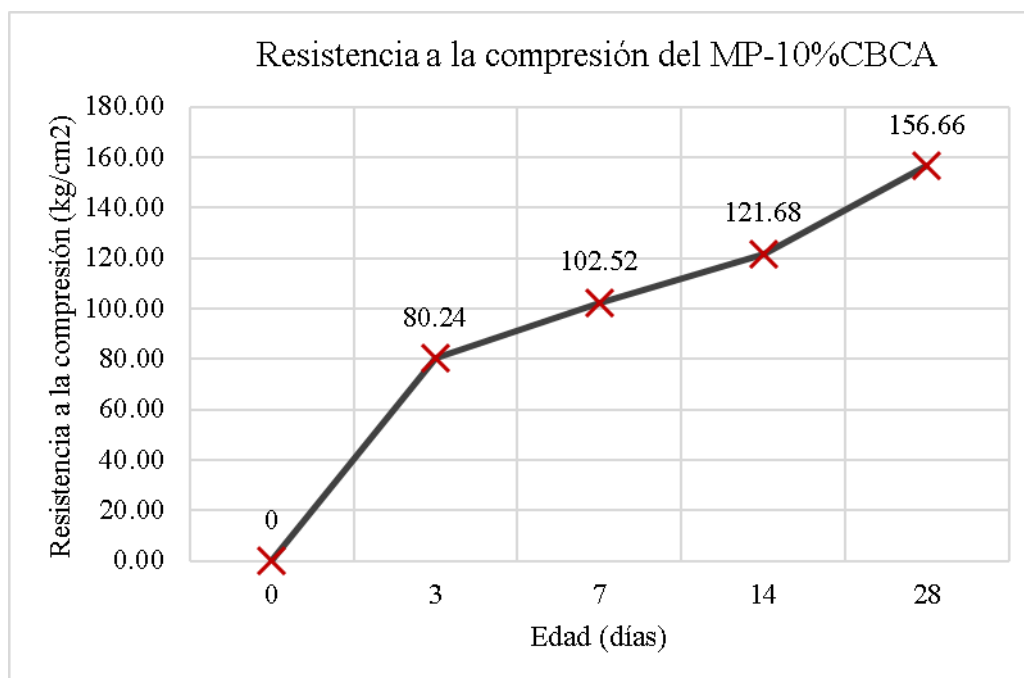
Muestra: Mortero Patrón – 10%CBCA

Tabla 57 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 10%CBCA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
MP - 10%CBCA	23/04/2022	26/04/2022	3	25.76	2205	85.61	
	23/04/2022	26/04/2022	3	24.75	1687	68.18	80.24
	23/04/2022	26/04/2022	3	25.34	2203	86.92	
	23/04/2022	30/04/2022	7	25.50	2682	105.17	
	23/04/2022	30/04/2022	7	25.00	2745	109.81	102.52
	23/04/2022	30/04/2022	7	25.50	2361	92.59	
	23/04/2022	7/05/2022	14	24.92	3006	120.61	
	23/04/2022	7/05/2022	14	26.83	3355	125.04	121.68
	23/04/2022	7/05/2022	14	25.43	3036	119.40	
	23/04/2022	21/05/2022	28	27.78	4463	160.68	
	23/04/2022	21/05/2022	28	25.25	3923	155.37	156.66
	23/04/2022	21/05/2022	28	25.49	3924	153.92	

Fuente: Propia

Gráfico 18 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 10%CBCA



Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero Patrón con 10% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 156.66 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

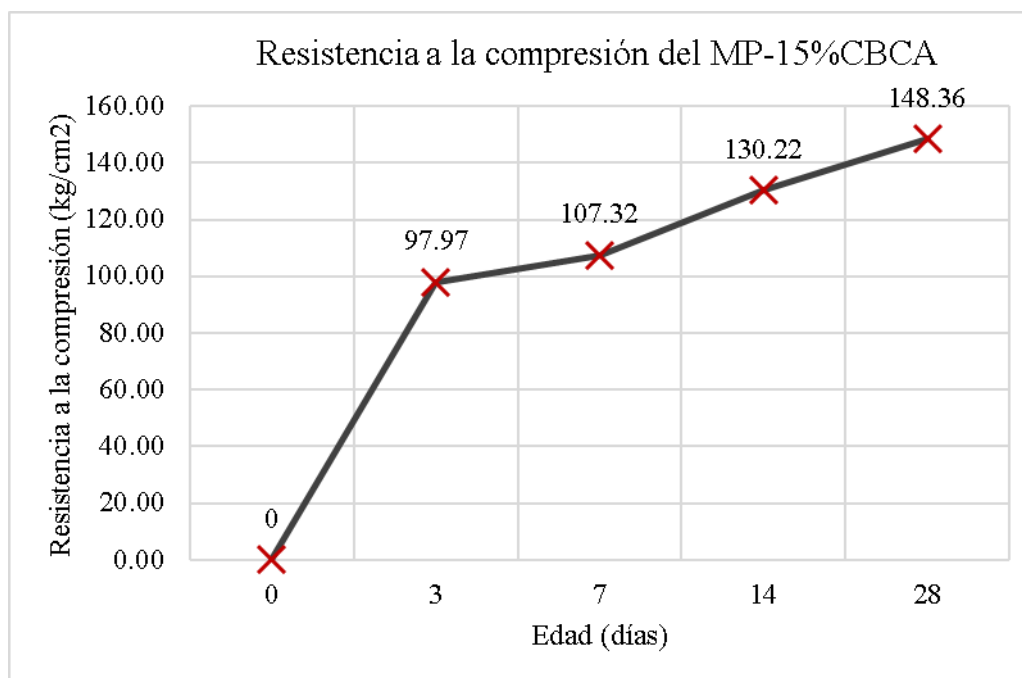
#### Muestra: Mortero Patrón – 15%CBCA

Tabla 58 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 15%CBCA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
MP - 15%CBCA	24/04/2022	27/04/2022	3	26.37	2604	98.76	
	24/04/2022	27/04/2022	3	24.75	2346	94.79	97.97
	24/04/2022	27/04/2022	3	25.00	2509	100.37	
	24/04/2022	30/04/2022	7	27.04	3158	116.80	
	24/04/2022	30/04/2022	7	26.52	2628	99.10	107.32
	24/04/2022	30/04/2022	7	27.29	2894	106.07	
	24/04/2022	7/05/2022	14	26.27	3501	133.30	
	24/04/2022	7/05/2022	14	24.75	2712	109.58	130.22
	24/04/2022	7/05/2022	14	25.70	3799	147.80	
	24/04/2022	21/05/2022	28	25.86	4040	156.25	
	24/04/2022	21/05/2022	28	28.05	3511	125.17	148.36
	24/04/2022	21/05/2022	28	25.76	4215	163.66	

Fuente: Propia

Gráfico 19 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 15%CBCA



Fuente: Propia

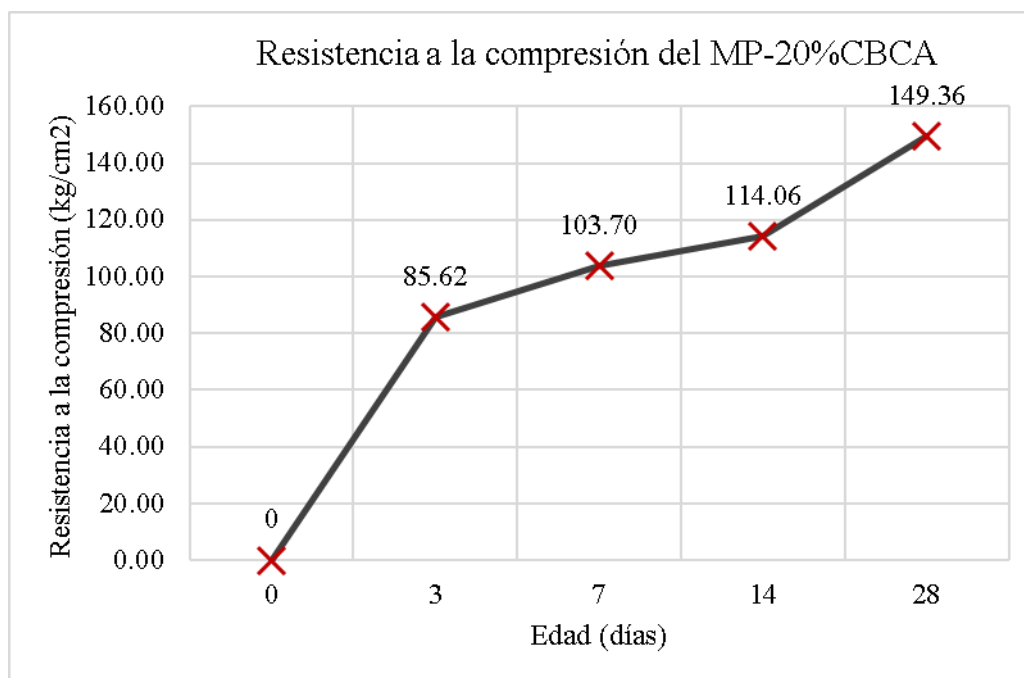
El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero Patrón con 15% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 148.36 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

#### Muestra: Mortero Patrón – 20%CBCA

Tabla 59 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 20%CBCA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
MP - 20%CBCA	24/04/2022	27/04/2022	3	25.15	2317	92.13	85.62
	24/04/2022	27/04/2022	3	25.25	2136	84.59	
	24/04/2022	27/04/2022	3	25.49	2043	80.14	
	24/04/2022	30/04/2022	7	26.37	3091	117.23	103.70
	24/04/2022	30/04/2022	7	24.75	2232	90.18	
	24/04/2022	30/04/2022	7	25.00	2592	103.69	
	24/04/2022	7/05/2022	14	25.50	2933	115.01	114.06
	24/04/2022	7/05/2022	14	25.00	2873	114.93	
	24/04/2022	7/05/2022	14	25.50	2862	112.24	
	24/04/2022	21/05/2022	28	27.64	4021	145.49	149.36
	24/04/2022	21/05/2022	28	26.83	4162	155.12	
	24/04/2022	21/05/2022	28	26.00	3834	147.46	

Gráfico 20 Resistencia a la compresión del Mortero Patrón – 20%CBCA



Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero Patrón con 20% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 149.36 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

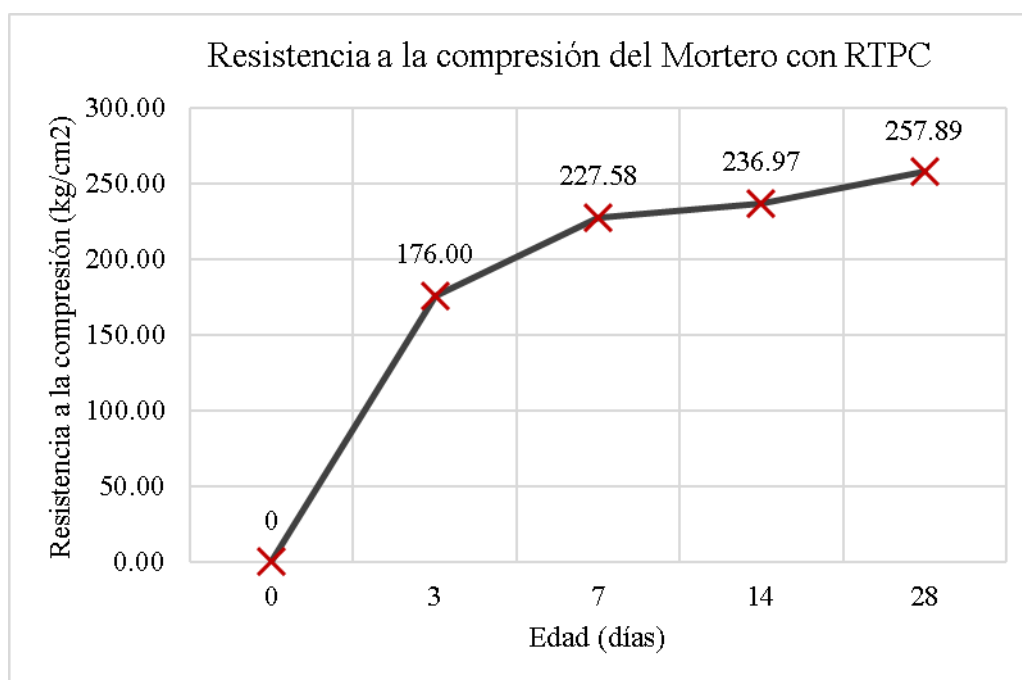
Muestra: Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada

Tabla 60 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
	22/04/2022	25/04/2022	3	25.50	4385	171.94	
	22/04/2022	25/04/2022	3	25.00	5113	204.54	176.00
	22/04/2022	25/04/2022	3	25.50	3864	151.53	
	22/04/2022	29/04/2022	7	24.92	5492	220.35	
Mortero con	22/04/2022	29/04/2022	7	26.83	5883	219.26	227.58
Residuo	22/04/2022	29/04/2022	7	25.43	6182	243.12	
Triturado de	22/04/2022	6/05/2022	14	26.27	5566	211.92	
Piedra Chancada	22/04/2022	6/05/2022	14	24.75	6589	266.22	236.97
	22/04/2022	6/05/2022	14	25.70	5983	232.77	
	22/04/2022	20/05/2022	28	27.64	7538	272.75	
	22/04/2022	20/05/2022	28	26.83	6543	243.86	257.89
	22/04/2022	20/05/2022	28	26.00	6684	257.08	

Fuente: Propia

Gráfico 21 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada



Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 257.89 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

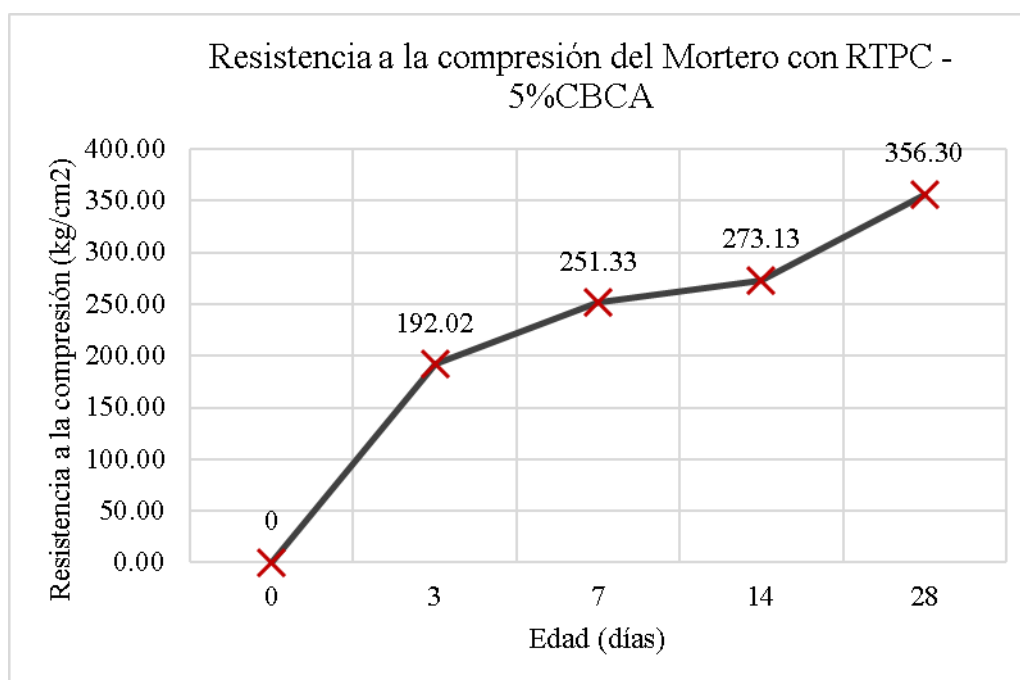
Muestra: Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 5%CBCA

Tabla 61 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 5%CBCA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
Mortero con RTPC - 5%CBCA	26/04/2022	29/04/2022	3	25.96	5271	203.07	
	26/04/2022	29/04/2022	3	25.81	4816	186.62	192.02
	26/04/2022	29/04/2022	3	28.05	5228	186.38	
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.86	7535	291.42	
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.09	5536	220.63	251.33
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.76	6231	241.93	
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.50	6934	271.89	
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.00	7128	285.15	273.13
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.50	6690	262.35	
	26/04/2022	24/05/2022	28	26.27	9977	379.86	
	26/04/2022	24/05/2022	28	24.75	9033	364.97	356.30
	26/04/2022	24/05/2022	28	25.70	8330	324.07	

Fuente: Propia

Gráfico 22 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 5%CBCA



Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5%CBCA para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 356.30 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

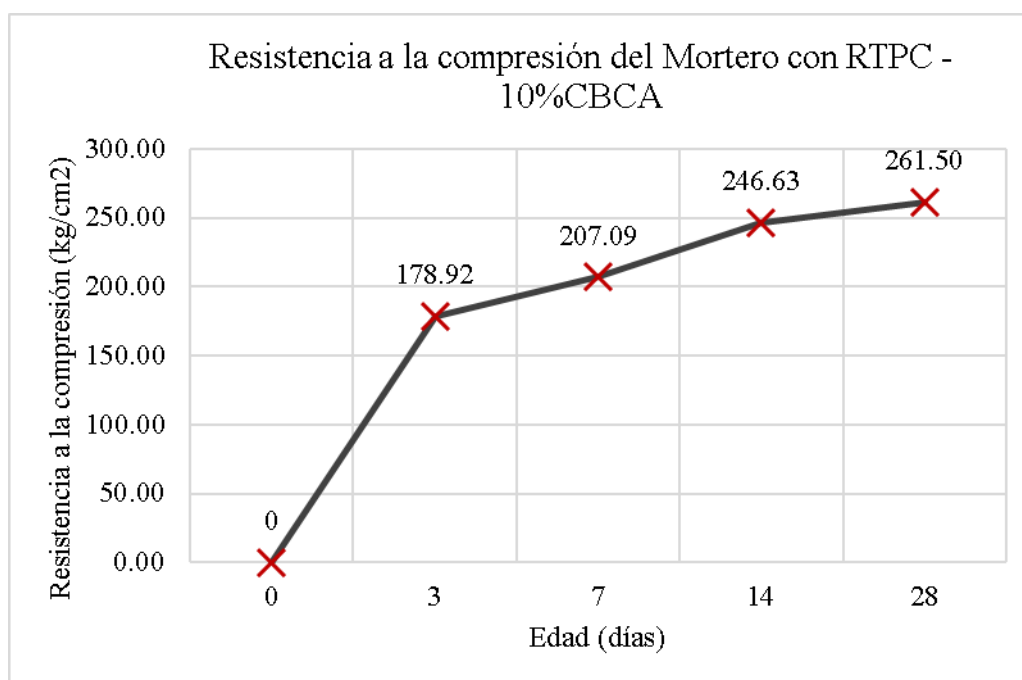
Muestra: Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 10%CBCA

Tabla 62 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 10%CBCA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
Mortero con RTPC - 10%CBCA	26/04/2022	29/04/2022	3	25.96	4592	176.91	
	26/04/2022	29/04/2022	3	25.81	5141	199.22	178.92
	26/04/2022	29/04/2022	3	28.05	4506	160.64	
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.50	5692	223.19	
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.00	5259	210.38	207.09
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.50	4786	187.69	
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.15	6256	248.76	
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.25	6800	269.31	246.63
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.49	5655	221.81	
	26/04/2022	24/05/2022	28	25.86	7601	293.97	
	26/04/2022	24/05/2022	28	28.05	6664	237.58	261.50
	26/04/2022	24/05/2022	28	25.76	6515	252.96	

Fuente: Propia

Gráfico 23 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada –10%CBCA



Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 10%CBCA para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 261.50 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

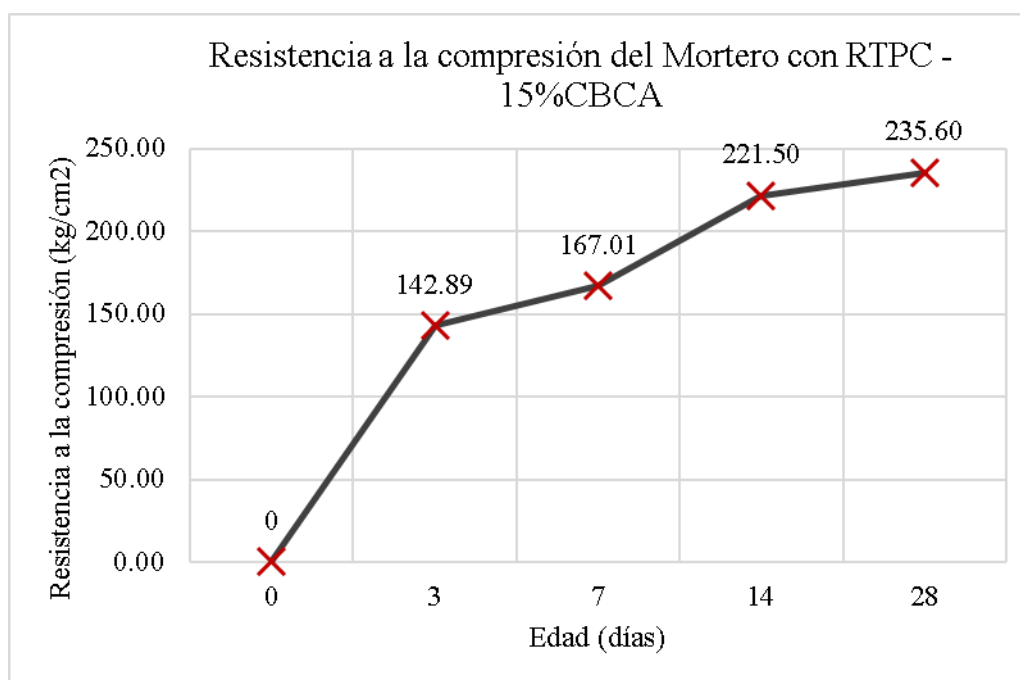
Muestra: Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 15%CBCA

Tabla 63 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 15%CBCA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
Mortero con RTPC - 15%CBCA	26/04/2022	29/04/2022	3	25.15	3591	142.79	
	26/04/2022	29/04/2022	3	25.25	3693	146.26	142.89
	26/04/2022	29/04/2022	3	25.49	3560	139.64	
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.96	3774	145.39	
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.81	5037	195.19	167.01
	26/04/2022	3/05/2022	7	28.05	4501	160.46	
	26/04/2022	10/05/2022	14	24.92	4741	190.22	
	26/04/2022	10/05/2022	14	26.83	6745	251.39	221.50
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.43	5668	222.90	
	26/04/2022	24/05/2022	28	26.27	6389	243.25	
	26/04/2022	24/05/2022	28	24.75	5768	233.05	235.60
	26/04/2022	24/05/2022	28	25.70	5925	230.51	

Fuente: Propia

Gráfico 24 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada –15%CBCA



Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 15%CBCA para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 235.60 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

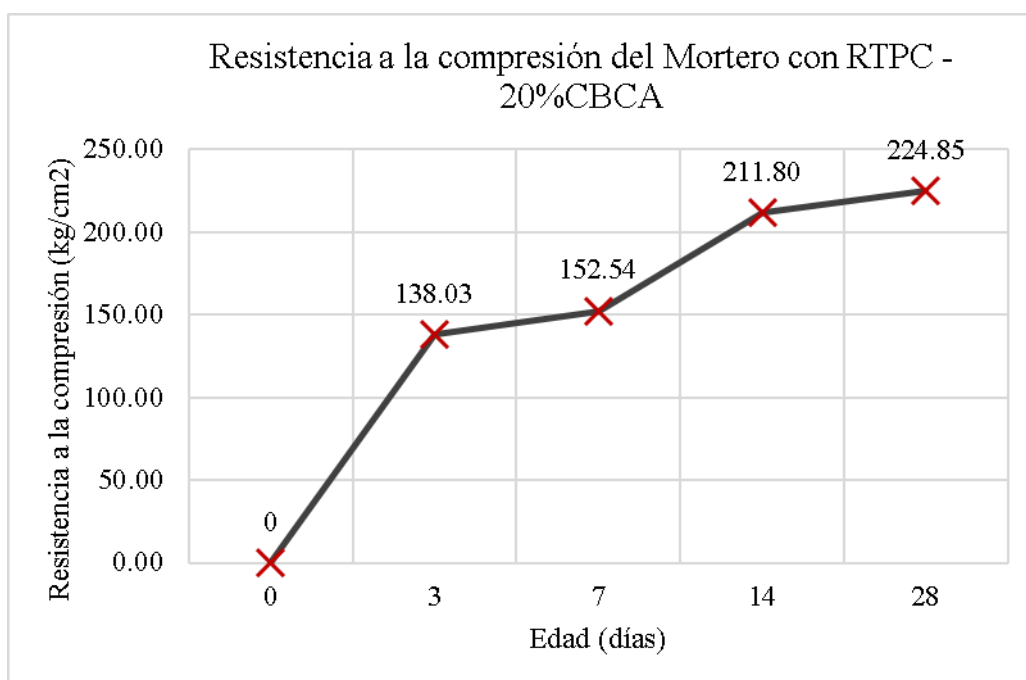
Muestra: Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 20%CBCA

Tabla 64 Registro de los ensayos de la resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada – 20%CBCA

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c prom (kg/cm <sup>2</sup> )
Mortero con RTPC - 20%CBCA	26/04/2022	29/04/2022	3	25.15	3828	152.21	138.03
	26/04/2022	29/04/2022	3	25.25	3318	131.41	
	26/04/2022	29/04/2022	3	25.49	3326	130.46	
	26/04/2022	3/05/2022	7	26.37	4897	185.72	152.54
	26/04/2022	3/05/2022	7	24.75	4895	197.77	
	26/04/2022	3/05/2022	7	25.00	1853	74.13	211.80
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.76	5434	210.99	
	26/04/2022	10/05/2022	14	24.75	4839	195.55	
	26/04/2022	10/05/2022	14	25.34	5800	228.85	224.85
	26/04/2022	24/05/2022	28	25.50	6128	240.29	
	26/04/2022	24/05/2022	28	25.00	5613	224.54	
	26/04/2022	24/05/2022	28	25.50	5348	209.73	

Fuente: Propia

Gráfico 25 Resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada -20%CBCA

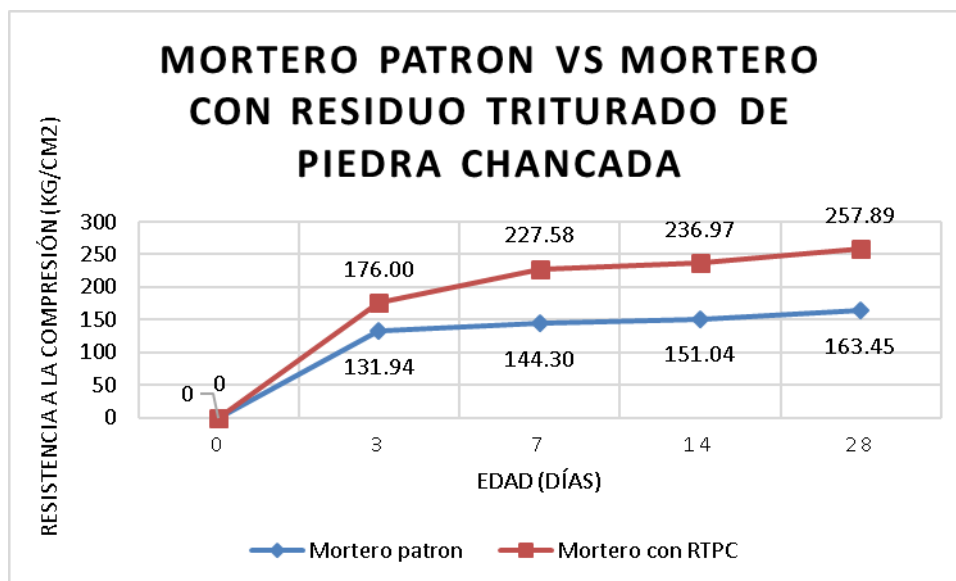


Fuente: Propia

El ensayo de resistencia a la compresión del Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 20%CBCA para las muestras de especímenes cúbicos de 5x5cm, muestran un incremento progresivo y directamente proporcional a las edades, alcanzando un valor promedio de 224.85 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días.

Muestra: Mortero patrón vs mortero con residuo triturado de piedra chancada

Gráfico 26 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros

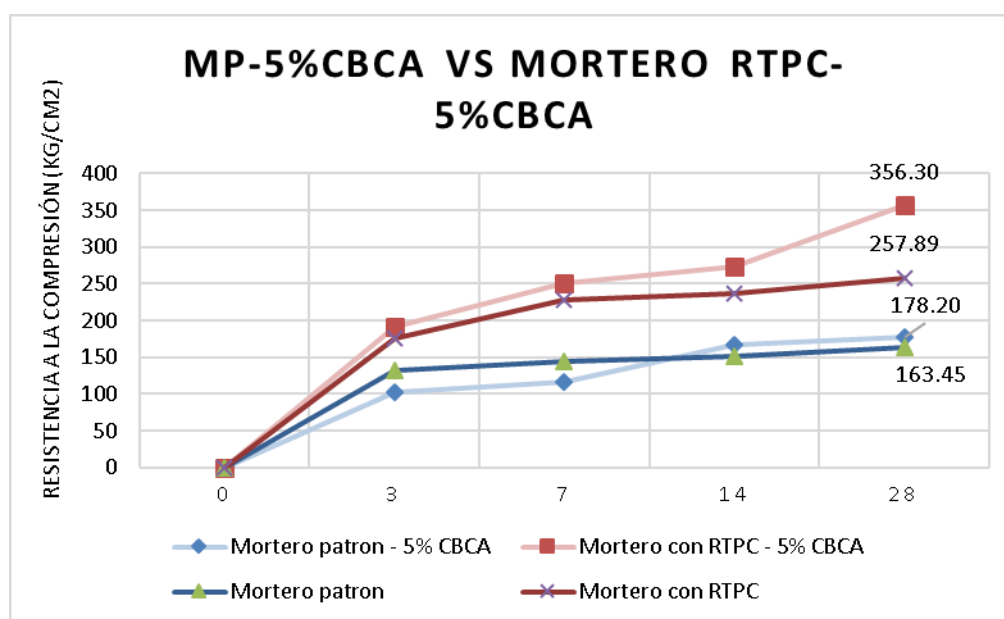


Fuente: propia

Del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm, se interpreta que al reemplazar el Residuo Triturado de Piedra Chancada por la arena amarilla influye significativamente en la resistencia a compresión de mortero de albañilería, arrojando un valor de 257.89 kg/cm<sup>2</sup> para el Mortero con Residuo Triturado grueso; mientras que para el Mortero Patrón un valor de 163.45 kg/cm<sup>2</sup>.

Muestra: Mortero Patrón - 5%CBCA vs Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada - 5%CBCA

*Gráfico 27 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros con sustitución del 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar*

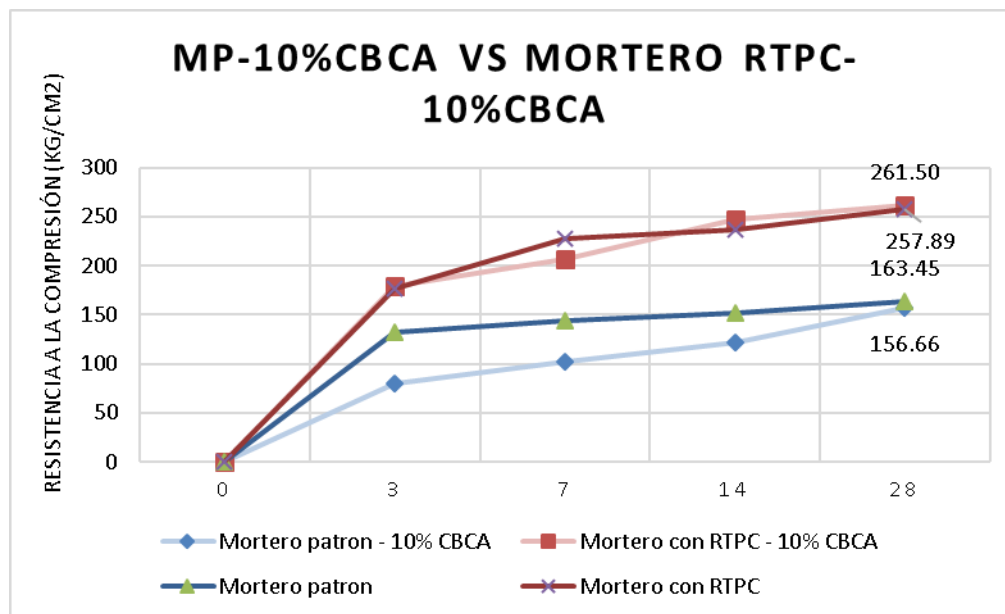


Fuente: propia

Del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm, se interpreta que al reemplazar a ambos morteros el porcentaje de 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en el peso del cemento genera un aumento de resistencia en comparación con ambos morteros. Para el Mortero Patrón con sustitución del 5% CBCA arrojó un valor de 178.20 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que para el Mortero con Residuo Triturado grueso con 5% CBCA un valor de 356.30 kg/cm<sup>2</sup>.

Muestra: Mortero Patrón - 10%CBCA vs Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada - 10%CBCA

Gráfico 28 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros con sustitución del 10% Ceniza de bagazo de caña de azúcar

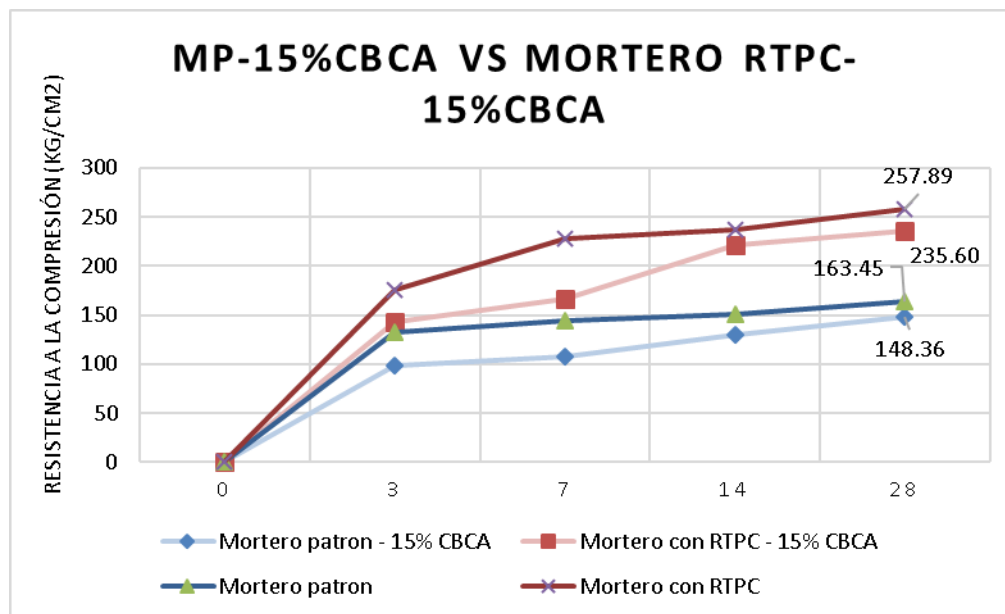


Fuente: propia

Del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm, se interpreta que al reemplazar a ambos morteros el porcentaje de 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en el peso del cemento genera una disminución de resistencia en comparación con ambos morteros. Para el Mortero Patrón con sustitución del 10% CBCA arrojé un valor de 156.66 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que para el Mortero con Residuo Triturado grueso - 10% CBCA un valor de 261.50 kg/cm<sup>2</sup>.

Muestra: Mortero Patrón - 15%CBCA vs Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada - 15%CBCA

Gráfico 29 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros con sustitución del 15% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

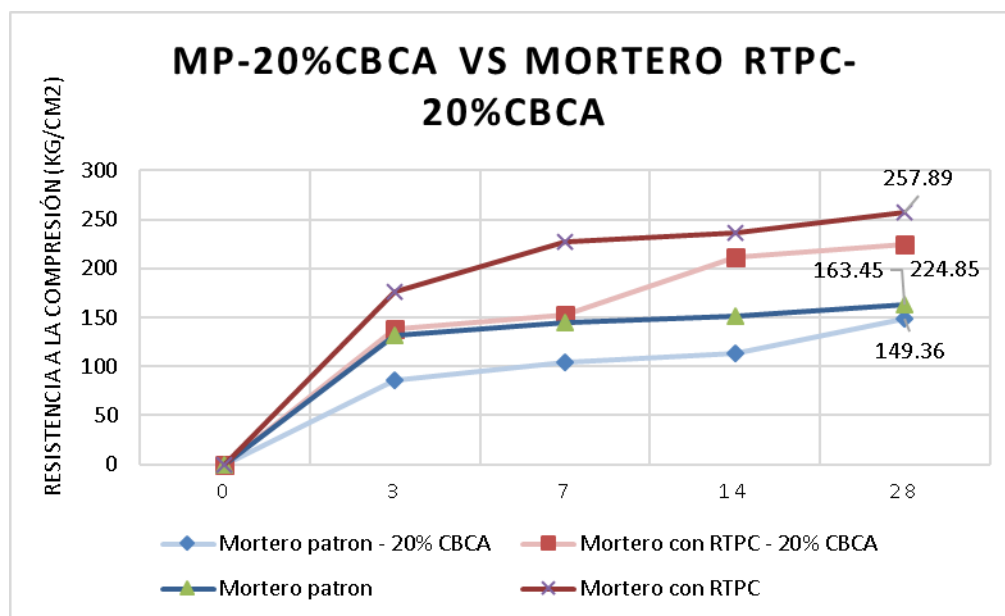


Fuente: propia

Del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm, se interpreta que al reemplazar a ambos morteros el porcentaje de 15% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en el peso del cemento genera una disminución de resistencia en comparación con ambos morteros. Para el Mortero Patrón con sustitución del 15% CBCA arrojé un valor de 148.36 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que para el Mortero con Residuo Triturado grueso - 15% CBCA un valor de 235.60 kg/cm<sup>2</sup>.

Muestra: Mortero Patrón - 20%CBCA vs Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada - 20%CBCA

Gráfico 30 Resultado de la resistencia a la compresión de ambos morteros con sustitución del 20% Ceniza de bagazo de caña de azúcar



Fuente: propia

Del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm, se interpreta que al reemplazar a ambos morteros el porcentaje de 20% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en el peso del cemento genera una disminución de resistencia en comparación con ambos morteros. Para el Mortero Patrón con sustitución del 20% CBCA arrojó un valor de 149.36 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que para el Mortero con Residuo Triturado grueso - 20% CBCA un valor de 224.85 kg/cm<sup>2</sup>.

Muestra: Mortero patrón con %CBCA

Tabla 65 Resultado del ensayo de resistencia a compresión del mortero patrón con %CBCA

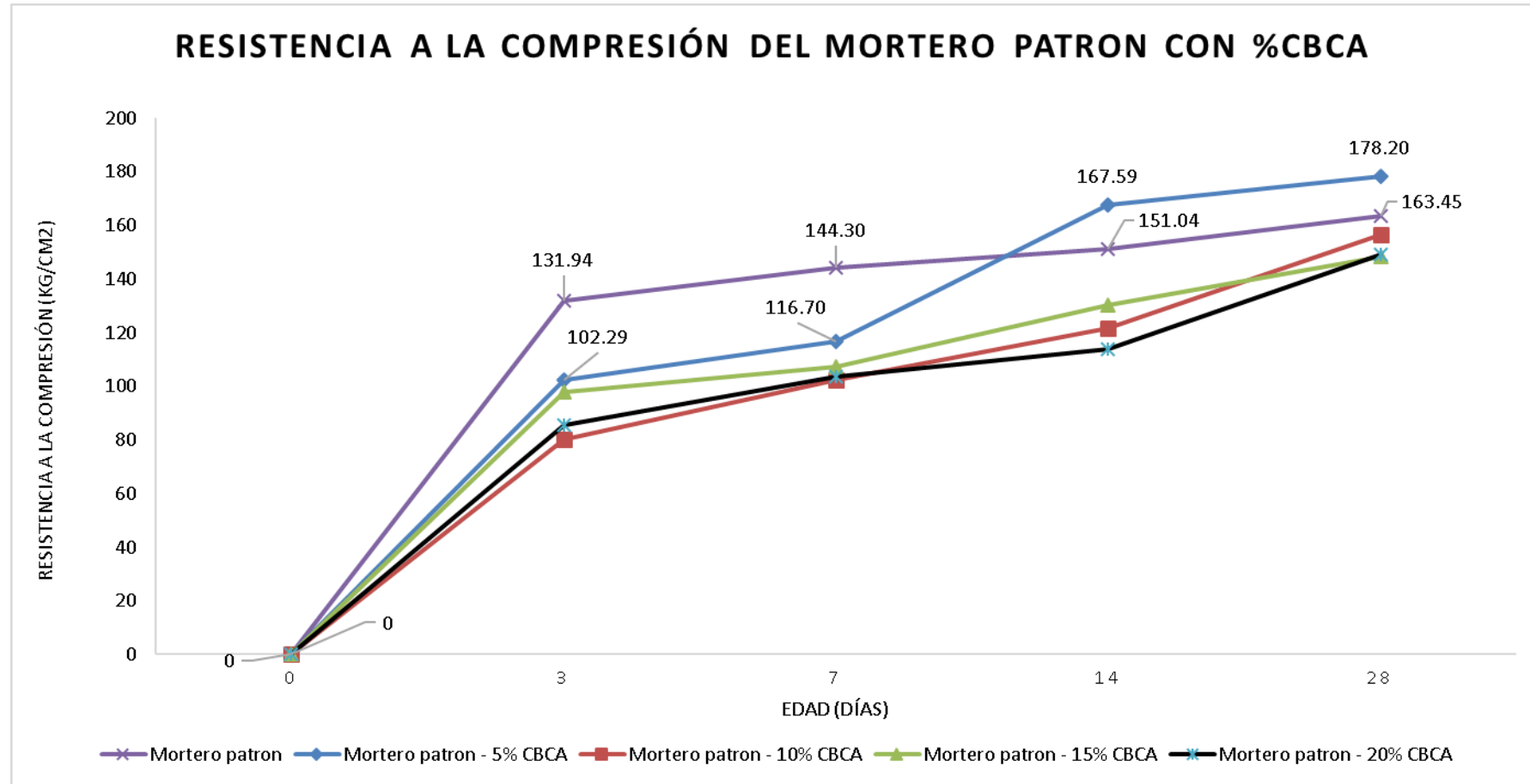
IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )			
	3 (días)	7 (días)	14 (días)	28 (días)
Mortero patrón	131.94	144.30	151.04	163.45
Mortero patrón - 5% CBCA	102.29	116.70	167.59	178.20
Mortero patrón - 10% CBCA	80.24	102.52	121.68	156.66
Mortero patrón - 15% CBCA	97.97	107.32	130.22	148.36
Mortero patrón - 20% CBCA	85.62	103.70	114.06	149.36

Fuente: propia

Del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm, se interpreta

que el porcentaje óptimo para la utilización de mortero de albañilería es del 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) obteniendo una resistencia a los 28 días de 178.20 kg/cm<sup>2</sup>. Al incrementar los porcentajes de CBCA la resistencia va disminuyendo.

Gráfico 31 Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del mortero patrón convencional con %CBCA



Muestra: Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y %CBCA

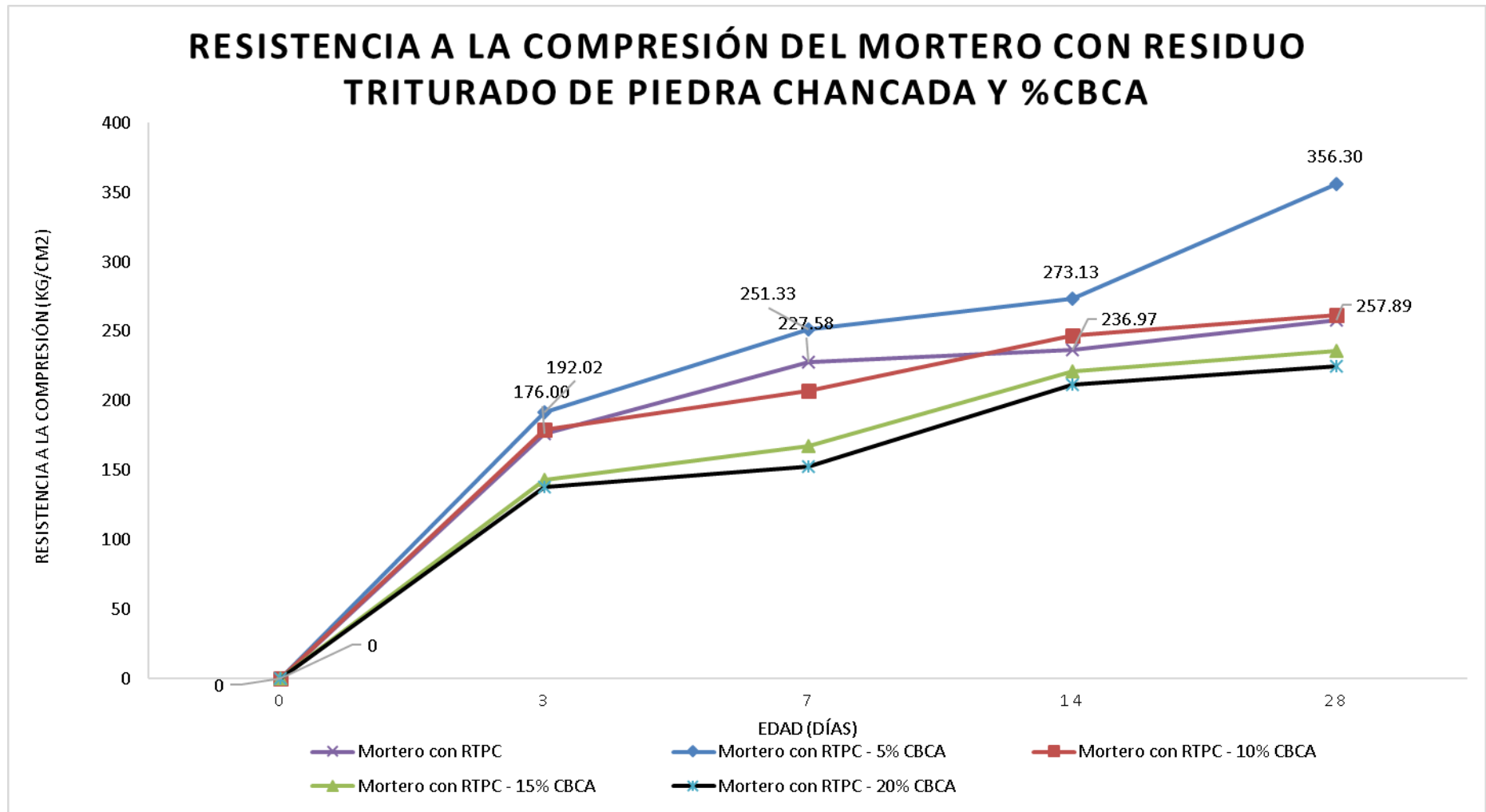
*Tabla 66 Resultados del ensayo a compresión del mortero patrón con residuo triturado grueso de piedra chancada y % CBCA*

IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )			
	3 (días)	7 (días)	14 (días)	28 (días)
Mortero con RTPC	176.00	227.58	236.97	257.89
Mortero con RTPC - 5% CBCA	192.02	251.33	273.13	356.30
Mortero con RTPC - 10% CBCA	178.92	207.09	246.63	261.50
Mortero con RTPC - 15% CBCA	142.89	167.01	221.50	235.60
Mortero con RTPC - 20% CBCA	138.03	152.54	211.80	224.85

Fuente: propia

Del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm, se interpreta que al reemplazar la arena amarilla por el Residuo Triturado Grueso (RTG) de la Piedra Chancada la resistencia aumenta significativamente. El porcentaje óptimo para la utilización de mortero de albañilería es del 5% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) obteniendo una resistencia a los 28 días de 356.30 kg/cm<sup>2</sup>. Al incrementar los porcentajes de CBCA la resistencia va disminuyendo en comparación al Mortero con RTPC.

Gráfico 32 Resultado del ensayo a compresión del mortero patrón con residuo triturado grueso y %CBCA



## Resultados de las propiedades mecánicas de la albañilería simple

### Resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en pilas de albañilería

Se determinó la resistencia a la compresión axial en pilas de 3 hiladas, elaborados con las unidades de albañilerías de tipo King Kong 18 huecos de la marca “Master”, al realizarse los ensayos pertinentes este fue clasificado como Ladrillo III por la resistencia a la compresión que alcanzo de 102.65 kg/cm<sup>2</sup>. Las juntas horizontales de mortero fueron de 1.5cm y se elaboraron 9 pilas en total para ser ensayados a la edad de 28 días.

Tabla 67 Lista de prismas elaborados de 3 hiladas

N° PILAS	IDENTIFICACIÓN
Pila 1	Mortero Patrón
Pila 2	
Pila 3	
Pila 4	Mortero Patron con 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
Pila 5	
Pila 6	
Pila 7	Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
Pila 8	
Pila 9	

Fuente: propia

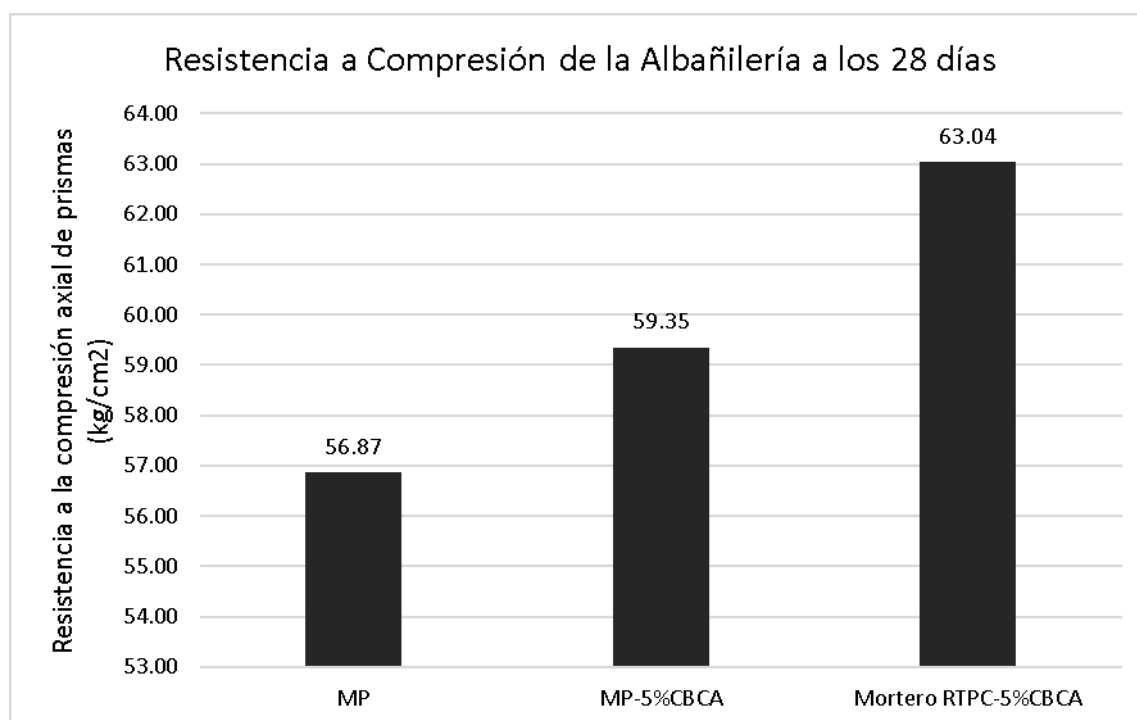
Como se puede apreciar en la tabla 65, se elaboraron 9 pilas para ser ensayados a la edad de 28 días. Se utilizó el porcentaje del 5% de CBCA para elaborar el mortero de albañilería, debido a que se logró obtener mayor resistencia a la compresión en comparación a los otros porcentajes. Además, dicho porcentaje logro la fluidez necesaria para ser empleado en morteros de albañilería.

Tabla 68 Registro del ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	f'm prom (kg/cm <sup>2</sup> )
Mortero Patrón	3/05/2020	30/05/2022	28	295.20	18996	2.39	0.7846	50.49	56.87
	3/05/2020	30/05/2022	28	300.00	24358	2.32	0.7748	62.91	
	3/05/2020	30/05/2022	28	300.08	21684	2.44	0.7916	57.20	
Mortero Patron con 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	3/05/2020	30/05/2022	28	297.60	21676	2.42	0.7888	57.45	59.35
	3/05/2020	30/05/2022	28	303.80	22895	2.40	0.786	59.23	
	3/05/2020	30/05/2022	28	297.66	23324	2.38	0.7832	61.37	
Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	4/05/2020	30/05/2022	28	297.60	25767	2.39	0.7846	67.93	63.04
	5/05/2020	30/05/2022	28	301.25	23262	2.39	0.7846	60.59	
	6/05/2020	30/05/2022	28	297.60	22826	2.43	0.7902	60.61	

Fuente: propia

Gráfico 33 Resultado del ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería



Fuente: propia

Del gráfico 32, podemos interpretar que al elaborar el Mortero Patrón con una sustitución del 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en función del peso del cemento nos da una resistencia a la compresión de la pila de albañilería de 59,35 kg/cm<sup>2</sup>, superando al Mortero Patrón con una resistencia de 56.87 kg/cm<sup>2</sup>. Además, sustituyendo la arena amarilla por el Residuo Triturado de Piedra Chancada la resistencia se ve incrementada en 6.17 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al Mortero Patrón.

Según la norma E070, indica que la resistencia a la compresión axial de la pila de albañilería ( $f_m$ ) deberá alcanzar una resistencia de 65 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, en esta investigación se ha obtenido valores cercanos a la resistencia estipulada, esto se debe a que el ladrillo utilizado en esta investigación fue de clase III con una resistencia a la compresión de 102.65 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que en la norma E070 utilizan un ladrillo con una resistencia a la compresión de 145 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **Resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de albañilería**

Se determinó la resistencia a la compresión diagonal en muretes elaborados con las unidades de albañilerías de tipo King Kong 18 huecos de la marca “Master”, al realizarse los ensayos pertinentes este fue clasificado como Ladrillo III por la resistencia a la compresión que alcanzo de 102.65 kg/cm<sup>2</sup>. Las juntas horizontales y verticales de mortero fueron de 1.5cm y se elaboraron 9 muretes en total para ser ensayados a la edad de 28 días.

*Tabla 69 Lista de muretes elaborados*

<b>Nº MURETES</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>
Murete 1	
Murete 2	Mortero Patrón
Murete 3	
Murete 4	Mortero Patron con 5%Ceniza de
Murete 5	Bagazo de Caña de Azúcar
Murete 6	
Murete 7	Mortero con Residuo Triturado de
Murete 8	Piedra Chancada y 5%Ceniza de
Murete 9	Bagazo de Caña de Azúcar

Fuente: propia

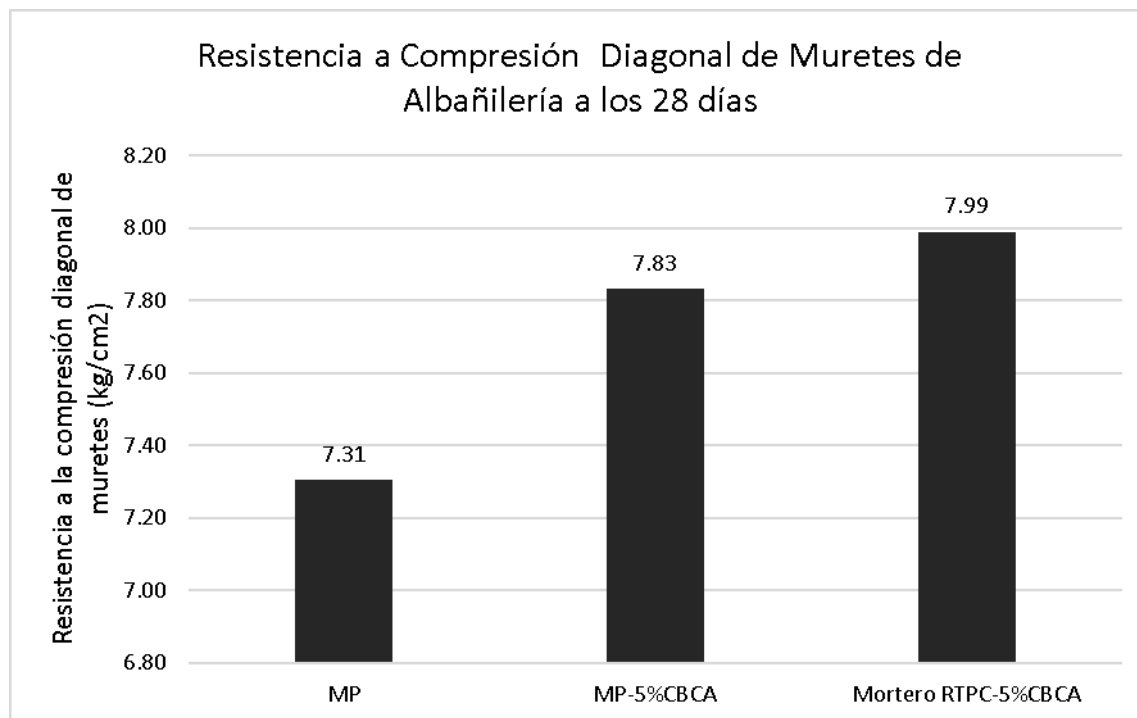
Como se puede apreciar en la tabla 67, se elaboraron 9 muretes con las dimensiones mínimas de 60x60cm para ser ensayados a la edad de 28 días. Se utilizó el porcentaje del 5% de CBCA para elaborar el mortero de albañilería, debido a que se logró obtener mayor resistencia a la compresión en comparación a los otros porcentajes. Además, dicho porcentaje logro la fluidez necesaria para ser empleado en morteros de albañilería.

*Tabla 70 Registro del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería*

<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>FECHA DE OBTENCIÓN</b>	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	<b>DÍAS</b>	<b>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>CARGA (kg)</b>	<b>v'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>v'm prom (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Mortero Patrón	29/04/2022	26/05/2022	28	750.2	8934	8.42	
	29/04/2022	26/05/2022	28	736.27	7232	6.94	7.31
	29/04/2022	26/05/2022	28	736.88	6831	6.55	
Mortero Patron con 5%Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	29/04/2022	26/05/2022	28	743.535	6986	6.64	
	29/04/2022	26/05/2022	28	738.1	8827	8.46	7.83
	29/04/2022	26/05/2022	28	736.27	8749	8.40	
Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5%Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	29/04/2022	26/05/2022	28	738.71	8265	7.91	
	29/04/2022	26/05/2022	28	737.49	7484	7.17	7.99
	29/04/2022	26/05/2022	28	736.27	9249	8.88	

Fuente: propia

Gráfico 34 Resultado del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería



Fuente: propia

Del gráfico 33, podemos interpretar que al elaborar el Mortero Patrón con una sustitución del 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en función del peso del cemento nos da una resistencia a la compresión diagonal de la pila de albañilería de 7.83 kg/cm<sup>2</sup>, superando al Mortero Patrón con una resistencia de 7.31 kg/cm<sup>2</sup>. Además, sustituyendo la arena amarilla por el Residuo Triturado de Piedra Chancada la resistencia se ve incrementada en 0.68 kg/cm<sup>2</sup> con respecto al Mortero Patrón.

Según la norma E070, indica que la resistencia a la compresión diagonal del murete de albañilería (v'm) deberá alcanzar una resistencia de 8.1 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, en esta investigación se ha obtenido valores cercanos a la resistencia estipulada, esto se debe a que el ladrillo utilizado en esta investigación fue de clase III con una resistencia a la compresión de 102.65 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que en la norma E070 utilizan un ladrillo con una resistencia a la compresión de 145 kg/cm<sup>2</sup>.

### Análisis económico

Se realizará un análisis mediante costos unitarios para determinar la diferencia de costos entre un mortero convencional y el mortero propuesto en esta investigación; con la finalidad de comprobar si sería rentable para el contratista emplear el mortero utilizando el 5% CBCA y el reemplazo total de la arena amarilla por el RTPC. Se eligió dicho porcentaje debido a que fue

el que mejor resultado obtuvo al realizarse los ensayos de laboratorio correspondiente

### **Análisis de costo unitario: Pasante por la malla N°200 de CBCA**

*Tabla 71 Costo unitario: pasante por la malla N°200 de CBCA*

Partida	PASANTE POR LA MALLA N°200 DE CBCA		Costo S/.	12.03
<b>Rendimiento</b>	<b>kg/d</b>		<b>12.00</b>	
<b>Recursos</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/. Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Peón	hh	1	0.667	16.78
				11.19
<b>Materiales</b>				
Ceniza	kg		36.000	0.01
				0.28
<b>Equipos</b>				
Herramientas	% M.O.	-	5.000	0.56
				0.56

Fuente: Propia

En la tabla 71 se realizó el ACU de lo que costaría obtener 12kg de CBCA pasado por la malla N°200, el costo fue de s/. 12.03. En este ACU se tuvo en cuenta el costo del flete.

### **Análisis de costo unitario: Muro con mortero convencional**

*Tabla 72 Costo unitario por m2 de un muro de albañilería con mortero convencional*

Partida	MUROS DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M 1:4 E=1.5CM		Costo S/.	63.43
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/d</b>		<b>12.00</b>	
<b>Recursos</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/. Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>				
Operario	hh	1	0.667	23.46
Peón	hh	0.5	0.333	16.78
				5.59
				21.23
<b>Materiales</b>				
Arena gruesa	m3		0.025	43.22
Agua	m3		0.008	4.00
Cemento Portland tipo I	bls		0.223	24.00
Ladrillo KK 18H 9x13x24 cm	mll		0.039	860.00
				33.73
				40.21
<b>Equipos</b>				
Herramientas	% M.O.	-	3.000	0.64
Andamio metal tablas alquiler	est		0.290	4.65
				1.35
				1.99

El costo por m2 de un muro de albañilería empleando mortero convencional costaría s/. 63.43

### Análisis de costo unitario: Muro con mortero modificado

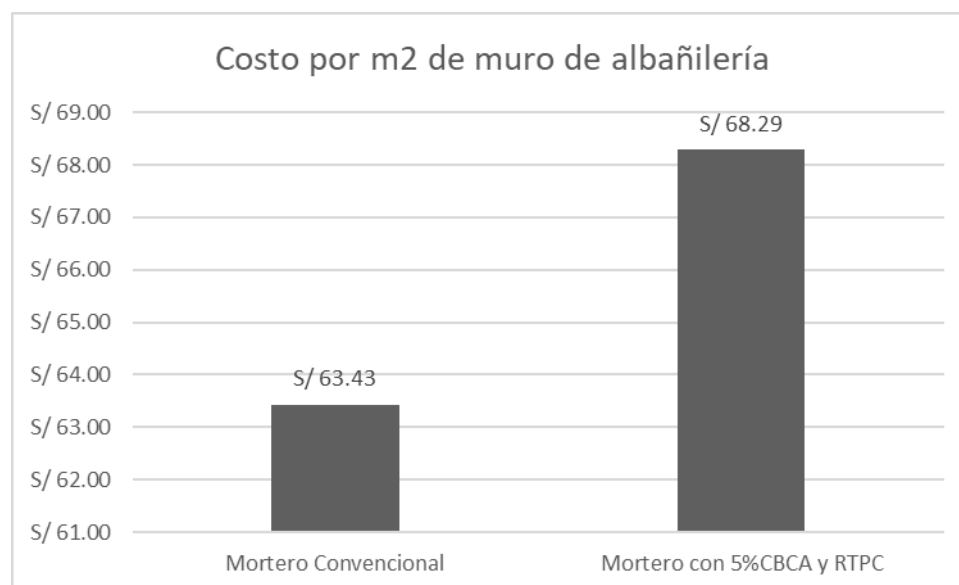
Tabla 73 Costo unitario por m2 de un muro de albañilería con mortero modificado

Partida		MUROS DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M 1:4 E=1.5CM Costo S/.				68.29
<b>Rendimiento</b>	<b>m2/d</b>	<b>12.00</b>				
<b>Recursos</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>						
Operario	hh		1	0.667	23.46	15.64
Peón	hh		0.5	0.333	16.78	5.59
						21.23
<b>Materiales</b>						
Arena gruesa	m3		0.028	45.45		1.25
Agua	m3		0.008	4.00		0.03
Cemento Portland tipo I	bls		0.244	24.00		5.85
%CBCA	kg		0.350	12.03		4.21
Ladrillo KK 18H 9x13x24 cm	mll		0.039	860.00		33.73
						45.07
<b>Equipos</b>						
Herramientas	% M.O.	-		3.000	0.64	0.64
Andamio metal tablas alquiler	est			0.290	4.65	1.35
						1.99

El costo por m2 de un muro de albañilería empleando mortero modificado costaría s/. 68.20

### Resumen del análisis económico

Gráfico 35 Resumen del costo por m2 de muro de albañilería



Fuente: Propia

Del gráfico 35 se puede interpretar que, al elaborar el mortero con 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en el peso del cemento y reemplazando totalmente la arena amarilla por el residuo triturado de la piedra chancada el costo excede en s/. 4.86. Sin embargo, el mortero modificado le aporta mayor resistencia al muro de albañilería.

## Conclusiones

- En función a la evaluación de los resultados obtenidos en los ensayos, se concluye que, la ceniza de bagazo de caña de azúcar de la empresa azucarera “Pucala” presenta una densidad de 2.13 g/ml, el tamaño que se utilizó de ceniza fue todo lo que paso por la malla N° 200. Por otra parte; el residuo triturado grueso de planta chancadora Piedra Azul posee mejores propiedades físicas y mecánicas en comparación con el residuo triturado fino; sin embargo, ambos no cumplen con la granulometría estipulada en la norma E070 para ser considerado como reemplazo total del agregado fino, es por ello que para verificarlo se realizaron los ensayos de pilas y muretes de albañilería.

- En este proyecto de investigación se determinó una dosificación de 1:4 de cemento: arena para ambos morteros realizados, la relación a/c estuvo en función de la fluidez del mortero de albañilería. Para el mortero patrón se tuvo una relación a/c de 0.85; mientras que para el mortero con residuo triturado con piedra chancada un valor de 0.78. Al sustituir los porcentajes de CBCA en el peso del cemento, provoco que el mortero patrón aumente su fluidez; sin embargo, al otro mortero le disminuyo la fluidez. Concluyendo así que, al elaborar mortero con residuo triturado de piedra chancada utiliza menos cantidad de agua, provocando un aumento en su resistencia a la compresión del mortero.

- En este proyecto de investigación se determinó que el peso unitario del mortero con residuo triturado de piedra chancada excede al mortero patrón en 254.22 kg/m<sup>3</sup> y al sustituirle los porcentajes de CBCA en función al peso del cemento genera un aumento ascendente. Por otro parte el tiempo de fraguado inicial del mortero con residuo triturado de piedra chancada y 5% CBCA se da a los 155 min y para el fraguado final a los 270 min.

- Del análisis realizado, se concluye que, al sustituir el residuo triturado de piedra chancada por la arena amarilla genera mayores valores de resistencia a la compresión del mortero, incluso se superó a la resistencia establecida por el ASTM C270, mencionando que para el mortero Tipo “S” la resistencia a la compresión que debería alcanzar es de 126 kg/cm<sup>2</sup>. Para el mortero patrón se obtuvo una resistencia a la compresión de 163.45 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días; mientras que para el mortero con residuo triturado de piedra chancada un valor de 257.89 kg/cm<sup>2</sup>. Al aplicar las dosificaciones de CBCA en 5%, 10%, 15% y 20% del peso del cemento; el mortero patrón alcanzo una resistencia de 178.20 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días con el porcentaje del 5%, al utilizar los otros porcentajes la resistencia fue disminuyendo; mientras que, el mortero con residuo triturado de piedra chancada alcanzo una resistencia de 351.86 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días con el porcentaje del 5%. Esto quiere decir que el porcentaje óptimo para la utilización de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la elaboración de morteros es del

5%.

- Una vez conocido el porcentaje óptimo del 5% de Ceniza de Bagazo de Caña Azúcar se elaboraron las pilas y muretes de albañilería y se ensayaron a la edad de 28 días. En base a los resultados obtenidos de laboratorio, se determinó que la pila de albañilería elaborado con mortero patrón alcanza una resistencia a la compresión axial de 56.87 kg/cm<sup>2</sup>, y al sustituirle el 5% CBCA en función al peso del cemento incremento su resistencia en un 4.37%; además al utilizar residuo triturado de piedra chancada como reemplazo de arena amarilla, la resistencia aumento en un 10.86% con respecto al mortero patrón. No obstante, según la norma E070 la resistencia a la pila de albañilería  $f'_m$  tiene que tener un valor de 65 kg/cm<sup>2</sup>; Por lo tanto, se concluye que no se llegó a la resistencia a la compresión axial de la pila de albañilería solicitada, esto se debe porque la unidad de albañilería fue de clase III.

- En la resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería, se puede concluir que para la elaboración del mortero con residuo triturado de piedra chancada y 5%CBCA se obtuvo la mayor resistencia con un valor de 7.99 kg/cm<sup>2</sup>, excediendo al murete elaborado con mortero patrón sin %CBCA y con %CBCA con valores de 0.68 kg/cm<sup>2</sup> y 0.16 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. No obstante, según la norma E070 la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería  $v'_m$  tiene que tener un valor de 8.1 kg/cm<sup>2</sup>; Por lo tanto, se concluye que no se llegó a la resistencia solicitada, porque la unidad de albañilería fue de clase III.

- Con los estudios realizados se puede llegar a la conclusión que el residuo triturado grueso como reemplazo del agregado fino y el 5% CBCA en sustitución del peso del cemento aporta significativamente a las propiedades del mortero en estado fresco y endurecido; así como también, a las propiedades mecánicas de la unidad simple de albañilería

### **Recomendaciones**

- Se recomienda tener el agregado fino a emplear totalmente seco, puesto que alteraría la cantidad de agua propuesto para la elaboración de mortero, lo que conllevaría a un aumento de fluidez. Por otra parte, se recomienda limpiar la ceniza, debido a que fue extraído de la intemperie para posteriormente molerlo y utilizar todo lo que pasa del tamiz N°200.
- Se recomienda emplear el residuo triturado de piedra chancada como sustituto total del agregado fino, puesto que se alcanzó mayor resistencia a la compresión en comparación del mortero patrón; además, se tiene que recalcar que para su elaboración se utiliza menos cantidad de agua.
- Se recomienda que, para tener un comportamiento adecuado del mortero de albañilería, emplear una sustitución del 5% de CBCA, dado que con dicho porcentaje se alcanzaron los mejores resultados en los ensayos realizados al mortero en estado fresco y endurecido
- Para lograr obtener mayores valores de resistencia a la compresión axial y diagonal de pilas y muretes de albañilería respectivamente, se recomienda la construcción de estos con el residuo triturado de piedra chancada como sustituto total de la arena amarilla y la utilización del 5% de CBCA en función del peso del cemento, pues presentaron los más altos valores resistentes. Asimismo, se debe verificar mediante los ensayos correspondientes que la unidad de albañilería sea Ladrillo King Kong 18 huecos de clase IV, con la finalidad de que esto no altere los resultados al momento de realizar los ensayos de pilas y muretes.

## Referencias

- [1] Sencico, Norma E.070 Albañilería, Lima: Sencico, 2020.
- [2] H. Tavera, «PERÚ, UN PAÍS ALTAMENTE SÍSMICO,» *GEONOTICIAS-SOCIEDAD GEOLOGICA DEL PERU*, 2019.
- [3] A. S. Bartolome, «COMENTARIOS A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 ALBAÑILERÍA INFORME FINAL (Capítulos 1 a 10),» SENCICO , Lima, 2005.
- [4] INEI, «Censos Nacionales XII y VII de vivienda de 2017,» Lima, 2017.
- [5] F. Reaño-Palacios, «EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL USO DE ARENA DE DUNA COMO AGREGADO FINO PARA EL CONCRETO,» Piura, 2019.
- [6] L. Y. y. S. H. C. Juan Fernando, «EVALUACIÓN DE LA CENIZA PROVENIENTE DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO MATERIAL CEMENTANTE ALTERNATIVO PARA LA ELABORACIÓN DE MORTEROS,» Cali, Colombia, 2015.
- [7] P. C. Macedo, A. M. Pereira, C. F. F. Jorge Luis Akasaki, J. Payá y J. L. P. Melges, «Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar,» *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 29, pp. 187-199, 2014.
- [8] F. A. S. S. M. T. E. C. B. M. P. H. A. A. d. M. N. R. A. Berenguer, «La influencia de las cenizas de bagazo de caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento en la resistencia a la compresión de los morteros,» *Alconpat*, vol. 8, pp. 30-37, 2018.
- [9] J. L. R. Bucio, «CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA: EFECTO PUZOLANICO EN MORTEROS DE CEMENTO,» México, 2014.
- [10] J. R. G. Arévalo y B. J. T. Rivas, «INFLUENCIA DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PROVENIENTE DEL INGENIO MONTE ROSA SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS Y DE DURABILIDAD DE MORTEROS DE CEMENTO TIPO GU,» Managua-Nicaragua, 2013.
- [11] A. L. B. Bello, «EVALUACIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN ÓPTIMO DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA DE UN MORTERO SOSTENIBLE,» Bogotá, Colombia, 2017.
- [12] L. F. C. Peláez y S. I. M. Cabrera, «INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA Y DEL PORCENTAJE DE REEMPLAZO DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR (CBCA) POR CEMENTO PORTLAND TIPO I SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION, ACTIVIDAD PUZOLANICA, Y REACTIVIDAD ALCALI-SILICE EN MORTEROS MODIFICADOS,» Trujillo, 2017.
- [13] A. S. Bartolome, Construcciones de albañilería, Lima: Fondo editorial de Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994.
- [14] H. G. Carlos Casabonne, Albañilería Estructural, Lima: Fondo Editorial, 2005.
- [15] R. E. MORI SANCHEZ, «CAPACIDAD ADHERENTE DEL ÓPTIMO MORTERO PARA LA UNION DE UNIDADES DE LADRILLO SUELO - CEMENTO COMPACTADO - CAJAMARCA 2015,» CAJAMARCA, 2017.
- [16] B. A. Quispe Muñoz, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO TRADICIONAL Y EL MORTERO CON ADITIVO QUE INCREMENTA LA ADHERENCIA,» Lima, 2018.
- [17] U. Hernandez Jaen, «Comportamiento Mecánico y Físico del Mortero a base de CBCA

- como árido en aplanados en muros,» Xalapa, 2011.
- [18] SMIE, «Normas Tecnicas Complementarias Para Diseño y Construcción De Estructuras de Mamposteria,» Mexico, 2020.
- [19] J. Gómez Dominguez, Materiales de Construcción, Mexico, 2017.
- [20] G. A. R. Lopez, Concreto Simple, Colombia: Universidad de Cauca, 2005.
- [21] G. C. BOY, «ELABORACIÓN DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA,» Chiclayo, 2018.
- [22] M. D. D. A. Y. RIEGO, «Observatorio de COMMODITIES: Azúcar,» *BOLETÍN DE PUBLICACIÓN TRIMESTRAL N. 01-2021 0*, n° 01, p. 4, 2021.
- [23] E. Pasquel Carbajal, Topicos de tecnologia del concreto en el Perú, Lima: Colegio de ingenieros del Perú, 1998.
- [24] SENCICO, Norma E060-Concreto armado, Lima: Sencico, 2009.
- [25] E. Rivva López, Naturalez y materiales del concreto, Lima: Capitulo Peruano ACI, 2000.

## Anexos

### Anexo 1 Informe del ensayo de densidad de ceniza de bagazo de caña de azúcar de la empresa azucarera "Pucalá"



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

#### INFORME DE ENSAYO N° 3733

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Peticionario : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 11 de Abril del 2022

ENSAYO : CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Portland  
 REFERENCIA : NTP 334.005

**Muestra** : Ceniza de bagazo de caña de azúcar

**Empresa** : Pucalá

Masa de Ceniza de bagazo de caña	(gr)	50
Vol.inicial kerosene	(ml)	0
Vol.final desplazado kerosene	(ml)	23.4

<b>Densidad Ceniza de bagazo de caña</b>	<b>(g/ml)</b>	<b>2.14</b>
--	---------------	-------------

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 2 Informe del ensayo de contenido de humedad del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3734

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Peticionario : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.185 - 2002

**Muestra** : Agregado Fino - Residuo Triturado Fino  
**Cantera** : Chancadora Piedra Azul

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g.	800.0
Peso muestra seca + peso de tara	g.	796.4
Peso de agua	g.	3.6
Peso de tara	g.	45.6
Peso neto muestra seca	g.	750.8
CONTENIDO DE HUMEDAD		% 0.48

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 3 Informe del ensayo análisis granulométrico del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3734

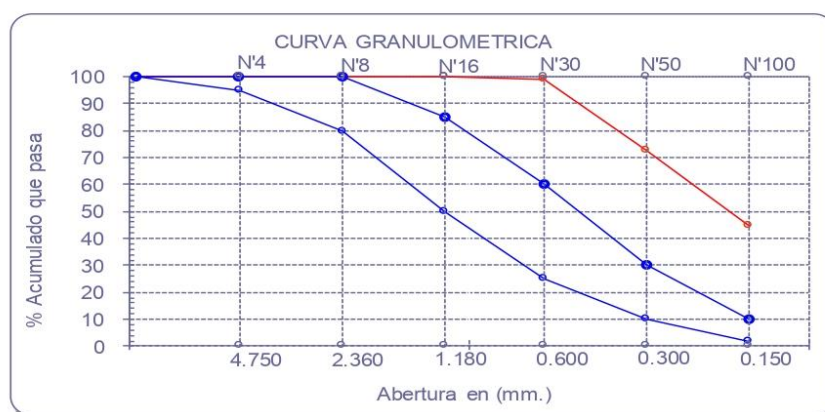
(Pag. 1 de 1)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

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

Muestra : Agregado Fino - Residuo Triturado Fino  
 Cantera : Chancadora Piedra Azul

Malla	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Que Pasa	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100
N° 04	4.750	0.0	0.0	100.0	95
N° 08	2.360	0.0	0.0	100.0	80
N° 16	1.180	0.2	0.2	99.8	50
N° 30	0.600	0.7	0.9	99.1	25
N° 50	0.300	26.3	27.2	72.8	10
N° 100	0.150	28.0	55.2	44.8	2
Fondo		44.8	100.0	0.0	10
Módulo de Fineza			0.835		
Abertura de malla de referencia			9.500		



OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

## Anexo 4 Informe del ensayo peso unitario suelto y compactado del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

### INFORME DE ENSAYO N° 3734

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado  
 NORMA : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Muestra : Agregado Fino - Residuo Triturado Fino  
 Cantera : Chancadora Piedra Azul

#### PESO UNITARIO SUELTO

Molde de ensayo		A	B	PROMEDIO
Peso de molde de ensayo + peso muestra contenida	g	9042.0	9060.0	9051.0
Peso de molde de ensayo	g	6316.0	6316.0	
Peso neto muestra contenida	g	2726.0	2744.0	2735.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.00212307		
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1284	1292	1288
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1278	1286	1282

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Molde de ensayo		A	B	PROMEDIO
Peso de molde de ensayo + peso muestra contenida	g	9566.0	9582.0	9574.0
Peso de molde de ensayo	g	6316.0	6316.0	
Peso neto muestra contenida	g	3250.0	3266.0	3258.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.00212307		
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1531	1538	1535
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1523	1531	1527

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 5 Informe del ensayo peso específico y absorción del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3734

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.  
 REFERENCIA : NTP 400.022

Muestra : Agregado Fino - Residuo Triturado Fino  
 Cantera : Chancadora Piedra Azul

A.- Datos de la arena

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	980.9
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	670.5
4.- Peso del Agua.	g	310.4
5.- Peso del Frasco	g	170.5
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	666.8
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	496.3
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0

B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm <sup>3</sup>	2.618
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm <sup>3</sup>	2.637
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm <sup>3</sup>	2.670
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.75

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

## Anexo 6 Informe del ensayo desgaste por sulfato de magnesio del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

### INFORME DE ENSAYO N° 3734

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C (Pág. 01 de 01)  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad  
Referencia : de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

#### EXAMEN CUANTITATIVO

**Cantera** : Chancadora Piedra Azul  
**Muestra** : Agregado Fino - Residuo Triturado Fino

#### I.- DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8" 9.5 mm	N° 4 4.75 mm	0.9
N° 4 4.75 mm	N° 8 2.36 mm	0.9
N° 8 2.36 mm	N° 16 1.18 mm	0.6
N° 16 1.18 mm	N° 30 600 µm	0.5
N° 30 600 µm	N° 50 300 µm	1.3
N° 50 300 µm	N° 100 150 µm	2.2

#### II.- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	6.4
----------------	-----	-----

#### OBSERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 7 Informe del ensayo terrones de arcilla del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N° 3734**

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C (Pág. 01 de 01)  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCAO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : Terrones de Arcilla y partículas Friables  
REFERENCIA : Norma N.T.P. 400.015 ASTM C-142

**Cantera** : Chancadora Piedra Azul  
**Muestra** : Agregado Fino - Residuo Triturado Fino

Terrones de arcilla y partículas friables	%	0.31
---	---	------

**OBSERVACIONES :**

- Muestra de arena ventada
- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.



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

Anexo 8 Informe del ensayo carbón y lignito del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N° 3735**

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO  
 LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS  
 RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : Determinacion de Carbón Lignito en Agregados  
 REFERENCIA : NORMA MTC E 215 - 1999, ASTM D 123

Tipo de Análisis : Analisis Químico

	Residuo Triturado Fino		
PESO RECIPIENTE	426.5	461	426.5
PESO DE MUESTRA SECA	200	200	200
PESO FILTRO (GASA)	12.36	12.42	13.85
PESO FILTRO + PARTICULAS DECAN TADAS SECO	12.69	13.12	14.68
PESO DE PARTICULAS DECAN TADAS	0.32	0.42	0.38
% DE CARBON Y LIGNITO (D/A)x100	0.16	0.21	0.19
% PROMEDIO	0.19		

Observaciones:

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

*Anexo 9 Informe del ensayo sales y cloruros totales del Residuo Triturado Fino de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N° 3735**

(Pág. 01 de 01)

Expediente : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCAO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea

REFERENCIA : NORMA NTP 339.177 :2002

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea

REFERENCIA : NORMA NTP 339.178 :2003

Tipo de Análisis : Analisis Químico

Residuo Triturado Fino		
Sales Solubles Totales	ppm	210
	%	0.021
Cloruros Cl <sup>-</sup>	ppm	34
	%	0.003
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ppm	21
	%	0.002

Observaciones:

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 10 Informe del ensayo contenido de humedad del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3735

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Peticionario : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 339.185 - 2002

**Muestra** : Agregado Fino - Residuo Triturado Grueso

**Cantera** : Chancadora Piedra Azul

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g.	800.0
Peso muestra seca + peso de tara	g.	795.3
Peso de agua	g.	4.7
Peso de tara	g.	45.6
Peso neto muestra seca	g.	749.7
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.63

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.




  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C

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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisc@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 11 Informe del ensayo análisis granulométrico del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3735

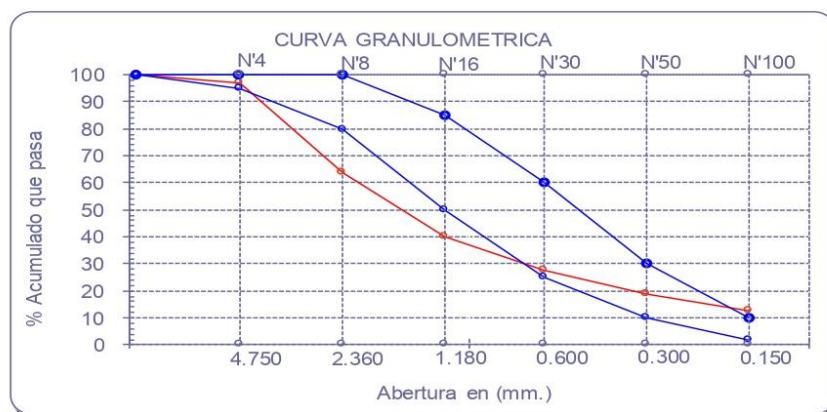
(Pag. 1 de 1)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

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

Muestra : Agregado Fino - Residuo Triturado Grueso  
 Cantera : Chancadora Piedra Azul

Malla		(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	3.1	3.1	96.9	95	100
N° 08	2.360	32.8	35.9	64.1	80	100
N° 16	1.180	23.9	59.8	40.2	50	85
N° 30	0.600	12.5	72.4	27.6	25	60
N° 50	0.300	8.6	80.9	19.1	10	30
N° 100	0.150	6.2	87.2	12.8	2	10
Fondo		12.8	100.0	0.0		
Módulo de Fineza			3.394			
Abertura de malla de referencia			9.500			



OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.

  
 FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.  
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 12 Informe del ensayo peso unitario suelto y compactado del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3735

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado  
 NORMA : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Muestra : Agregado Fino - Residuo Triturado Grueso  
 Cantera : Chancadora Piedra Azul

**PESO UNITARIO SUELTO**

Molde de ensayo		A	B	PROMEDIO
Peso de molde de ensayo + peso muestra contenida	g	9337.0	9354.0	9345.5
Peso de molde de ensayo	g	6316.0	6316.0	
Peso neto muestra contenida	g	3021.0	3038.0	3029.5
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.00212307		
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1423	1431	1427
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1416	1424	1420

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Molde de ensayo		A	B	PROMEDIO
Peso de molde de ensayo + peso muestra contenida	g	9888.0	9870.0	9879.0
Peso de molde de ensayo	g	6316.0	6316.0	
Peso neto muestra contenida	g	3572.0	3554.0	3563.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.00212307		
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1682	1674	1678
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1674	1666	1670

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 13 Informe del ensayo peso específico y absorción del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3735

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.  
 REFERENCIA : NTP 400.022

Muestra : Agregado Fino - Residuo Triturado Grueso  
 Cantera : Chancadora Piedra Azul

A.- Datos de la arena

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	994.9
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	681.1
4.- Peso del Agua.	g	313.8
5.- Peso del Frasco	g	181.1
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	678.5
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	497.4
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0

B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm <sup>3</sup>	2.671
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm <sup>3</sup>	2.685
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm <sup>3</sup>	2.709
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.52

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 14 Informe del ensayo desgaste por sulfato de magnesio del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3734

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C. (Pág. 01 de 01)  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad  
Referencia : de agregados por metodo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio  
Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

**Cantera** : Chancadora Piedra Azul  
**Muestra** : Agregado Fino - Residuo Triturado Grueso

I.- DATOS

TAMICES		Porcentaje de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	0.8
Nº 4 4.75 mm	Nº 8 2.36 mm	0.9
Nº 8 2.36 mm	Nº 16 1.18 mm	0.6
Nº 16 1.18 mm	Nº 30 600 µm	0.5
Nº 30 600 µm	Nº 50 300 µm	1.2
Nº 50 300 µm	Nº 100 150 µm	2.2

II.- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	6.2
----------------	-----	-----

OBSERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que su reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

*Anexo 15 Informe del ensayo terrones de arcilla del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 3734

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C (Pág. 01 de 01)  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

**ENSAYO** : Terrones de Arcilla y partículas Friables  
**REFERENCIA** : Norma N.T.P. 400.015 ASTM C-142

**Cantera** : Chancadora Piedra Azul  
**Muestra** : Agregado Fino - Residuo Triturado Grueso

Terrones de arcilla y partículas friables	%	0.14
---	---	------

**OBSERVACIONES :**

- Muestra de arena ventada
- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : G004:1993)

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

*Anexo 16 Informe del ensayo carbón y lignito del Residuo Triturado Grueso de la  
Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe*



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N° 3735**

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA  
 DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL  
 CHANCADO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión: Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : Determinación de Carbón Lignito en Agregados  
 REFERENCIA : NORMA MTC E 215 - 1999, ASTM D 123

**Tipo de Análisis : Analisis Químico**

	Residuo Triturado Grueso		
PESO RECIPIENTE	436.5	459	462.5
PESO DE MUESTRA SECA	200	200	200
PESO FILTRO (GASA)	12.96	12.52	13.25
PESO FILTRO + PARTICULAS DECANTADAS SECO	12.69	13.42	14.18
PESO DE PARTICULAS DECANTADAS	0.42	0.41	0.41
% DE CARBON Y LIGNITO (D/A)x100	0.21	0.205	0.205
% PROMEDIO	0.21		

Observaciones:

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 17 Informe del ensayo sales y cloruros totales del Residuo Triturado Grueso de la Chancadora Piedra Azul - Ferreñafe



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO Nº 3735**

(Pág. 01 de 01)

Expediente : 1739 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCAO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.  
 REFERENCIA : NORMA NTP 339.177 :2002  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.  
 REFERENCIA : NORMA NTP 339.178 :2003

**Tipo de Análisis :** Analisis Químico

Residuo Triturado Grueso		
Sales Solubles Totales	ppm	108
	%	0.011
Cloruros Cl <sup>-</sup>	ppm	26
	%	0.003
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ppm	12
	%	0.001

**Observaciones:**

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

  
 German Gastelo Chirinos  
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



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

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

Anexo 18 Informe del ensayo muestreo de variación dimensional al Ladrillo Master

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

**Solicitante** : Franklin Alexander Cumpa Fernández  
**Proyecto** : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Mayo del 2022

ENSAYO DE ALBAÑILERÍA: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería  
 NORMA APLICADA N.T.P. 399.613

Fabricante: "Ladrillos Master"

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
01	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.1	12.4	8.6
02	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.0	12.4	8.8
03	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.0	12.4	8.8
04	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.1	12.4	8.6
05	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.2	12.3	8.7
06	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.0	12.4	9.0
07	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.1	12.4	8.9
08	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.1	12.4	8.8
09	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	23.9	12.4	8.6
10	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	24.1	12.4	9.0

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.

**LMSCEACH**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.  
 Jorge Urbina Obayasca Banta  
 JEFE DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular:  
 Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

## Anexo 19 Informe del ensayo para alabeo al Ladrillo Master

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



### INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

**Solicitante** : Franklin Alexander Cumpa Fernández  
**Proyecto** : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Mayo del 2022

UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo  
 NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Fabricante: **LADRILLOS MASTER**

ALABEO EN LADRILLOS		
% Dosific.	LADRILLO KING KONG TIPO IV	
	CONCAVO	CONVEXO
MUESTRA	mm	
# / CÓDIGO	mm	
M - 1	-	1.15
M - 2	-	1.90
M - 3	-	1.75
M - 4	-	1.40
M - 5	1.20	-
M - 6	2.60	-
M - 7	2.30	-
M - 8	1.80	-
M - 9	1.40	-
M-10	-	1.50
PROMEDIO	1.70	

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

**LMSCEACH**  
 E.I.R.L.  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO  
 JORGE ANTIVAL FOMAPASCA BANTA  
 TIT. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular:  
 Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

## Anexo 20 Informe del ensayo de absorción al Ladrillo Master

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



### INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

**Solicitante** : Franklin Alexander Cumpa Fernández  
**Proyecto** : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : martes, 10 de Mayo de 2022

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA (Determinación de porcentaje de Absorción)  
 NORMA APLICADA N.T.P. 399.613 : 2005

Denominación	G4	G3	A
	(g)	(g)	(%)
Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	3099	2756	12.45

**DONDE:**

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE PROMEDIADA DE 5 UNIDADES

**LMSCEACH**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.  
 JORGE ARBAL TOMAFASCA BANTA  
 INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular:  
 Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

## Anexo 21 Informe del ensayo resistencia a la compresión al Ladrillo Master

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



### INFORME DE ENSAYO

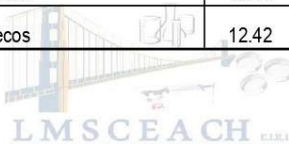
Pag.: 01 de 01

Solicitante : Franklin Alexander Cumpa Fernández  
 Atención : Franklin Alexander Cumpa Fernández  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Mayo del 2022

#### ENSAYO DE ALBAÑILERÍA (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN) NORMA APLICADA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	12.41	24.03	298	28174	95
02	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	12.41	24.13	299	26884	90
03	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	12.42	24.07	299	30543	102
04	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	12.43	23.90	297	32877	111
05	Ladrillos Master King Kong - 18 Huecos	12.42	24.13	300	34764	116
Promedio						<b>103</b>

- Muestras ensayada el día 10/05/2022



LMSCEACH  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.  
 JORGE ORTAL TOMAPADCA BANTA  
 JEFE DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular:  
 Bítel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

## Anexo 22 Informe del ensayo determinación de la fluidez de morteros

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



### INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

**Solicitante** : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
**Atención** : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
**Proyecto** : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA

**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

**Fecha de emisión** : Chiclayo, 20 de Abril del 2022

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Pórtland  
 NTP 334.057

**Dosificación:** 1 : 4 - %CBCA

N° de pruebas	Identificación	Relación a/c	Ø interno del molde en mm	Promedio de los diámetros	% De Fluidez
P-01	Mortero Patrón - 0%	0.85	92	191.75	108.42
P-02	Mortero Patrón - 5%	0.85	92	195.75	112.77
P-03	Mortero Patrón - 10%	0.85	92	200.75	118.21
P-04	Mortero Patrón - 15%	0.85	92	203.75	121.47
P-05	Mortero Patrón - 20%	0.85	92	196.00	113.04
P-06	Mortero RTPC - 0%	0.78	92	197.50	114.67
P-07	Mortero RTPC - 5%	0.78	92	195.25	112.23
P-08	Mortero RTPC - 10%	0.78	92	183.25	99.18
P-09	Mortero RTPC - 15%	0.78	92	170.00	84.78
P-10	Mortero RTPC - 20%	0.78	92	157.50	71.20

#### OBSERVACIONES :

- RTPC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

JORGE ARBAL TOMAFASCA BARTA.  
 INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular:  
 Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

## Anexo 23 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero patrón - %CBCA a la edad de 3 días

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.**



### INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Proyecto : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Mayo del 2022

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado  
 NTP 334.051

**DOSIFICACIÓN:** 1 : 4 - %CBCA  
 Cemento: Tipo I - Pacasmayo  
 Arena: La Victoria  
 Agua: Potable de la zona

Muestra	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Mortero Patrón - 0%	22/04/2022	25/04/2022	3	25.50	3381	132.58
2		22/04/2022	25/04/2022	3	25.00	3173	126.93
3		22/04/2022	25/04/2022	3	25.50	3476	136.31
4	Mortero Patrón - 5%	23/04/2022	26/04/2022	3	25.86	2721	105.24
5		23/04/2022	26/04/2022	3	25.09	2584	102.98
6		23/04/2022	26/04/2022	3	25.76	2541	98.66
7	Mortero Patrón - 10%	23/04/2022	26/04/2022	3	25.76	2205	85.61
8		23/04/2022	26/04/2022	3	24.75	1687	68.18
9		23/04/2022	26/04/2022	3	25.34	2203	86.92
10	Mortero Patrón - 15%	24/04/2022	27/04/2022	3	26.37	2604	98.76
11		24/04/2022	27/04/2022	3	24.75	2346	94.79
12		24/04/2022	27/04/2022	3	25.00	2509	100.37
13	Mortero Patrón - 20%	24/04/2022	27/04/2022	3	25.15	2317	92.13
14		24/04/2022	27/04/2022	3	25.25	2136	84.59
15		24/04/2022	27/04/2022	3	25.49	2043	80.14

**OBSERVACIONES :**

- RTPC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

**LMSCEACH**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.  
 JOSEPH TOMPARCA BANTA  
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

Anexo 24 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero con residuo triturado de piedra chancada - %CBCA a la edad de 3 días

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Mayo del 2022

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado  
 NTP 334.051

DOSIFICACIÓN: 1 : 4 - %CBCA  
 Cemento: Tipo I - Pacasmayo  
 Arena: Chancadora Piedra Azul  
 Agua: Potable de la zona

Muestra	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	Días	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Mortero RTPC - 0%	22/04/2022	25/04/2022	3	25.50	4385	171.94
2		22/04/2022	25/04/2022	3	25.00	5113	204.54
3		22/04/2022	25/04/2022	3	25.50	3864	151.53
4	Mortero RTPC - 5%	26/04/2022	29/04/2022	3	25.96	5271	203.07
5		26/04/2022	29/04/2022	3	25.81	4816	186.62
6		26/04/2022	29/04/2022	3	28.05	5228	186.38
7	Mortero RTPC - 10%	26/04/2022	29/04/2022	3	25.96	4592	176.91
8		26/04/2022	29/04/2022	3	25.81	5141	199.22
9		26/04/2022	29/04/2022	3	28.05	4506	160.64
10	Mortero RTPC - 15%	26/04/2022	29/04/2022	3	25.15	3591	142.79
11		26/04/2022	29/04/2022	3	25.25	3693	146.26
12		26/04/2022	29/04/2022	3	25.49	3560	139.64
13	Mortero RTPC - 20%	26/04/2022	29/04/2022	3	25.15	3828	152.21
14		26/04/2022	29/04/2022	3	25.25	3318	131.41
15		26/04/2022	29/04/2022	3	25.49	3326	130.46

OBSERVACIONES :

- RTPC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

Anexo 25 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero patrón - %CBCA a la edad de 7 días

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Mayo del 2022

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado  
 NTP 334.051

DOSIFICACIÓN: 1 : 4 - %CBCA  
 Cemento: Tipo I - Pacasmayo  
 Arena: La Victoria  
 Agua: Potable de la zona

Muestra	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Mortero Patrón - 0%	22/04/2022	29/04/2022	7	25.76	3530	137.06
2		22/04/2022	29/04/2022	7	24.75	3504	141.60
3		22/04/2022	29/04/2022	7	25.34	3909	154.24
4	Mortero Patrón - 5%	23/04/2022	30/04/2022	7	26.27	3094	117.80
5		23/04/2022	30/04/2022	7	24.75	2985	120.61
6		23/04/2022	30/04/2022	7	25.70	2871	111.69
7	Mortero Patrón - 10%	23/04/2022	30/04/2022	7	25.50	2682	105.17
8		23/04/2022	30/04/2022	7	25.00	2745	109.81
9		23/04/2022	30/04/2022	7	25.50	2361	92.59
10	Mortero Patrón - 15%	24/04/2022	1/05/2022	7	27.04	3158	116.80
11		24/04/2022	1/05/2022	7	26.52	2628	99.10
12		24/04/2022	1/05/2022	7	27.29	2894	106.07
13	Mortero Patrón - 20%	24/04/2022	1/05/2022	7	26.37	3091	117.23
14		24/04/2022	1/05/2022	7	24.75	2232	90.18
15		24/04/2022	1/05/2022	7	25.00	2592	103.69

OBSERVACIONES :

- RTPC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

JORGE ARISLA FOMARPASCA BENTA  
 INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

Anexo 26 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero con residuo triturado de piedra chancada - %CBCA a la edad de 7 días

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Mayo del 2022

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado  
 NTP 334.051

DOSIFICACIÓN: 1 : 4 - %CBCA  
 Cemento: Tipo I - Pacasmayo  
 Arena: Chancadora Piedra Azul  
 Agua: Potable de la zona

Muestra	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Mortero RTPC - 0%	22/04/2022	29/04/2022	7	24.92	5492	220.35
2		22/04/2022	29/04/2022	7	26.83	5883	219.26
3		22/04/2022	29/04/2022	7	25.43	6182	243.12
4	Mortero RTPC - 5%	26/04/2022	3/05/2022	7	25.86	7535	291.42
5		26/04/2022	3/05/2022	7	25.09	5536	220.63
6	Mortero RTPC - 10%	26/04/2022	3/05/2022	7	25.76	6231	241.93
7		26/04/2022	3/05/2022	7	25.50	5692	223.19
8		26/04/2022	3/05/2022	7	25.00	5259	210.38
9	Mortero RTPC - 15%	26/04/2022	3/05/2022	7	25.50	4786	187.69
10		26/04/2022	3/05/2022	7	25.96	3774	145.39
11		26/04/2022	3/05/2022	7	25.81	5037	195.19
12	Mortero RTPC - 20%	26/04/2022	3/05/2022	7	28.05	4501	160.46
13		26/04/2022	3/05/2022	7	26.37	4897	185.72
14		26/04/2022	3/05/2022	7	24.75	4895	197.77
15		26/04/2022	3/05/2022	7	25.00	1853	74.13

OBSERVACIONES :

- RTPC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

*Anexo 27 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero patrón - %CBCA a la edad de 14 días*

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.**



**INFORME DE ENSAYO**

Pag.: 01 de 01

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Mayo del 2022

**CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado**  
 NTP 334.051

**DOSIFICACIÓN:** 1 : 4 - %CBCA  
 Cemento: Tipo I - Pacasmayo  
 Arena La Victoria  
 Agua Potable de la zona

Muestra	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Mortero Patrón - 0%	22/04/2022	6/05/2022	14	25.15	3751	149.15
2		22/04/2022	6/05/2022	14	25.25	3869	153.23
3		22/04/2022	6/05/2022	14	25.49	3843	150.74
4	Mortero Patrón - 5%	23/04/2022	7/05/2022	14	26.37	4280	162.32
5		23/04/2022	7/05/2022	14	24.95	4567	183.05
6	Mortero Patrón - 10%	23/04/2022	7/05/2022	14	27.78	4372	157.41
7		23/04/2022	7/05/2022	14	24.92	3006	120.61
8	Mortero Patrón - 15%	23/04/2022	7/05/2022	14	26.83	3355	125.04
9		23/04/2022	7/05/2022	14	25.43	3036	119.40
10	Mortero Patrón - 20%	24/04/2022	8/05/2022	14	26.27	3501	133.30
11		24/04/2022	8/05/2022	14	24.75	2712	109.58
12		24/04/2022	8/05/2022	14	25.70	3799	147.80
13	Mortero Patrón - 20%	24/04/2022	8/05/2022	14	25.50	2933	115.01
14		24/04/2022	8/05/2022	14	25.00	2873	114.93
15		24/04/2022	8/05/2022	14	25.50	2862	112.24

**OBSERVACIONES :**

- RTPC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

  
**LMSCEACH**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO  
 JORGE ARIVAL TOMASPASA BARTA  
 TÉCNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.**

*Anexo 28 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero con residuo triturado de piedra chancada - %CBCA a la edad de 14 días*

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Mayo del 2022

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado  
 NTP 334.051

DOSIFICACIÓN: 1 : 4 - %CBCA  
 Cemento: Tipo I - Pacasmayo  
 Arena: Chancadora Piedra Azul  
 Agua: Potable de la zona

Muestra	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Mortero RTPC - 0%	22/04/2022	6/05/2022	14	26.27	5566	211.92
2		22/04/2022	6/05/2022	14	24.75	6589	266.22
3		22/04/2022	6/05/2022	14	25.70	5983	232.77
4	Mortero RTPC - 5%	26/04/2022	10/05/2022	14	25.50	6934	271.89
5		26/04/2022	10/05/2022	14	25.00	7128	285.15
6		26/04/2022	10/05/2022	14	25.50	6690	262.35
7	Mortero RTPC - 10%	26/04/2022	10/05/2022	14	25.15	6256	248.76
8		26/04/2022	10/05/2022	14	25.25	6800	269.31
9		26/04/2022	10/05/2022	14	25.49	5655	221.81
10	Mortero RTPC - 15%	26/04/2022	10/05/2022	14	24.92	4741	190.22
11		26/04/2022	10/05/2022	14	26.83	6745	251.39
12		26/04/2022	10/05/2022	14	25.43	5668	222.90
13	Mortero RTPC - 20%	26/04/2022	10/05/2022	14	25.76	5434	210.99
14		26/04/2022	10/05/2022	14	24.75	4839	195.55
15		26/04/2022	10/05/2022	14	25.34	5800	228.85

OBSERVACIONES :

- RTPC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

**LMSCEACH**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.  
 JORGE MIRAL TOMAFASCA BANTA  
 TÉCNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Bítel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

Anexo 29 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero patrón - %CBCA a la edad de 28 días

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Mayo del 2022

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado  
 NTP 334.051

DOSIFICACIÓN: 1 : 4 - %CBCA

Cemento: Tipo I - Pacasmayo

Arena La Victoria

Agua Potable de la zona

Muestra	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Mortero Patrón - 0%	22/04/2022	20/05/2022	28	24.92	4618	185.28
2		22/04/2022	20/05/2022	28	26.83	3919	146.06
3		22/04/2022	20/05/2022	28	25.43	4043	159.00
4	Mortero Patrón - 5%	23/04/2022	21/05/2022	28	25.96	4826	185.92
5		23/04/2022	21/05/2022	28	25.81	4499	174.34
6		23/04/2022	21/05/2022	28	28.05	4890	174.33
7	Mortero Patrón - 10%	23/04/2022	21/05/2022	28	27.78	4463	160.68
8		23/04/2022	21/05/2022	28	25.25	3923	155.37
9		23/04/2022	21/05/2022	28	25.49	3924	153.92
10	Mortero Patrón - 15%	24/04/2022	22/05/2022	28	25.86	4040	156.25
11		24/04/2022	22/05/2022	28	28.05	3511	125.17
12		24/04/2022	22/05/2022	28	25.76	4215	163.66
13	Mortero Patrón - 20%	24/04/2022	22/05/2022	28	27.64	4021	145.49
14		24/04/2022	22/05/2022	28	26.83	4162	155.12
15		24/04/2022	22/05/2022	28	26.00	3834	147.46

OBSERVACIONES :

- RTFC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Bítel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

Anexo 30 Informe del ensayo de resistencia a la compresión axial en cubos de mortero para el mortero con residuo triturado de piedra chancada - %CBCA a la edad de 28 días

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
 Atención : UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 Obra : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Mayo del 2022

CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado  
 NTP 334.051

DOSIFICACIÓN: 1 : 4 - %CBCA  
 Cemento: Tipo I - Pacasmayo  
 Arena: Chancadora Piedra Azul  
 Agua: Potable de la zona

Muestra	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Mortero RTPC - 0%	22/04/2022	20/05/2022	28	27.64	7538	272.75
2		22/04/2022	20/05/2022	28	26.83	6543	243.86
3		22/04/2022	20/05/2022	28	26.00	6684	257.08
4	Mortero RTPC - 5%	26/04/2022	24/05/2022	28	26.27	9977	379.86
5		26/04/2022	24/05/2022	28	24.75	9033	364.97
6		26/04/2022	24/05/2022	28	25.70	8330	324.07
7	Mortero RTPC - 10%	26/04/2022	24/05/2022	28	25.86	7601	293.97
8		26/04/2022	24/05/2022	28	28.05	6664	237.58
9		26/04/2022	24/05/2022	28	25.76	6515	252.96
10	Mortero RTPC - 15%	26/04/2022	24/05/2022	28	26.27	6389	243.25
11		26/04/2022	24/05/2022	28	24.75	5768	233.05
12		26/04/2022	24/05/2022	28	25.70	5925	230.51
13	Mortero RTPC - 20%	26/04/2022	24/05/2022	28	25.50	6128	240.29
14		26/04/2022	24/05/2022	28	25.00	5613	224.54
15		26/04/2022	24/05/2022	28	25.50	5348	209.73

OBSERVACIONES :

- RTPC: Residuo Triturado de Piedra Chancada ; %CBCA: Porcentaje de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

  
 LMSCEACH  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.  
 JORGE ARBAL TOMAPASCA BARTA  
 JEFE DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular: Bitel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

## Anexo 31 Informe del ensayo de resistencia a la pila de albañilería a la edad de 28 días

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



### INFORME DE ENSAYO

Pag.: 01 de 01

**Solicitante** : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
**Proyecto** : ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : miércoles, 1 de Junio de 2022

UNIDADES DE ALBAÑERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prisma de albañilería  
 N.T.P. 339.605 : 2003

Muestra Nº	Identificación	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	h	e	Relación	Área bruta	Carga	Coef. De	F'm corr.
					(cm)	(cm)	(h/e)	(cm <sup>2</sup> )	(kg)	corrección	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	Mortero Patrón	3/05/2020	30/05/2022	28	29.40	12.30	2.390	295	18996	0.78	50
02		3/05/2020	30/05/2022	28	29.00	12.50	2.320	300	24358	0.77	63
03		3/05/2020	30/05/2022	28	30.20	12.40	2.435	300	21684	0.79	57
04	Mortero Patron con 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	3/05/2020	30/05/2022	28	30.00	12.40	2.419	298	21676	0.79	57
05		3/05/2020	30/05/2022	28	29.80	12.40	2.403	304	22895	0.79	59
06		3/05/2020	30/05/2022	28	29.30	12.30	2.382	298	23324	0.78	61
07	Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	3/05/2020	30/05/2022	28	29.60	12.40	2.387	298	25767	0.78	68
08		3/05/2020	30/05/2022	28	29.90	12.50	2.392	301	23262	0.78	61
09		3/05/2020	30/05/2022	28	30.10	12.40	2.427	298	22826	0.79	61

**DONDE :**

h : altura del prisma.

e : espesor del prisma.

JORGE URBAL ZOMPARCA BÉRTIA  
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Av. Augusto B. Leguía N°287 (Vía de evitamiento Km. 787+080) Simón Bolívar - Chiclayo. Teléf.: 074-437218 / Celular:  
 Bítel 990336658 CORREO: george3062@hotmail.com / RUC: 20561193372.

Anexo 32 Informe del ensayo de resistencia diagonal al murete de albañilería a la edad de 28 días



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

Solicitante : FRANKLIN ALEXANDER CUMPA FERNÁNDEZ  
Proyecto / Obra : TESIS "ELABORACIÓN DE MORTERO DE ALBAÑILERÍA UTILIZANDO LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR Y LAS PARTÍCULAS RESIDUALES DEL CHANCADO DE PIEDRA".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Jueves, 26 de mayo del 2022.  
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.  
Referencia : N.T.P. 399.621 : 2004 (revisada el 2015)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm <sup>2</sup> )	P (N)	Vm (Mpa)	Vm (kg/cm <sup>2</sup> )
01	Mortero Patrón	29/04/2022	26/05/2022	27	598	612	124	75020	87613	0.83	8.42
02		29/04/2022	26/05/2022	27	595	612	122	73627	70922	0.68	6.94
03		29/04/2022	26/05/2022	27	597	611	122	73688	66989	0.64	6.55
04	Mortero Patron con 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	29/04/2022	26/05/2022	27	595	614	123	74354	68509	0.65	6.64
05		29/04/2022	26/05/2022	27	597	613	122	73810	86563	0.83	8.45
06		29/04/2022	26/05/2022	27	595	612	122	73627	85798	0.82	8.40
07	Mortero con Residuo Triturado de Piedra Chancada y 5% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	29/04/2022	26/05/2022	27	595	615	122	73810	81052	0.78	7.92
08		29/04/2022	26/05/2022	27	597	612	122	73749	73393	0.70	7.17
09		29/04/2022	26/05/2022	27	595	612	122	73627	90702	0.87	8.88

**OBSERVACIONES:**

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

*Anexo 33 Evidencia fotográfica del ensayo de fluidez del mortero*



*Imagen 32 Mortero para realizar el ensayo de fluidez*



*Imagen 33 Mortero ensayado en la mesa de fluidez*



*Imagen 34 Tesista realizando el ensayo de fluidez*



*Imagen 35 Tesista realizando la medida del diámetro del mortero para hallar el porcentaje de fluidez*

Fuente: Propia

*Anexo 34 Evidencia fotográfica del ensayo de fluidez del mortero*



*Imagen 37 Especímenes cúbicos de MP y Mortero RTPC*



*Imagen 37 Tesista con especímenes cúbicos de MP y Mortero RTPC*



Imagen 39 Tesista con especímenes cúbicos de Mortero con RTPC y con los porcentajes del 5, 10, 15 y 20%CBCA



Imagen 39 Tesista con los especímenes cúbicos de MP con 5 y 10%CBCA



Imagen 40 Especímenes cúbicos de MP con 5%CBCA y 10%CBCA



Imagen 41 Tesista con especímenes cúbicos de Mortero con RTPC y con los porcentajes del 5, 10, 15 y 20%CBCA

Fuente: Propia

Anexo 35 Evidencia fotográfica de ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cúbicos de 5x5cm



Imagen 42 Cubo de MP ensayado a la edad de 28 días



Imagen 43 Carga resistida del MP a la edad de 28 días



Imagen 44 Cubo de MP-5%CBCA ensayado a la edad de 28 días



Imagen 45 Carga resistida del MP-5%CBCA a la edad de 28 días

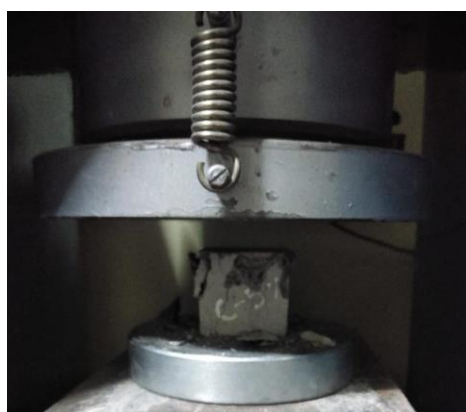


Imagen 46 Cubo de Mortero con RTPC-5%CBCA ensayado a la edad de 28 días

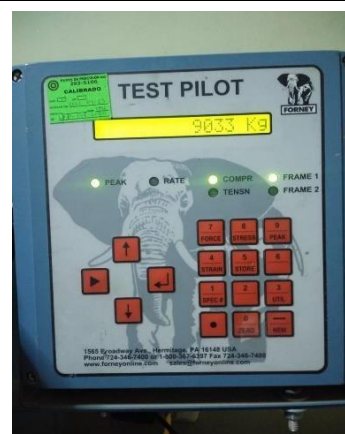


Imagen 47 Carga resistida del Mortero RTPC-5%CBCA a la edad de 28 días

Fuente: Propia

Anexo 36 Evidencia fotográfica de elaboración de pilas y muretes de albañilería



Imagen 48 Verificando la nivelación del murete



Imagen 49 Realización del corte del ladrillo



Imagen 50 Humedeciendo el ladrillo antes de asentarlo



Imagen 51 Finalización de elaboración de muretes



Imagen 52 Tesista con las muestras de muretes y pilas de albañilería

Anexo 37 Evidencia fotográfica del ensayo a compresión diagonal de muretes de albañilería



Imagen 53 Transporte de los muretes hacia el ensayo



Imagen 54 Tesista a punto de realizar el ensayo a la compresión diagonal del murete



Imagen 55 Murete con MP alcanzo  $V'm=6986$  kg



Imagen 56 Murete con MP y %5CBCA alcanzo  $V'm=7232$  kg

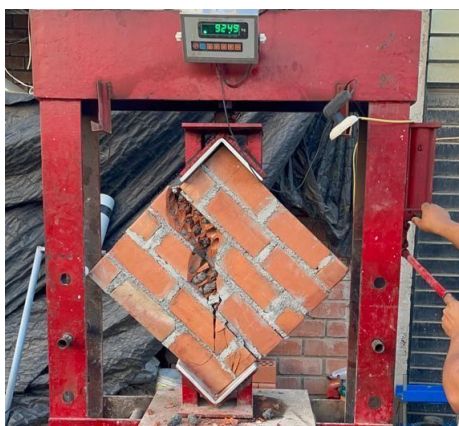


Imagen 57 Murete con RTPC y %5CBCA alcanzo  $V'm=9249$  kg

Fuente: Propia

Anexo 38 Evidencia fotográfica del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería



Imagen 60 Pila con MP alcanzo una  $f'm=18996$  kg



Imagen 60 Pila con MP-5%CBCA alcanzo una  $f'm=23324$  kg



Imagen 60 Pila con MP-5%CBCA alcanzo una  $f'm=23324$  kg

Fuente: Propia