

entrada en el diseño de la mezcla. Este valor representa la finura global del material y su determinación permitió establecer con mayor precisión la proporción óptima de agregado en el concreto.

$$Mf = \frac{2.97 + 3.04 + 2.91}{3} = 2.97$$

5.1.2. Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado Grueso

Tabla 5

Análisis granulométrico del agregado grueso-muestra 1

Granulometría de agregado grueso m1							
Peso seco inicial de la muestra		5000.00	gr.	Norma:		N.T.P.400.037 HUSO 57	
Tamiz		Peso retenido	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante acumulado (%)	Especificaciones	
pulg.	mm.					pulg.	mm.
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	95.0	100.0
3/4"	19.00	630.0	12.6	12.6	87.4	-	-
1/2"	12.70	2562.0	51.2	63.8	36.2	25.0	60.0
3/8"	9.52	1160.0	23.2	87.0	13.0	-	-
Nº 04	4.75	602.0	12.0	99.1	0.9	0.0	10.0
Nº 08	2.36	46.0	0.9	100.0	0.0	0.0	5.0
Platillo		0.0	0.0	100.0	0.0	-	-
Peso total(gr.)		5000.00					
Tamaño máximo		1"		Tamaño máximo nominal		3/4"	

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 6 presenta los resultados del ensayo realizado al agregado grueso (muestra 1). En ella se comprobó que gradación en tamaño se encontraba en los límites de parámetros definidos según el estudio granulométrico para el huso 57 según la NTP 400.037, evidenciando

Tabla 10*Peso volumétrico suelto agregado grueso*

Datos	Und	M1	M2	M3	Prom.
Peso de la muestra + molde	gr.	29589	29562	29612	29588
Peso del molde	gr.	9720	9720	9720	9720
Peso de la muestra	gr.	19869	19842	19892	19868
Volumen del molde	cm ³	14100	14100	14100	14100
Peso unitario seco suelto	kg/m ³	1409	1407	1411	1409

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 11***Peso volumétrico varillado agregado grueso*

Datos	Und	M1	M2	M3	Prom.
Peso de la muestra + molde	gr.	31610	31622	31591	31608
Peso del molde	gr.	9720	9720	9720	9720
Peso de la muestra	gr.	21890	21902	21871	21888
Volumen del molde	cm ³	14100	14100	14100	14100
Peso unitario compactado	kg/m ³	1552	1553	1551	1552

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 11 registró un peso volumétrico suelto promedio de 1409 kg/m³. Asimismo, en la tabla 12 el peso volumétrico determinado mediante el método varillado alcanzó un valor promedio de 1552 kg/m³, evidenciando el incremento de la densidad aparente del material como efecto del proceso de compactación.

5.1.5. Peso específico de masa y porcentaje de absorción de los agregados

Tabla 12

Peso específico de masa y porcentaje de absorción del agregado fino

Ensayo de peso específico de masa		
Datos		
Peso del matraz	gr.	222
P. del matraz + Peso de muestra +P. de agua	gr.	1019
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	500
Va: Volumen o peso de agua añadida	gr.	297
Wo: Peso de la muestra seca al horno	gr.	495
V: Peso o Vol. Del frasco volumétrico	cm3	500
Cálculos		
Peso específico de masa = $(W_o / V - V_a) * 100$	g/cm3	2.44
Absorción = $(500 - W_o / W_o) * 100$	%	1.01
Resultados		
Peso específico de masa	g/cm3	2.44
Grado de absorción	%	1.01

Fuente: Elaboración propia.

El agregado fino sometido a ensayo obteniendo un peso específico de masa de 2,44 g/cm³, según los datos que se muestran en la tabla 13. De manera similar, el porcentaje de absorción medido (1,01%) indicó una moderada capacidad de retención de agua

Tabla 13

Peso específico de masa y porcentaje de absorción del agregado grueso

Ensayo de peso específico de masa		
Datos		
A =Peso de la muestra seca al horno =	gr.	5000
B= Peso saturado superficialmente seca de la muestra	gr.	5044
C =Peso de la muestra sumergida	gr.	3150
Cálculos		
Peso específico de masa = $(A/ B - C) *100$	g/cm3	2.64
Absorción del agregado grueso= $(B-A/A) *100$	%	0.88
Resultados		
Peso específico	g/cm3	2.64
Grado de absorción	%	0.88

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 14, el agregado grueso presenta un peso específico de masa de 2,64 g/cm³, valor acorde con agregados pétreos de origen natural utilizados en concreto. El grado de absorción determinado fue de 0.88%, lo que evidencia una baja porosidad efectiva del material.

5.2. Características físicas de la ceniza de totora

5.2.1. Determinación de la distribución granulométrica de la ceniza de totora

Tabla 14

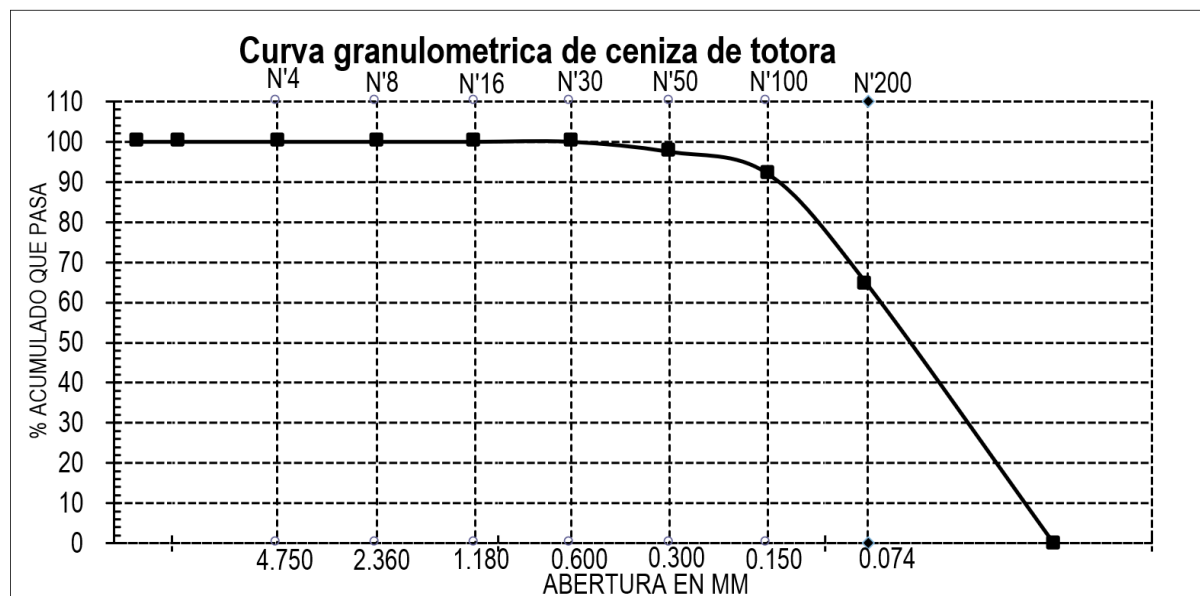
Distribución de tamaños de la ceniza de totora (muestra triturada)

Análisis granulométría de la ceniza de totora					
Peso seco inicial de la muestra		500.00		gr.	
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Acumulado retenido	% Acumulado que pasa
pulg.	mm.				
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 04	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 08	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 16	1.18	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 30	0.60	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 50	0.30	23.00	4.60	4.60	95.40
Nº 100	0.15	58.00	11.60	16.20	83.80
Nº 200	0.075	104.00	20.80	37.00	63.00
Platillo		315.00	63.00	100.00	
Peso total(gr.)		500.00		Módulo de finura	0.21

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21

Curva granulométrica-ceniza de totora



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Contenido de humedad de la ceniza de totora

Tabla 15

Contenido de humedad de la ceniza de totora triturada

Contenido de humedad de ceniza de totora		
Datos de ensayo		
Materiales	Und	Valor
P. Frasco + c. de totora húmeda	gr.	798
Frasco + c. de totora seca	gr.	796
Peso del agua	gr.	2
Peso de la tara	gr.	298
Peso de ceniza de totora seca	gr.	498
Porcentaje de humedad	%	0.40%

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Peso específico de la ceniza de totora

Tabla 16

Peso específico de la ceniza de totora triturada

Ensayo de peso específico de masa		
Datos		
Peso del matraz	gr.	222
P. de muestra +P. del matraz + P. de agua	gr.	1023
Peso saturado superficialmente seca de la muestra	gr.	500
Va: Volumen o peso del agua añadida	gr.	301
Wo: Peso de la muestra seca al horno	gr.	491
V: Peso o Vol. Del frasco volumétrico	cm3	500
Cálculos		
Peso específico de masa de ceniza de totora= $(W_o / V - V_a) * 100$	g/cm3	2.47

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Diseño de mezclas

El método ACI 211.1 se utilizó como referencia para el proceso de diseño de mezcla se consideró un concreto control con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, correspondiente a un concreto estructural de uso común en obras civiles. Este procedimiento permitió definir proporciones adecuadas de los materiales, asegurándose de cumplir con los requisitos de resistencia, trabajabilidad

Para la elaboración de las mezclas se empleó cemento Portland tipo 1, se utilizó la cantera ubicada en Ferreñafe denominada Tres Tomás, fue fuente de la piedra triturada de $\frac{3}{4}$ " utilizada como árido grueso en la construcción de este proyecto. La cantera La Victoria, situada en la provincia de Chiclayo, en la zona de Pátapo, proporcionó el árido fino, ambos agregados fueron escogidos por encontrarse disponibles a nivel regional y porque cumplían con los requisitos técnicos requeridos para su uso en la dosificación del concreto. Finalmente, el agua utilizada en la preparación de las mezclas fue agua potable proveniente de la red pública, permitiendo obtener mezclas representativas y confiables para la evaluación experimental del concreto con sustitución parcial de cemento.

Tabla 17

Propiedades de los agregados

Ensayo	Und	A. Fino	A. Grueso
P. Especifico de masa	Gr/cm3	2.44	2.64
% De absorción	%	1.01	0.88
Contenido de humedad	%	2.47	0.42
Módulo de fineza	-	2.97	---
Tamaño máx. Nominal	"	---	3/4"
P. Unit. Compactado	Kg/m3	1643	1552
P. Unit. Suelto	Kg/m3	1454	1409

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación del concreto patrón expresada en peso y volumen para una relación

$$a/c=0.55$$

DOSIFICACIÓN

1.Cálculo F'Cr (Resistencia promedio requerida)

Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores

$$F'cr = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

2. Contenido de aire

Para un tamaño máximo nominal (TMN) de 3/4"

$$\text{Aire} = 2.0 \%$$

3. Contenido de agua

Calculamos el volumen unitario de agua

Tenemos lo siguientes requisitos

$$\text{TMN} = 3/4"$$

$$\text{Asentamiento} = 3" \text{ a } 4"$$

$$a = 205 \text{ Litros/m}^3$$

4. Relación a/c (en función del F'cr)

$$\text{Por resistencia se requiere una relación de } a/c: 0.558$$

$$\text{Luego la relación agua- cemento de diseño es: } \mathbf{0.55}$$

5) Contenido de cemento

$$C = 205 / 0.55 = 372.73 \text{ kg}$$

$$\text{Factor C} = 8.8 \text{ bol/m}^3$$

6) Cálculo de peso del agregado grueso

$$\text{Peso agregado grueso} = 0.603 \text{ m}^3 * 1552 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso agregado grueso} = 935.86 \text{ kg}$$

7) Volumen del agregado fino

$$\text{Volumen del cemento} = 372.73 / 3110 = 0.120 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del agua} = 205 / 1000 = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del agregado grueso} = 935.86 / 2640 = 0.354 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del aire} = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\underline{0.699 \text{ m}^3}$$

$$\text{Volumen del agregado fino} = 1 - 0.699 = 0.301 \text{ m}^3$$

8) Peso del agregado fino

$$\text{Peso del agregado fino} = 0.301 \text{ m}^3 * 2440 = 733.61 \text{ kg}$$

9) Peso seco de los materiales resumen

$$\text{Cemento} = 372.73 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 733.61 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 935.86 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ Litros}$$

10) Ajuste por humedad de los agregados

Por humedad total (pesos ajustados)

$$\text{Agregado fino} = 733.64 (1 + 0.0247) = 751.78 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 935.86 (1 + 0.004) = 939.79 \text{ kg}$$

11) Rectificación por absorción de los agregados

Agua para ser añadida por rectificación; por absorción

$$\text{Agregado fino} = 733.61 (0.2470 - 0.0101) = 10.71 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 935.86 (0.0042 - 0.0088) = -4.30 \text{ kg}$$

$$6.41 \text{ L}$$

12) Agua efectiva del mezclado

$$205 - (6.41) = 198.59 \text{ L}$$

Tabla 18

Dosificación del concreto patrón expresada en peso y volumen para una relación a/c= 0.55

Dosificación	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
En peso	1	2.02	2.52	22.64 litros/bolsa
En volumen	1	2.01	2.65	22.64 litros/bolsa

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Composición expresada por unidad de volumen (1 m³), a/c = 0.55 de la mezcla patrón.

Composición de la mezcla patrón (1 m³)		
Material	Unidad	Cantidad por m3
Cemento	kg	372.73
Agregado fino	kg	751.73
Agregado grueso	kg	939.79
Agua	litros	198.59

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Composición de la mezcla patrón expresada por unidad de volumen (1 m³), a/c = 0,55 con cemento 95% + ceniza de totora 5%

Composición de la mezcla patrón (1 m ³) de la mezcla con cemento 95% + ceniza de totora 5% (por m ³)		
Material	Unidad	Cantidad por m3
Cemento	kg	354.09
Ceniza de totora	kg	18.64
Agregado fino	kg	733.61
Agregado grueso	kg	939.79
Agua	litros	198.59

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21

Composición de la mezcla patrón expresada por unidad de volumen (1 m³), a/c = 0,55 con cemento 92% + ceniza de totora 8%

Composición de la mezcla patrón (1 m ³) de la mezcla con cemento 92% + ceniza de totora 8% (por m ³)		
Material	Unidad	Peso por m3
Cemento	kg	342.91
Ceniza de totora	kg	29.82
Agregado fino	kg	751.73
Agregado grueso	kg	939.79
Agua	litros	205

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Composición de la mezcla patrón expresada por unidad de volumen (1 m³), a/c = 0,55 con cemento 89% + ceniza de totora 11%

Composición de la mezcla patrón (1 m ³) de la mezcla con cemento 89% + ceniza de totora 11% (por m ³)		
Material	Unidad	Peso por m3
Cemento	kg	331.73
Ceniza de totora	kg	41.00
Agregado fino	kg	751.73
Agregado grueso	kg	939.79
Agua	litros	205

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23

Cantidades de materiales por mezcla para probetas cilíndricas de diámetro=0.15m, altura=0.30m con a/c = 0,55

Materiales	Unidades	Concreto patrón	Cemento 95% + ceniza de totora 5%	Cemento 92% + ceniza de totora 8%	Cemento 89% + ceniza de totora 11%
Cemento	kg	2.423	2.302	2.229	2.156
Agua	lt	1.291	1.291	1.291	1.291
Agregado fino	kg	4.886	4.886	4.886	4.886
Agregado grueso	kg	6.109	6.109	6.109	6.109
Ceniza de totora	kg	-	0.121	0.194	0.267

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Ensayos de concreto fresco

5.4.1. Ensayo de consistencia (cono de Abrams)

Tabla 24

Resultados de consistencia (cono de Abrams) para la mezcla control y mezclas con ceniza de totora

Tipo de concreto	Slump (cm)	Slump (pulg)
Concreto patrón	8.50 cm	3.30"
Cemento 95% + ceniza de totora 5%	7.90 cm	3.11"
Cemento 92% + ceniza de totora 8%	7.65 cm	3.01"
Cemento 89% + ceniza de totora 11%	7.00cm	2.76"

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. Ensayo de Temperatura del concreto

Tabla 25

Medición de temperatura : mezcla control y mezclas con ceniza de totora (5%,8% y 11%).

Tipo de concreto	Temperatura °c
Concreto patrón	24.°c
Cemento 95% + ceniza de totora 5%	22.6°c
Cemento 92% + ceniza de totora 8%	22.4°c
Cemento 89% + ceniza de totora 11%	23.0°c

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3. Ensayo de Peso unitario del concreto

Tabla 26

Peso unitario del concreto fresco: mezcla control y mezclas con ceniza de totora (5%,8% y 11%)

Datos	Und.	Concreto patrón	Cemento 95% + ceniza de totora 5%	Cemento 92% + ceniza de totora 8%	Cemento 89% + ceniza de totora 11%
P. De concreto + molde	Kg	9.798	9.942	9.955	9.906
Peso del molde	Kg	2.078	2.078	2.078	2.078
Peso de concreto	Kg	7.72	7.864	7.877	7.828
Volumen del molde	M ³	0.00305	0.00305	0.00305	0.00305
Peso unitario	Kg/m ³	2531.15	2578.36	2582.62	2566.56

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Ensayo de concreto endurecido

5.5.1. Ensayo de Resistencia a la compresión

5.5.1.1. Resistencia a la compresión del concreto patrón

Tabla 27

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días de curado del concreto

Diseño patrón f'c= 210 kg/cm2						
Muestra	Concreto	Edad	Carga axial (kgf)	F'c (kg/cm2)	F'c prom. (kg/cm2)	Relación al concreto patrón (%)

P1		7 días	41000	232.01		
P2	concreto patrón	7 días	42500	240.49	236.25	112%
P3		7 días	40000	226.35		
P4		14 días	42500	240.49		
P5	concreto patrón	14 días	44500	251.81	240.02	114%
P6		14 días	40250	227.76		
P7		28 días	42250	239.08		
P8	concreto patrón	28 días	45500	257.47	249.92	119%
P9		28 días	44750	253.23		

Fuente: Elaboración propia.

5.5.1.2. Resistencia a la compresión del concreto patrón con sustitución del cemento por 5% de ceniza de totora

Tabla 28

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días de curado del concreto con sustitución del cemento por 5% de ceniza de totora

Diseño patrón f'c= 210 kg/cm2 con cemento 95% + ceniza de totora 5%						
Muestra	concreto	Edad	Carga axial (kgf)	F'c (kg/cm2)	F'c prom. (kg/cm2)	Relación al concreto patrón (%)
P10		7 días	38250	216.44		
P11	cemento 95% + ceniza de totora 5%	7 días	34750	196.64	218.33	104%
P12		7 días	42750	241.91		
P13	cemento 95% + ceniza de totora 5%	14 días	42500	240.49	240.49	115%
P14		14 días	37250	210.79		

P15		14 días	47750	270.20		
P16		28 días	46250	261.71		
P17	cemento 95% + ceniza de totora 5%	28 días	46000	260.30	267.37	127%
P18		28 días	49500	280.10		

Fuente: Elaboración propia.

5.5.1.3. Resistencia a la compresión del concreto patrón con sustitución del cemento por 8% de ceniza de totora

Tabla 29

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días de curado del concreto con sustitución del cemento por 8% de ceniza de totora

Diseño patrón f'c= 210 kg/cm2 con cemento 92% + ceniza de totora 8%						
MUESTRA	Concreto	Edad	Carga axial (kgf)	F'c (kg/cm2)	F'c prom. (kg/cm2)	Relación al concreto patrón (%)
P19		7 días	37750	213.61		
P20	Cemento 92% + ceniza de totora 8%	7 días	43250	244.74	229.18	109%
P21		7 días	39000	220.69		
P22		14 días	41000	232.01		
P23	Cemento 92% + ceniza de totora 8%	14 días	40750	230.59	231.06	110%
P24		14 días	40750	230.59		
P25		28 días	44250	250.40		
P26	Cemento 92% + ceniza de totora 8%	28 días	50250	284.35	265.49	126%
P27		28 días	46250	261.71		

Fuente: Elaboración propia.

5.5.1.4. Resistencia a la compresión del concreto patrón con sustitución del cemento por 11% de ceniza de totora

Tabla 30

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días de curado del concreto con sustitución del cemento por 11% de ceniza de totora

Diseño patrón f'c= 210 kg/cm2 con cemento 89% + ceniza de totora 11%						
Muestra	concreto	Edad	Carga axial (kgf)	f'c (kg/cm2)	f'c prom. (kg/cm2)	Relación al concreto patrón (%)
P28	cemento 89% + ceniza de totora 11%	7 días	40500	229.18	228.23	109%
P29		7 días	43000	243.32		
P30		7 días	37500	212.20		
P31	cemento 89% + ceniza de totora 11%	14 días	41500	234.83	232.01	110%
P32		14 días	41500	234.83		
P33		14 días	40000	226.35		
P34	cemento 89% + ceniza de totora 11%	28 días	50500	285.76	254.64	121%
P35		28 días	47000	265.96		
P36		28 días	37500	212.20		

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2. Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta

Tabla 31

Resultados del ensayo de resistencia a la tracción indirecta del concreto a los 28 días de curado del concreto patrón y concreto con sustitución del cemento por 5%, 8% y 11% de ceniza de totora

Muestra	Concreto	Edad	Carga axial (kgf)	F'c (kg/cm ²)	F'c prom. (kg/cm ²)
P1		28 días	19250	27.23	
P2	concreto patrón	28 días	19000	26.88	27.47
P3		28 días	20000	28.29	
P4		28 días	19000	26.88	
P5	cemento 95% + ceniza de totora 5%	28 días	19500	27.59	27.59
P6		28 días	20000	28.29	
P7		28 días	18000	25.46	
P8	cemento 92% + ceniza de totora 8%	28 días	17250	24.40	24.76
P9		28 días	17250	24.40	
P10		28 días	11000	15.56	
P11	cemento 89% + ceniza de totora 11%	28 días	15500	21.93	19.10
P12		28 días	14000	19.81	

Fuente: Elaboración propia.

6. CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

Esta investigación tiene como objetivo analizar e interpretar los resultados con el fin de evaluar el impacto del uso de ceniza de totora como sustituto parcial del cemento en las propiedades mecánicas y físicas del concreto estructural fabricado en Chiclayo, región de Lambayeque. Para ello, se adopta como referencia un concreto patrón diseñado con una resistencia especificada de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, el cual permite establecer una base comparativa frente a las mezclas que incorporan ceniza de totora en proporciones de 5%, 8% y 11%.

El enfoque de análisis considera, en primera instancia, la interpretación de las propiedades físicas de los materiales constituyentes, principalmente los agregados fino y grueso, debido a que estas características condicionan la trabajabilidad, la compactación y el desarrollo resistente del concreto. Posteriormente, se evalúa el desempeño del concreto patrón en estado fresco y endurecido, con la finalidad de verificar la validez del diseño de mezcla y asegurar su confiabilidad como referencia experimental.

Asimismo, el análisis se orienta a identificar las variaciones en el comportamiento del concreto asociadas a la incorporación de ceniza de totora, tanto en términos de propiedades físicas como mecánicas. La comparación entre las distintas dosificaciones permite reconocer tendencias, ventajas y posibles limitaciones del uso de este material como sustituto parcial del cemento. Finalmente, los resultados son interpretados en función de los objetivos planteados, con el fin de determinar el porcentaje de reemplazo que ofrezca el mejor equilibrio entre desempeño estructural y eficiencia del material, así como evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de investigación.

6.1. Interpretación de las propiedades físicas de los agregados

Para la interpretación se realizarán pruebas de laboratorio en agregados finos y gruesos para comprender sus cualidades físicas de los agregados utilizados en el diseño de

mezclas. Los resultados obtenidos permiten caracterizar el comportamiento de los materiales y verificar que son adecuados para su uso en la producción de concreto.

Figura 22

Síntesis de las características físicas de los agregados fino y grueso

Ensayo	Und	A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	Gr/cm ³	2.44	2.64
Contenido de absorción	%	1.01	0.88
Contenido de humedad	%	2.47	0.42
Módulo de fineza	-	2.97	---
Tamaño máx. nominal	pulg.	---	3/4"
Peso unitario compactado	kg/m ³	1643	1552
Peso unitario suelto	kg/m ³	1454	1409

Fuente: Elaboración propia.

El agregado fino presenta un módulo de fineza de 2.97, se encuentra dentro del rango recomendado por la normativa técnica vigente. Esta condición favorece una adecuada trabajabilidad y una correcta compactación de la mezcla.

Por su parte, el agregado grueso evaluado registra un tamaño máximo nominal de 3/4", característica compatible con los requerimientos establecidos para concreto. La conformación granulométrica de ambos agregados permite inferir que la distribución de tamaños es adecuada en consecuencia la mezcla muestra un comportamiento más cohesivo y una reducción de vacíos, debido a que su distribución granulométrica se ajusta a los límites establecidos por la NTP 400.037.

El contenido de humedad determinado para el agregado fino fue de 2.47%, el agregado grueso presentó un contenido de humedad de 0.42%, valor relativamente bajo que indica una menor cantidad de agua retenida en sus partículas, reduciendo la necesidad de correcciones significativas en la dosificación.

El agregado fino presentó un peso específico de masa de 2.44 g/cm³ y una absorción de 1.01%, lo que indica una porosidad moderada y una capacidad de absorción controlable. En cuanto al peso volumétrico, se obtuvieron valores de 1454 kg/m³ en condición suelta y 1643 kg/m³ en condición compactada, evidenciando una mejora en la densidad aparente del material al ser sometido a compactación.

Por su parte, el agregado grueso alcanzó un peso específico de masa de 2.64 g/cm³ y una absorción de 0.88%, lo que refleja una menor porosidad en comparación con el agregado fino. Los valores de peso volumétrico obtenidos fueron de 1409 kg/m³ en estado suelto y 1552 kg/m³ en estado compactado, indicando una adecuada capacidad de empaquetamiento del material.

En conjunto, al verificarse que los agregados cumplen, mostrando valores de humedad y absorción controlables, se puede interpretar que las variaciones observadas no parecen estar vinculadas a cambios en los agregados pétreos utilizados, sino el comportamiento de las mezclas de concreto se atribuye principalmente a la incorporación de la ceniza de totora como sustituyente del cemento.

6.2. Interpretación del comportamiento del concreto patrón ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Con el propósito de evaluar el efecto de la incorporación de ceniza de totora en mezclas de concreto estructural, se estableció una mezcla de referencia con resistencia de diseño $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. El análisis de su comportamiento en estado fresco y endurecido permite verificar la idoneidad del diseño de mezcla y la confiabilidad de los resultados experimentales obtenidos.

Comportamiento del concreto patrón en estado fresco

El ensayo de asentamiento realizado al concreto patrón registró un valor de 8.50 cm (3.30”), lo que indica una trabajabilidad media adecuada para la colocación y compactación del concreto en elementos estructurales. Este valor refleja un equilibrio apropiado entre fluidez y cohesión, evitando fenómenos de segregación o exudación.

La temperatura del concreto fresco fue de 24 °C, valor que se encuentra dentro de un rango normal para condiciones ambientales de la región de Chiclayo, Lambayeque. Desde el punto de vista técnico, esta condición es favorable, ya que no genera aceleración ni retardación significativa del proceso de hidratación del cemento.

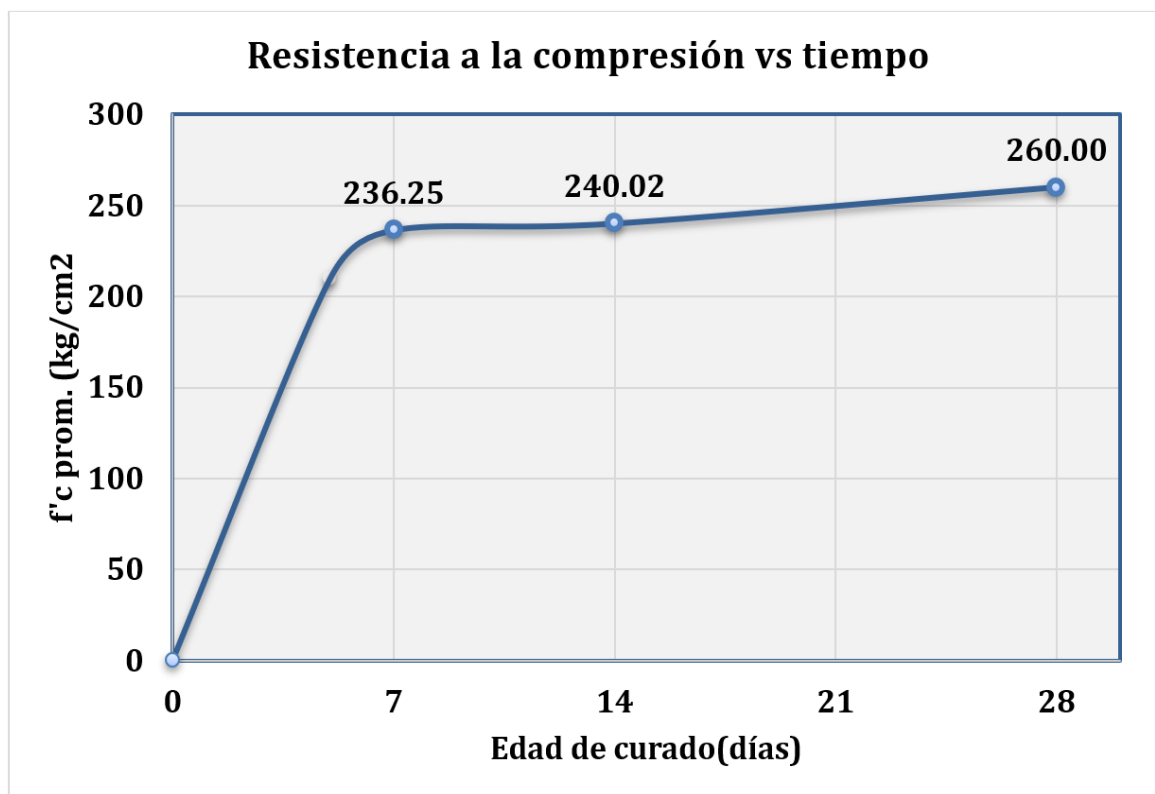
Asimismo, el peso unitario del concreto patrón alcanzó un valor de 2531.15 kg/m³, lo que evidencia una adecuada compactación de la mezcla y una correcta proporción entre los materiales constituyentes. Este resultado sugiere una baja presencia de vacíos internos, condición que contribuye positivamente al desarrollo de las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido.

Comportamiento del concreto patrón en estado endurecido

El desempeño del concreto patrón en condición endurecida se analiza a partir de los valores de resistencia a compresión obtenidos experimentalmente, los cuales permiten evaluar la evolución de su capacidad mecánica a lo largo del tiempo de curado. Este análisis resulta fundamental para comprobar la coherencia del diseño de mezcla y establecer una base de referencia confiable para la comparación con los concretos modificados.

Figura 23

Comportamiento resistente del concreto patrón vs periodo de curado.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el diseño sugerido, los resultados de la prueba de resistencia a la compresión demuestran un desarrollo resistente progresivo y consistente con el diseño planteado. Se obtuvo tras 7 días de curado el concreto patrón registró una resistencia promedio de 236,25 kg/cm², lo que supone alrededor del 112% de la resistencia estipulada. Este comportamiento indica un adecuado proceso de hidratación inicial y una correcta interacción entre los materiales.

La resistencia promedio a los 14 días fue de 240,02 kg/cm², un incremento respecto al diseño inicial y alrededor del 114% del valor objetivo. Este resultado confirma la continuidad del desarrollo resistente del concreto y evidencia que el diseño de mezcla permite alcanzar resistencias superiores a la especificada incluso antes de los 28 días.

Finalmente, a los 28 días, el concreto patrón presentó una resistencia promedio de 249.92 kg/cm², equivalente al 119% de la resistencia de diseño. Este valor demuestra que el concreto patrón no solo ajusta a los requisitos, sino que supera ampliamente los parámetros estructurales establecidos, validando su uso como referencia experimental confiable para la comparación con los concretos que incorporan ceniza de totora.

En cuanto al concreto patrón la resistencia promedio a tracción indirecta, a 28 días alcanzó un valor promedio de 27.47 kg/cm². Este resultado es coherente con los valores esperados para concretos de resistencia similar y se asocia de manera favorable con la resistencia a compresión, en consecuencia, el material presenta un comportamiento mecánico equilibrado y una adecuada adherencia interna de la matriz cementicia.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian que el concreto patrón presenta un comportamiento físico y mecánico satisfactorio, con adecuada trabajabilidad, correcta densidad y resistencias superiores a las especificadas de diseño. Estas condiciones permiten afirmar que el concreto patrón proporciona una base buena y fiable para analizar el efecto del reemplazo parcial de cemento por ceniza de totora, reduciendo la influencia de variables externas y asegurando que las diferencias observadas en las mezclas modificadas se atribuyan principalmente al material sustituyente.

6.3. Interpretación del comportamiento del concreto con sustitución parcial de cemento por ceniza de totora

En esta sección comparamos el desempeño del concreto patrón con el del concreto que contiene ceniza de totora como sustituto parcial del cemento al 5%, 8% y 11% observando cómo se comporta el concreto cuando está húmedo y después del curado.

Comportamiento del concreto en estado fresco

El ensayo de asentamiento muestra una disminución progresiva de la trabajabilidad conforme se incrementa el porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de totora. El

concreto con 5% de reemplazo presentó un asentamiento de 7.90 cm, mientras que los concretos con 8% y 11% alcanzaron valores de 7.65 cm y 7.00 cm, respectivamente. Esta tendencia indica un incremento en el requerimiento de agua en el concreto conforme se adiciona ceniza de totora, probablemente debido al aumento de la superficie específica del material fino, lo que reduce ligeramente la fluidez del concreto.

Sin embargo, los valores obtenidos son adecuados para la colocación y compactación de concreto estructural, lo que evidencia que, aun con mayores porcentajes de sustitución, la trabajabilidad no se ve comprometida de manera crítica.

La temperatura del concreto fresco osciló entre 22.4 °C y 23.0 °C para todas las mezclas con ceniza de totora, valores ligeramente inferiores a los registrados en el concreto patrón. Desde un punto de vista técnico, estas temperaturas son favorables, sin generar efectos de aceleración no previstos en la hidratación, permitiendo un comportamiento mecánico más uniforme.

En cuanto al peso unitario, los concretos con sustitución parcial presentaron valores de 2578.36 kg/m³ para el 5%, 2582.62 kg/m³ para el 8% y 2566.56 kg/m³ para el 11%. Estos valores son ligeramente superiores al del concreto patrón, lo que sugiere una mejor compactación de la mezcla y un posible efecto de relleno de la ceniza de totora, contribuyendo a una matriz más densa.

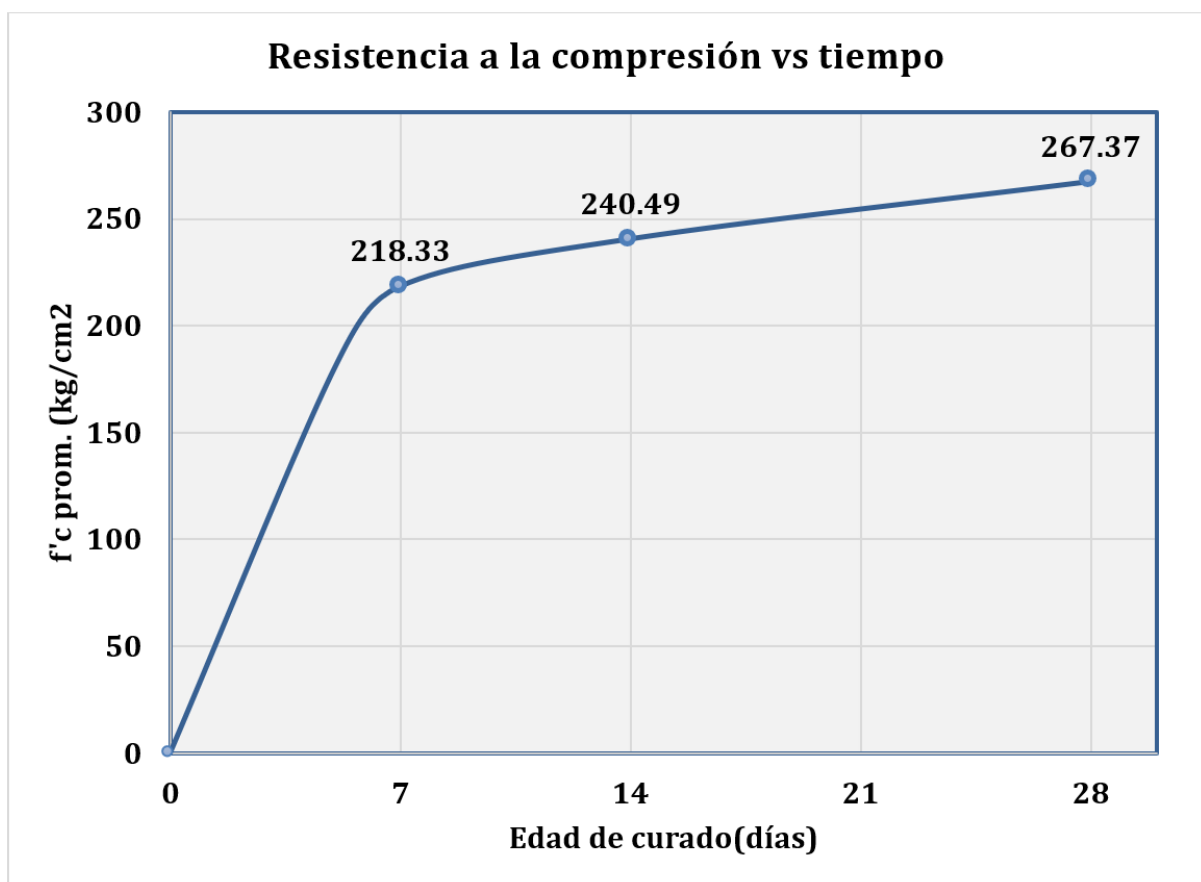
Comportamiento del concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión

El análisis evidencia la resistencia a compresión evidencia que la incorporación de ceniza de totora influye en el desarrollo resistente del concreto, observándose comportamientos diferenciados según el porcentaje de sustitución.

Figura 24

Evolución de f'_c vs periodo de curado del concreto con 95% cemento + 5% ceniza de totora



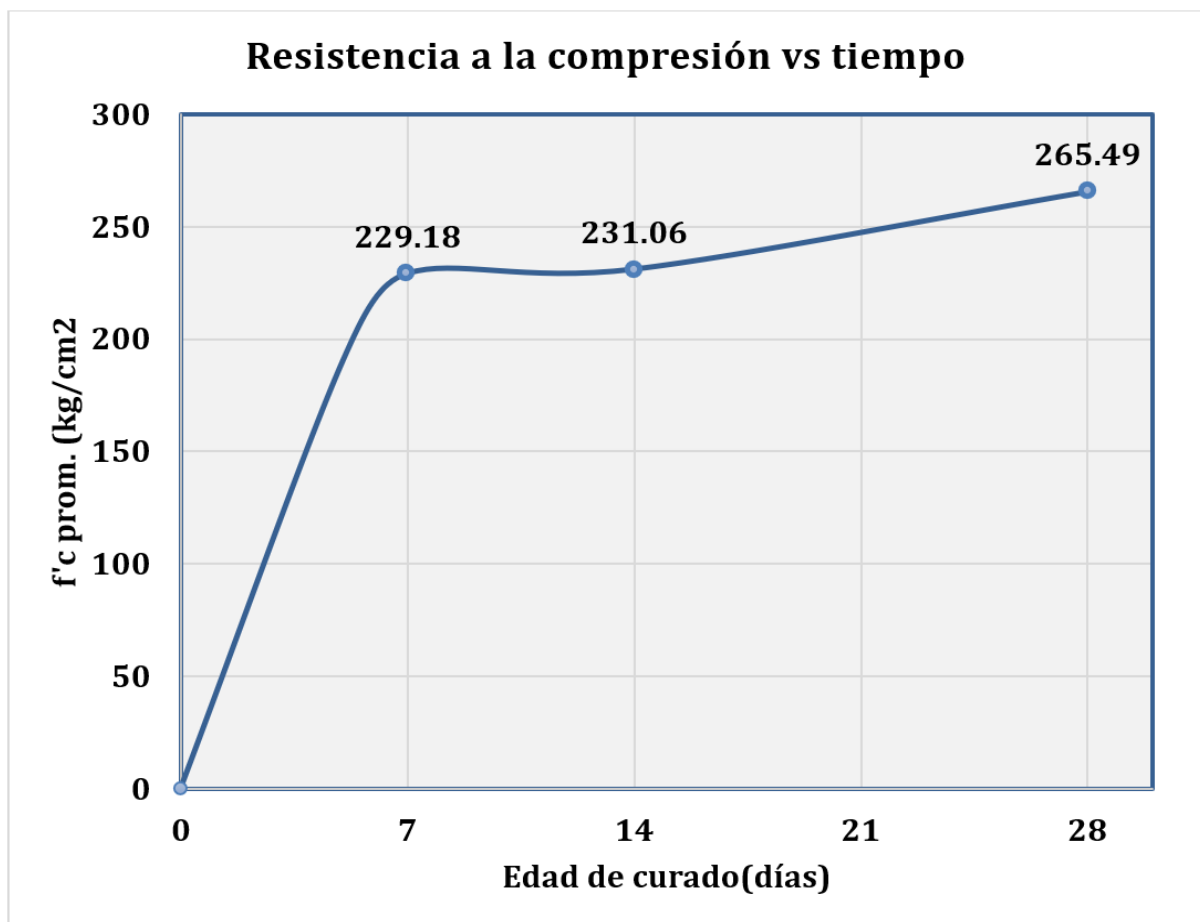
Fuente: Elaboración propia.

La combinación con 5% de ceniza de totora registró a los 7 días una resistencia promedio de 218,33 kg/cm², ese valor representa aproximadamente el 104% del concreto de referencia, lo que indica que el reemplazo parcial no afecta negativamente el desarrollo resistente en edades tempranas. Se alcanzó una resistencia promedio era de 240,49 kg/cm²,

tras los 14 días, lo que supone un 115 % del concreto patrón. Después de 28 días, alcanzó los 267,37 kg/cm², lo que supone un 127 % del concreto base. Estos datos indican que la ceniza de totora, en esta proporción, contribuye positivamente al desarrollo resistente, posiblemente debido a reacciones puzolánicas que se intensifican con el tiempo.

Figura 25

Evolución de f'_c vs periodo de curado del concreto con 92% cemento + 8% ceniza de totora



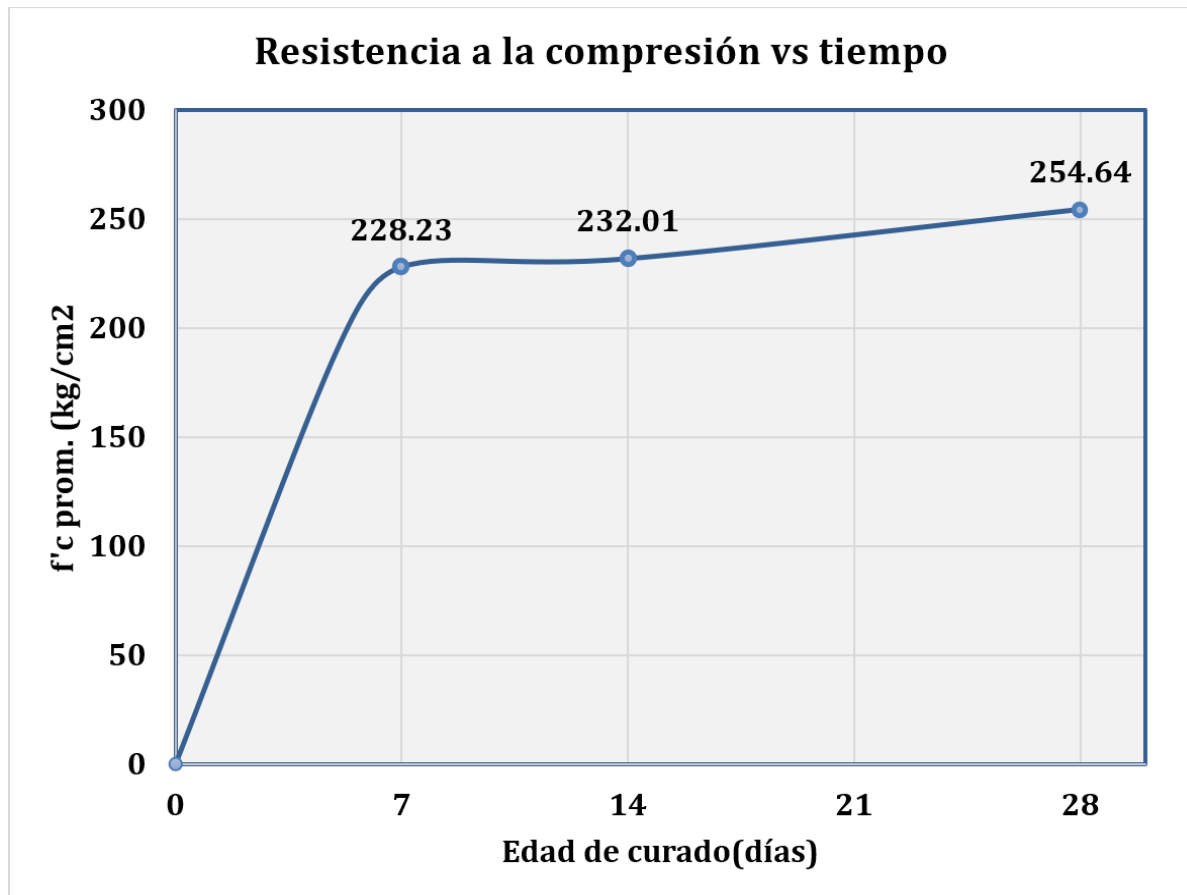
Fuente: Elaboración propia.

La mezcla con 8% de ceniza de totora en un periodo de curado de 7 días, registro una resistencia promedio de 229,18 kg/cm², superando tanto al concreto patrón como a la dosificación con 5% de sustitución. A los 14 días se obtuvo una resistencia de 231.06 kg/cm² (110%), mientras que a los 28 días se alcanzó un promedio de 265.49 kg/cm², equivalente al 126% del concreto patrón. Este comportamiento indica que el 8% de ceniza

de totora mantiene un desempeño mecánico favorable, aunque el incremento de resistencia entre 14 y 28 días es ligeramente menor en comparación con el 5%.

Figura 26

Evolución de $f'c$ vs periodo de curado del concreto con 89% cemento + 11% ceniza de totora



Fuente: Elaboración propia.

Con una sustitución del 11% por ceniza de totora, la mezcla mostró luego de un periodo 7 días la mezcla registró un valor promedio de resistencia de 228,23 kg/cm², cercano al obtenido con el 8%. Al continuar el curado, la resistencia subió a 232,01 kg/cm² a los 14 días, lo que representa el 110% respecto al concreto de referencia. A los 28 días, el valor promedio llegó a 254,64 kg/cm², equivalente al 121% del mismo concreto patrón. Si bien este valor sigue siendo superior al concreto patrón, se observa una reducción del incremento resistente en comparación a dosificaciones con menores porcentajes de

reemplazo, aunque el desempeño final se mantiene por encima del concreto convencional, lo que sugiere la existencia de un límite técnico a partir del cual el reemplazo de cemento comienza a afectar la eficiencia del sistema cementante.

Resistencia a la tracción indirecta

La mezcla con 5% de ceniza de totora en un periodo de 28 días de curado una presento una resistencia a tracción indirecta de 27,59 kg/cm², ligeramente mayor que la del concreto patrón, evidenciando una mejora moderada frente a esfuerzos de tracción

En cuanto a la mezcla con 8% de sustitución alcanzó un valor promedio de resistencia de 24.76 kg/cm², valor que, si bien es inferior al del concreto patrón, se encuentra en un rango aceptable para concretos estructurales de resistencia similar.

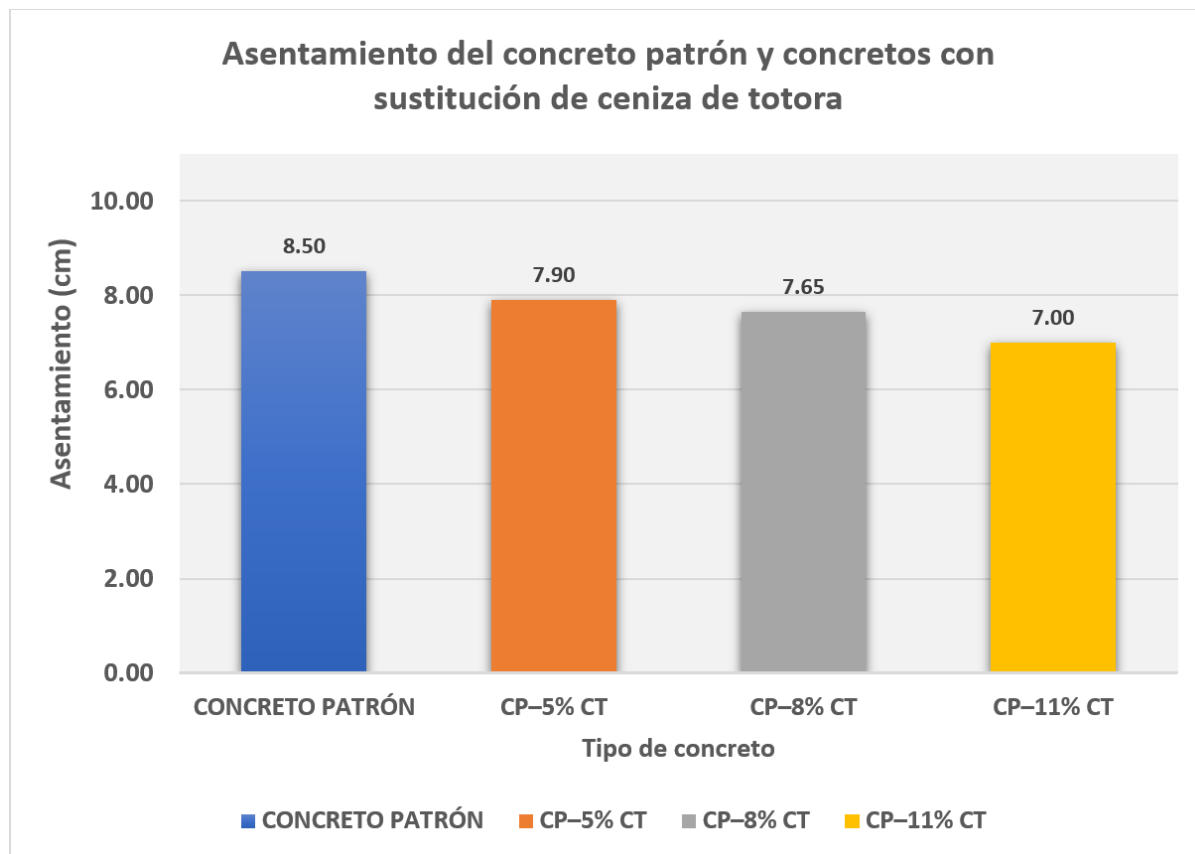
En contraste, la mezcla con 11% de ceniza de totora alcanzó una resistencia promedio de 19.10 kg/cm², evidenciando una disminución significativa de la capacidad a tracción. Este comportamiento puede interpretarse como una consecuencia del mayor reemplazo de cemento, esto significa que las tensiones de tracción no pueden transmitirse adecuadamente, ya que se reduce la cohesión interna de la matriz cementicia.

6.4. Determinación del porcentaje óptimo de sustitución de cemento por ceniza de totora en el concreto estructural

El porcentaje ideal de sustitución se determinó analizando exhaustivamente los resultados de pruebas realizadas tanto en concreto fresco como, considerando como referencia el comportamiento del concreto patrón y comparándolo con las mezclas que incorporaron ceniza de totora en proporciones del 5 %, 8 % y 11 %. El criterio de evaluación se basó en el desempeño estructural, la trabajabilidad y la eficiencia del material.

Figura 27

Comparación del asentamiento del concreto fresco: mezcla control y mezclas con ceniza de totora

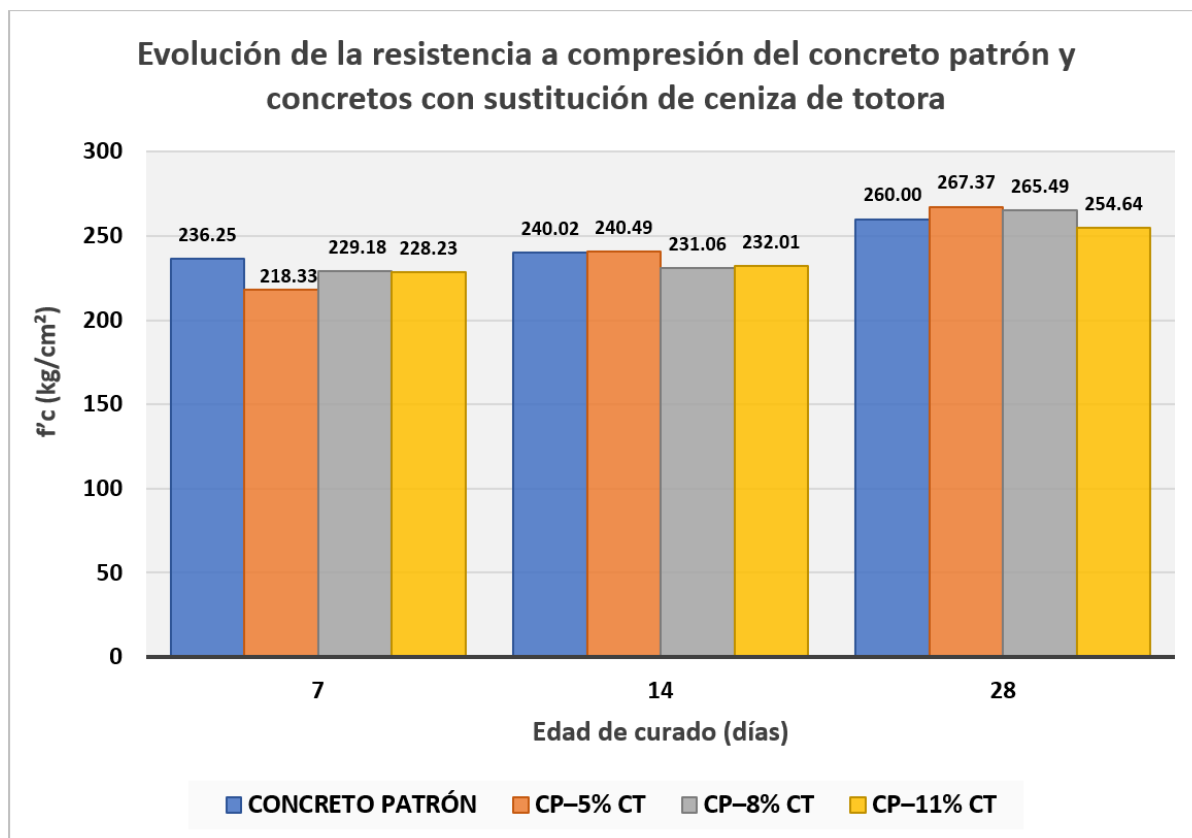


Fuente: Elaboración propia.

En estado fresco, de acuerdo a los ensayos de asentamiento evidenciaron que a mientras más ceniza se usa, la consistencia del concreto disminuye de manera progresiva. No obstante, con 5% de ceniza de totora presentó una disminución moderada del asentamiento respecto al concreto patrón, manteniéndose dentro de rangos adecuados para su colocación y compactación. En cambio, los concretos con 8 % y 11 % mostraron una mayor pérdida de trabajabilidad, lo que podría limitar su aplicación sin la incorporación de aditivos o ajustes en la dosificación.

Figura 28

Comparación de f'_c vs periodo de curado (días): mezcla control y mezclas con CT-5%, CT-8% y CT-11%.

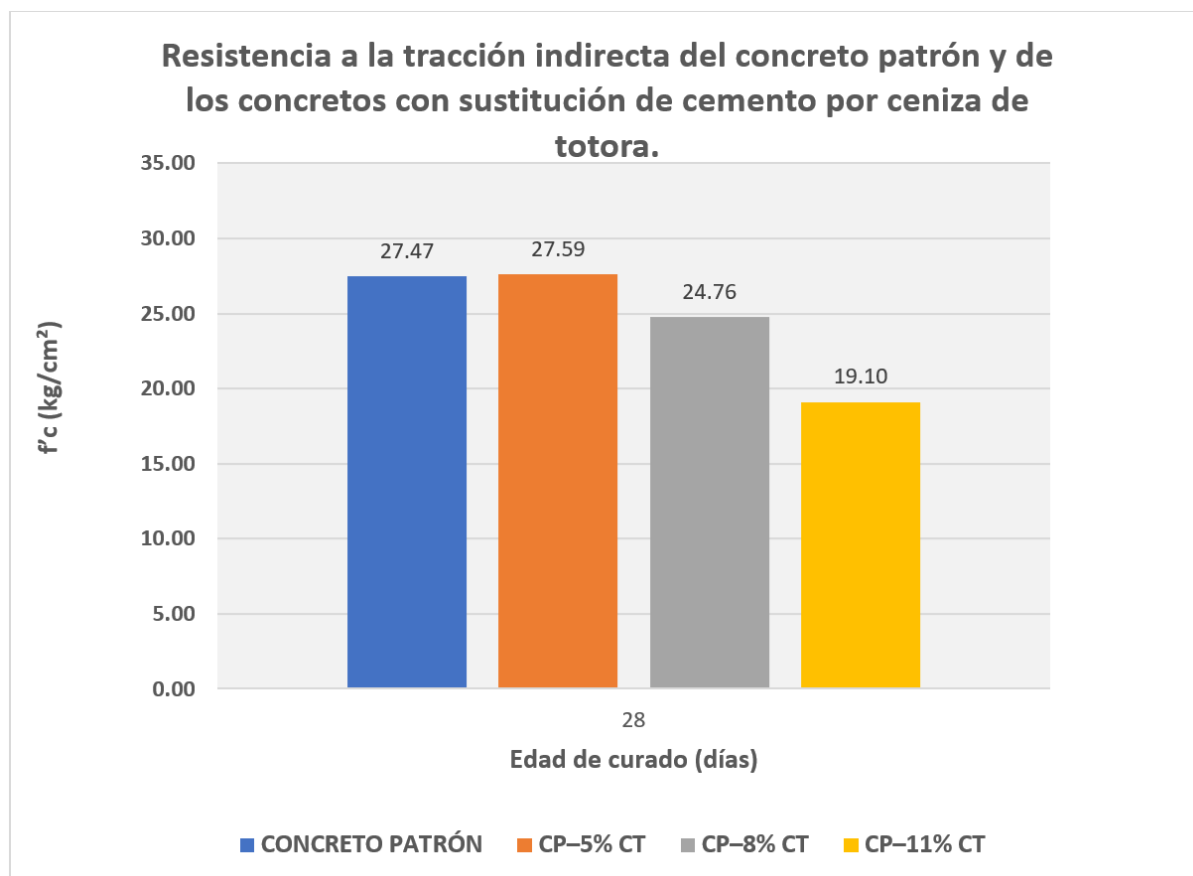


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de compresión en condición endurecida demuestran que, tras 28 días, el valor promedio era mayor para el concreto que tenía un 5 % de sustitución, superando tanto a la mezcla de control como a las mezclas comparativas de concreto evaluadas. Si bien el concreto con 8 % de ceniza de totora también presentó resistencias elevadas, su desempeño fue ligeramente inferior al obtenido con el 5 % de sustitución. Por su parte, el concreto con 11 % mostró resistencias aceptables, aunque con una tendencia a la reducción del desempeño mecánico en comparación con los porcentajes menores.

Figura 29

Comparación de la resistencia a tracción indirecta entre mezcla control y mezclas con CT–5%, CT–8% y CT–11%.



Fuente: Elaboración propia.

La revisión global de los resultados de tracción indirecta confirmó la tendencia observada: el concreto con 5% de sustitución mantuvo un desempeño similar o marginalmente mayor que el control; en cambio, con 8% y 11% presentaron disminuciones progresivas en esta propiedad, siendo más significativa en el mayor porcentaje de sustitución. Este comportamiento evidencia que porcentajes elevados de reemplazo pueden afectar negativamente al concreto en su capacidad tensional.

A partir de la evaluación integral se interpreta que el concreto con 5% ceniza de totora representa el porcentaje óptimo dentro de los rangos evaluados, al ofrecer el mejor equilibrio entre trabajabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y eficiencia del

material. Este porcentaje permite mejorar el desempeño mecánico del concreto sin comprometer sus propiedades físicas, consolidándose como una alternativa técnicamente viable para la incorporación de ceniza de totora como material sustituyente del cemento.

6.5. Viabilidad económica

La evaluación económica de la ceniza de totora se desarrolló con el propósito de estimar su costo unitario de obtención y analizar el impacto de su uso como sustituto parcial del cemento en el costo del concreto. Para cumplir este objetivo, se consideraron los principales componentes del proceso productivo de la ceniza, los cuales incluyen: recolección, transporte de la totora, secado, calcinación, reducción de tamaño (trituración) y tamizado, etapas que condicionan el costo final del material.

En el desarrollo del proceso, la materia prima (totora) fue obtenida sin costo, debido a que se recolectó directamente y no se requirió adquisición del material. Asimismo, las etapas de secado y manejo del material se realizaron con recursos disponibles, sin generar gastos adicionales relevantes.

Un aspecto importante dentro del proceso fue la reducción de tamaño (trituración), la cual se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayos de Materiales y Estructuras, utilizando equipos disponibles, por lo que no se consideró costo por alquiler o compra de maquinaria, ni costos por servicio externo. De manera complementaria, el tamizado también se efectuó en condiciones de laboratorio, como parte del acondicionamiento de la ceniza para su incorporación en la mezcla.

En consecuencia, el gasto económico directo se concentró principalmente en la calcinación, correspondiente al consumo operativo asociado al tratamiento térmico. A partir de este escenario, se consideró un costo unitario de S/ 0,50 por cada kg de ceniza de totora (sin IGV), el cual fue empleado para estimar el efecto del reemplazo parcial del cemento sobre el costo del concreto.

Con este costo unitario se desarrolló el análisis económico del concreto patrón y de los concretos con sustitución parcial del cemento por ceniza de totora en porcentajes de 5 %, 8 % y 11 %, correspondientes a las dosificaciones: 95% cemento + 5% ceniza, 92% cemento + 8% ceniza y 89% cemento + 11% ceniza. El objetivo del análisis fue cuantificar la variación del costo por m³ y complementar la selección del porcentaje óptimo, considerando simultáneamente el desempeño mecánico obtenido en los ensayos.

Tabla 32

Análisis de costo unitario del concreto patrón por m³.

Partida						
Concreto f'c=210 kg/cm²						
Rendimiento	15.0000	m3/día	Eq.	100.0000	costo unitario directo por m3	497.52
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/	Parcial s/	
Mano de obra						
Operario	hh	2.0000	1.0667	26.22	27.97	
Oficial	hh	2.0000	1.0667	20.60	21.97	
Peón	hh	8.0000	4.2667	18.65	79.57	
					129.51	
Materiales						
Cemento portland tipo i	bol		8.7700	33.40	292.92	
Piedra chancada 3/4"	m3		0.6700	63.00	42.21	
Arena gruesa	m3		0.5200	40.00	20.80	
Agua puesta en obra	m3		0.1990	5.00	1.00	
					356.92	
equipos						
Herramientas manuales	%mo		3.0000	129.51	3.89	
Vibrador de concreto 4 hp 1.50"	hm	1.0000	0.5333	6.50	3.47	
Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp)	hm	1.0000	0.5333	7.00	3.73	
					11.09	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la información de la tabla 32, se obtuvo un ACU para el concreto patrón es de S/. 497.52

Tabla 33

Análisis de costo unitario del concreto con 95% cemento + 5% ceniza de totora por m3.

Partida Concreto f'c=210 kg/cm2 con 95% cemento + 5% ceniza de totora						
Rendimiento	15.0000	m3/día	Eq.	100.0000	costo unitario directo por m3	492.15
Descripción recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/ Parcial s/
Mano de obra						
Operario			hh	2.0000	1.0667	26.22 27.97
Oficial			hh	2.0000	1.0667	20.60 21.97
Peón			hh	8.0000	4.2667	18.65 79.57
						129.51
Materiales						
Cemento portland tipo i			bol		8.7700	33.40 292.92
Ceniza de totora			kg		18.640	0.50 9.32
Piedra chancada 3/4"			m3		0.6700	63.00 42.21
Arena gruesa			m3		0.5200	40.00 20.80
Agua puesta en obra			m3		0.1990	5.00 1.00
						351.55
equipos						
Herramientas manuales			%mo		3.0000	129.51 3.89
Vibrador de concreto 4 hp 1.50"			hm	1.0000	0.5333	6.50 3.47
Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp)			hm	1.0000	0.5333	7.00 3.73
						11.09

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la información de la tabla 33, se obtuvo un ACU para concreto f'c=210 kg/cm2 con 95% cemento + 5% ceniza de totora es de S/. 492.15

Tabla 34

Análisis de costo unitario del concreto con 92% cemento + 8% ceniza de totora por m3.

Partida Concreto f'c=210 kg/cm2 con 92% cemento + 8% ceniza de totora						
Rendimiento	15.0000	m3/día	Eq.	100.0000	costo unitario directo por m3	489.05
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/	Parcial s/	
Mano de obra						
Operario	hh	2.0000	1.0667	26.22	27.97	
Oficial	hh	2.0000	1.0667	20.60	21.97	
Peón	hh	8.0000	4.2667	18.65	79.57	
					129.51	
Materiales						
Cemento portland tipo i	bol		8.0700	33.40	269.54	
Ceniza de totora	kg		29.820	0.50	14.91	
Piedra chancada 3/4"	m3		0.6700	63.00	42.21	
Arena gruesa	m3		0.5200	40.00	20.80	
Agua puesta en obra	m3		0.1990	5.00	1.00	
					348.45	
equipos						
Herramientas manuales	%mo		3.0000	129.51	3.89	
Vibrador de concreto 4 hp 1.50"	hm	1.0000	0.5333	6.50	3.47	
Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp)	hm	1.0000	0.5333	7.00	3.73	
					11.09	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la información de la tabla 34, se obtuvo un ACU para concreto f'c=210 kg/cm2 con 92% cemento + 8% ceniza de totora es de S/. 489.05

Tabla 35

Análisis de costo unitario del concreto con 89% cemento + 11% ceniza de totora por m³.

Partida Concreto f'c=210 kg/cm2 con 89% cemento + 11% ceniza de totora						
Rendimiento	15.0000	m3/día	Eq.	100.0000	costo unitario directo por m3	485.62
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/	Parcial s/	
Mano de obra						
Operario	hh	2.0000	1.0667	26.22	27.97	
Oficial	hh	2.0000	1.0667	20.60	21.97	
Peón	hh	8.0000	4.2667	18.65	79.57	
					129.51	
Materiales						
Cemento portland tipo i	bol		7.8000	33.40	260.52	
Ceniza de totora	kg		41.0000	0.50	20.50	
Piedra chancada 3/4"	m3		0.6700	63.00	42.21	
Arena gruesa	m3		0.5200	40.00	20.80	
Agua puesta en obra	m3		0.1990	5.00	1.00	
					345.03	
equipos						
Herramientas manuales	%mo		3.0000	129.51	3.89	
Vibrador de concreto 4 hp 1.50"	hm	1.0000	0.5333	6.50	3.47	
Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp)	hm	1.0000	0.5333	7.00	3.73	
					11.09	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la información de la tabla 35, se obtuvo un ACU para concreto f'c=210 kg/cm2 con 89% cemento + 11% ceniza de totora es de S/. 485.62

Tabla 36

Costo unitario y ahorro económico del concreto con sustitución parcial de cemento por ceniza de totora (1 m³)

Tipo de concreto	Unidad	Costo en S/.	Ahorro vs Patrón S/.
Concreto patrón	1m3	497.52	0.00
Cemento 95% + ceniza de totora 5%	1m3	492.15	5.37

Cemento 92% + ceniza de totora 8%	1m3	489.05	8.47
Cemento 89% + ceniza de totora 11%	1m3	485.62	11.90

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 36 presenta la comparación del costo unitario por 1 m³ de concreto para la mezcla patrón y para las mezclas con sustitución parcial del cemento por ceniza de totora. Se observa una disminución progresiva del costo conforme aumenta el porcentaje de sustitución: el concreto patrón registra S/ 497.52/m³, mientras que las mezclas con 5%, 8% y 11% alcanzan S/ 492.15, S/ 489.05 y S/ 485.62/m³, respectivamente. En términos de ahorro frente al patrón, los valores obtenidos corresponden a S/ 5.37, S/ 8.47 y S/ 11.90 por m³, lo que evidencia que la incorporación de ceniza de totora reduce el costo directo del concreto dentro del rango evaluado.

No obstante, la selección del porcentaje óptimo no debe sustentarse únicamente en el menor costo, sino en el balance entre desempeño estructural y eficiencia económica. Bajo este criterio, el reemplazo del 5% constituye la alternativa más conveniente, ya que combina una reducción de costo frente al patrón con el mejor comportamiento estructural obtenido en los ensayos, manteniendo una trabajabilidad aceptable del concreto en estado fresco. Por el contrario, aunque porcentajes mayores pueden reflejar un ahorro ligeramente superior, también pueden asociarse a una disminución de la trabajabilidad, lo que en aplicaciones reales podría implicar ajustes adicionales en obra (mayor control de colocación, compactación o incorporación de aditivos), afectando el costo final del proceso constructivo.

7. CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Se concluye que el objetivo general de la investigación fue cumplido, ya que se logró evaluar de manera experimental la influencia de la ceniza de totora como sustituto parcial del cemento Portland en las propiedades físicas y mecánicas del concreto estructural, obteniéndose resultados que demuestran su viabilidad técnica bajo condiciones controladas.

Los objetivos específicos fueron alcanzados, debido a que se caracterizaron adecuadamente los agregados, se evaluó el desempeño del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de totora en distintos porcentajes, así como el comportamiento del concreto de referencia (patrón), lo cual permitió contribuir al cumplimiento de los objetivos específicos.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la hipótesis planteada se valida parcialmente, ya que la incorporación de ceniza de totora influyó significativamente en las propiedades del concreto estructural, evidenciando que ciertos porcentajes de sustitución presentan un comportamiento más favorable que otros.

Se determinó que los resultados permitieron establecer existe relación directa entre la proporción de sustitución de cemento por ceniza de totora y las propiedades del concreto estructural, siendo el nivel de reemplazo un factor determinante en la resistencia mecánica y el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido.

Finalmente, el análisis económico evidencia que la sustitución parcial del cemento por ceniza de totora reduce el costo unitario del concreto respecto a la mezcla patrón. En el rango evaluado, el costo disminuye progresivamente a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo, generando ahorros por m³ frente al patrón. No obstante, al integrar el criterio económico con el desempeño mecánico obtenido en laboratorio, el 5%

de sustitución se identifica como la alternativa más conveniente, ya que logra ahorro económico sin comprometer el comportamiento estructural, constituyéndose en el mejor equilibrio técnico—económico para la aplicación en concreto estructural.

7.2. Recomendaciones

Se recomienda un reemplazo parcial del 5% del cemento por ceniza de totora en concreto estructural, dado que este nivel de reemplazo presentó un adecuado desempeño mecánico, sin generar variaciones relevantes en la trabajabilidad ni en la resistencia a la tracción indirecta.

Para aplicaciones prácticas que consideren porcentajes de sustitución superiores al 5%, para contrarrestar la reducción de trabajabilidad observada en el concreto fresco y asegurar una adecuada colocación y compactación del material, se sugiere evaluar la incorporación de aditivos plastificantes o superplastificantes.

Se recomienda realizar investigaciones complementarias orientadas a evaluar la durabilidad del concreto con ceniza de totora, considerando parámetros como absorción, permeabilidad, carbonatación y resistencia frente a agentes agresivos, a fin de ampliar el conocimiento sobre su comportamiento a largo plazo en diferentes condiciones ambientales.

Se recomienda para futuras investigaciones, se analice de manera detallada el efecto del porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de totora sobre las propiedades del concreto estructural, considerando distintos niveles de reemplazo y su influencia en la resistencia mecánica y el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido, así como su aplicación en concretos de mayores resistencias específicas.

Finalmente se recomienda como material alternativo la utilización de la ceniza de totora como material alternativo en la elaboración de concreto, especialmente en la región de Chiclayo, Lambayeque, fomentando su aprovechamiento como recurso local. Con el fin de reducir el consumo de cemento Portland y contribuir al desarrollo de prácticas constructivas más sostenibles.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A. García Meseguer, F. M. (2009). Jiménez Montoya Hormigón armado. Barcelona: Gustavo Gili.
- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. San Marcos.
- Aguirre Ronaldinno, G. K. (2023). *Influencia de las cenizas de totora y tuna en las propiedades de la subrasante del Jr. Amazonas, Huánuco 2023* [Tesis de título profesional, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. From <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/133636>
- Arias, F. (2012). *Introducción a la metodología científica* (6.a ed). Episteme. Recuperado de <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Apaza Chayña, A. U. (2022). *Influencia de la ceniza de totora y fibra de stipa ichu en las propiedades físicas - mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Puno - 2022* [Tesis de título profesional, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. From <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103138>
- Cemento Pacasmayo. (st). From <https://www.cementospacasmayo.com.pe/operaciones/plantas-de-concreto>
- Chambi Condori, F. G. (2022). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto sustituyendo con ceniza de totora en la provincia de Azángaro* [Tesis de título profesional, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. From <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90077>
- Correa Yheral, M. J. (2023). *Influencia de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades mecánicas del concreto $F'c 280 \text{ kg/cm}^2$, Lambayeque* [Tesis de título profesional, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. From

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/129105>

Eliu, R. (2024). *Mejoramiento del diseño de concreto no estructural con incorporación de ceniza de cascarilla de arroz, Lambayeque 2023* [Tesis de título profesional, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional. From <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/13227>

González Ramón, E. M. (2020). *Revalorización de la totora como material de construcción* [Trabajo de fin de Máster, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio Institucional. From <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/179406>

Graves, C. (2000). *La papa, tesoro de los Andes, de la agricultura a la cultura*. Lima: Centro Internacional de la papa.

Guzman, D. S. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Huaylla Quispe, E. O. (2022). *Adición de ceniza de totora para mejorar las propiedades del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ del pavimento rígido de la avenida Tacna, Puno 2022* [Tesis de título profesional, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional. From <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/101932>

Indo, F. I. (2024). *Desarrollo de una metodología para calcular las emisiones de CO₂ del hormigón para empresa de hormigón premezclado* [Tesis de título profesional, Universidad de Chile]. Repositorio institucional, Chile. From <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/199741>

INEI. (2024, junio 01). *Consumo interno de cemento se incrementó 7,46%*. From Instituto Nacional de Estadísticas e informática: <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-n-084-2024-inei.pdf>

Instituto Nacional de Calidad. (2019). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2020). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos de los agregados*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2020). NTP 400.021: *Agregados. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2021). *AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2021). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2021). *CONCRETO. Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado. Método de ensayo*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2021). NTP 400.012: *Agregados. Determinación del análisis granulométrico (por tamizado)*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2022). *CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2022). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica*. Lima.

Instituto Nacional de Calidad. (2024). *AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo*. LIMA.

- Kajaste, R., & Hurme, M. (2016). *Cement industry greenhouse gas emissions – management. Journal of Cleaner Production*, 4041-4052.
- Kerly Aquino, E. L. (n.d.). *Influencia de las cenizas de totora reciclada y cal en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en zonas andinas, Junín, 2023* [Tesis de título profesional, Universidad Continental]. Repositorio Institucional.
- Kosmatka, S. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Portland Cement Association.
- Kumar Mehta, P. M. (2014). *Concreto estructura, propiedades y materiales*. Imcyc.
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P. (2009). *Materiales para Ingeniería Civil*. España: Prentice Hall.
- Matallana, R. (2019). *El Concreto Fundamentos Y Nuevas Tecnologías*. Medellín: International Standard Book Number.
- Md., S. (2008). *Desarrollo de hormigón autocompactante de alto rendimiento que incorpora ceniza de cascarilla de arroz* [Tesis de Doctorado, University of Waterloo]. Repositorio Institucional. From <https://uwspace.uwaterloo.ca/items/48946c6c-e2ea-491e-9feb-9668166e740f>
- MINAM. (2019, Septiembre 05). *Ministerio del Ambiente prepublica los Límites Máximos Permisibles para la industria del cemento y cal*. From Ministerio del Ambiente en Perú: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/ministerio-ambiente-prepublica-limites-maximos-permisibles-industria>
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2019). *Norma e.o60 concreto armado*. Lima.
- Neville, A. (2012). *Tecnología del concreto*. Imcyc.

Pasquel, E. (1993). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Colección del Ingeniero civil.

Rasoul, B. (2018). *Efecto de las cenizas de cáscara de arroz sobre las propiedades mecánicas y durabilidad del hormigón* [Tesis de doctorado, University of Brighton].

Repositorio

Institucional.

From

https://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/5927918/PhD_Thesis.docx_re_sized_to_print.pdf

Rivera, G. (2002). *Concreto simple*. Cauca: Universidad del Cauca.

Rivva, E. (2004). *Naturaleza y materiales de concreto*. Instituto de Construcción y Gerencia.

Romero, M. Á., León, C. R., Hoces, W. B., Carrasco, R. M., Carranza, C. P., & Acobo, R. Y. (2023). *Metodología de la investigación*. Puno: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.

Rosa, R. (2024). *Estabilización de suelos incorporando cenizas de cascarilla de arroz, Lambayeque 2020* [Tesis de título profesional, Universidad Señor de Sipán].

Repositorio

Institucional.

From

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/13728>

9. ANEXOS

9.1. ANEXO A: Registros de laboratorio de ensayos de materiales

a. Resultados de los ensayos de las Propiedades Físicas de los Agregados



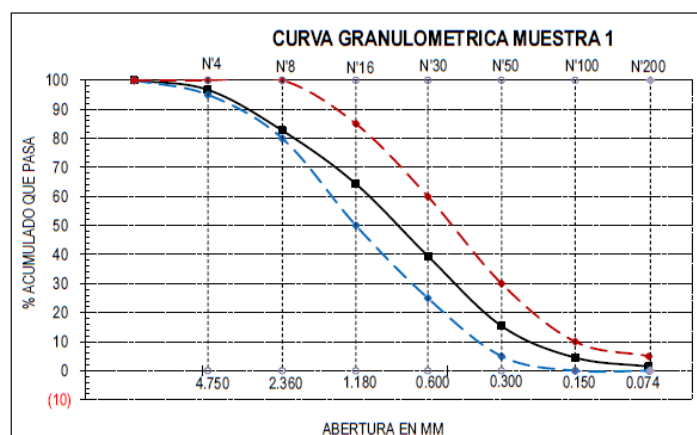
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO MUESTRA 1

PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE, 2025	PROCEDENCIA:	LA VICTORIA-PATAPO

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO							
Peso seco inicial de la muestra			1000.00	gr.	Norma:	N.T.P.400.037	
Tamiz		Peso	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.	Retenido				Mínimo	Máximo
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	33.00	3.30	3.30	96.70	95.00	100.00
Nº 08	2.36	140.00	14.00	17.30	82.70	80.00	100.00
Nº 16	1.18	184.00	18.40	35.70	64.30	50.00	85.00
Nº 30	0.60	248.00	24.80	60.50	39.50	25.00	60.00
Nº 50	0.30	241.00	24.10	84.60	15.40	5.00	30.00
Nº 100	0.15	109.00	10.90	95.50	4.50	0.00	10.00
Nº 200	0.075	31.00	3.10	98.60	1.40	0.00	5.00
Platillo		14.00	1.40	100.00	0.00		
Peso total(gr.)			1000.00				
Abertura de malla de referencia			9.50	Módulo de Fineza		2.97	



Observaciones:
.- Normativa
NTP 400.012. Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino.



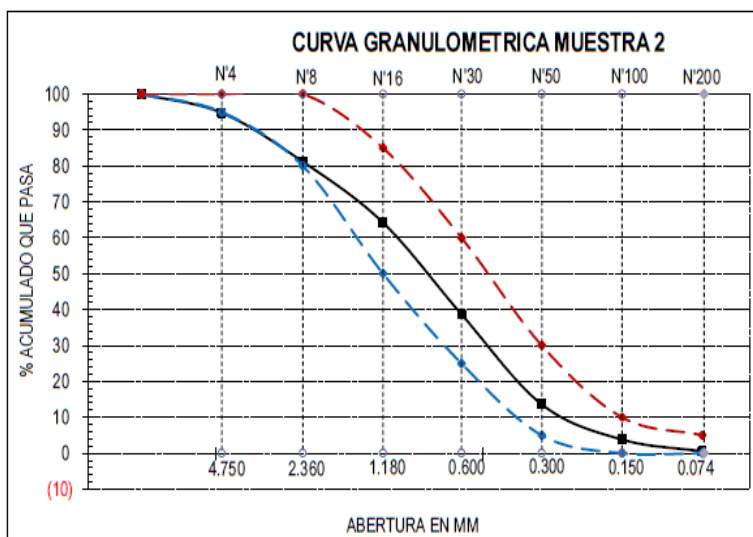
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO MUESTRA 2

PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE, 2025	PROCEDENCIA:	LA VICTORIA-PATAPO

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO							
Peso seco inicial de la muestra			1000.00	gr.	Norma:	N.T.P.400.037	
Tamiz		Peso	% Retenido	% Acumul.	% Acumul.	Especificaciones	
pulg.	mm.	Retenido		Retenido	Que Pasa	Minimo	Maximo
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	52.00	5.20	5.20	94.80	95.00	100.00
Nº 08	2.36	136.00	13.60	18.80	81.20	80.00	100.00
Nº 16	1.18	170.00	17.00	35.80	64.20	50.00	85.00
Nº 30	0.60	255.00	25.50	61.30	38.70	25.00	60.00
Nº 50	0.30	251.00	25.10	86.40	13.60	5.00	30.00
Nº 100	0.15	98.00	9.80	96.20	3.80	0.00	10.00
Nº 200	0.075	33.00	3.30	99.50	0.50	0.00	5.00
Platillo		5.00	0.50	100.00	0.00		
Peso total(gr.)			1000.00	Módulo de Fineza			3.04
Abertura de malla de referencia			9.50				



Observaciones:
 - Normativa
 NTP 400.012. Agregados. Analisis granulometrico del agregado fino.



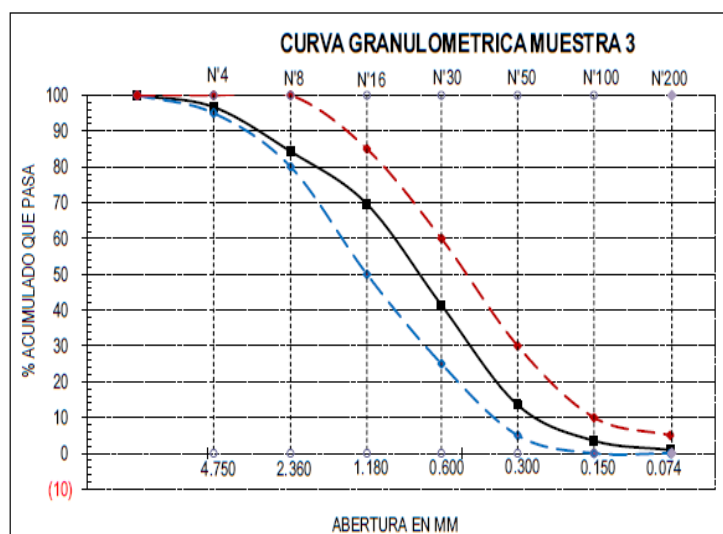
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO MUESTRA 3

PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE,2025	PROCEDENCIA:	LA VICTORIA-PATAPO

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO							
Peso seco inicial de la muestra			1000.00	gr.	Norma:	N.T.P.400.037	
Tamiz		Peso	% Retenido	% Acumul.	% Acumul.	Especificaciones	
pulg.	mm.	Retenido		Retenido	Que Pasa	Minimo	Maximo
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	33.00	3.30	3.30	96.70	95.00	100.00
Nº 08	2.36	124.00	12.40	15.70	84.30	80.00	100.00
Nº 16	1.18	147.00	14.70	30.40	69.60	50.00	85.00
Nº 30	0.60	282.00	28.20	58.60	41.40	25.00	60.00
Nº 50	0.30	279.00	27.90	86.50	13.50	5.00	30.00
Nº 100	0.15	100.00	10.00	96.50	3.50	0.00	10.00
Nº 200	0.075	26.00	2.60	99.10	0.90	0.00	5.00
Platillo		9.00	0.90	100.00	0.00		
Peso total(gr.)			1000.00	Módulo de Fineza			2.91
Abertura de malla de referencia			9.50				



Observaciones:
.- Normativa
NTP 400.012. Agregados. Analisis granulometrico del agregado fino.

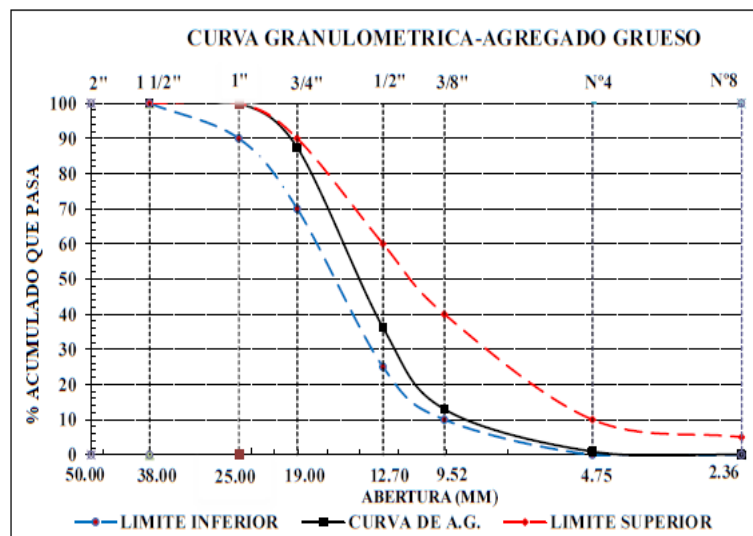


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO MUESTRA 1			
PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
SOLICITANTE:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE, 2025	PROCEDENCIA	TRES TOMAS-FERREÑAFE

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO							
Peso seco inicial de la muestra		5000.00	gr.	Norma:	N.T.P. 400.037		
Tamiz		Peso	%	% Acumul.	% Acumul.	Especificaciones	
pulg.	mm.	Retenido	Retenido	Retenido	Que Pasa	Minimo	Maximo
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	95.0	100.0
3/4"	19.00	630.0	12.6	12.6	87.4	-	-
1/2"	12.70	2562.0	51.2	63.8	36.2	25.0	60.0
3/8"	9.52	1160.0	23.2	87.0	13.0	-	-
Nº 04	4.75	602.0	12.0	99.1	0.9	0.0	10.0
Nº 08	2.36	46.0	0.9	100.0	0.0	0.0	5.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	-	-
Peso total (gr.)		5000.00					
Tamaño Maximo			1"	Tamaño Maximo Nominal		3/4"	



.- Normativa
 NTP 400.012. Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso



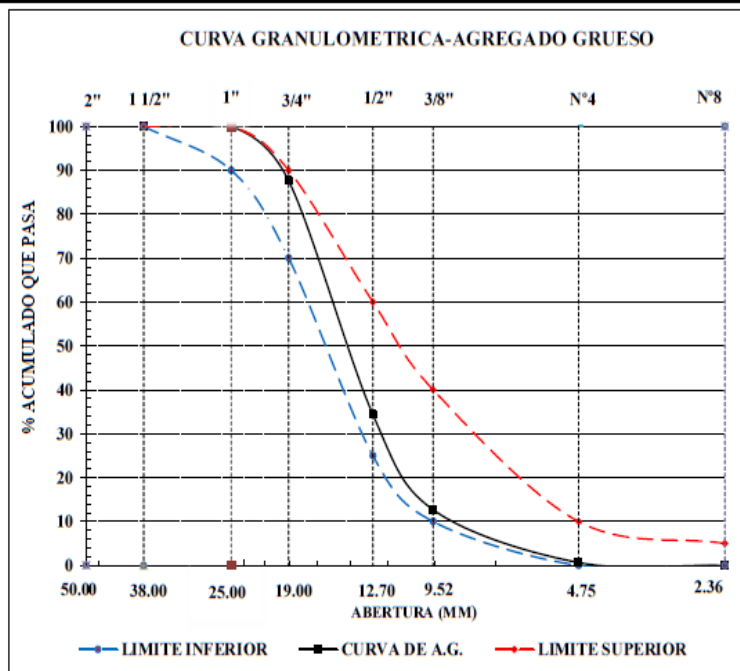
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO
MUESTRA 2

PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
SOLICITANTE:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE, 2025	PROCEDENCIA	TRES TOMAS-FERREÑAFE

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO							
Peso seco inicial de la muestra		5000.00	gr.	Noma:	N.T.P.400.037		
Tamiz		Peso	%	% Acumul.	% Acumul.	Especificaciones	
pulg.	mm.	Retenido	Retenido	Retenido	Que Pasa	Minimo	Maximo
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	95.0	100.0
3/4"	19.00	619.0	12.4	12.4	87.6	-	-
1/2"	12.70	2663.0	53.3	65.6	34.4	25.0	60.0
3/8"	9.52	1084.0	21.7	87.3	12.7	-	-
Nº 04	4.75	601.0	12.0	99.3	0.7	0.0	10.0
Nº 08	2.36	33.0	0.7	100.0	0.0	0.0	5.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	-	-
Peso total (gr.)		5000.00					
Tamaño Máximo		1"		Tamaño Máximo Nominal		3/4"	



Normativa

NTP 400.012. Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso

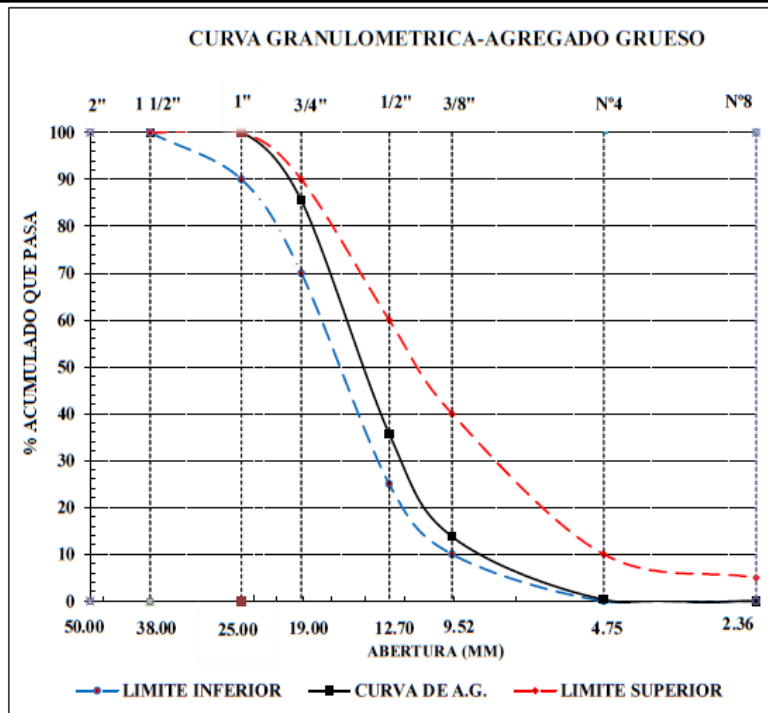


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO MUESTRA 3			
PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
SOLICITANTE:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE,2025	PROCEDENCIA	TRES TOMAS-FERREÑAÑE

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO							
Peso seco inicial de la muestra		5000.00	gr.	Norma:	N.T.P.400.037		
Tamiz		Peso	%	% Acumul.	% Acumul.	Especificaciones	
pulg.	mm.	Retenido	Retenido	Retenido	Que Pasa	Mínimo	Máximo
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	95.0	100.0
3/4"	19.00	725.0	14.5	14.5	85.5	-	-
1/2"	12.70	2489.0	49.8	64.3	35.7	25.0	60.0
3/8"	9.52	1098.0	22.0	86.2	13.8	-	-
Nº 04	4.75	672.0	13.4	99.7	0.3	0.0	10.0
Nº 08	2.36	16.0	0.3	100.0	0.0	0.0	5.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	-	-
Peso total(gr.)		5000.00					
Tamaño Máximo			1"	Tamaño Máximo Nominal		3/4"	



Normativa

NTP 400.012. Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO			
PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
SOLICITANTE:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE,2025	PROCEDENCIA	PATATO / TRES TOMAS

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

DATOS DE ENSAYO		
MATERIALES	Und	VALOR
P. FRASCO + SUELO HUMEC	gr.	6546
FRASCO + SUELO SECO	gr.	6401
PESO DEL AGUA	gr.	145
PESO DEL FRASCO	gr.	538
PESO DEL SUELO SECO	gr.	5863
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	2.47%



CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

DATOS DE ENSAYO		
MATERIALES	Und	VALOR
FRASCO + SUELO HUMEDO	gr.	10263
FRASCO + SUELO SECO	gr.	10222
PESO DEL AGUA	gr.	41
PESO DEL FRASCO	gr.	438
PESO DEL SUELO SECO	gr.	9784
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	0.42%



.- Normativa

NTP 339.185. Agregados.Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados finos por secado
 NTP 339.185. Agregados.Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados gruesos por secado



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD		
	SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE,2025	PROCEDENCIA	LA VICTORIA-PATAPO

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE MASA			
MATERIALES			
Peso del Matraz	gr.		222
Peso de la muestra +P. del matraz + agua	gr.		1019
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.		500
Va:Peso o Volumen del Agua añadida	cm3		297
Wo:Peso de la muestra seca al horno	gr.		495
V:Peso o Vol. Del frasco volumetrico	cm3		500
CALCULOS			
Peso especifico de masa del agregado fino $= (W_o / V - V_a) * 100$	g/cm3		2.44
Absorción del agregado fino $= (500 - W_o / W_o) * 100$	%		1.01
RESULTADOS			
PESO ESPECIFICO DE MASA DEL AGREGADO FINO	g/cm3		2.44
GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	%		1.01

- Normativa

NTP 400.021. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE, 2025	PROCEDENCIA	TRES TOMAS-FERREÑAFE

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE MASA

DATOS		
A =Peso de la muestra seca al horno =	gr.	5000
B=Peso de la muestra saturada con superficie seca	gr.	5044
C =Peso de la muestra sumergida	gr.	3150
CALCULOS		
Peso específico de masa $= (A/B - C) * 100$	g/cm ³	2.64
Absorción del agregado grueso $= (B-A/A) * 100$	%	0.88
RESULTADOS		
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO	g/cm ³	2.64
GRADO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	%	0.88

.- Normativa

NTP 400.021. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO			
PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
SOLICITANTE:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD		
	SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
ESTRUCTURA:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE, 2025	PROCEDENCIA:	LA VICTORIA-PATAPO

PESO UNITARIO SECO SUELTO					
DATOS	Und	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	12016	12013	12021	12017
Peso del molde	g	8908	8908	8908	8908
Peso de la muestra	g	3108	3105	3113	3109
Volumen del molde	cm ³	2138	2138	2138	2138
Peso Volumétrico seco suelto	kg/m ³	1454	1452	1456	1454

PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS	Und	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	12420	12440	12400	12420
Peso del molde	g	8908	8908	8908	8908
Peso de la muestra	g	3512	3532	3492	3512
Volumen del molde	cm ³	2138	2138	2138	2138
Peso Volumétrico compactado	kg/m ³	1643	1652	1633	1643

RESULTADOS		
PESO UNITARIO SUELTO SECO	Kg/m ³	1454
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³	1643

.- Normativa

NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso unitario suelto y compactado del agregado fino.
fino



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO			
PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD		
	SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA ENSAYO:	NOVIEMBRE,2025	PROCEDENCIA:	LA VICTORIA-PATAPO

PESO UNITARIO SECO SUELTO					
DATOS	Und	Valor	2	3	PROM.
Peso de la muestra + molde	gr.	29589	29562	29612	29588
Peso del molde	gr.	9720	9720	9720	9720
Peso de la muestra	gr.	19869	19842	19892	19868
Volumen del molde	cm ³	14100	14100	14100	14100
Peso unitario seco suelto	kg/m ³	1409	1407	1411	1409

PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS	Und	Valor	2	3	PROM.
Peso de la muestra + molde	gr.	31610	31622	31591	31608
Peso del molde	gr.	9720	9720	9720	9720
Peso de la muestra	gr.	21890	21902	21871	21888
Volumen del molde	cm ³	14100	14100	14100	14100
Peso unitario compactado	kg/m ³	1552	1553	1551	1552

RESULTADOS		
PESO UNITARIO SUELTO SECO	Kg/m3	1409
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1552

.- Normativa

NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.
fino

b. Diseño de mezcla teórico

Diseño teórico de la mezcla – Mezcla 1 (a/c = 0.51)



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA:	NOVIEMBRE, 2025	f'c DISEÑO (kg/cm²):	210

DATOS		MATERIALES			
f'c DISEÑO (Kg/cm ²)	210	CEMENTO	1		
ESTRUCTURA	VARIOS	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)		
		ADITIVOS	---		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"- 4")	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
AIRE INCORPORADO	NO	P. ESPECÍFICO DE MASA	gr/cm ³	2.44	2.64
EXPOSICIÓN A INTERPERIE	NO PRECISA	% DE ABSORCIÓN	%	1.01	0.88
OBSERVACIONES	NINGUNA	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.47	0.42
		MÓDULO DE FINEZA	-	2.97	---
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"	---	3/4"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m ³	1643	1552
		P. UNIT. SUELTO	kg/m ³	1454	1409

PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	f'cr	=	294	kg/cm ²
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.51	
AGUA DE MEZCLADO		=	205	lt/m ³
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	2.0	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	9.5	bol/m ³
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	936.30	kg/m ³

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	=	0.129	m ³
AGUA	=	0.205	m ³
AIRE	=	0.020	m ³
A. GRUESO	=	0.355	m ³
TOTAL	=	0.709	m ³

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.291	m ³
PESO SECO:	710.79	kg/m ³

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	401.96	kg/m ³
AGUA DE DISEÑO :	205.00	lt
A. FINO SECO :	710.79	kg/m ³
A. GRUESO SECO :	936.30	kg/m ³

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS		
A. FINO HUMEDO	728.37	kg/m ³
A. GRUESO HUMEDO	940.23	kg/m ³
HUMEDAD SUPERFICIAL		
A. FINO	1.46	%
A. GRUESO	-0.46	%
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
A. FINO	10.40	lt/m ³
A. GRUESO	-4.32	lt/m ³
AGUA EFECTIVA	198.92	lt

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	401.96	kg/m ³
AGUA EFECTIVA	198.92	lt
A. FINO HUMEDO	728.37	kg/m ³
A. GRUESO HUMEDO	940.23	kg/m ³

RESULTADOS

PROPORCIÓN EN PESO
 PROPORCIÓN EN VOLUMEN

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
1.00	1.81	2.34	21.0	lt/bol
1.00	1.87	2.49	21.0	lt/bol

Diseño teórico de la mezcla – Mezcla 2 ($a/c = 0.56$)



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"			
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE			
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.			
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL			
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE			
FECHA:	NOVIEMBRE, 2025		f'c DISEÑO (kg/cm2):	210
DATOS		MATERIALES		
f'c DISEÑO (Kg/cm2)	210	CEMENTO	1	
ESTRUCTURA	VARIOS	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)	
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"- 4")	ADITIVOS	---	
AIRE INCORPORADO	NO	ENSAYO	UND	A. FINO A. GRUESO
EXPOSICION A INTERPERIE	NO PRECISA	P. ESPECÍFICO DE MASA	gr/cm3	2.44 2.64
OBSERVACIONES	NINGUNA	% DE ABSORCIÓN	%	1.01 0.88
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.47 0.42
		MÓDULO DE FINEZA	-	2.97 ---
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"	--- 3/4"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m3	1643 1552
		P. UNIT. SUELTO	kg/m3	1454 1409

PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	f'cr	=	294	kg/cm2
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.56	
AGUA DE MEZCLADO		=	205	lt/m3
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	2.0	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	8.6	bol/m3
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	936.30	kg/m3

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	=	0.117	m3
AGUA	=	0.205	m3
AIRE	=	0.020	m3
A. GRUESO	=	0.355	m3
TOTAL	=	0.697	m3

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.303	m3
PESO SECO:	738.84	kg/m3

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	366.07	kg/m3
AGUA DE DISEÑO :	205.00	lt
A. FINO SECO :	738.84	kg/m3
A. GRUESO SECO :	936.30	kg/m3

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS		
A. FINO HUMEDO	757.11	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	940.23	kg/m3
HUMEDAD SUPERFICIAL		
A. FINO	1.46	%
A. GRUESO	-0.46	%
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
A. FINO	10.81	lt/m3
A. GRUESO	-4.32	lt/m3
AGUA EFECTIVA	198.51	lt

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	366.07	kg/m3
AGUA EFECTIVA	198.51	lt
A. FINO HUMEDO	757.11	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	940.23	kg/m3

RESULTADOS

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
PROPORCION EN PESO	1.00	2.07	2.57	23.0	lt/bol
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	2.14	2.74	23.0	lt/bol

Diseño teórico de la mezcla – Mezcla 3 ($a/c = 0.61$)



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	"CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO – LAMBAYEQUE, 2025"		
UBICACIÓN:	PROVINCIA: CHICLAYO - DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE		
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.		
TESISTAS:	QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL		
LABORATORIO:	DE ENSAYOS DE MATERIALES Y DE ESTRUCTURAS -FICSA-UNPRG-LAMBAYEQUE		
FECHA:	NOVIEMBRE, 2025	f'c DISEÑO (kg/cm ²):	210

DATOS		MATERIALES			
f'c DISEÑO (Kg/cm ²)	210	CEMENTO	1		
ESTRUCTURA	VARIOS	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)		
		ADITIVOS	---		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"- 4")	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
AIRE INCORPORADO	NO	P. ESPECÍFICO DE MASA	gr/cm ³	2.44	2.64
EXPOSICIÓN A INTERPERIE	NO PRECISA	% DE ABSORCIÓN	%	1.01	0.88
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.47	0.42
OBSERVACIONES	NINGUNA	MODULO DE FINEZA	-	2.97	---
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"	---	3/4"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m ³	1643	1552
		P. UNIT. SUELTO	kg/m ³	1454	1409

PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	f'cr	=	294	kg/cm ²
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.61	
AGUA DE MEZCLADO		=	205	lt/m ³
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	2.0	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	7.9	bol/m ³
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	936.30	kg/m ³

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	=	0.108	m ³
AGUA	=	0.205	m ³
AIRE	=	0.020	m ³
A. GRUESO	=	0.355	m ³
TOTAL	=	0.687	m ³

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO:	0.313	m ³
PESO SECO:	762.29	kg/m ³

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	336.07	kg/m ³
AGUA DE DISEÑO :	205.00	lt
A. FINO SECO :	762.29	kg/m ³
A. GRUESO SECO :	936.30	kg/m ³

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS		
A. FINO HUMEDO	781.14	kg/m ³
A. GRUESO HUMEDO	940.23	kg/m ³
HUMEDAD SUPERFICIAL		
A. FINO	1.46	%
A. GRUESO	-0.46	%
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
A. FINO	11.15	lt/m ³
A. GRUESO	-4.32	lt/m ³
AGUA EFECTIVA	198.16	lt

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	336.07	kg/m ³
AGUA EFECTIVA	198.16	lt
A. FINO HUMEDO	781.14	kg/m ³
A. GRUESO HUMEDO	940.23	kg/m ³

RESULTADOS

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
PROPORCIÓN EN PESO	1.00	2.32	2.80	25.1	lt/bol
PROPORCIÓN EN VOLUMEN	1.00	2.40	2.98	25.1	lt/bol

Obtención de la relación agua-cemento optima



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	"Ceniza de totora, como sustituyente del cemento para concreto estructural en Chiclayo – Lambayeque, 2025"
UBICACIÓN:	Provincia: Chiclayo - Departamento: Lambayeque
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.
TESISTAS:	Quispe Huaman Ronal Richard Santillan Montalvo Erick Manuel
FECHA:	Noviembre, 2025

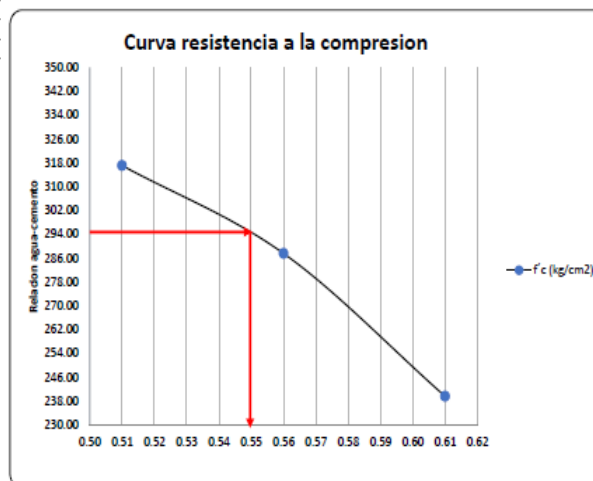
Se ha efectuado el ensayo de compresión a los testigos de la tabla adjunta

A/C	TESTIGO	Resistencia promedio(kg/cm ²)	Edad	Carga	Diametro	Sección	Resistencia	Factor de conversión	Resistencia a 28 días (kg/cm ²)	Resistencia del ensayo (kg/cm ²)
0.51	Testigo 1	294	7	38120	15	176.72	215.71	0.68	317.22	317.14
	Testigo 2	294	7	38100	15	176.72	215.60	0.68	317.05	
0.56	Testigo 3	294	7	36490	15	176.72	206.48	0.68	303.65	287.59
	Testigo 4	294	7	32630	15	176.72	184.64	0.68	271.53	
0.61	Testigo 5	294	7	29060	15	176.72	164.44	0.68	241.82	239.58
	Testigo 6	294	7	28520	15	176.72	161.39	0.68	237.33	

Hallar la relación A/C por resistencia

CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION Y SLUMP PARA TRES RELACIONES A/C

a/c	f'c (kg/cm ²)
0.51	317.14
0.56	287.59
0.61	239.58



A/C por resistencia = 0.55



c. Diseño de mezcla patrón

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



DISEÑO DE MEZCLAS OPTIMO CON A/C =0.55

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	"Ceniza de totora, como sustituyente del cemento para concreto estructural en Chiclayo – Lambayeque, 2025"
UBICACIÓN:	Provincia: Chiclayo - Departamento: Lambayeque
ASESOR:	Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda.
TESISTAS:	Quispe Huaman Ronal Richard Santillan Montalvo Erick Manuel
FECHA:	Noviembre, 2025

A. REQUERIMIENTOS :

Resistencia especificada : 210 kg/cm².
Uso : ESTRUCTURAS
Cemento Portland Tipo : I Pacasmayo
Coeficiente de variación estimado :
Agregados :
Piedra, cantera : CANTERA TRES TOMAS
Arena, cantera : LA VICTORIA - PATAPO

Características :	ARENA	PIEDRA
Humedad natural	2.47 %	0.42 %
Absorción	1.01 %	0.88 %
Peso específico de masa	2.44	2.64
Peso unitario varillado	1.643 gr/cm ³	1.552 gr/cm ³
Peso unitario suelto seco	1.454 gr/cm ³	1.409 gr/cm ³
Módulo de fineza	2.97	
Tamaño máximo nominal del agregado	3/4"	

B. DOSIFICACION

- Selección de la relación agua - cemento (A/C)
Para lograr una resist. promedio de : 210 + 84 = 294 kg / cm².
se requiere una relación A/C por resistencia : 0.558
Por condiciones de exposición ,
se requiere una A/C = 0.55
Luego la relación agua-cemento de diseño es : 0.55
- Estimación del agua de mezclado y contenido de aire
Para un asentamiento de = 3" a 4" 205 litros/m³ Aire : 2.0 %
- Contenido de cemento
205 / 0.55 = 373 kg. ; aprox. 8.8 bolsas/m³
- Estimación del contenido de agregado grueso
0.603 m³ x 1552 kg/m³ = 935.86 kg
- Estimación del contenido de agregado fino
Volumen de agua = 0.205 m³
Volumen sólido de cemento : 372.73 / 3110 = 0.120 m³
Volumen sólido de agreg. grueso : 935.86 / 2640 = 0.354 m³
Volumen de aire = 0.02 m³
0.699 m³
Volumen sólido de arena requerido: 1 - 0.699 = 0.301 m³
Peso de arena seca requerida : 0.301 x 2440 = 733.61 kg
- Resumen de materiales por metro cúbico
Agua (Neta de mezclado) = 205 litros
Cemento = 372.73 kg
Agregado fino = 733.61 kg
Agregado grueso = 935.86 kg



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LEME – FICSA - UNPRG



7. Ajuste por humedad del agregado

Por humedad total (pesos ajustados)

Agregado fino :	733.61	(	1 +	2.47 /	100)	=	751.73 kg
Agregado grueso :	935.86	(	1 +	0.42 /	100)	=	939.79 kg
Agua para ser añadida por corrección por absorción							
Agregado fino	733.61	(	2.47	-	1.01) / 100 =		10.71 kg
Agregado grueso	935.86	(	0.42	-	0.88) / 100 =		-4.30 kg
							<u>6.41 kg</u>

$$205 - (6.41) = 198.59 \text{ kg}$$

Agua efectiva = agua diseño - agua libre

8. Resumen

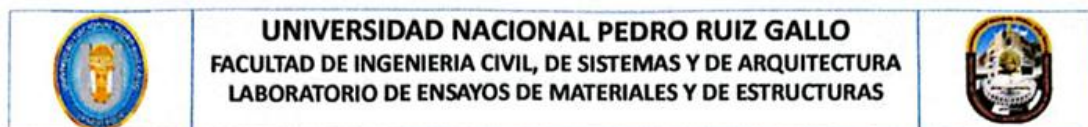
Agua efectiva (Total de mezclado)	=	198.59 litros
Cemento	=	372.73 kg
Agregado fino (Húmedo)	=	751.73 kg
Agregado grueso (Húmedo)	=	939.79 kg

DOSIFICACIÓN EN PESO

1	:	2.02	:	2.52	/	23	litros de agua /bls
c		af		ag		agua	
372.73		751.73		939.79		198.59	198.59
372.73		372.73		372.73		372.73	

Relación agua - cemento de diseño :	205	/	373	=	0.55
Relación agua - cemento efectiva :	199	/	373	=	0.53

9.2. ANEXO B: Constancia de ensayos de laboratorio



CONSTANCIA 014 – 2025 LEME – FICSA

El que suscribe, Director encargado del Departamento Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

HACE CONSTAR:

Que los bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil:

SANTILLAN MONTALVO ERICK MANUEL
QUISPE HUAMAN RONAL RICHARD

Han realizado sus ensayos desde el 4 Julio del 2025 al 13 Noviembre del 2025 en este laboratorio - LEME.

<u>TIPOS DE ENSAYOS</u>	<u>CANTIDAD</u>
• Contenido de humedad del agregado fino	(1)
• Contenido de humedad del agregado grueso	(1)
• Granulometría del agregado fino	(3)
• Granulometría del agregado grueso	(3)
• Ensayo de densidad suelta del agregado fino	(3)
• Ensayo de densidad suelta agregado grueso	(3)
• Ensayo densidad Compactada agregado fino	(3)
• Ensayo densidad Compactada agregado grueso	(3)
• Peso específico de masa del agregado grueso	(1)
• Peso específico de masa del agregado fino	(1)
• Grado de absorción del agregado fino	(1)
• Grado de absorción del agregado grueso	(1)
• Diseño de Mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Patrón	(1)
• Contenido de humedad de la ceniza de totora	(1)
• Granulometría de la Ceniza de Totorá	(1)
• Peso Específico de la Ceniza de Totorá	(1)
• Diseño de Mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - Proporción 0%,5%,8%11% de Ceniza de Totorá.	(4)
• Medición del Asentamiento del Concreto Fresco – Patrón 0%,5%,8%11% Ceniza de Totorá.	(4)
• Determinación de la Temperatura del Concreto Fresco en muestras Patrón, 0%,5%,8%11% de Ceniza de Totorá.	(4)
• Determinación del Peso Unitario del Concreto Fresco en muestras Patrón, 0%,5%,8%11% de Ceniza de Totorá	(4)
• Elaboración de probetas cilíndricas de Concreto – Patrón 0%,5%,8%11%, de Ceniza de Totorá.	(48)
• Curado de Especímenes de Concreto Endurecidos en el Laboratorio	(48)
• Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto en muestras Patrón, 0%,5%,8%11%, de Ceniza de Totorá	(36)
• Determinación de la resistencia a la tracción indirecta en muestras cilíndricas Patrón 0%,5%,8%11%, de Ceniza de Totorá.	(12)

Para dar cumplimiento a un capítulo de su proyecto de Tesis: "CENIZA DE TOTORA, COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL EN CHICLAYO LAMBAYEQUE, 2025", con código N° IC_V_2025_017"

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Lambayeque, 10 de Diciembre del 2025



DR. ING FARIAS FEIJOO JUAN HERMAN
DIRECTOR (e) DAIC - FICSA

9.3. ANEXO C: Boleta electrónica Cemento Pacasmayo tipo I



NEGOCIOS
SR. DE LA MISERICORDIA S.A.C.

VENTA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION POR MAYOR Y MENOR
SERVICIO DE TRANSPORTE DE CARGA A NIVEL NACIONAL

CAL. MARIANO CORNEJO N-405 M NVO. SAN LORENZO I JLO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
AV. PERU SN - MERCADO LA DESPensa - JLO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
JR. EZEQUIEL MONTOYA Nro. 870 CHOTA - CHOTA - CAJAMARCA
TELF. 074- 265294 CEL.941890680 / 939125993 EMAIL: negocios_morales25@hotmail.com

R.U.C. 20539088379

BOLETA ELECTRÓNICA

Nº B001-0003934

SEÑOR(ES) : ERICK SANTILLAN MONTALVO		FECHA : 30/09/2025	
R.U.C. : DNI77078017		MONEDA : SOLES	
DIRECCIÓN:			
TIP.VENTA : MERCADERIA		VENDEDOR: OFICINA	
Nº de GUIA :		COND. DE PAGO : CONTADO	

ITM	CANT.	U.M.	DESCRIPCIÓN	P.UNIT.	IMPORTE
1	4.00	BOL	CEMENTO PACASMAYO TIPO I X 42.5 KG	33.40	133.60

SON : CIENTO TREINTA Y TRES CON 60/100 SOLES	Total Gravado	S/	113.22
Observaciones:	Total Inafecto	S/	0.00
	Total Exonerado	S/	0.00
	I.G.V. 18%	S/	20.38
	TOTAL	S/	133.60



Representación impresa de la Factura Electrónica. Podrá ser consultada en
www.ekamperu.com/fe. Autorizado mediante Resolución de Intendencia N 287-2017/SUNAT

9.4. ANEXO D: Hoja técnica Cemento tipo I-Pacasmayo



CEMENTO TIPO I “ESTRUCTURAL”

DESCRIPCIÓN

Cemento Portland de uso general Tipo I. Gracias a su diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

ATRIBUTOS

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

PRESENTACIONES



*En cumplimiento de la Norma Metrológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

- Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (F'c)	Cemento	Areña limpia	Piedra de tamaño máximo 19 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.



Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
O escanea el código QR:





¿QUÉ ES EL ECOSACO?

Bolsa que se disgrega con la acción de la piedra en mezclas de concreto.

BENEFICIOS DE USAR ECOSACO

- El Ecosaco reducirá el riesgo de exposición al polvo del cemento al maestro ya que va directamente al trompo sin necesidad de abrir la bolsa cuando se ejecutan las mezclas de concreto.
- El Ecosaco **genera cero desperdicios**, con la acción de la piedra el empaque se disgrega en la mezcla de concreto.
- El Ecosaco mejora la productividad, ahorra en el tiempo de limpieza en obra y gestión de desechos de construcción.

CÓMO USAR EL ECOSACO EN 5 MINUTOS

- 1. AGREGA** la mitad de la proporción de agua (A) y luego introduce el EcoSaco (sin abrir) directo a un trompo de al menos 340 litros.
- 2. AÑADE** el total de los áridos: piedra (B) y arena (C) en el trompo, según el diseño de concreto.
- 3. AJUSTA** la mezcla añadiendo el resto de la proporción de agua y asegura que toda la bolsa esté incorporada en la mezcla para lograr una correcta integración.
- 4. MEZCLA** hasta tener un resultado homogéneo y con la fluidez buscada.

ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO

	Factor Clinker	Emisiones
Bajo	hasta 70%	500 a 700 Kg CO2 eq
Medio	71% a 88%	701 a 800 Kg CO2 eq
Alto	89% a 100%	801 Kg CO2 eq a más

*Tipo I se encuentra en el rango alto en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamet 2022.

*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 001-2022-PRODUCE

Certificación que valida el cumplimiento del Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

Empresa Certificadora:

ICONTEC, Organismo de certificación internacional reconocido por el IAF (Foro Internacional de Acreditación) con alta experiencia certificando productos y servicios en el mundo.



NTP 334.008
NORM C 101
Cemento Portland



DS 001-2022 PRODUCE
Cemento Hidráulico
utilizado en Edificaciones
y Construcciones
en General

Cementos Pacasmayo optó por el modelo de certificación más alto y riguroso obteniendo la máxima certificación: Esquema Tipo 5.

1 2 3 4 5

*Tipos de esquema de certificación

Esquema Tipo 5: Certifica el proceso productivo y la comercialización, verificación del sistema de gestión de calidad en el comercializador, verificación del control de la producción en planta y verificación del sistema de gestión de calidad en planta.

CERTIFICACIONES QUE PUEDES ALCANZAR POR USO DEL PRODUCTO

Este producto puede contribuir a obtener puntos en las siguientes certificaciones de construcción sostenible:

LEED®



- Tiene Declaración Ambiental de Producto de Tipo III, validada por un tercero.
- Certificación ISO 14001.

Con estas características el cemento Tipo I puede contribuir a alcanzar 1 punto en la categoría de materiales y recursos de la certificación LEED.

Bono Mi Vivienda Sostenible



- Cumple con los requerimientos del Bono Mi Vivienda Sostenible del Fondo Mi Vivienda para Eco Materiales, **hasta el grado 3.**

CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **gbcpe**

Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
O escanea el código QR:





Cemento Tipo I

Cemento Portland de uso general Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS°
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	< 3.0
SO ₃	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	< 2.5 - 2.95 >
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	< 3.3
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	< 1.2

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS°
Contenido de aire en Mortero	Máximo	12	%	NTP 334.048	< 7 - 10 >
Finura					
Superficie específica	Mínimo	260	m ² /kg	NTP 334.002	>= 380
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	< 0.20
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	>= 24.1 (>= 3500)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	>= 30.3 (>= 4400)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	>= 37.9 (>= 5500)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	< 110 - 150 >
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	< 230 - 260 >
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	< 0.010

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.009 y la ASTM C150.





Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO PORTLAND

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A** in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria

NTP 334.009:2022

Cementos Portland

Portland cement

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC.

This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate

Certificado: CSC-CER1016270
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento: 2029-08-17

Expiration Date:

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F-PS-628
Versión 00



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO PORTLAND

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria

ASTM C150/C150M-20:2020

Cementos Portland

Portland cement

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC.
This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado.

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate.

Certificado: CSC-CER1016284
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento: 2029-08-17

Expiration Date:

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F-PS-028
Versión 00



Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO HIDRÁULICO

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.** in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria

Decreto Supremo No 001 -2022

Decreto supremo que aprueba el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General.

Supreme Decree that approves the Technical Regulation on Hydraulic Cement used in Buildings and Construction in General

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC.
This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado.

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate.

Certificado : CSR -CER1016291
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento:

Expiration Date:

2029-08-17

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: clientes@icontec.org

Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado.
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F-PS-628
Version 00



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO HIDRÁULICO

Fabricado por **CEMENTOS SELVA S.A.C**, en la Carretera Fernando Belaunde Terry Km 468, Elias Soplin Vargas, Rioja, San Martín, Perú.

Manufactured by **CEMENTO S SELVA S.A.C**, en la Carretera Fernando Belaunde Terry Km 468, Elias Soplin Vargas, Rioja, San Martín, Perú.

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

Decreto Supremo N° 001-2022

Decreto supremo que aprueba el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

Supreme Decree that approves the Technical Regulation on Hydraulic Cement used in Buildings and Construction in General

SECTOR ICS: 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC.
This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.
Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado.

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate.

Certificado : CSR -CER1016302
Certificate

Fecha de Aprobación:	2023-08-18	Fecha Última Modificación:	
Approval Date:		Last Modification Date:	
Fecha de Renovación:		Fecha de Vencimiento:	2029-08-17
Renewal Date:		Expiration Date:	

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:




Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

F-PS-628
Versión 00

Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado.
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO PORTLAND

Fabricado por **CEMENTOS SELVA S.A.C**, en la Carretera Fernando Belaunde Terry Km 468, Elias Soplin Vargas, Rioja, San Martín, Perú.

Manufactured by **CEMENTO S SELVA S.A.C**, en la Carretera Fernando Belaunde Terry Km 468, Elias Soplin Vargas, Rioja, San Martín, Perú.

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

NTP 334.009:2022

Cementos Portland

Portland cement

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC.

This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado.

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate.

Certificado: CSC -CER1016287
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

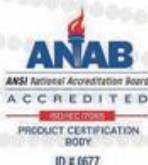
Fecha de Vencimiento: 2029-08-17

Expiration Date:

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado.
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F-PS-628
Versión 03



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO PORTLAND

Fabricado por: **CEMENTOS SELVA S.A.C.**, en la Carretera Fernando Belaunde Terry Km 468, Elias Soplin Vargas, Rioja, San Martín, Perú.

Manufactured by: **CEMENTO S SELVA S.A.C.**, en la Carretera Fernando Belaunde Terry Km 468, Elias Soplin Vargas, Rioja, San Martín, Perú.

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

ASTM C 150/C150M-20:2020

Cementos Portland
Portland cement

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC.
This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.
Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado.

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate.

Certificado: CSC -CER1016294
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento:

Expiration Date:

2029-08-17

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado.
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F-PS-028
Versión 00

9.5. ANEXO E: Panel Fotográfico

A. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Cuarteo de los agregados



Figura 30

Proceso de cuarteo aplicado



Figura 31

Proceso de cuarteo aplicado al agregado grueso.

ENSAYOS FÍSICOS DE LOS AGREGADOS

Contenido de humedad de los agregados

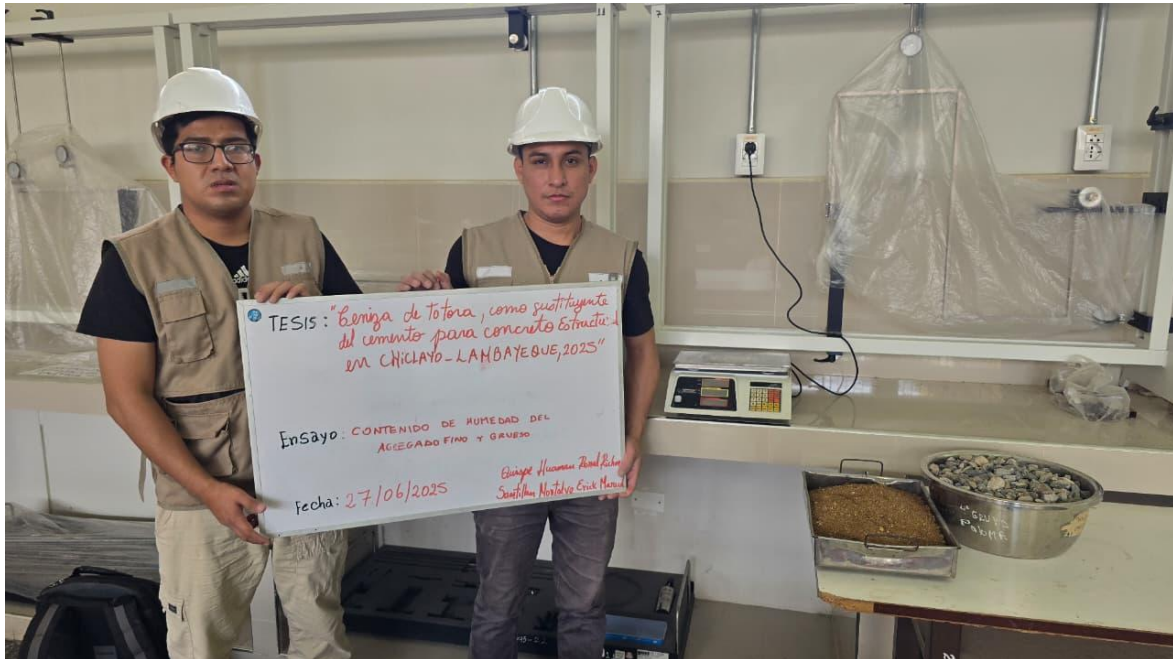


Figura 32

Pesaje con balanza calibrada del agregado fino y grueso.



Figura 33

Colocación horno eléctrico de muestras por 24 horas.



Figura 36

Análisis granulométrico del agregado grueso



Figura 37

Determinación de la granulometría del agregado grueso mediante tamizado

Peso unitario suelto y varillado de los agregados



Figura 38

Peso unitario suelto del agregado grueso



Figura 39

Peso unitario suelto y varillado para los agregados



Figura 40

Pesaje en conjunto del molde y agregado fino para ensayo de peso unitario.

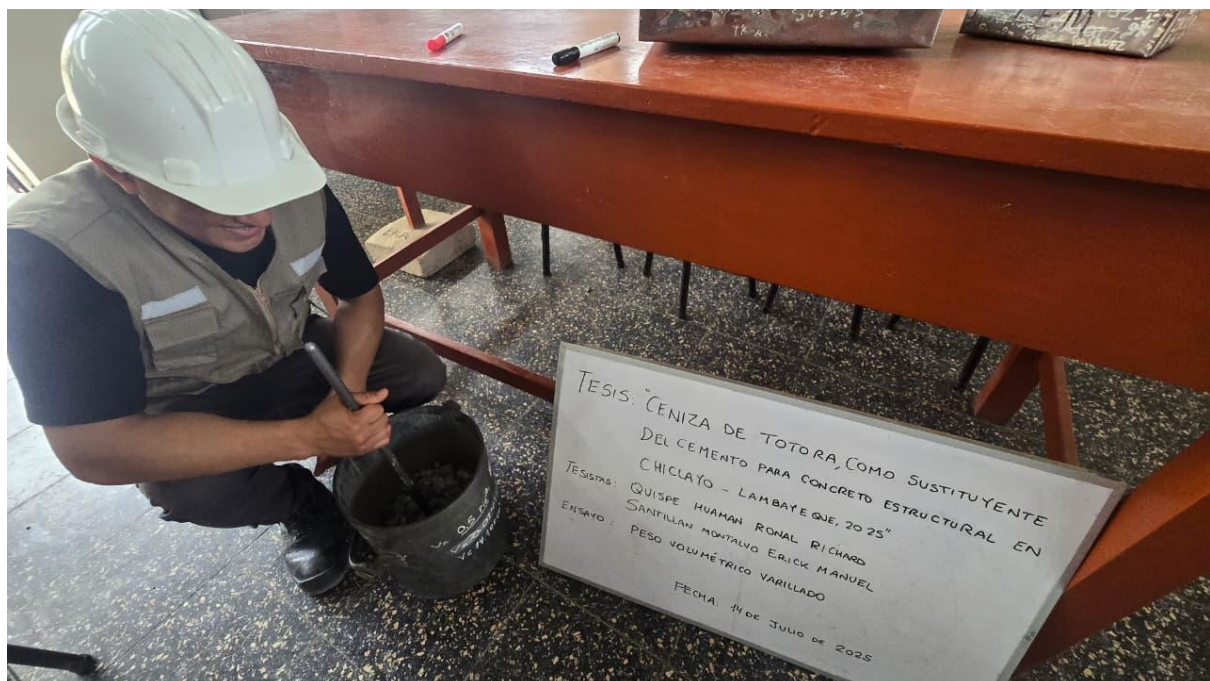


Figura 41

Peso unitario varillado del agregado grueso



Figura 42

Peso de molde más muestra del agregado grueso

Peso específico de masa y grado de absorción de los agregados

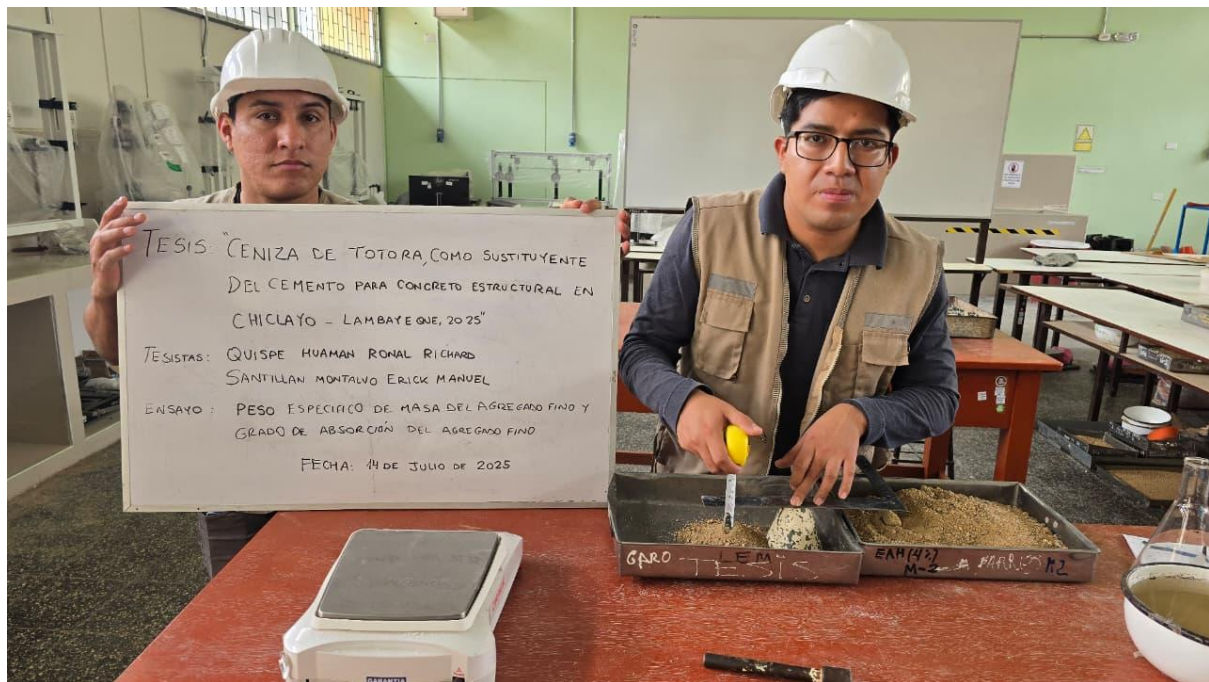


Figura 43

Muestra superficialmente seca (SSD) durante el ensayo



Figura 44

Verificación de la condición superficialmente seca (SSD) de la muestra



Figura 45

Secado manualmente y superficialmente del agregado grueso saturado

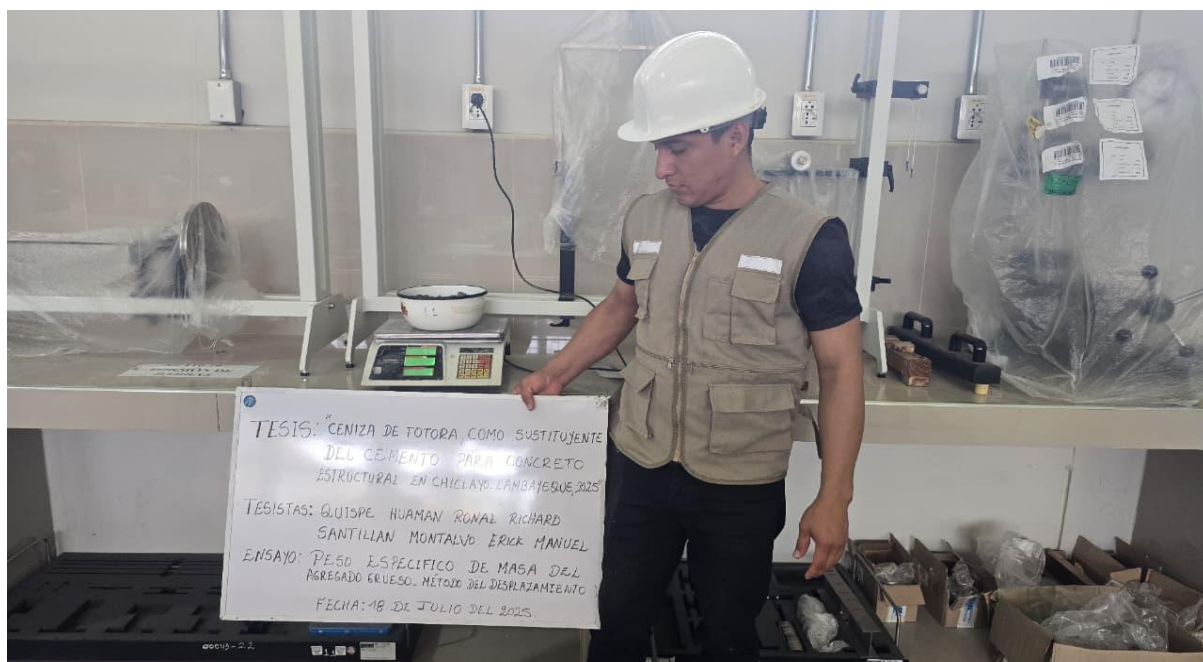


Figura 46

Preparación de muestras para ensayo de peso específico.



Figura 47

Peso de agregado grueso sumergido en agua

B. CARACTERIZACIÓN DE LA CENIZA DE TOTORA



Figura 48

Zona de reconocimiento de crecimiento de totora - distrito de Chiclayo.

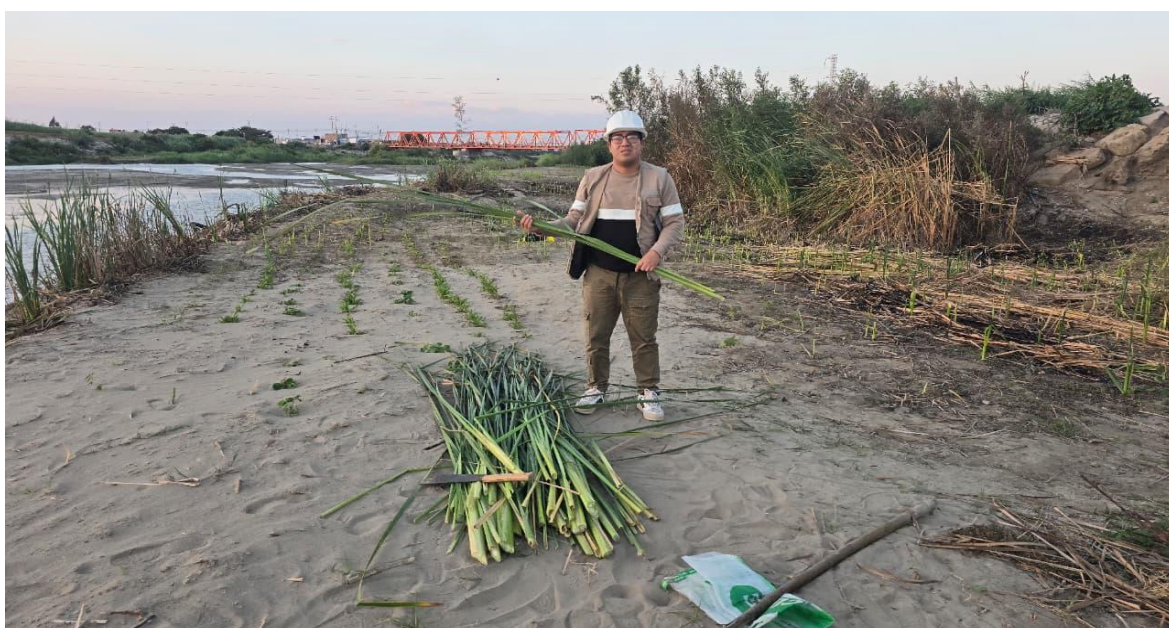


Figura 49

Selección y recolección de tallos de totora en zona de ribera



Figura 50

Proceso de secado natural de tallos de totora previo a su transformación en ceniza.



Figura 51

Proceso de calcinación en horno artesanal y acopio de puzolana vegetal obtenida.

Ensayos de granulometría por tamizado para la ceniza de totora



Figura 52

Ensayo de Granulometría por Tamizado de ceniza de totora.

Ensayos de contenido de humedad para la ceniza de totora



Figura 53

Ensayo de Contenido de Humedad para ceniza de totora tamizada.

Ensayo de peso específico



Figura 54

Determinación de peso específico de la ceniza de totora.



Figura 55

Ensayo de peso específico la ceniza de totora saturada

C. DISEÑO Y PREPARACION DE MEZCLAS DE CONCRETO



Figura 56

Acondicionamiento y habilitación de moldes cilíndricos para la mezcla



Figura 57

Pesaje en balanza calibrada del agregado grueso en la dosificación



Figura 58

Pesaje de acuerdo a la dosificación requerida del agregado fino

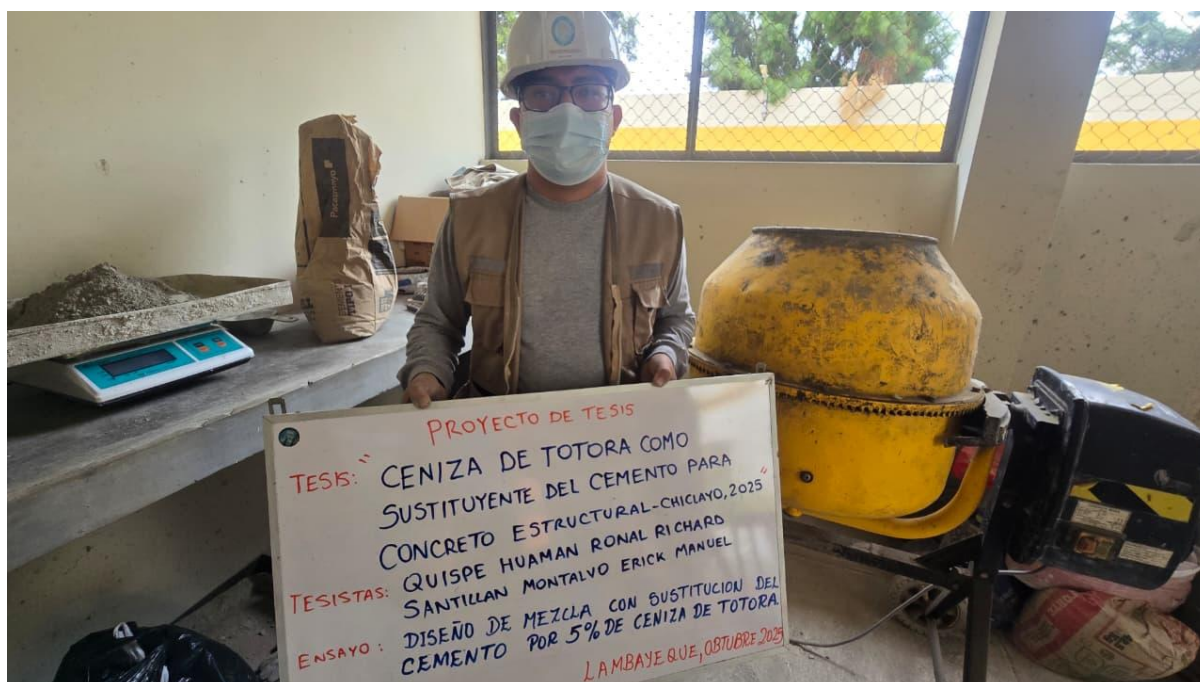


Figura 59

Pesaje de cemento Tipo I para la elaboración de dosificación requerida

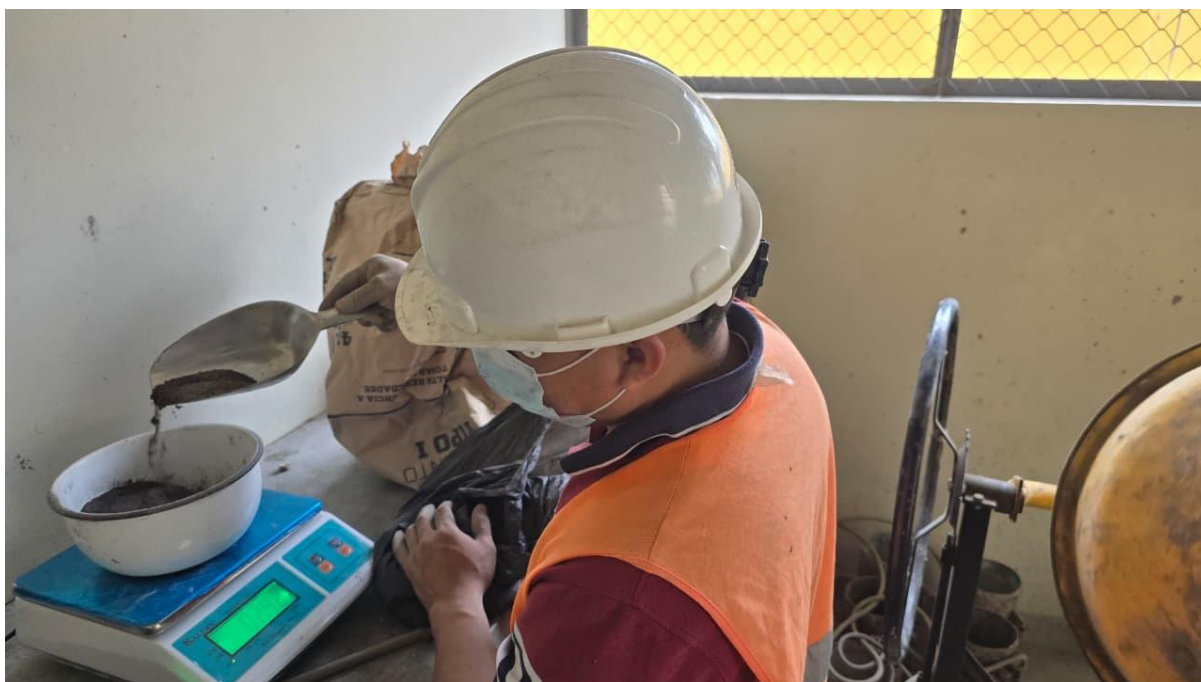


Figura 60

Pesaje previo de ceniza de totora para su uso como material sustituyente del cemento.



Figura 61

Preparación de concreto en mezcladora eléctrica de concreto

D. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Ensayo de consistencia – Slump



Figura 62

Slump del concreto patrón.

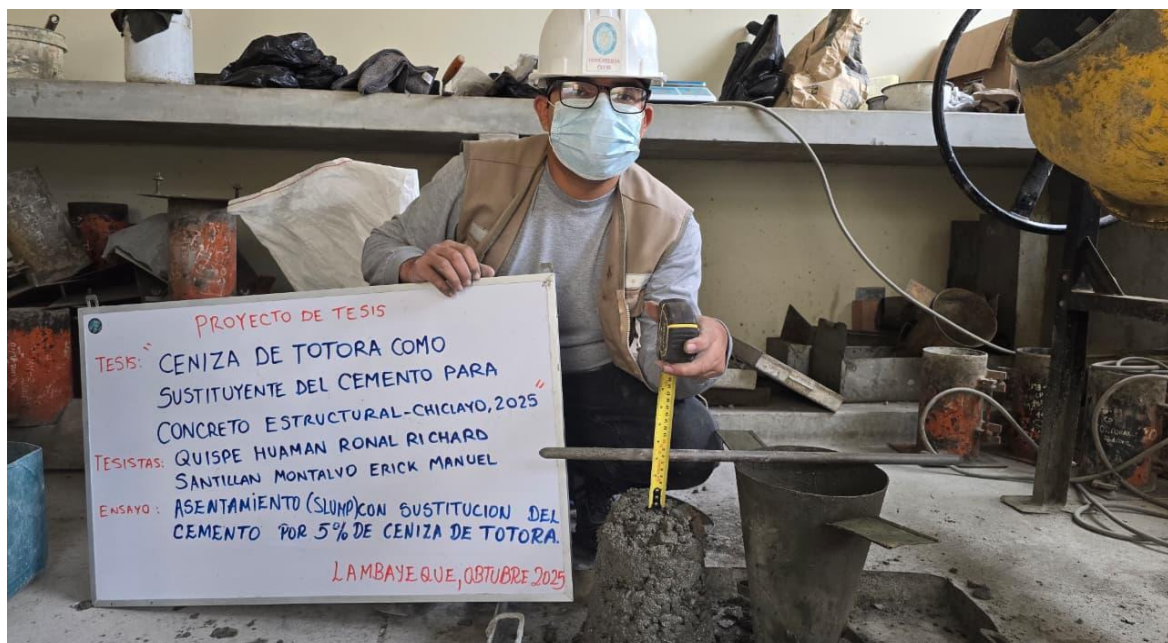


Figura 63

Slump del concreto con 95% cemento + 5% ceniza de totora.



Figura 64

Slump del concreto con 92% cemento + 8% ceniza de totora.



Figura 65

Slump del concreto con 89% cemento + 11 % ceniza de totora.

Ensayo de peso unitario

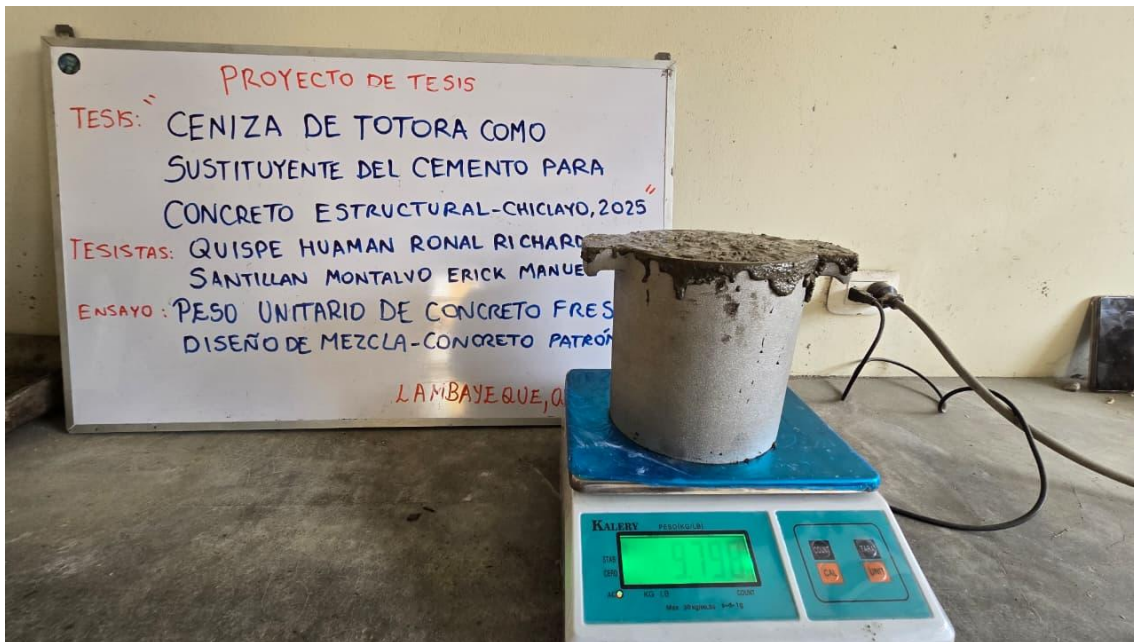


Figura 66

Medición de la mezcla más molde para obtener el peso unitario del concreto en condición fresca.

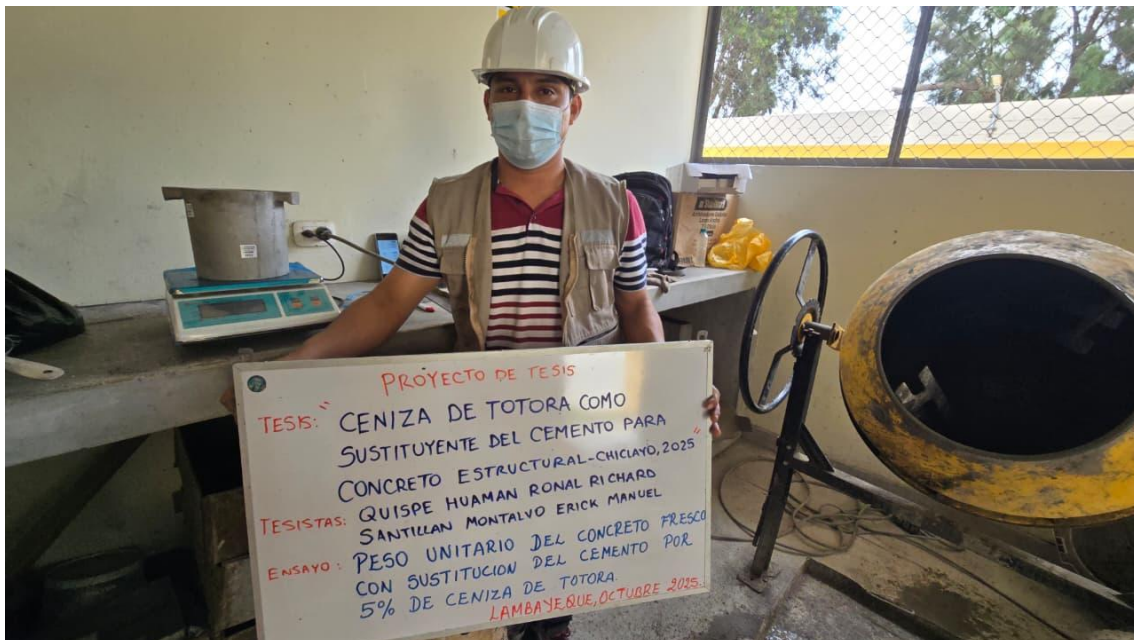


Figura 67

Evaluación del peso unitario del concreto con 95% cemento + 5% ceniza de totora.



Figura 68

Evaluación del peso unitario del concreto con 92% cemento + 8% ceniza de totora.

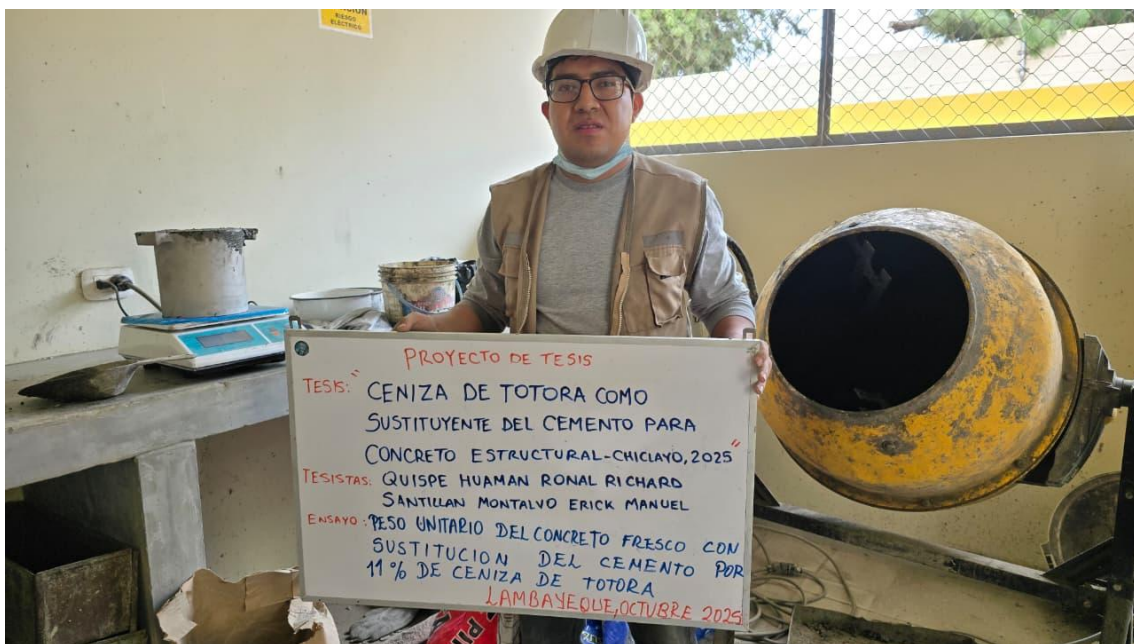


Figura 69

Evaluación del peso unitario del concreto con 89% cemento + 11% ceniza de totora.

Ensayo de temperatura del concreto



Figura 70

Lectura de la temperatura del concreto patrón en estado fresco.



Figura 71

Temperatura del concreto con incorporación de 5 %, 8 % y 11 % de ceniza de totora.

E. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Resistencia a la compresión



Figura 72

Rotura de especímenes cilíndricos del concreto patrón a 07 días



Figura 73

Rotura de especímenes cilíndricos del concreto patrón a 14 días.



Figura 74

Rotura de especímenes cilíndricos del concreto patrón a 28 días.



Figura 75

Estado final de especímenes cilíndricos de con 5%, 8 y 11% de ceniza de totora a 7 días



Figura 76

Rotura de especímenes cilíndricos del concreto con 95% cemento + 5% ceniza de totora a 14 días.



Figura 77

Rotura de especímenes cilíndricos del concreto con 92% cemento + 8% ceniza de totora a 14 días.



Figura 78

Muestras representativas de probetas a ensayar en los 14 días de curado para concreto con 11 % ceniza de totora.



Figura 79

Manipulación de prensa hidráulica para rotura de probetas de concreto con 95% cemento + 5% ceniza de totora a 28 días.



Figura 80

Rotura de especímenes cilíndricos del concreto con 92% cemento + 8% ceniza de totora a 28 días.



Figura 81

Rotura de especímenes cilíndricos del concreto con 89% cemento + 11% ceniza de totora a 28 días.

Resistencia a la tracción indirecta



Figura 82

Rotura de especímenes cilíndricos a tracción indirecta del concreto patrón a 28 días.



Figura 83

Rotura de especímenes cilíndricos para tracción indirecta del concreto con 95% cemento + 5% ceniza de totora a 28 días.



Figura 84

Colocación de espécimen cilíndrico para su ensayo de tracción indirecta.



Figura 85

Rotura de especímenes cilíndricos de tracción indirecta los 28 días de curado con los porcentajes planteados de 5%, 8% y 11% con el material sustituyente ceniza de totora.