

# COMPRESSION STRENGTH OF STRUCTURAL LIGHTWEIGHT CONCRETE, WHEN REPLACING THE COARSE AGGREGATE BY SATURATED AND DRY TRACHYTE

Aysa Yiré Vásquez Taico, Ing.<sup>1</sup>; Hermes Roberto Mosqueira Ramírez Dr.<sup>2</sup>; Miguel Angel, Mosqueira-Moreno Dr.<sup>3</sup>;

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. avasquez\_t\_19@unc.edu.pe

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. hmosqueira@unc.edu.pe

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. mmosqueira@unc.edu.pe

**Abstract**– *The research exposes the results of the study carried out to determine the compressive strength of a structural lightweight concrete, by replacing the coarse aggregate with saturated and dry trachyte. The evaluation was carried out by comparing the standard sample that contains 20% expansive clay as part of the cement, with the (4) treatments that contain expanded clay and a percentage of replacement of the coarse aggregate by trachyte. The tests consisted of making concrete specimens with  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , to later evaluate the compressive strength at the age of 7, 14 and 28 days; and the volumetric weight in its fresh and hardened state. From the results, it was concluded that when the coarse aggregate is replaced by 3% and 5% saturated and dry trachyte, the compressive strength increases by 1.3%, 6.5%, 2.6% and 6.2%, respectively. And that the influence on the volumetric weight by replacing the coarse aggregate with 3% and 5% saturated trachyte increases by 1.48% and 1.79% respectively, while with the replacement of 3% and 5% dry trachyte, the volumetric weight decreases in 0.84% and 0.83% respectively*

**Key word:** *Structural lightweight concrete, compressive strength, volumetric weight, trachyte, expanded clay*

# RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO ESTRUCTURAL, AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR TRAQUITA SATURADA Y SECA

Aysa Yiré Vásquez Taico, Ing.<sup>1</sup>; Hermes Roberto Mosqueira Ramírez Dr.<sup>2</sup>; Miguel Angel, Mosqueira-Moreno Dr.<sup>3</sup>;

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. avasquez\_tpg19@unc.edu.pe

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. hmosqueira@unc.edu.pe

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Cajamarca (UNC). Cajamarca, Perú. mmosqueira@unc.edu.pe

**Resumen**— La investigación expone los resultados del estudio realizado para determinar la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar el agregado grueso por traquita saturada y seca. La evaluación se realizó comparando la muestra patrón que contiene el 20% de arcilla expansiva como parte del cemento, con los (4) tratamientos que contienen arcilla expandida y un porcentaje de reemplazo del agregado grueso por traquita. Las pruebas consistieron en elaborar probetas de concreto con  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, para luego evaluar la resistencia a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días; y el peso volumétrico en su estado fresco y endurecido. A partir de los resultados, se concluyó que al reemplazar el agregado grueso por 3% y 5% traquita saturada y seca, la resistencia a compresión aumenta en 1.3%, 6.5%, 2.6% y 6.2%, respectivamente. Y que la influencia en el peso volumétrico reemplazando el agregado grueso con 3% y 5% traquita saturada, aumenta en un 1.48% y 1.79% respectivamente, mientras que con el reemplazo de 3% y 5% traquita seca, disminuye el peso volumétrico en 0.84% y 0.83% respectivamente.

**Palabras clave:** Concreto ligero estructural, resistencia a compresión, peso volumétrico, traquita, arcilla expandida.

Digital Object Identifier: (only for full paper, inserted by LACCEI.  
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI.  
DO NOT REMOVE

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este artículo está basado en la tesis “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

La investigación determinó en cuánto influye el reemplazo del agregado grueso por un porcentaje de traquita saturada y seca en la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural [1]

Se estudió el concreto ligero, por ofrecer considerables ventajas, como su bajo peso unitario, (debido a la incorporación de agregados livianos) sin afectar su resistencia a compresión.

Además, se debe diseñar garantizando su durabilidad a lo largo del tiempo y así funcione provechosamente en las condiciones ambientales a la que esté expuesto. [2]

Parte de los agregados livianos utilizados fueron saturados ya que son altamente porosos y al usarlos absorberán mayor cantidad de agua de la mezcla, pudiendo además generar un curado interno del concreto [1]

Como el objetivo principal del concreto ligero, es reducir la carga muerta de las estructuras, permite disminuir las proporciones de tamaño de los elementos estructurales, sin dejar de ser óptimos, pues las resistencias a compresión de un concreto estructural ligero deben ser semejantes a las del concreto convencional [3]

Para obtener un concreto ligero estructural, se ha renovado el intento de desarrollar materiales que nos ayuden a obtenerlo, considerando que la influencia de estos materiales en la resistencia a compresión dependerá de las propiedades del tipo de reemplazo con el que se trabajará. En la investigación se tomó en cuenta que en la parte Norte de la ciudad de Cajamarca Perú, en los Centros Poblados de La Molina y Huambocancha, la roca traquita es abundante y es usado para la realización de artesanía, en esta investigación se lo utiliza con el fin de determinar cuál es el efecto en la resistencia a compresión y peso volumétrico al reemplazar el agregado grueso por traquita saturada y seca en porcentajes de 3% y 5%. Se saturó la traquita, para incorporar pequeñas reservas de agua en la mezcla, sirviendo como agente de curado y se usó el cemento Fortimax, que por sus adiciones permiten tener excelentes resultados frente a los sulfatos, a los agregados reactivos y disminuir el calor de hidratación de la mezcla. [1]

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio tiene un diseño experimental, porque se reemplazó un porcentaje de agregado grueso por traquita saturada en 3% y 5% en cada probeta; y un porcentaje de agregado grueso por traquita seca en 3% y 5% en cada probeta; así observar los efectos producidos en la resistencia a compresión. Y su método de investigación tiene enfoque cuantitativo (hubo procesos: deductivos, secuenciales, probatorios y analiza la realidad objetiva), con el fin de “medir” con precisión las variables del estudio.

### I. Materiales:

- Agregado fino
- Agregado grueso
- Cemento Fortimax
- Traquita saturada
- Traquita seca
- Agua
- Arcilla expandida.

### II. Tratamientos en estudio:

- Tratamiento 1: es el diseño patrón, son probetas de concreto ligero estructural, sin reemplazo.
- Tratamiento 2: es el diseño que tiene un reemplazo del 3% de traquita saturada en el agregado grueso.
- Tratamiento 3: es el diseño que tiene un reemplazo del 5% de traquita saturada en el agregado grueso.
- Tratamiento 4: es el diseño que tiene un reemplazo del 3% de traquita seca en el agregado grueso.
- Tratamiento 5: es el diseño que tiene un reemplazo del 5% de traquita seca en el agregado grueso.

\*Los diseños de la investigación se obtuvieron con el método de “Módulo de Fineza de los agregados”

### III. Muestra:

De acuerdo al capítulo 5 de la Norma E 0.60 [4], “considera un ensayo de resistencia al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas hechas con la misma muestra de concreto, ensayadas a los 28 días o a edad de ensayo establecida para la determinación de  $f_c$ ”. Se decidió trabajar con 6 probetas por edad y tratamiento, para tener un número mayor de resultados para contrastarlos entre sí y obtener un mejor análisis.

Tabla 1

Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a compresión						
Edad de Ensayo (días)	Patrón	Mezcla con dosificación				SUB TOT AL
		3% Traquita		5% Traquita		
		Seca	Saturada	Seca	Saturada	
7	6	6	6	6	6	30
14	6	6	6	6	6	30
28	6	6	6	6	6	30
TOTAL						90

IV. Técnicas e instrumentos de recopilación de información: Para el análisis de los agregados se utilizaron las siguientes normativas:

- A. Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037)
- B. Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037)
- C. Peso Específico y Absorción (%) (NTP 400.021)
- D. Contenido de Humedad (%) (NTP 339.185)
- E. Material más fino que pasa el tamiz N°200 (NTP 400.018)
- F. Ensayo de abrasión (NTP 400.019)
- G. Análisis granulométrico de agregado grueso (NTP 400.012)
- H. Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183)
- I. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto (NTP 339.046)
- J. Ensayo normalizado para la resistencia a compresión del concreto, en muestras cilíndricas (NTP 339.034)

### V. Técnicas de recopilación de información:

Se realizó el análisis de varianza, llamado ANOVA, de un factor por ser un método estadístico que examina las diferencias en las medias de los 5 tratamientos en estudio. Realizando el procesamiento de la información en el programa Minitab 18, este programa nos da gráficas de:

#### A. Gráfica de cajas

La gráfica proporciona un resumen gráfico de la distribución de cada muestra. Permitiendo comparar de manera sencilla la forma, tendencia central y variabilidad de las muestras. Además, identifica cualquier posible valor atípico.

Las gráficas de caja funcionan mejor cuando el tamaño de la muestra es mayor que 20, siendo para la investigación un beneficio ya que se tuvo una muestra de 90 probetas.

#### B. Gráfica de valores individuales

Esta gráfica enseña los valores individuales en cada muestra, facilitando su comparación, verificando en cada círculo los valores y posibles valores atípicos. Estas gráficas funcionan mejor cuando el tamaño de la muestra es menor que 50.

#### C. Gráfica de valores individuales

Esta gráfica de intervalo, muestra la media y el intervalo de confianza para cada grupo. Las gráficas de intervalo muestran lo siguiente:

Cada punto representa una media de muestra.

Cada intervalo es un IC individual de 95% de la media de un grupo. O sea, se tiene 95% de seguridad que una media de grupo está dentro del intervalo de confianza del grupo.

No se puede determinar, con base en esta gráfica, si algunas de las diferencias son estadísticamente significativas. Para determinar la significancia estadística, se evaluó los intervalos de confianza de las diferencias medias.

Contrastando los resultados estadísticos obtenidos, con la Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto [5]

Tabla 2  
Estándares para el control del concreto para  $f_c \leq 35$  MPa

Clase de operación	Desviación estándar para los diferentes estándares de control, (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo
Tandas de ensayo de laboratorio	Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6

Fuente: ACI 214-77 (2017) [5]

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación se muestran a continuación.

#### 3.1. Resultados del peso unitario del concreto

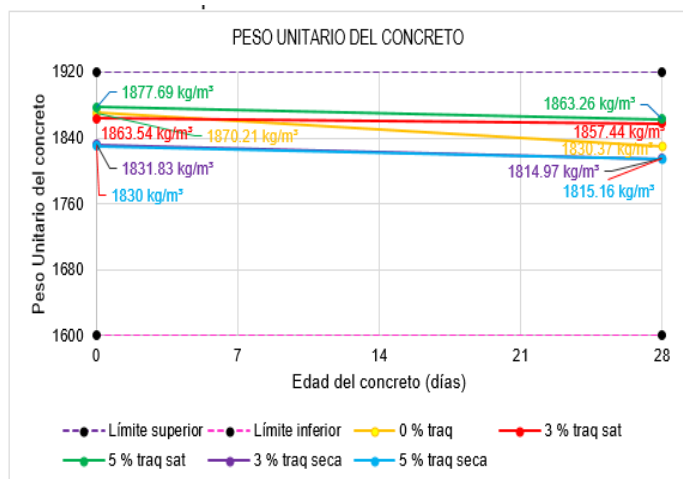


Figura 1. Desarrollo del peso volumétrico en estado fresco y endurecido, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

Al comparar la **figura 1**, con los valores de la Guía ACI 213R-14, considerados para el peso volumétrico de un concreto ligero estructural que van en un rango típico de 1600 a 1920 kg/m<sup>3</sup>, se observa que todos los tratamientos se encuentran dentro de los límites establecidos.

Los valores ubicados en la edad de 0 días, son del concreto en estado fresco, mientras que los valores ubicados en la edad de 28 días, son del concreto en estado endurecido.

Tabla 3:  
Influencia en el peso volumétrico del C.E. según los tratamientos

	I	II	III	IV	V
Tratamiento	0% traq.	3% traq. saturada	5% traq. saturada	3% traq. seca	5% traq. seca
Media (kg/m <sup>3</sup> )	1830.37	1857.44	1863.47	1814.97	1815.16
Influencia (%)		+1.48	+1.79	-0.84	-0.83

Nota:

- (+) Representa un aumento en el peso volumétrico respecto al tratamiento I
- (-) Representa una disminución en el peso volumétrico respecto al tratamiento I

“Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

La **tabla 3**, muestra que respecto al tratamiento patrón I, hubo Influencia en el peso volumétrico del concreto endurecido, así:

Tratamientos de reemplazo de traquita II y III mostraron un aumento de 1.48%; 1.79%, respectivamente.

Tratamientos de reemplazo de traquita IV y V mostraron una disminución de 0.84% y 0.83% respectivamente.

#### 3.1.1. ANOVA del peso volumétrico

Tabla 4  
Análisis de la varianza del peso volumétrico del concreto endurecido

Fuente de variabilidad	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	37997	9499.3	27.39	0.000
Error	85	29478	346.8		
Total	89	67475			

Fuente: “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

La **tabla 4** tiene el valor P 0.000, lo que muestra una alta significación estadística. Se rechaza la hipótesis nula, significando que, los tratamientos, tuvieron efecto en el peso volumétrico.

Tabla 5  
Medias del peso volumétrico del concreto endurecido

Tratamiento	No.	Media (kg/m <sup>3</sup> )	Desv. Est.	IC de 95%
0% traq.	18	1830.37	15.38	(1821.62; 1839.11)
3% traq. saturada	18	1857.44	16.44	(1848.70; 1866.19)
3% traq. seca	18	1814.97	30.95	(1806.22; 1823.71)
5% traq. saturada	18	1863.26	7.88	(1854.53; 1871.99)
5% traq. seca	18	1815.16	14.40	(1806.42; 1823.91)

Desviación estándar agrupada = 18.6225

Fuente: “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

Al comparar los resultados de la **tabla 5** con la **tabla 3**, que muestra los estándares de control para la desviación estándar:

- El tratamiento de 5% traq. Saturada, tiene la desviación estándar de 7.88, dato ubicado dentro del rango < a 14.1, considerando este resultado como Excelente.
- Los tratamientos de 0% traq., 3% traq. Saturada, 5% de traq. Seca, tienen desviaciones estándar de 15.38, 16.44 y 14.40 respectivamente, considerados en el rango de 14.1 a 17.6, son resultados Muy Buenos.
- El tratamiento de 3% traq. Seca, tiene la desviación estándar de 30.95, dato ubicado dentro del rango > 24.6, considerando este resultado como Malo.

Tabla 6  
Información agrupada del peso volumétrico, con el método Tukey y una confianza del 95%

Tratamiento (orden de mérito)	No.	Media (kg/m <sup>3</sup> )	Agrupación
5% traq. saturada	18	1863.26	A
3% traq. saturada	18	1857.44	A
0% traq.	18	1830.37	B
5% traq. seca	18	1815.16	B
3% traq. seca	18	1814.97	B

Fuente: “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

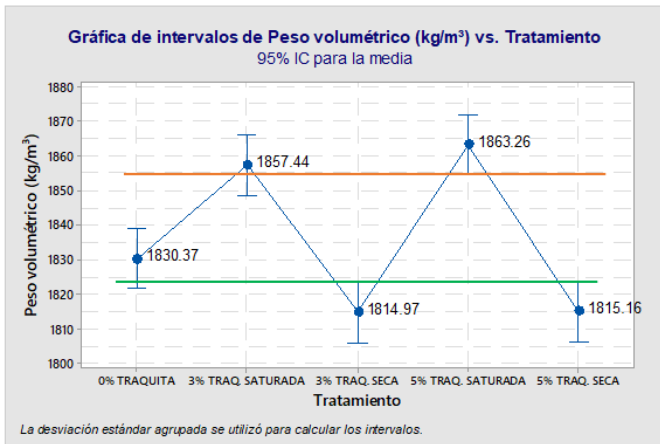


Figura 2. Gráfica de intervalos de peso volumétrico del concreto por tratamiento, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

Con la **tabla 6** y la **figura 2**, se evalúa la significancia de los tratamientos son:

Grupo A: se conforma por 5% traq. Sat. y 3% traq. Sat., sus medias, no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó, una línea horizontal naranja, que intercepta los dos tratamientos.

Grupo B se conforma por 0% traq., 5% traq. Sec y 3% traq. Sec., sus medias (1830.37 kg/m<sup>3</sup>, 1815.16 kg/m<sup>3</sup> y 1814.97 kg/m<sup>3</sup> respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 6, una línea horizontal verde, la que intercepta los tres tratamientos.

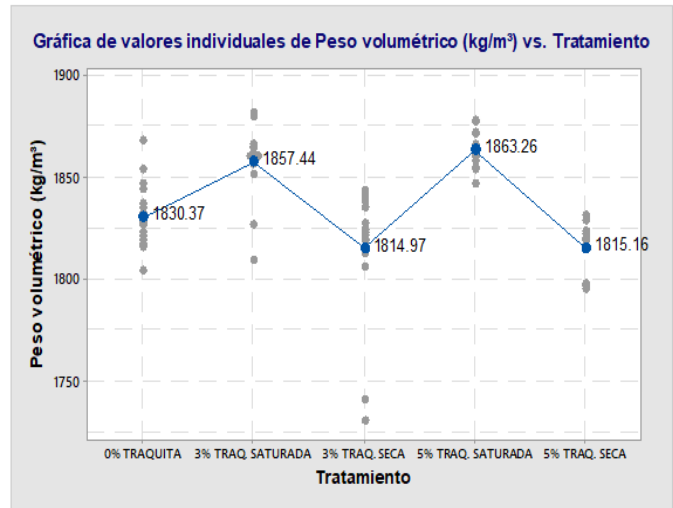


Figura 3. Gráfica de valores individuales de peso volumétrico del concreto por tratamiento, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

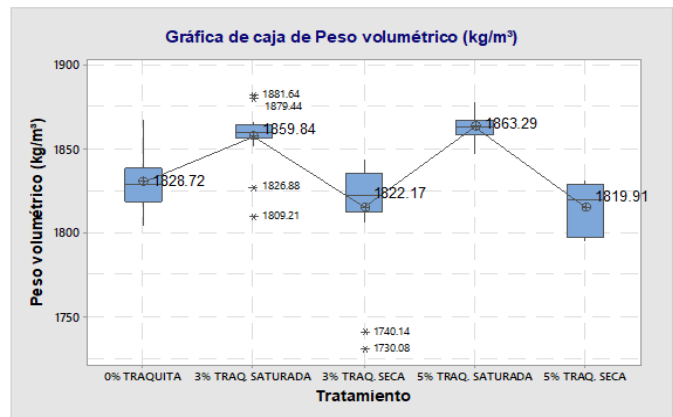


Figura 4. Gráfica de caja de peso volumétrico del concreto por tratamiento, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

Al comparar la figura 3 y figura 4, se tiene:

- 0% traq.: como la media 1830.37 > mediana 1828.72, la distribución es asimétrica positiva; y rango intercuartil de 19.96
- 3% traq. sat.: como la media 1857.44 < mediana 1859.84, la distribución es asimétrica negativa; y rango intercuartil de 7.86
- 3% traq. sec.: como la media 1814.97 < mediana 1822.17, su distribución es asimétrica negativa; rango intercuartil de 22.35
- 5% traq. sat.: como la media = mediana 1863.3, su distribución es simétrica; y un rango intercuartil de 8.41
- 5% traq. sec.: como la media 1815.16 < mediana 1818.91, su distribución asimétrica negativa; y rango intercuartil de 31.56

Luego, se selecciona dos tratamientos con mejores resultados:

- Al tener 5% traq. sat, distribución simétrica, se evalúan parámetros de desviación estándar 7.88 y media 1863.3, no presenta datos atípicos.
- Al tener 3% traq. sat, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 7.86 y mediana 1857.44, presenta 4 datos atípicos.

Ambos tratamientos tienen resultados similares, pero el diseño del concreto con 5% traq. sat. no presenta datos atípicos, lo que conduce a interpretaciones más reales, concluyendo que este diseño es mejor al tener una media típica o representativa.

### 3.2. Resultados de la resistencia a compresión del concreto

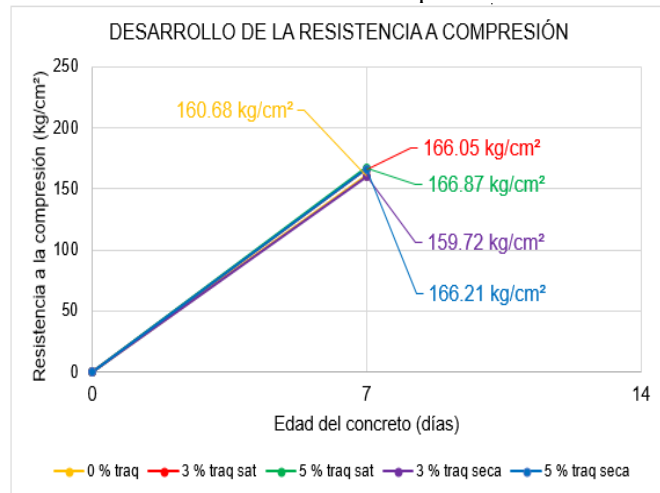


Figura 5. Desarrollo de la Resistencia a compresión a los 7d, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

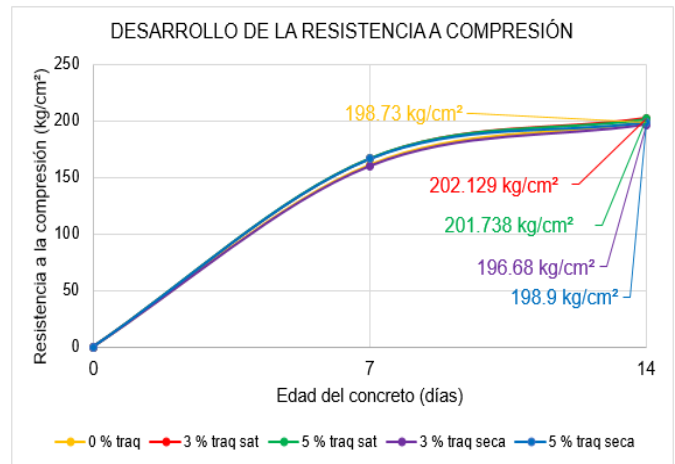


Figura 6. Desarrollo de la Resistencia a compresión del concreto a los 14 días de edad, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

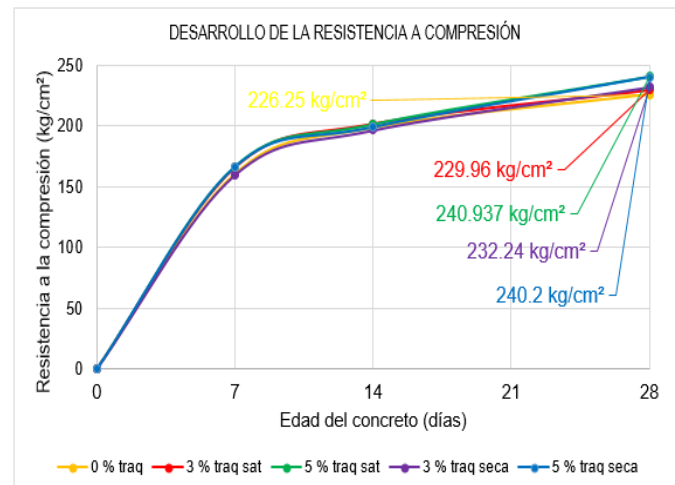


Figura 7 Desarrollo de la Resistencia a compresión del concreto a los 28 días de edad, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

Trabajando la figura 5, figura 6 y figura 7, en simultáneo, se analizó las medias de los tratamientos, obteniendo que:

- A los 7 d, la resistencia mínima es el 70% del  $f'c$  (147 kg/cm²). En la gráfica, el menor valor lo tiene el tratamiento de 3% traq. seca con  $f'c = 159.72$  kg/cm² y el mayor valor lo tiene el tratamiento de 5% traq. sat. con  $f'c = 166.87$  kg/cm².
- A los 14 d, la resistencia mínima es el 90% del  $f'c$  (189 kg/cm²). En la gráfica, el menor valor lo tiene el tratamiento de 0% traq. con  $f'c = 198.73$  kg/cm² y el mayor valor lo tiene el tratamiento de 5% traq. sat. con  $f'c = 201.738$  kg/cm²



- A los 28 d, la resistencia debe llegar al 100% del  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. En la gráfica, el menor valor lo tiene el tratamiento de 0% traq. con  $f^c = 226.25$  kg/cm<sup>2</sup> y el mayor valor lo tiene el tratamiento de 5% traq. sat. con  $f^c = 240.937$  kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 7  
Influencia en la Resistencia a compresión según tratamientos a 28d.

Tratamiento	I	II	III	IV	V
	0% traq.	3% traq. saturada	5% traq. saturada	3% traq. seca	5% traq. seca
Media (kg/cm <sup>2</sup> )	226.25	229.26	240.94	232.24	240.20
Influencia (%)		+1.3	+6.5	+2.6	+6.2

Fuente: "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso" del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1]

La **tabla 7**, muestra que respecto al tratamiento patrón I, los tratamientos de reemplazo de traquita II, III, IV, V; aumentaron en 1.3%; 6.5%, 2.6% y 6.2% respectivamente a los 28 d. su resistencia a compresión, señalando que todos los tratamientos superaron el  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> de diseño.

### 3.2.1. ANOVA de la resistencia a compresión a los 28 días.

Tabla 8  
Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 28 d.

Fuente de variabilidad	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	4	995.6	248.89	6.82	0.001
Error	25	912.8	36.51		
Total	29	1908.4			

Fuente: "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso" del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1]

En la **tabla 8** se observa el valor P de 0.001, lo que muestra una alta significación estadística. Se rechaza la hipótesis nula, significando que, los tratamientos, tuvieron efecto en la resistencia a compresión a la edad de 28 d.

Tabla 1  
Medias de la Resistencia a compresión a los 28 d.

Tratamiento	No	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv Est.	IC de 95%
0% traq.	6	226.25	6.91	(221.17; 231.33)
3% traq. Saturada	6	229.96	6.24	(224.88; 235.04)

3% traq. Seca	6	232.24	6.03	(227.16; 237.32)
5% traq. Saturada	6	240.937	1.139	(235.857; 246.018)
<b>5% traq. Seca</b>	<b>6</b>	<b>240.20</b>	<b>7.63</b>	<b>(235.12; 245.28)</b>

Desviación estándar agrupada = 6.04255

Fuente: "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso" del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1]

Se comparó los resultados de la **tabla 9** con la **tabla 3**, que muestra los estándares de control para la desviación estándar:

Para los tratamientos de 0% traq., 3% traq. Sat, 5% traq. Sat, 3% traq. Sec y 5% traq. Sec, las desviaciones estándar son 6.91, 6.24, 6.03, 1.139 y 7.63 respectivamente, datos ubicados dentro del rango de  $< 14.1$ , considerando estos resultados como Excelentes

Tabla 2  
Información agrupada de la Resistencia a compresión, con el método Tukey y una confianza del 95%

Tratamiento (orden de mérito)	No.	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Agrupación
5% traq. Saturada	6	240.937	A
5% traq. Seca	6	240.20	A B
3% traq. Seca	6	232.24	A B C
3% traq. Saturada	6	229.96	B C
0% traq.	6	226.25	C

Fuente: "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso" del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1]

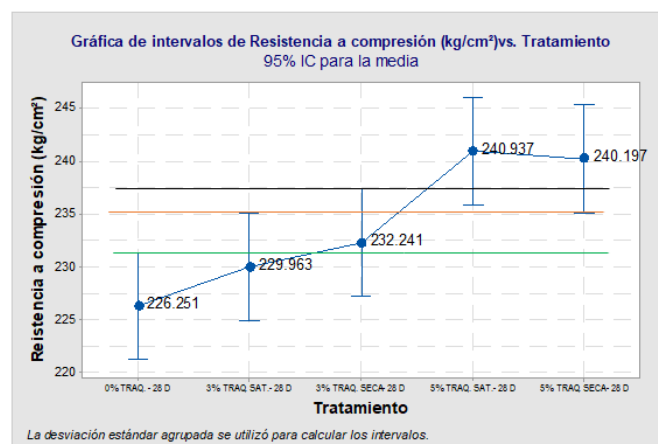


Figura 8 Gráfica de intervalos de Resistencia a compresión a los 28d, obtenida de "Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso" del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

Utilizando la tabla 10 y la figura 8, se tiene:

Grupo A se conforma por 5% traq. Sat., 5% traq. Sec. y 3% traq. Sec. y sus medias (240.937 kg/cm<sup>2</sup>, 240.20 kg/cm<sup>2</sup> y 232.24 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 15, una línea horizontal negra, la que intercepta estos tratamientos.

Grupo B se conforma por 5% traq. Sec., 3% traq. Sec., y 3% traq. Sat. y sus medias (240.20 kg/cm<sup>2</sup>, 232.24 kg/cm<sup>2</sup> y 229.96 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 15, una línea horizontal naranja, la que intercepta estos tratamientos.

Grupo C se conforma por 3% traq. Sec., 3% traq. Sat. y 0% traq. y sus medias (232.24 kg/cm<sup>2</sup>, 229.96 kg/cm<sup>2</sup> y 226.25 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente) no son significativamente diferentes entre sí. Para verificar, se dibujó en la figura 15, una línea horizontal verde, la que intercepta estos tratamientos.

El tratamiento 5% traq. Sat. sí es significativamente diferente al tratamiento del 0% traq., sus intervalos no se interceptan y sus letras de agrupación son distintas

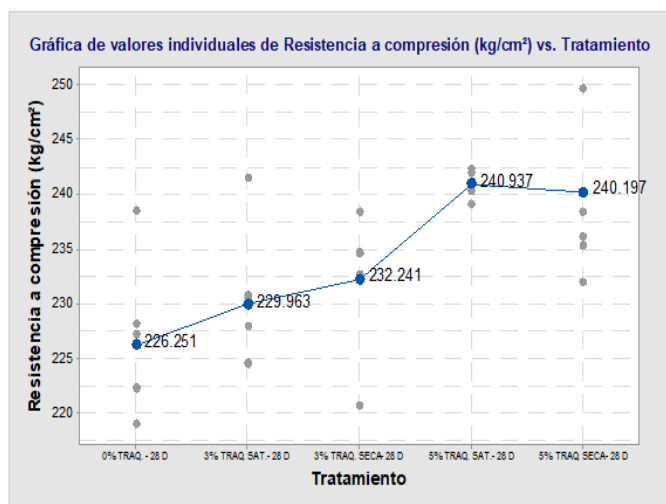


Figura 9 Gráfica de valores individuales de Resistencia a compresión a los 28d, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

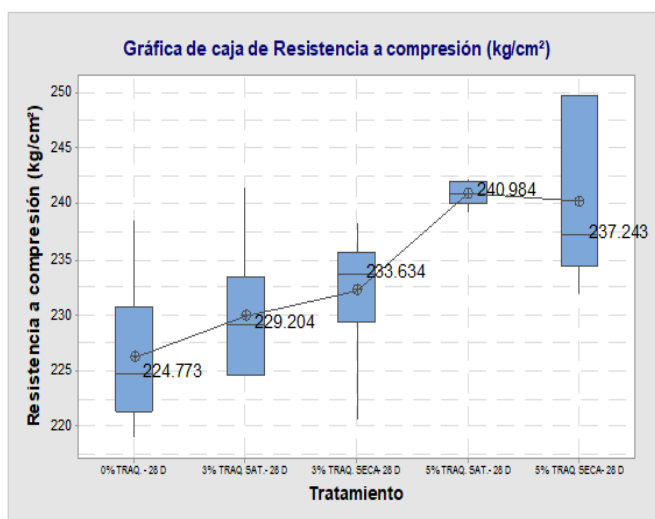


Figura 10 Gráfica de caja de Resistencia a compresión de las probetas a los 28d, obtenida de “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso” del repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. [1].

Al comparar la figura 9 y figura 10 en simultáneo, se tiene:

- 0% traq.: como la media 226.28 > mediana 224.773, la distribución es asimétrica positiva; y rango intercuartil de 9.337
- 3% traq. sat.: como la media 229.96 > mediana 229.204, la distribución es asimétrica positiva; y rango intercuartil de 8.84
- 3% traq. sec.: como la media 232.24 < mediana 233.634, su distribución es asimétrica negativa; rango intercuartil de 6.183
- 5% traq. sat.: como la media 240.937 < mediana 240.984, su distribución es asimétrica negativa; rango intercuartil de 2.008
- 5% traq. sec.: como la media 240.2 < mediana 237.243, su distribución asimétrica positiva; rango intercuartil de 15.181

Luego, se selecciona dos tratamientos con mejores resultados:

Al tener 5% traq. sat, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 2.008 y mediana 240.984, no presenta datos atípicos.

Al tener 3% traq. sec, distribución asimétrica, se evalúan parámetros de rango intercuartil 6.183 y mediana 233.634, no presenta datos atípicos.

Al analizar ambos tratamientos, el diseño del concreto con 5% traq. sat. tiene una mediana mayor, un rango intercuartil menor y no presenta datos atípicos, se concluye que el diseño es mejor al ser representativo.



#### IV. CONCLUSIONES

- A los 28 días, se obtuvo un  $f_c$  en los ensayos de Resistencia a compresión para el tratamiento de 0% traq. 226.25 kg/cm<sup>2</sup> y para los tratamientos con reemplazo de 3% traq. saturada 229.26 kg/cm<sup>2</sup>, 5% traq. saturada 240.94 kg/cm<sup>2</sup>, 3% traq. seca 232.24 kg/cm<sup>2</sup>, 5% traq. seca 240.20 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo: todos los tratamientos de reemplazo influyen en el aumento de la resistencia a compresión respecto al tratamiento patrón, en 1.3%, 6.5%, 2.6% y 6.2% respectivamente.
- De ambos reemplazos con la traquita saturada, el tratamiento de 5% traq. saturada supera en más del 5% al tratamiento patrón – 0% de traq., con un 6.5%
- De ambos reemplazos con la traquita seca, el tratamiento de 5% traq. seca supera en más del 5% al tratamiento patrón – 0% de traq., con un 6.2%
- Siendo el Peso volumétrico del tratamiento de 0% traq. 1830.37 kg/m<sup>3</sup> y de los tratamientos con reemplazo de 3% traq. saturada 1857.44 kg/m<sup>3</sup> y 5% traq. saturada 1863.47 kg/m<sup>3</sup>, los reemplazos influyeron en el aumento del peso volumétrico en 1.48% y 1.79% respectivamente, sobre el tratamiento patrón.

#### REFERENCIAS

- [1] A.Y Vásquez Taico, “Influencia sobre la resistencia a compresión de un concreto ligero estructural, al reemplazar un porcentaje de traquita; saturada y seca por el agregado grueso, Tesis grado de Maestría, Univ. Pub. UNC, 2022
- [2] Ibrahim, M y otros (2020). Durability of Structural Lightweight Concrete Containing Expanded Perlite Aggregate. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 14 (50)
- [3] ACI UPC (2019). Concreto ligero estructural.
- [4] Reglamento Nacional de Edificaciones. (Primera edición digital 2020, diciembre). Norma E.060 Concreto Armado. Lima, Perú. <https://n9.cl/sn84n>
- [5] ACI 214 RS-11. (2017). Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto.