

# 210 kg/cm<sup>2</sup> concrete with the Ceramide addition Recycled Exposed to Pathogens

Noriel Becerra García, bach.<sup>1</sup>, and Henry Josué Villanueva Bazán, Ing<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, N00017260@upn.pe

<sup>2</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, henry.villanueva@upn.edu.pe

*Abstract: In the present investigation, the purpose is to determine the compressive strength of a 210 kg/cm<sup>2</sup> concrete exposed to sulfates, for which 5%, 10% and 15% of recycled majolica that passes through mesh No. 4, of which a total of 108 concrete witnesses were considered, separated into 27 for each design variation, having an experimental type methodology, application level and quantitative design. The mix design by the ACI method, considering as a premise if the recycled majolica not only contributes to the resistance to compression, but also against pathogens, so it was decided to use magnesium sulfate as an active agent for the pathology. Obtaining as a result after 28 days: standard concrete is 223.77 kg/cm<sup>2</sup>, exposed concrete 199.77 kg/cm<sup>2</sup>, with 5% majolica 184 kg/cm<sup>2</sup>, 5% exposed majolica is 165.98 kg/cm<sup>2</sup>, 10% majolica of 191.03 kg/cm<sup>2</sup>, 10% exposed majolica is 170.23 kg/cm<sup>2</sup>, 15% majolica with 208.20 kg/cm<sup>2</sup> and 15% exposed majolica 183.07 kg/cm<sup>2</sup>. The concrete of 210 kg/cm<sup>2</sup> with the addition of 15% recycled majolica reaches 208 kg/cm<sup>2</sup> without being exposed to curing with magnesium sulfate and with exposure to magnesium sulfate it reaches 183.07 kg/cm<sup>2</sup>, concluding that the addition of recycled majolica contributes to compressive strength as well as exposure to pathogens.*

*Keywords: Recycled majolica, Pathogen agent and  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la Adición de Cerámica Reciclada Expuesta a Patógenos

Noriel Becerra García, bach.<sup>1</sup>, and Henry Josué Villanueva Bazán, Ing<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, N00017260@upn.pe

<sup>2</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, henry.villanueva@upn.edu.pe

**Resumen:** En la presente investigación tiene el propósito de determinar la resistencia a la compresión de un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> expuesto ante sulfatos, para lo cual se adiciono el 5%, 10% y 15% de mayólica reciclada que pasa por la malla N° 4, de los cuales se consideró un total de 108 testigos de concreto separados en 27 por cada variación de diseño, teniendo una metodología de tipo experimental, nivel aplicativo y diseño cuantitativo. El diseño de mezcla por el método ACI, planteando como premisa si la mayólica reciclada no solo contribuye con la resistencia a la compresión también ante los agentes patógenos por lo que se decidió utilizar el sulfato de magnesio como agente activo para la patología. Obteniendo como resultado a los 28 días: concreto patrón es de 223.77 kg/cm<sup>2</sup>, concreto expuesto 199.77 kg/cm<sup>2</sup>, con 5% de mayólica 184 kg/cm<sup>2</sup>, 5% de mayólica expuesta es 165.98 kg/cm<sup>2</sup>, 10% de mayólica de 191.03 kg/cm<sup>2</sup>, 10% mayólica expuesta es de 170.23 kg/cm<sup>2</sup>, 15% de mayólica con 208.20 kg/cm<sup>2</sup> y 15% de mayólica expuesta 183.07 kg/cm<sup>2</sup>. El concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de mayólica reciclada al 15% llega a 208 kg/cm<sup>2</sup> sin ser expuesta al curado con sulfato de magnesio y con la exposición del sulfato de magnesio llega a 183.07 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que la adición de mayólica reciclada contribuye a la resistencia a la compresión como también a la exposición de agentes patógenos.

**Palabras clave:** Mayólica reciclada, Agente patógenos y  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

## I. INTRODUCCIÓN

La cantidad de mayólica utilizada en el mundo [1], viene siendo uno de los recursos más utilizados en la construcción en los cuales ha tenido unas tendencias desde el 2012 al 2018 con un crecimiento promedio anual de 8.25% por lo que se vuelve uno de los recursos más utilizados en la construcción para el Perú.

La construcción de viviendas en el Perú [2], ha tenido otro crecimiento en el cual las viviendas ya construidas que solo les falta la etapa de acabados donde se construye con mayólica es terminada en un proceso lento que demora años.

Por lo que en el Perú [3], solo el 1.9% de los materiales eliminados y que se pueden reutilizar son re aprovechables esto significa tan solo en el año 2016, a nivel nacional, se generaron 7'005,576 toneladas de residuos sólidos municipales urbanos, de ese volumen el 18.7% son residuos inorgánicos reciclables con potencial de generar empleo a través de negocios innovadores (papel, cartón, vidrio, plástico PET, plástico duro, tetra-pak, metales y residuos eléctricos y electrónicos-RAEE). Igualmente, la mitad de los residuos domiciliarios está

compuesto de material orgánico: restos de comida, cascaras de frutas, verduras, etc. los cuales se pueden aprovechar para preparar abonos orgánicos e incluso para producir energía.

Uno de los componentes principales para elaborar la mezcla de concreto es el cemento, del cual se tiene indicadores de su producción en todo el mundo. Según la ASOCEM [4], en el año 2016 el consumo mundial del cemento alcanzó los 4,129 Millones de Toneladas con un avance de 1.8% respecto al año 2015. De acuerdo al Ranking por la International Cement Reviewer, para el año 2018, China (2,850.56 Mt), India (301.57 Mt) y USA (100.51 Mt) mantienen su liderazgo en el consumo de cemento, mientras que Turquía (71.76 Mt) e Indonesia (67.85 Mt) reemplazaron a Brasil (54.05 Mt) y Rusia (53.43 Mt) en el cuarto y quinto puesto respectivamente. Estos datos dejan ver la gran producción de concreto, teniendo en cuenta que el cemento representa un porcentaje bajo respecto de los agregados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Dentro de los elementos más usados en el sector de la construcción, destaca “El concreto”, el cual es una mezcla de cemento, agregados (fino y grueso) y agua. Según [2], la importancia del concreto en los proyectos de infraestructura radica en su versatilidad, característica que lo han puesto en límites insospechados gracias a su desempeño, usos y aplicaciones. En la actualidad, es el material de construcción más utilizado a nivel mundial, con una producción cercana a los 13,000 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) por año.

En una investigación se presenta [5], concreto “Ecoeficiente” que incorpora Residuos Cerámicos y polvo de ladrillo rojo como un sustituto eficaz de Cemento Portland ordinario y agregado fino, en Tamil Nadu, India, tiene por objetivo estudiar la reacción mecánica y la dureza del hormigón sustituyendo el cemento por desechos de cerámica en polvo en una proporción de 5%, 10% y 15%. Es una investigación aplicada de diseño experimental, la población y muestra de estudio fueron 27 testigos de concreto, 3 por muestra. De los resultados se obtuvo que la resistencia del concreto se incrementa con el periodo de curado. Para un reemplazo de 0%, 5%, 10% y 15% a los 7 días se obtuvo 24.95 MPa, 25.12 MPa, 26.19 MPa y 23.24 MPa respectivamente, a los 14 días se obtuvo 28.27 MPa, 29.15 MPa, 31.21 MPa y 26.42 MPa y finalmente a los 28 días se obtuvo 35.22 MPa, 36.68 MPa, 38.68 MPa y 33.58 MPa respectivamente. Se concluye que el óptimo porcentaje de reemplazo a los 28 días, es del 10%, ya

que resultó con mayor dureza a la compresión en relación al concreto tradicional.

En el trabajo de investigación presentado por [6], en su estudio titulado “Evaluación de cementos de bajo carbono producidos localmente con sustitución del 50% de cemento P-35 por adiciones de polvo de cerámica roja y caliza en Santa Clara”, Cuba, tiene como objetivo analizar el comportamiento mecánico de un nuevo tipo de cemento LC3 producido en base al reemplazo del 50% de cemento P-35 por cerámica residual triturada de dos tipos: con sobrante de reciclaje roja (LC3- 50L) y cerámica caliza (LC3-50R). Es una investigación de tipo aplicada experimental, la población está dada por 27 probetas de concreto, 3 por muestra evaluados a los 3, 7 y 28 días. Se obtiene el desarrollo de la resistencia a la compresión en el tiempo y al día 28 la resistencia a la compresión al 0%, 50% (LC350 L) y 50% (LC350 R) es de 30.3 MPa, 15.2 MPa y 21.5 MPa respectivamente. Si bien, el concreto con cemento LC3 no alcanza la resistencia de la muestra patrón, si cumple con los estándares de la norma NC 97:2011 de mínimo 16 MPa. La investigación concluye que reutilizar los residuos de cerámica para la fabricación de morteros en proporciones adecuadas es una alternativa atractiva debido a sus propiedades puzolánicas.

Para [7], en su estudio titulado Residuos de baldosas cerámicas como material de reemplazo en cemento Portland en Valencia, España, tiene por objetivo evaluar la reacción puzolánica de los residuos de cerámica y su idoneidad como sustituto del cemento en el concreto. Se trata de un estudio experimental para evaluar el tiempo de fraguado del hormigón mediante la sustitución del cemento Portland por residuo cerámico en proporción de 0%, 15%, 25%, 35% y 50% para la elaboración de pastas y cementos. Se obtuvo que la dureza a la compresión al día 28 en proporción de 0%, 15%, 25%, 35% fue de 51.02 MPa, 45.30 MPa, 45.07 MPa, 40.15 MPa, 33.82 MPa respectivamente y a los 90 días fue de 55.48 MPa, 53.13 MPa, 50.48 MPa, 49.83 MPa, 40.20 MPa respectivamente. Se observa que, si bien la dureza a la compresión desciende al elevar el porcentaje de sustitución de cerámica residual en los primeros días de curado, estos acercan más al concreto patrón a los 90 días. El estudio demuestra que los residuos de cerámica son de uso potencial como cemento puzolánico.

En estudios nacionales [8], en su investigación Influencia de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto, Trujillo – 2019, Perú, tiene como objeto estudiar los efectos de la cerámica reciclada en reemplazo del cemento (5%, 10%, 15%, 20% y 25%) sobre la dureza a la compresión del concreto. Es un estudio aplicado de diseño experimental ensayado en el laboratorio de la UPN. La población está dada por 72 testigos de concreto, 4 por cada muestra, evaluados a los 14, 21 y 28 días. La observación directa es el método para recolectar datos. Los resultados determinan que al día 28, la dureza a la compresión del concreto al 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de cerámica reciclada es 242.13 kg/cm<sup>2</sup>, 227.04 kg/cm<sup>2</sup>, 246.78 kg/cm<sup>2</sup>, 241.17 kg/cm<sup>2</sup>, 224.61 kg/cm<sup>2</sup> y 195.32 kg/cm<sup>2</sup>

respectivamente. Por tanto, se determina que la resistencia óptima es al 10% de adición con respecto a la muestra patrón. El estudio concluye que adicionar residuos de cerámica no siempre incrementa la dureza a la compresión del concreto, en consecuencia, es vital determinar las cantidades correctas de incorporación. El estudio concluye que adicionar residuos de cerámica no siempre incrementa la dureza a la compresión del concreto, siendo necesario determinar la cantidad correcta de reemplazo por cemento

En un estudio presentado en Lima – Per, para [9], en su estudio Investigación experimental en sustitución de Cemento con Cerámicas en polvo en hormigón, tiene por objetivo una construcción sostenible utilizando material de desecho de cerámica como sustituto del cemento al 0%, 5%, 10%, 15 y 20%. Es un estudio de diseño experimental. La población está dada por 45 testigos de concreto, 3 por cada muestra, evaluados a los 7, 14 y 28 días. La observación es directa y los resultados determinan que la resistencia a la compresión al día 28 al 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de cerámica reciclada es 29.10 N/mm<sup>2</sup>, 29.90 N/mm<sup>2</sup>, 31.15 N/mm<sup>2</sup>, 32.27 N/mm<sup>2</sup> y 30.38 N/mm<sup>2</sup> respectivamente y que la resistencia a la flexión es 7.14 N/mm<sup>2</sup>, 7.44 N/mm<sup>2</sup>, 7.98 N/mm<sup>2</sup>, 8.21 N/mm<sup>2</sup> y 7.76 N/mm<sup>2</sup>. Se observa que, si bien la resistencia incrementa con el porcentaje de sustitución, esta empieza a disminuir al 15% de sustitución. El estudio concluye que el uso de hormigón con una sustitución fraccionada del cemento por residuos de cerámicas en polvo hasta un 15% puede ser equivalente al hormigón estándar problema de la eliminación y es una alternativa de solución a la eliminación de estos desechos sólidos.

Otro estudio también en la capital de Lima – Perú [10], denominado “Incorporación de cerámica reciclada para analizar la resistencia a la compresión del concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2021” plantea como objetivo general analizar cómo influye la incorporación de cerámica reciclada en la resistencia a la compresión del concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> cuando se sustituye el cemento por cerámica reciclada en porcentajes de 3%, 6%, 9%, 12%, 15% y 18%. Finalmente se concluye que la incorporación de cerámica reciclada no influye significativamente en las propiedades mecánicas de un concreto f'c kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, al 3% de sustitución se permite mantener sus propiedades de resistencia a la compresión y por tanto permite considerar a la cerámica reciclada como una alternativa sostenible que puede sustituir al cemento en la elaboración del concreto.

Para [11], en su investigación tiene como objetivo principal el plantear de qué manera influye la adición de desechos cerámicos y fibra de polipropileno en las propiedades mecánicas del concreto f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>. En los resultados se encontró que el aumento en la resistencia a la compresión a los 7 días de curado, se percibe con un aumento del 10 % de desechos cerámicos y un 1.5 % de fibra de polipropileno, consiguiendo una cantidad de 264.08 kgf/cm<sup>2</sup>, el cual da una representación de un incremento de 15.88 % en relación a la resistencia proporcionada por el concreto patrón a la misma edad, por último se logró determinar que cuando se le adiciona

al concreto  $f_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$  un 15% de desechos cerámicos y un 2 % de fibra de polipropileno, se consiguió una cantidad de  $35.32 \text{ kgf/cm}^2$ , el cual da una representación de un incremento de 53.59 % en relación a la resistencia a tracción proporcionada por el concreto patrón a la edad de 28 días.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Enfoque, tipo y diseño de la investigación

De acuerdo con los tipos de datos analizados, la presente investigación tiene un enfoque Cuantitativo. Borja Suárez [4], plantea que una forma confiable para conocer la realidad es mediante la recolección y análisis de datos, con esto se podría probar la hipótesis y contestar las preguntas de investigación. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y con frecuencia en el uso de la estadística. Cuando los resultados aportan evidencia a favor de la hipótesis, se genera confianza en la teoría, de lo contrario se descarta la hipótesis y eventualmente la teoría.

- Tipo de Investigación

Evaluar la resistencia de un concreto patrón de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y un concreto con la adición mayólica reciclada en los porcentajes de 5%, 10% y 15%; para la comprobación de esta se someterá a una rotura de probetas. Todo el análisis realizado, también conllevó procesamiento de datos numéricos que implicaron cuantificación y medición. En ese sentido, quedó totalmente consentido que la investigación es de tipo Experimental con un enfoque Cuantitativo.

- Nivel de Investigación

El nivel de investigación es aplicativo, por lo que se busca aplicar un tipo de diseño a una de las variables con la manipulación del mismo diseño para obtener un resultado diferente; siendo en esta investigación la manipulación del agregado fino adicionando de 5%, 10% y 15% de mayólica reciclada.

- Diseño de Investigación

Según Borja Suárez [4], existen tres (03) requisitos principales para que una investigación sea de tipo experimental, los cuales son: “Manipulación intencional de las variables independientes” y da como ejemplo la “Incorporación de un nuevo material en las probetas de concreto, mientras que las otras se elaboran con elementos tradicionales; “Medición del efecto de la variable independiente” y “Control interno de la situación experimental”; experimental, ya que, se utiliza para establecer una relación entre la causa y el efecto de la adición de 5%, 10% y 15% de mayólica reciclada, para obtener una mejora en la resistencia a la compresión ante agentes patógenos.

### B. Población y Muestra

Esta investigación posee el carácter de ser no probabilística no estadística por conveniencia dado que se ha escogido el tipo de

material y concreto por ser un requerimiento constante a  $210 \text{ kg/cm}^2$  y la adición de mayólica reciclada ha sido escogido por conveniencia.

Para una investigación cuantitativa, la muestra de estudio es un subgrupo representativo de la población, a través de la cual se recolectarán los datos para realizar el análisis correspondiente. El tamaño de la muestra se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para desarrollar la investigación [4]. Para la investigación, el muestreo realizado es probabilístico no estadístico por conveniencia.

Según [5], la resistencia de un concreto se determina en base al promedio de los resultados obtenidos de ensayos válidos de un conjunto de probetas normalizadas. El número mínimo de probetas a fabricar normalmente es de 03 (tres) unidades por cada edad y condición de ensayo, de esta manera poder contar con una confiabilidad estadística; por lo que los porcentajes se ha tomado en base a otras investigaciones como [10], que toma los porcentajes de 3%, 6%, 9%, 12%, 15% y 18%; En la investigación [8], toma los porcentajes de 0%, 5%, 10%, 15 y 20%; Rojas (2019) toma los porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%; por lo que para la muestra en esta investigación se ha tomado los porcentajes de 5%, 10% y 15% de mayólica reciclada y triturada que pasa por la malla N° 4 en base a los autores anteriormente mencionados. La cantidad de muestras a ensayar fue de 108 unidades de especímenes cilíndricos. A continuación, se detalla la distribución y cantidad de probetas fabricadas:

Esta investigación posee el carácter de ser no probabilística no estadística por conveniencia dado que se ha escogido el tipo de material y concreto por ser un requerimiento constante a  $210 \text{ kg/cm}^2$  y la adición de mayólica reciclada ha sido escogido por conveniencia.

Para una investigación cuantitativa, la muestra de estudio es un subgrupo representativo de la población, a través de la cual se recolectarán los datos para realizar el análisis correspondiente. El tamaño de la muestra se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para desarrollar la investigación [4]. Para la investigación, el muestreo realizado es probabilístico no estadístico por conveniencia.

En esta investigación los cilindros de concreto realizados bajo diseño de mezcla  $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ , donde el curado se realiza en agua natural y en agua con sulfato de magnesio según la dosificación establecida por la E.060 del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) en la tabla 4.4 expone que (requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos) considerando exposición a sulfatos en condición severa y con cantidades de 1500 a 10000 ppm (partes por millón); para la presente investigación la dosificación de sulfato se realiza considerando presencia de 1500 ppm (partes por millón) dentro de los cuales se encuentran los agentes patógenos que causan daño al concreto.

TABLA 1  
NÚMERO DE TESTIGOS

Concreto	PARCIAL (Unidades)			
	7 días de curado	14 días de curado	28 días de curado	Total
Patrón sin exposición	3	3	3	9
Patrón con exposición	6	6	6	18
Adición de 5% de mayólica reciclada (sin exposición)	3	3	3	9
Adición de 5% de mayólica reciclada (con exposición)	6	6	6	18
Adición de 10 % de mayólica reciclada (sin exposición)	3	3	3	9
Adición de 10 % de mayólica reciclada (con exposición)	6	6	6	18
Adición de 15 % de mayólica reciclada (sin exposición)	3	3	3	9
Adición de 15 % de mayólica reciclada (con exposición)	6	6	6	18
TOTAL DE ESPECÍMENES	108			

La cantidad de testigos analizados en total es de 108 cumpliendo con la norma ASTM C-39 en cuanto al mínimo de 3 testigos por variación o muestra.

TABLA 2  
DISEÑO DE MEZCLAS POR M<sup>3</sup>

PROPORCIÓN DE MATERIALES POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO	
Cemento	427 kg
Agregado grueso	846 kg
Agregado fino	970 kg
Agua	227 lt.
Aire atrapado	2.5%

Se muestra las cantidades de diseño por m<sup>3</sup> para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

TABLA 3  
CANTIDAD DE DISEÑO POR M<sup>3</sup> CORREGIDOS POR HUMEDAD.

Diseño De Mezclas (Material Corregido Por Humedad Por M3)	
Cemento	427 kg
Agregado grueso	880 kg
Agregado fino	992 kg
Agua	224 lt

Se observan los valores de diseño del concreto patrón corregidos por humedad con los cuales se elaboro las testigos para ser analizados con agua con sulfato de magnesio y sin sulfato de magnesio.

### III. RESULTADOS

Todas las probetas fueron elaboradas con el diseño corregido por humedad y en tandas de 9 probetas utilizando un trompo mecánico de ½ cubo.

TABLA 4  
RESULTADOS DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS – 210 KG/CM<sup>2</sup> – PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	% RESISTENCIA
1	CONCRETO CONVENCIONAL	28.00	219.80	104.67
2	CONCRETO CONVENCIONAL	28.00	225.10	107.19
3	CONCRETO CONVENCIONAL	28.00	226.40	107.81
4	CONCRETO CONVENCIONAL (EXPUESTO)	28.00	197.60	94.10
5	CONCRETO CONVENCIONAL (EXPUESTO)	28.00	197.90	94.24
6	CONCRETO CONVENCIONAL (EXPUESTO)	28.00	202.90	96.62
7	CONCRETO CONVENCIONAL (EXPUESTO)	28.00	200.80	95.62
8	CONCRETO CONVENCIONAL (EXPUESTO)	28.00	199.40	94.95
9	CONCRETO CONVENCIONAL (EXPUESTO)	28.00	200.00	95.24

Se puede observar en la Tabla 4, que el concreto patrón a 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días supera la resistencia requerida teniendo un valor máximo de 226.40 kg/cm<sup>2</sup> y los especímenes que han sido expuestos al sulfato magnesio están por debajo de lo requerido teniendo una resistencia máxima de 197.60 kg/cm<sup>2</sup>.

TABLA 5  
RESULTADOS DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS – 210 KG/CM<sup>2</sup>- 5% DE MAYÓLICA RECICLADA

Nº	DESCRIPCIÓN	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	% RESISTENCIA
1	5% de mayólica reciclada	28.00	184.70	87.95
2	5% de mayólica reciclada	28.00	184.20	87.71
3	5% de mayólica reciclada	28.00	183.70	87.48
4	5% de mayólica reciclada	28.00	165.10	78.62
5	5% de mayólica reciclada	28.00	166.80	79.43
6	5% de mayólica reciclada	28.00	166.70	79.38
7	5% de mayólica reciclada	28.00	161.60	76.95
8	5% de mayólica reciclada	28.00	165.50	78.81
9	5% de mayólica reciclada	28.00	170.20	81.05

Se puede observar en la Tabla 5, que el concreto patrón a 210 kg/cm<sup>2</sup> – 5% de mayólica reciclada a los 28 días no logra llegar a la resistencia mínima solicitada por la norma siendo el 100% de la resistencia de diseño o 210 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el máximo valor de 184.70 kg/cm<sup>2</sup> y los especímenes que han sido expuestos al sulfato magnesio están por debajo de lo requerido teniendo una resistencia máxima de 170.20 kg/cm<sup>2</sup>.

TABLA 6  
RESULTADOS DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS – 210 KG/CM<sup>2</sup>- 10% DE MAYÓLICA RECICLADA

Nº	DESCRIPCIÓN	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	% RESISTENCIA
1	10% de mayólica reciclada	28.00	193.30	92.05
2	10% de mayólica reciclada	28.00	190.10	90.52
3	10% de mayólica reciclada	28.00	189.70	90.33
4	10% de mayólica reciclada	28.00	168.00	80.00
5	10% de mayólica reciclada	28.00	172.00	81.90
6	10% de mayólica reciclada	28.00	172.50	82.14
7	10% de mayólica reciclada	28.00	169.10	80.52
8	10% de mayólica reciclada	28.00	170.20	81.05
9	10% de mayólica reciclada	28.00	169.60	80.76

Se puede observar en la Tabla 6, que el concreto patrón a 210 kg/cm<sup>2</sup> – 10% de mayólica reciclada a los 28 días no logra llegar a la resistencia mínima solicitada por la norma siendo el 100 - 120% de la resistencia de diseño o 210 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el máximo valor de 193.30 kg/cm<sup>2</sup> y los especímenes que han sido expuestos al sulfato magnesio están por debajo de lo requerido teniendo una resistencia máxima de 172.50 kg/cm<sup>2</sup>.

TABLA 7  
RESULTADOS DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS – 210 KG/CM<sup>2</sup>- 15% DE MAYÓLICA RECICLADA

Nº	DESCRIPCIÓN	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	% RESISTENCIA
1	15% de mayólica reciclada	28.00	207.70	98.90
2	15% de mayólica reciclada	28.00	209.40	99.71
3	15% de mayólica reciclada	28.00	207.50	98.81
4	15% de mayólica reciclada	28.00	182.20	86.76
5	15% de mayólica reciclada	28.00	183.50	87.38
6	15% de mayólica reciclada	28.00	184.20	87.71
7	15% de mayólica reciclada	28.00	178.90	85.19
8	15% de mayólica reciclada	28.00	184.20	87.71
9	15% de mayólica reciclada	28.00	185.40	88.29

Se puede observar en la tabla 7, que los valores más notables son que la resistencia a la compresión con a los 28 días con el 15% de mayólica llega a 183.07 kg/cm<sup>2</sup> con curado de sulfato de magnesio y el valor más bajo es con el 5% de adición de mayólica con curado de sulfato de magnesio a 165.98 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al concreto patrón que llega a 199.77 kg/cm<sup>2</sup>.

Se puede observar en la tabla 7, que el concreto patrón a 210 kg/cm<sup>2</sup> – 15% de mayólica reciclada a los 28 días no logra llegar a la resistencia mínima solicitada por la norma siendo el 100 - 120% de la resistencia de diseño o 210 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el máximo valor de 193.30 kg/cm<sup>2</sup> y los especímenes que han sido expuestos al sulfato de magnesio están por debajo de lo requerido teniendo una resistencia máxima de 184.20 kg/cm<sup>2</sup>.

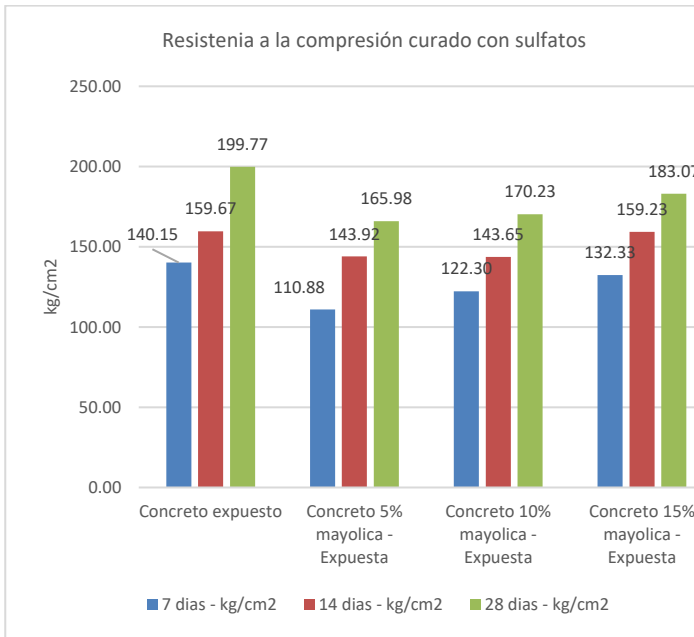


Fig. 1 Resultado de resistencia a la compresión con curado a sulfatos

En la Fig. 1 se observa que el concreto patrón expuesto a sulfatos no llega a la resistencia a la compresión mínima de 210 kg/cm<sup>2</sup>, también con 5%, 10% y 15% de mayólica tampoco llegan a la resistencia requerida tomando el valor más significativo de 183.07 kg/cm<sup>2</sup>; pero si se puede observar que existe una tendencia de que aumenta la resistencia conforme se va agregando más porcentaje de mayólica.

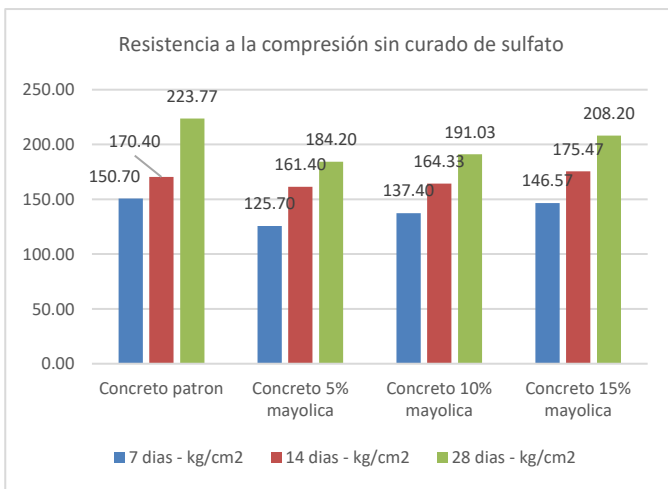


Fig. 2 Resultado de resistencia a la compresión sin curado a sulfato de magnesio

En la Fig. 2 se puede observar que los valores más notables son que la resistencia a la compresión a los 28 días con el 15% de mayólica llega a 208.20 kg/cm<sup>2</sup> kg/cm<sup>2</sup> sin curado de sulfato de magnesio y el valor más bajo es con el 5% de adición de

mayólica sin curado de sulfato de magnesio a 184.20 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al concreto patrón que llega a 223.77 kg/cm<sup>2</sup>.

Se puede observar que existe una tendencia del incremento a la resistencia con respecto al ir agregando más porcentaje de mayólica reciclada siendo el menor en 28 días a 184.20 kg/cm<sup>2</sup> con el 5% de mayólica reciclada y 208.20 kg/cm<sup>2</sup> con el 15% de mayólica reciclada



Fig. 3 Rotura de especímenes

En la Fig. 3 Se observa que la falla en su mayoría son del tipo 1 y 2, por lo que es apreciable las fisuras en forma circular que se tiene en todo el cuerpo del concreto.



Fig. 4 Rotura de especímenes a los 28 días

En la Fig. 4 se puede observar en la rotura que a mayor cantidad de días curado al sulfato de magnesio mayor es la presencia de fisuras en forma circular aparecen en el espécimen.



Fig. 5 Especimen sacado del pozo de curación 28 días.

En la Fig. 5 se puede observar que si ha existido un desprendimiento superficial de la capa del concreto y la formación de fisuras en forma circular en el cuerpo del espécimen.

#### IV. DISCUSIONES

Esta investigación presenta la limitación por no contar con el microscopio de materiales y procesadora de imágenes que nos permitirá observar microscópicamente al concreto si realmente la mayólica reciclada está colaborando en la adherencia del concreto o solo está ocupando espacio.

En la investigación [6], el incorpora Residuos de cerámicos y polvo de ladrillo obteniendo a los 28 días se obtuvo 35.22 MPa, 36.68 MPa, 38.68 MPa y 33.58 MPa respectivamente, para esta investigación se ha obtenido que para el concreto patrón una resistencia de 22.377 MPa y el concreto con 15% de adición de mayólica con curado a sulfato de magnesio llega a 18.307 MPa, por lo que se puede observar que en la investigación de [6]; aumenta su resistencia en un 10% a diferencia de esta investigación que disminuye en 18.18% con respecto al concreto patrón a 28 días.

En la investigación de [6], en su investigación adición de polvo de cerámica roja y caliza en Santa Clara, obteniendo la resistencia a la compresión en el tiempo y al día 28 la resistencia a la compresión al 0%, 50% (LC350 L) y 50% (LC350 R) es de 30.3 MPa, 15.2 MPa y 21.5 MPa respectivamente; en esta investigación la adición del 15% de mayólica reciclada con curado al sulfato de magnesio llega a 18.307 MPa, donde el requerimiento de diseño era de 21 MPa por lo que no llega a la resistencia.

En la investigación [7], reemplaza baldosas cerámicas como material de reemplazo en cemento Portland en las proporciones de 0%, 15%, 25%, 35% y 50%, obteniendo como resultado 55.48 MPa, 53.13 MPa, 50.48 MPa, 49.83 MPa; para esta investigación se adición en las proporciones de 5%, 10% y 15% obteniendo un resultado a los 28 días con 15% de mayólica reciclada con curado ante sulfato de magnesio llega a 18.307 MPa, se puede observar que la resistencia es menor en comparación a la investigación Paya pero no ha sido expuesta a sulfatos y las baldosa de cerámica posee mayor módulo de elasticidad que la mayólica reciclada, por lo que la resistencia es menor y tampoco ha sido expuesta al curado con sulfato de magnesio.

En la investigación de [8], sustitución porcentual del cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto utiliza cerámica reciclada en reemplazo del cemento (5%, 10%, 15%, 20% y 25%) llegando a una resistencia de 242.13 Kg/cm<sup>2</sup>, 227.04 kg/cm<sup>2</sup>, 246.78 kg/cm<sup>2</sup>, 241.17 kg/cm<sup>2</sup>, 224.61 kg/cm<sup>2</sup> y 195.32 kg/cm<sup>2</sup>; para esta investigación se sustituyó el 5%, 10 y 15% y se obtuvo como valor máximo 183.07 kg/cm<sup>2</sup> donde este concreto ha sido curado en sulfato de magnesio y sin la

exposición llega a 208.20 kg/cm<sup>2</sup> cumpliendo con el diseño requerido a 210 kg/cm<sup>2</sup>.

En la investigación de [9], Incorporación de cerámica reciclada para analizar la resistencia a la compresión del concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, sustituye el cemento por cerámica reciclada en porcentajes de 3%, 6%, 9%, 12%, 15% y 18%. Finalmente se concluye que la incorporación de cerámica reciclada no influye significativamente en las propiedades mecánicas de un concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, al 3% de sustitución se permite mantener sus propiedades de resistencia a la compresión; en esta investigación en el 15% sin curado al sulfato de magnesio llega a 208.20 kg/cm<sup>2</sup> y con el curado de sulfato de magnesio llega a 183.07 kg/cm<sup>2</sup>.

#### IV. CONCLUSIONES

En los resultados obtenidos se muestra a los 28 días: concreto patrón es de 223.77 kg/cm<sup>2</sup>, concreto expuesto 199.77 kg/cm<sup>2</sup>, con 5% de mayólica 184 kg/cm<sup>2</sup>, 5% de mayólica expuesta es 165.98 kg/cm<sup>2</sup>, 10% de mayólica de 191.03 kg/cm<sup>2</sup>, 10% mayólica expuesta es de 170.23 kg/cm<sup>2</sup>, 15% de mayólica con 208.20 kg/cm<sup>2</sup> y 15% de mayólica expuesta 183.07 kg/cm<sup>2</sup>. El concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de mayólica reciclada al 15% llega a 208 kg/cm<sup>2</sup> sin ser expuesta al curado con sulfato de magnesio y con la exposición del sulfato de magnesio llega a 183.07 kg/cm<sup>2</sup>.

Se observa que el concreto curado en sulfato de magnesio si disminuye su resistencia a la compresión y con la adición si aumenta la resistencia al sulfato de magnesio, pero no alcanza llega a 210 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se recomienda en futuras investigaciones adicionar un material que genere mayor resistencia sin el curado de sulfatos de magnesio para que cuando se cure este se encuentre dentro del rango de diseño.

#### V. REFERENCIAS

- [1] Porras Arancibia, Alfredo Richard. "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo de la prensa hidráulica N° 01 de la empresa Cerámica Lima SAC en la planta 03 de Punta Hermosa. 2017
- [2] Nieto Palomino, Lucero Antuhane, and Edna Florencia Tello Perez. "Adobe estabilizado con mucílago de penca de tuna, resistentes al contacto con el agua para la construcción de viviendas populares empleados en la sierra del Perú, 2019.
- [3] Diaz Reyes, Fiorella Paola, et al. "Smart Trash, contenedores inteligentes de segregación para mejorar los hábitos de reciclaje, 2020
- [4] ASOCEM, «Panorama mundial de la industria del cemento,» ASOCEM, p. 7, 2019.
- [5] Cayhualla Valencia, Patty Melissa, and Edilson Ismael Palomino Valdivia. "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f_c= 210\text{kg/cm}^2$  añadiendo residuos cerámicos y ceniza de tronco de eucalipto como sustituto del agregado fino, Ica 2022.
- [6] Bayona Panta, Isabel, and Carlos Alberto Berrospi Mori. "Incorporación de cerámica reciclada para analizar la resistencia a la compresión del concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2021, 2021.
- [7] Passos, L, Moreno Jr, Y Souza. Hormigón ligero con árido grueso procedente de residuos cerámicos a altas temperaturas. Rev. IBRACON Estrut. Mater, 13 (2): 433-454, mayo 2021
- [8] Rojas Ledesma, Armando Edwar. "Influencia de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto, Trujillo–2019, 2019.



- [9] Bayona Panta, Isabel, and Carlos Alberto Berrospi Mori. "Incorporación de cerámica reciclada para analizar la resistencia a la compresión del concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2021, 2021.
- [10] Penadillo Castro, Amelia Angélica. "Influencia al adicionar desechos cerámicos y fibra de polipropileno en las propiedades mecánicas del concreto  $f_c$  = 280 kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2021, 2021.
- [11] Perez, Lizabeth. Evaluación de cementos de bajo carbono producidos localmente con sustitución del 50% de cemento P-35 por adiciones de polvo de cerámica roja y caliza. Tesis (Ingeniero Civil). Cuba: Universidad Central Marta Abreu de las Villas, 2016. 88pp.