



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE UN HORMIGÓN PERMEABLE MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL
DEL AGREGADO GRUESO CON MATERIAL RECICLADO DE OBRA CIVIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniera e Ingeniero Civiles

AUTORES: Nataly Alexandra Castillo Coque
Jairo Raúl Velasco Caiza

TUTOR: Sandri Germánico Castro Angulo

Quito - Ecuador
2023

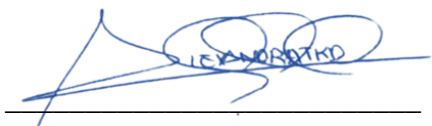
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Nataly Alexandra Castillo Coque con documento de identificación N° 1724999170 y Jairo Raúl Velasco Caiza con documento de identificación N° 1724127194; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 29 de junio del 2023

Atentamente,



Nataly Alexandra Castillo Coque

1724999170



Jairo Raúl Velasco Caiza

1724127194

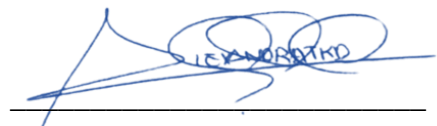
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Nataly Alexandra Castillo Coque con documento de identificación N° 1724999170 y Jairo Raúl Velasco Caiza con documento de identificación N° 1724127194; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Análisis de un Hormigón permeable mediante la sustitución parcial del Agregado grueso con material reciclado de Obra civil”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de junio del 2023

Atentamente,



Nataly Alexandra Castillo Coque
1724999170



Jairo Raúl Velasco Caiza
1724127194

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Sandri Germánico Castro Angulo con documento de identificación N° 0802550301, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE UN HORMIGÓN PERMEABLE MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO CON MATERIAL RECICLADO DE OBRA CIVIL, realizado por Nataly Alexandra Castillo Coque con documento de identificación N° 1724999170 y por Jairo Raúl Velasco Caiza con documento de identificación N° 1724127194, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de junio del 2023

Atentamente,



Ing. Sandri Germánico Castro Angulo, M.Sc

0802550301

ANÁLISIS DE UN HORMIGÓN PERMEABLE MEDIANTE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO GRUESO CON MATERIAL RECICLADO DE OBRA CIVIL

ANALYSIS OF A PERMEABLE CONCRETE THROUGH THE PARTIAL SUBSTITUTION OF THE COARSE AGGREGATE WITH RECYCLED MATERIAL FROM CIVIL WORKS

Nataly Castillo-Coque ¹, Jairo Velasco-Caiza ²

Resumen

El desarrollo de materiales modificados con el uso de residuos en proyectos de construcción parte de la necesidad de resolver problemas de contaminación, ocasionados por no tener una gestión adecuada de estos residuos sólidos sobrantes de trabajos de construcción (bloque, ladrillo, adoquín, hormigón, etc.). Por tanto, este material reciclado fue usado en esta investigación tanto para determinar sus propiedades de resistencia a la compresión como de permeabilidad (K) mediante la elaboración de un hormigón permeable; que, en lo posterior, podrá ser aprovechado en diferentes aplicaciones.

Primero se elaboraron probetas de la muestra patrón (MP), usando agregado grueso (AG), la misma que cumplió con las normas y parámetros establecidos en la ASTM C 39 y la ACI 522R-10. Luego se fabricaron probetas de hormigón permeable (HP) modificado y se identificó como muestra modificada (MM), donde se sustituyó parcialmente el AG por agregado reciclado (AR) en un 20% (AR20) y 30% (AR30), de las cuales se determinaron las mismas propiedades de la MP para su posterior comparación.

Las probetas AR20 y AR30 en los ensayos de resistencia a la compresión muestran una disminución de (20.19 a 9.42)MPa según aumenta el

Abstract

The development of modified materials with the use of waste in construction projects start by necessity to solve pollution problems, caused by not having adequate management of this solid waste left over from construction work (block, brick, paving stone, concrete, etc.). Therefore, this recycled material was used in this investigation to determine its resistance to compression and permeability (K) using the elaboration of a pervious concrete; which, later on, can be used in different applications.

First, specimens of the standard sample (MP) were prepared, using coarse aggregate (AG), which complied with the standards and parameters established in ASTM C 39 and ACI 522R-10. Then, modified pervious concrete (HP) specimens were manufactured and identified as modified specimens (MM), where the AG was partially replaced by recycled aggregate (AR) at 20% (AR20) and 30% (AR30), from which the same properties of the MP were determined for later comparing.

The AR20 and AR30 specimens in the compressive strength tests show a decrease of (20.19 to 9.42)MPa as the percentage of AR increases; however, the permeability is inversely proportional to the increase of AR.

¹ Estudiante de la carrera de Ingeniería civil- Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito – Ecuador.

² Estudiante de la carrera de Ingeniería civil- Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito – Ecuador.

Autores para correspondencia: ncastillo1@est.ups.edu.ec jvelascoc@est.ups.edu.ec

porcentaje de AR; sin embargo, la permeabilidad es inversamente proporcional al aumento de AR .

Palabras Clave: Hormigón permeable, resistencia a la compresión, agregado reciclado, permeabilidad, porcentajes de vacíos. **Keywords:** Pervious concrete, compressive strength, recycled aggregate, permeability, void percentages.

1. Introducción

El hormigón permeable se desarrolló a mediados del siglo XIX en Europa al finalizar la segunda Guerra Mundial, fue ahí donde sus aplicaciones fueron creciendo y su desarrollo nació de la necesidad de reconstruir estructuras y vías con un presupuesto económico reducido [1].

El estudio del HP en Ecuador es un tema actual, pero, que aún se encuentra en desarrollo, debido a que en el país no existen investigaciones o estudios previos sobre el progreso de este tipo de hormigón a diferencia de países como: Costa Rica, Perú, Colombia, Uruguay, entre otros, de donde sí se puede encontrar investigaciones usando material reciclado de obra, al cual se añade materiales tradicionales para obtener HP.

Los materiales que en obra son considerados como escombros y son usados como material de relleno, pero al reutilizarlos ayuda a resolver parte de los problemas que se tiene en cuanto a la gestión de residuos sólidos; por tanto, se propone el desarrollo del HP con la sustitución parcial de AG con AR de obra y evaluarlo a través de ensayos de Resistencia a la Compresión Uniaxial y Permeabilidad según las normas ASTM C 39 y ACI 522R-10 respectivamente.

El HP constituido por cemento, agua, agregado grueso, aditivo, y puede contener agregados finos en un porcentaje del (0 - 20) % con la finalidad de mantener la permeabilidad dentro de los parámetros [1]. Este tipo de hormigón facilita el manejo del agua lluvia especialmente, mediante la percolación de la misma, con lo que se puede decir que, dicho hormigón es de mucho beneficio, y la presente investigación abarca puntos importantes enfocados en la resistencia a la compresión uniaxial y permeabilidad.

Un HP es un material que permite la filtración de agua, por medio de vacíos que se forman entre el contacto de partículas, estos vacíos se encuentran entre 20 y 35 % del volumen del material [2]. El desarrollo de estos vacíos permitirá que el agua sea drenada hacia las capas inferiores del suelo.

Según Reyes, et al [3] concluyen que, en el hormigón permeable elaborado con AR, la resistencia depende de la influencia de ciertas variables y las características de durabilidad son menores, debido a que el desgaste del material representa un 36.85% en comparación con agregado en estado natural, y sobre la capacidad de absorción del material presenta un porcentaje de 5.08% debido a que es un material con las características absorbentes del hormigón. Esta información se la deberá tener en cuenta para que las propiedades del nuevo material logren satisfacer la resistencia requerida

En otra investigación desarrollada por NCPTC [4] se definen algunas de las características de un HP, por ejemplo, para lograr un balance adecuado entre permeabilidad y resistencia a la compresión, la relación entre agua y material cementante debe estar entre un rango de 0.27 a 0.30, siendo estos valores óptimos para el diseño. Por tanto, al usar valores menores genera segregación en el material y en el caso contrario aumenta el porcentaje de volumen de pasta; en consecuencia, con bajos porcentajes de vacíos será un material poco trabajable, obstruyendo el paso del agua a través de estos reduciendo así la capacidad de la permeabilidad del material.

La National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) [5] define al hormigón permeable como aquel que tiene una alta porosidad, y que se utiliza en aplicaciones superficiales de hormigón ayudando a reducir la escorrentía superficial del lugar. La alta porosidad se debe a la gran cantidad de interconectividad entre vacíos. Generalmente, el HP tiene poca cantidad de agregados finos y de la pasta de cemento la suficiente para cubrir los AG manteniendo los vacíos interconectados.

El hormigón con agregado grueso reciclado para su dosificación emplea los métodos convencionales. Bazalar y Cadenillas [6] mencionan que a medida que se aumenta la proporción del agregado de hormigón reciclado (AHR) que sustituye al AG, la propiedad física de la permeabilidad del hormigón decrece; a su vez,

recomiendan la sustitución del AG hasta el 50% por el AHR.

La Resistencia a la compresión es la capacidad que soportará una probeta al someterla a una carga verticalmente sobre el eje axial longitudinal [7], el ensayo de compresión del espécimen se utiliza para diagnosticar que la mezcla obtenida del hormigón cumpla con los requerimientos especificados de la resistencia mecánica del mismo criterio. Los resultados arrojados de las MM serán comparados con la MP.

Es importante el diseño de la MM en sus diferentes porcentajes para ser comparada con la MP. La MM tendrá una variación de AR20 y AR30 con la finalidad de determinar la resistencia a la compresión uniaxial y la permeabilidad. Al ser comparada con la MP, permitirá observar los cambios o variaciones en las propiedades físicas y mecánicas.

Los resultados determinarán algunas de las posibles aplicaciones para este nuevo material, que cumplan con la normativa.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

Se utilizó AG de la cantera Pintag con un Tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ in, cemento Portland tipo IP, agua potable y aditivo plastificante base lignosulfonatos de segunda generación. Los materiales mencionados constituyen la MP, así como también la MM; sin embargo, para esta segunda, se sustituyó el AG con el 20 % y 30% de AR, mismo que fue triturado y tamizado manualmente hasta obtener una granulometría igual a la del AG.

2.2. Metodología experimental

Consistió en la elaboración de las probetas para ensayos de resistencia a la compresión y de permeabilidad, tanto para la MP como para las MM.

2.2.1 Ensayos de los agregados

Para el desarrollo de las probetas, primero se realizaron ensayos para obtener las propiedades físico-mecánicas de los materiales de agregado grueso y AR de hormigón bajo las Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE INEN). Los valores de AG y AR con la identificación de la norma técnica según el ensayo realizado, se presentan en la tabla 1.:

Tabla 1: Análisis de los ensayos AG y AR.

Normas NTE INEN	Ensayos	Unidad	AG	AR
858 [8]	M.U. Suelta	g/m ³	1.16	0.90
	M.U.Compactada	g/m ³	1.29	1.16
857 [9]	Densidad Relativa SSS	g/m ³	2.42	2.21
	Absorción	%	2.27	8.97
860 [10]	Abrasión	%	26.6	24.08
862 [11]	Humedad	%	1.52	6.67

2.2.2 Diseño y proporcionamiento de la mezcla de la MP.

Basado en la Norma ACI 522R-10; para lo cual, se realizaron modificaciones en las variables del diseño: porcentajes de volumen de pasta, porcentaje de volumen de vacíos y relación agua/material cementante (a/mc); lo anterior, realizando cambios en una sola variable y las otras dos manteniéndolas fijas.

Para ello, se determinó el peso del cemento, tamaño máximo nominal del AG, porcentaje de AG, la relación (a/mc) y la cantidad de agua para la mezcla.

Durante el diseño y posterior elaboración de las probetas se obtuvo que la mezcla con: relación a/mc = 0.45, 15% de vacíos y 20% de volumen de pasta dio la mejor respuesta mecánica de resistencia a la compresión, como se muestra en la tabla 2 y figura 1 de resistencia a la compresión en función de la relación a/mc.

Tabla 2: Diseño de MP

a/mc	Edad Días	Identificación	Resistencia (MPa)	K (mm/s)
0,26	3	MP1.26	1,47	-
	7		1,51	4,60
	28		1,45	4,50
0,35	3	MP2.35	3,88	-
	7		4,47	3,70
	28		8,86	3,90
0,4	3	MP3.40	3,19	-
	7		5,54	3,10
	28		14,22	3,00
0,45	3	MP4.45	7,68	-
	7		9,94	2,50
	28		21,37	2,60
0,5	3	MP5.50	4,06	-
	7		3,46	2,00
	28		17,3	2,10
0,55	3	MP6.55	2,79	-
	7		4,5	1,90
	28		16,1	1,80

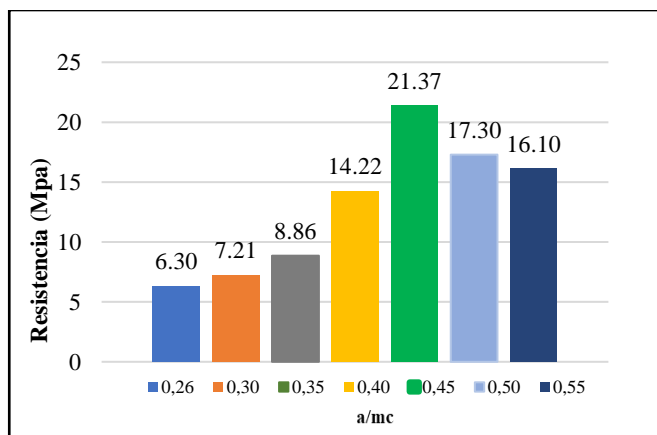


Figura 1. Resistencia a la compresión de la MP vs a/mc

Una vez establecida la relación a/mc=0.45, se verifica el resto de variables para extender el alcance de resultados.

2.2.3. Variación de volumen de pasta.

A partir de los valores iniciales de la MP se elaboraron probetas con diferentes porcentajes de pasta al 20%, 18% y 15%, los cuales de acuerdo al

diseño corresponden al 15%, 18% y 20% de vacíos, respectivamente. Estas probetas fueron ensayadas a edades de 3, 7 y 28 días como verificación de la resistencia a la compresión y a los 7 y 28 días con el mismo fin, respecto a la permeabilidad como se muestra en la tabla 3 y figura 2 de resistencia en función del volumen de pasta.

Tabla 3: Variación de volumen de pasta.

Vacíos (%)	Volumen de pasta (%)	Edad (Días)	Identificación	Resistencia (MPa)	K mm/s
15	20	3	MP4.45	7,68	-
		7		9,94	2,50
		28		21,37	2,60
18	18	3	MP18.45	4,79	-
		7		6,04	3,50
		28		18,71	3,60
20	15	3	MP20.45	3,75	-
		7		5,85	4,10
		28		16,86	4,00

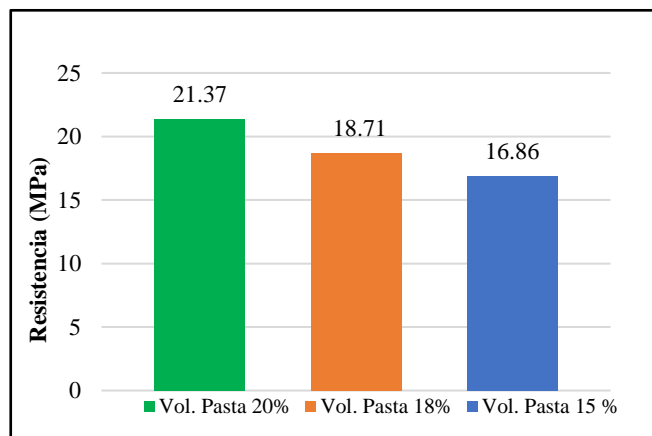


Figura 2. Resistencia y % de volumen de pasta.

2.2.4 Proporcionamiento de la muestra de la MM.

A partir del diseño de la MP, con la sustitución parcial del AR por el AG en cantidades del 20% y 30% para las MM, mezclas AR20 y AR30 respectivamente, se detallan en la tabla 4 el proporcionamiento de cada una de ellas.

Tabla 4: Cantidades de material por m³ de la MP y MM.

Diseño de mezcla por m ³			
% Volumen de pasta de concreto = 20%			
% Vacíos teóricos = 15%		a/mc=0,45	
Materiales	MP	AR20	AR30
Cemento Portland (Kg)	254,96	254,96	254,96
Agua (Kg)	114,73	114,73	114,73
Grava (Kg)	957,83	670,48	766,26
Grava reciclada (Kg)	0	258,17	172,11
Aditivo (L)	1,54	1,54	1,54

El material reciclado de obra compuesto de: ladrillo, bloque, adoquines, pastas y agregado cementante, fue triturado como se muestra en la figura 5.



Figura 3. Material reciclado triturado.

A partir de este punto se realizan los mismos ensayos y procedimientos ejecutados para la MP y MM.

2.2.4. Ensayo de Asentamiento

Se realizó en laboratorio mediante la norma NTE INEN 1578 [8], en el cual tiene forma de cono truncado y sus medidas son normalizadas, se compacta en 3 capas iguales de hormigón, varillado con 25 golpes en cada capa y enrasando en su parte superior.

Se puede identificar en la figura 7 el asentamiento de 0 de cada diseño debido a que el porcentaje de arena es nulo: MP(a), MM con AR20(b) y con AR30 (c) respectivamente.

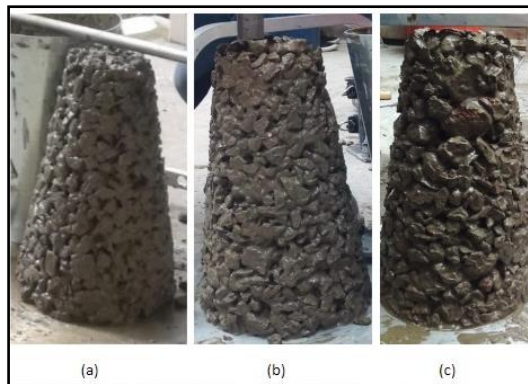


Figura 4. Asentamiento de la MP y MM

2.2.5. Curado de las muestras cilíndricas.

El curado se debe realizar como lo especifica en la norma ASTM C 31 [9]. Ver figura 8.

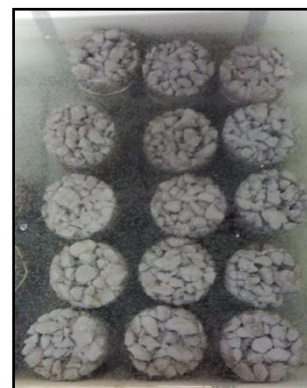


Figura 5. Curado de probetas.

Cuando la mezcla se encuentra en estado endurecido, aproximadamente antes de las 48 horas, se procede a desmoldar, para realizar el curado húmedo. Es importante no dejar secar la probeta a condiciones ambientales normales, porque se podría secar muy rápido, lo que ocasionaría fractura del material.

2.2.6. Propiedades

2.2.6.1. Ensayo de Resistencia a la compresión

La norma ASTM C 39 [7], establece que, se debe obtener el diámetro promedio de cada probeta, inmediatamente terminado el proceso de curado y antes del ensayo de compresión; teniendo en cuenta la tolerancia permisible se ensayaron a edades de 7 y 28 días, según INEN 1573 [10] ver figura 9.



Figura 6. Ensayo de Compresión uniaxial.

2.2.6.2. Ensayo de Permeabilidad

Establece el paso de fluidos a través de los vacíos que posee el hormigón, en un determinado tiempo. Escalante [11], explica que el hormigón, cuanto más vacíos posee, mayor velocidad de filtración tendrá.

Por lo tanto, la percolación óptima del concreto está relacionada con los vacíos y su porcentaje debe ser al menos 15%. En relación con lo anterior, se puede decir que, la filtración aceptable se obtendrá según la cantidad mínima de vacíos del HP. Ver figura 10.



Figura 7. Ensayo de Permeabilidad.

El ensayo de permeabilidad se desarrolla mediante un permeámetro, dicho prototipo es ensamblado con tubos PVC y accesorios de ½ in, con medidas establecidas en la norma donde se obtiene el tiempo que demora en filtrar el agua a través de los vacíos, para determinar la permeabilidad (K) de las muestras según la norma ACI 522 R-10. Ver figura 11.

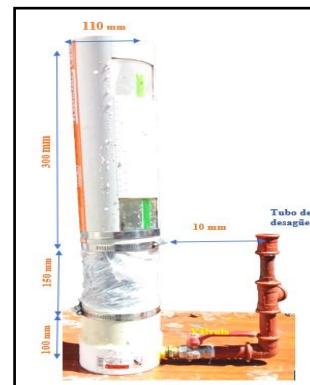


Figura 8. Permeámetro

3. Resultados y Discusión

Se presentan todos los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de materiales y se discute objetivamente.

3.1. Resultados de las propiedades

3.1.1 Resistencia a la compresión de la MP y MM.

Consiste en aplicar una carga que comprime a las probetas hasta la falla de los cilindros de hormigón,

siendo esta compresión a una velocidad que lo indica en la norma.

Se obtuvieron diferentes valores de resistencia a la compresión del HP, tanto en la MP como en las MM, a la edad de 7 y 28 días, y se representa en la tabla 6 y la figura 12, los resultados promedios característicos de ensayar 10 probetas por día de cada variante de la MP con AR20 y AR30.

Tabla 5. Resistencia promedio y desviación estándar

Edad (Días)	Identificación	Resistencia (MPa)	S
7	MP.7	7,95	0,70
7	AR20.7	6,60	0,74
7	AR30.7	6,13	0,46
28	MP.28	20,19	0,58
28	AR20.28	11,39	0,62
28	AR30.28	9,42	0,59

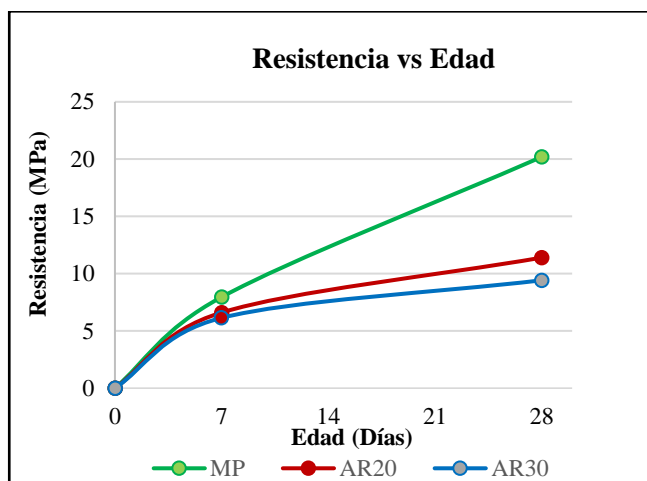


Figura 9. Resistencia a la compresión.

3.1.2. Permeabilidad.

El intervalo de filtración del agua se encuentra en un rango de 2,00 a 5,40 mm/s, como se observa en la tabla 7, conjuntamente con la desviación estándar de cada diseño, y la permeabilidad de la MP y MM a los 28 días se muestra en la figura 13.

Tabla 6: Permeabilidad promedio.

Edad (Días)	Identificación	K (mm/s)	S
28	MP.28	3,42	0,60
28	AR20.28	4,54	0,30
28	AR30.28	4,69	0,14

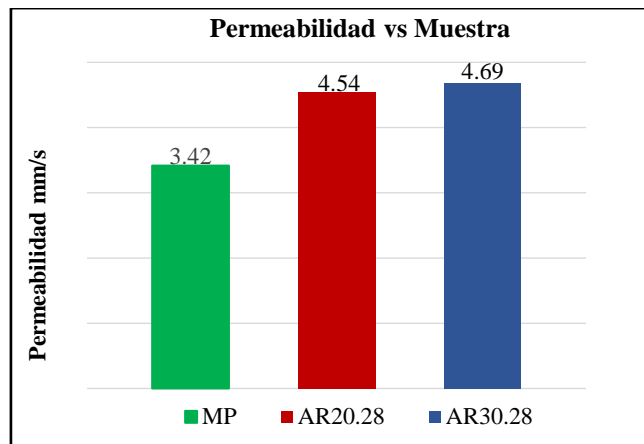


Figure 10. Permeabilidad de la MP, AR20 y AR30.

Para la permeabilidad, en el hormigón con AR, según lo que indica Bazalar y Cadenillas [6], conforme aumenta la proporción del agregado de hormigón reciclado (AHR) en sustitución AG decrece; pero al mantener los porcentajes de AR20 y AR30, obtuvo una permeabilidad dentro del rango que establece la norma.

La NCPTC [4] establece una relación a/mc entre 0.26 a 0.30 para lograr un balance adecuado entre permeabilidad y resistencia a la compresión. Sin embargo, según los resultados obtenidos, para la MP se estableció una relación a/mc=0.45, dando un equilibrio adecuado para las propiedades antes mencionadas.

4. Conclusiones

Para establecer un diseño inicial a través de la norma ACI 522 R 10 llamada MP se realizaron 72 mezclas de prueba con los diferentes relaciones a/mc y porcentajes de volumen de pasta; de la cual, la mezcla que sobresalió fue a/mc = 0.45 y volumen de pasta del 15.00 %.

Para cada tipo de diseño se ensayaron 20 probetas, y los resultados de dichos ensayos se promediaron y se muestran en la tabla 6; lo anterior establece, que a medida que aumenta el porcentaje de AR la resistencia a la compresión disminuye.

La permeabilidad mostrada en la tabla 7, evidencia que, a medida que aumenta el porcentaje de AR, está también aumenta; permitiendo determinar que, dicha propiedad física es inversamente proporcional a la propiedad mecánica de resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión de las muestras AR20 y AR30, comparadas con las MP, disminuyen gradualmente a los 7 días, presentando valores de 7.95, 6.60, 6.13 (MPa) para MP, AR20 y AR30 respectivamente. Y para 28 días son: 20.19, 11.39, 9.42 (MPa)

La permeabilidad a los 28 días de la MP, AR20 y AR30 es de 3.42, 4.54, 4.69 (mm/s); es decir, esta propiedad aumenta a medida que el porcentaje de AR aumenta.

Los valores obtenidos están dentro de los rangos establecidos de acuerdo a las normas AST C 39 y la ACI 522R-10, por lo cual se determina a las probetas de AR20 y AR30 como un HP, óptimo y aplicable para ciertos tipos de obras civiles.

Las posibles aplicaciones para el HP AR20 y AR30 se infiere: andenes, revestimiento de taludes, base de canchas de uso múltiple, pavimentos de bajo tráfico.

Además, se recomienda adquirir moldes cilíndricos de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, para la elaboración de más probetas. Desarrollar esta misma investigación, usando otros cementos.

Referencias

[1] American Concrete Institute, «ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete», 2010.

[2] TARMAC, «Hormigón permeable», *Construnova*, p. 1, 8 marzo 2016.

[3] J. C. Moreno Reyes, V. H. Muñoz García, D. Delgado de la Torre y A. J. Salvador, «Propiedades físicas y mecánicas para un concreto permeable, elaborado con agregados reciclados», *Innova Ingeniería*, p. 10, 2022.

[4] National Concrete Pavement Technology Center, «Mix design development for pervious concrete in cold weather», Center for Transportation, Iowa State University, United States, 2006.

[5] National Ready Mixed Concrete Association, «El concreto en la práctica CIP 38-Concreto Permeable», *NRMCA*, 2006.

[6] L. R. Bazalar La Puerta y M. A. J. Cadenillas Calderón, «Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras aperticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental», tesis grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, 2019.

[7] ASTM C 39, «Método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto», 2014.

[8] NTE INEN 1578, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del Asentamiento», 2010.

[9] ASTM C 31, «Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra», 2003.

- [10] INEN 1573, «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico», 2010.
- [11] F. S. Escalante Ríos, «Mejoramiento de las propiedades del concreto poroso con material colmatado del río Huallaga, adicionando aditivo superplastificante para su uso en las vías urbanas de la ciudad de Huánuco-2019», tesis de grado, Universidad de Huánuco, Huánuco, 2021.
- [12] NTE INEN 858, «Áridos. Determinación de la masa unitaria (Peso Volumétrico) y el porcentaje de vacíos», 2010.
- [13] NTE INEN 857, «Áridos. Determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso», 2010.
- [14] NTE INEN 860, «Áridos. Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles», 2010.
- [15] NTE INEN 862, «Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad», 2010.