



## Porous concrete tested in rains of the tracks of the district of Abancay

### Hormigón poroso comprobado en lluvias de las pistas del distrito de Abancay

Carmen C. Arcos\_Mansilla<sup>1</sup>, Lucy M. Guanuchi\_Orellana<sup>2</sup>

0000-0001-5020-8174<sup>1</sup>, 0000-0002-1727-7386<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú – kaypao@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Perú – lguanuchi@unamba.edu.pe

(Recepción: 23/07/2022 - Aceptación 22/09/2022)

**Abstract.** The investigation was born with unknowns such as knowing the physical and mechanical properties of the porous concrete tested in the rains of the tracks of the Abancay district. Its objectives are: To establish the compressive stability, modulus of rupture and to evaluate the absorption of porous concrete, using the standard practical norm to select proportions for normal concrete, it helps in the elaboration of porous concrete with compressive stability ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) with 12, 17 and 22% voids. Conclusions: The T1 procedure with 12% vacuum of Spindle 8 has greater stability, approaching the level of stability required for this type of porous concrete and for the type of tracks, it has been observed that Spindle 67 is lower in resistance in each one of the void percentages with respect to Spindle 8, then the T2 procedure is very important for the design of porous concrete, the modulus of rupture of the T1 procedures of 12% void and T2 at 17% void of Spindle 8 does not is significantly different, however T1 is different than T3 of 22% void percentage of Spindle 8 and 67. So the treatment is adequate.

**Keywords:** Porous concrete, stormwater control, porosity.

**Resumen.** La investigación nació con incógnitas como, de conocer las propiedades físicas, mecánicas del hormigón poroso comprobado en lluvias de las pistas del distrito de Abancay. Sus objetivos son: Establecer la estabilidad a la compresión, módulo de ruptura y evaluar la absorción del hormigón poroso, utilizando la norma práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, ayuda en la elaboración del hormigón poroso de estabilidad a compresión ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) con 12, 17 y 22% de vacíos. Conclusiones: El procedimiento T1 con 12% de vacío del Huso 8 posee mayor estabilidad, aproximándose al nivel de estabilidad requerida para este tipo de hormigón poroso y para el tipo de pistas, se ha observado que el Huso 67 es menor en la resistencia en cada una de los porcentajes de vacío con respecto al Huso 8, entonces el procedimiento T2 es muy importante para el diseño del hormigón poroso, el módulo de ruptura de los procedimientos T1 de 12% de vacío y T2 al 17% de vacío del Huso 8 no es significativamente diferente, sin embargo T1 es diferente al T3 de 22% de porcentaje de vacío del Huso 8 y 67. Entonces el tratamiento es adecuado.

**Palabras Clave:** Hormigón poroso, control de aguas de lluvias, porosidad

## 1 Introducción

El proyecto de tesis se fundamentó en el hormigón poroso para el control de aguas de lluvias en pistas del distrito de Abancay, nace del problema de la escorrentía de aguas de lluvias en las pistas del distrito de Abancay. Con un crecimiento territorial constante y la demanda de construir infraestructuras viales también acrecientan, en la actualidad la utilización de hormigón es referente al pavimento no poroso, reduciéndose las áreas porosas, impidiendo el paso del agua de lluvia al subsuelo, todo esto conlleva al colapso del sistema de desagüe trasladando los restos fecales, basura y sedimentos a los sectores más bajos ocasionando inundaciones y por ende el deterioro de las estructuras existentes, enfermedades y problemas sociales, siendo una preocupación para la sociedad afectada; por lo que se plantea determinar las características del hormigón poroso para el control de aguas de lluvias, para ello se usa la siguiente metodología distribuida por etapas:

Primera etapa: se recoge los agregados de la cantera con mejores propiedades de sus agregados del valle de Pachachaca del distrito de Abancay el cual sirve como insumo para la elaboración de los especímenes usando para ello el método de diseño de mezclas ACI.

Segunda etapa: para determinar las propiedades del hormigón poroso se realizan los siguientes ensayos: comprobación del asentamiento (slum cero en hormigón poroso) del hormigón según la norma NTP 339.035, ASTM C-143, peso unitario volumétrico según la norma ASTM C1688, ASTM C1688M, ACI 522.R-10, ASTM C138, comprobación de espacios vacíos, resistencia a la compresión según la norma ACI 325, ACI 330, ACI 522.R-10, NTP 339.034, ASTM C39, AASHTO93, ASTM C-31, resistencia a la flexión según la norma ASTM C293, NTP 339.079 y ensayo de porosidad según la norma ASTM C1701, ACI 211.3R-02, ACI 522R-10 y ACI 522 R-06.

Tercera etapa: obtenido el diseño se procederá a elaborar los cilindros de hormigón poroso.

Cuarta etapa: se procede al análisis estadístico con ayuda del software Libreoffice V7.2 y Rstudio V1.2. El análisis se efectúa con porcentajes de vacío de 12 %, 17% y 22% respecto a los periodos de tiempos se toma de acuerdo al ensayo realizado, los cuales permitirán alcanzar los objetivos planteados.

Objetivo general: evaluar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón poroso para el control de aguas de lluvias en pistas del distrito de Abancay.

Objetivos específicos:

- Determinar la estabilidad a la compresión del hormigón poroso para el control de aguas de lluvias en pistas del distrito de Abancay.
- Encontrar Módulo de Ruptura (flexión) del hormigón poroso para el control de aguas de lluvias en pistas del distrito de Abancay.
- Evaluar la porosidad del hormigón poroso para el control de aguas de lluvias en pistas del distrito de Abancay.

Existiendo un problema social por solucionar esta incertidumbre nace la idea de la aplicación del hormigón poroso en pistas de distritos, cabe indicar que las pistas del distrito de Abancay no cuenta con pavimentación de hormigón poroso específicamente para controlar la escorrentía de aguas de lluvias y tampoco cuenta con estudios sobre las propiedades del hormigón poroso elaborado a partir de los agregados con mejores propiedades del valle de Pachachaca, como alternativa de control de las aguas de lluvias, lo que a su vez está ocasionando, que en los días de mayor precipitación colapse el sistema de drenaje y como consecuencia se incrementa el flujo de agua por las pistas y dañe las estructuras aledañas y sean gestores de enfermedades, ocasionando con ello cuantiosas pérdidas materiales a las familias de dicha zona; sumando al hecho de que aun algunas casas están construidas con material de adobe, lo que pone en mayor riesgo de sufrir pérdidas económicas a consecuencia de la escorrentía superficial. Definición del problema: por su ubicación geográfica Abancay se encuentra en una zona de constantes precipitaciones, notables en los meses de diciembre a marzo, se ubica sobre un terreno con pendiente promedio de 13% aproximadamente, incrementando su caudal, en ocasiones se tornan peligrosas para el tránsito vehicular y peatonal debido al gran volumen de agua que discurre. Población y muestra: no contempla una población puesto que es una investigación experimental no probabilística, sin embargo, se va requerir para la determinación del patrón respecto al aditivo plastificante en cada Huso un total de 45 especímenes de cilindros de concreto permeable y para el periodo de experimentación en cada una de los porcentajes de vacío se va requerir 15 especímenes por lo tanto se tiene una muestra de al menos 90 cilindros de concreto poroso. Para definir el número de especímenes se basó en la Norma Técnica E060 en el cual menciona que existe un factor de corrección para muestras basados en 15 a 30 pruebas consecutivas por cada diseño de mezcla, en nuestro caso se ensayaron 15 especímenes de 15 x 30 cm por cada diseño de mezcla es decir que cae en el rango permisible de la norma, para tener un resultado más acertado.

## 2 Procedimiento

**Primera etapa.** Se recogió los agregados de la cantera con mejores propiedades, del valle de Pachachaca en la ciudad de Abancay para luego efectuar el análisis granulométrico de los agregados según la norma NTP 400.012/ASTM C-136, en seguida se analizará el contenido de humedad según la norma NTP 339.185/ASTM C-566, el peso unitario de los agregados según la norma NTP 400.017/ASTM C-29 y el peso específico del agregado según la norma NTP 400.022/ ASTM C-128.

**Segunda etapa.** Se procedió a realizar el diseño de mezcla del hormigón poroso según el procedimiento de la norma práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, para la fabricación del hormigón de estabilidad a compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y lograr porcentajes de vacíos del 12%, 17% y 22% para lo cual usó cemento portland tipo I y aditivo superplastificante a las proporciones de 1, 1.2 y 1.5% respecto del peso del cemento.

**Tercera etapa.** Obtenida el diseño se procederá a elaborar los cilindros de hormigón poroso para cada una de las pruebas y por triplicado para realizar los ensayos en laboratorio según los detalles siguientes: Se elaborarán un hormigón patrón para el Huso 8 y el Huso 67 será elaborada con las proporciones de aditivo plastificante dadas en la tabla y con diseño según el método de ACI.

## 3 Metodología

Es de tipo de investigación experimental porque las variables independientes fueron manipuladas deliberadamente de acuerdo con las instrucciones del diseño. El nivel de investigación es básico con enfoque cuantitativo ya que los datos fueron recogidos de los experimentos en el laboratorio de concretos. El método es el inductivo ya que a través de la obtención de resultados particulares se generalizo para alcanzar resultados generales. Diseño de investigación fue completamente aleatorizado, de un solo factor, es decir, para determinar las características y objetos de la unidad de análisis, se ha realizado 3 tratamientos (porcentaje de vacío), en dos Husos (Huso 8 y Huso 67) cada una con 3 repeticiones. Descripción de la investigación, la autora de esta tesis respeta las reglas de buenas prácticas en la investigación.

## 4 Resultados

Análisis: procedimiento de proporcionalidad de los diseños de hormigón poroso. figura N.º (1).

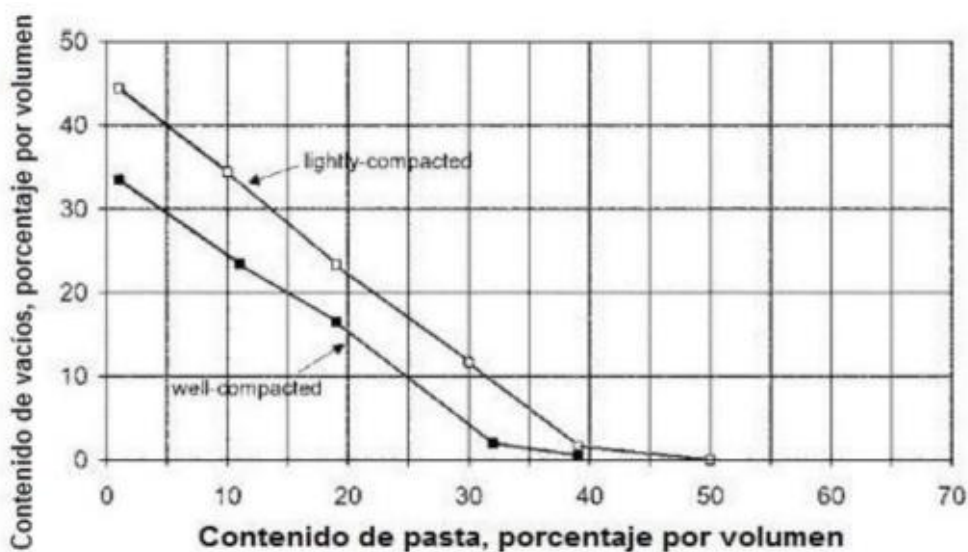


Figura 1 – Dependencia del contenido de pasta y el contenido de vacíos para las designaciones de tamaño de agregado N°8.

Tabla 1. Valores efectivos de b/bo

Porcentaje de fino	Valores efectivos b/bo	
	ASTM C-33 N°67	ASTM C-33 N°8
0%	0.99	0.99
10%	0.93	0.93
20%	0.86	0.85

Fuente – Norma práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal

Una vez que el volumen de la pasta se determina a partir de la figura (1) y se selecciona el valor de la relación a/c deseado, las cantidades de cemento y agua se pueden determinar a partir de la relación:

Diseño DI 12%.

Se tiene en cuenta las consideraciones (obtenidas de ensayos en laboratorio) siguientes para el diseño DI:

Tabla 2. Datos recolectados de ensayos de agregados para el diseño DI 12%

Descripción	Unidad	Cantidad
Peso volumétrico varillado	kg/m <sup>3</sup>	1667.382
Peso específico aparente sss	g/cm <sup>3</sup>	2.612
Contenido de vacíos	%	12
Relación de agua/cemento		0.30
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg.	3/8
Peso específico del cemento	kg/m <sup>3</sup>	3150
Peso específico del agua	kg/m <sup>3</sup>	1000

Proporcionamiento de materiales. El hormigón poroso depende de la relación agregado – cemento y agua – cemento, para que pueda cumplir con la norma ACI 211.3R-02.

Proporcionamiento en peso

Cemento : 402.494 kg/m<sup>3</sup>  
 Agregado : 1650.708 kg/m<sup>3</sup>  
 Agua efectiva : 120.748 kg/m<sup>3</sup>

$$\frac{402.494}{402.494} : \frac{1650.708}{402.494} : \frac{120.748}{402.494} * 42.5$$

1:4.10:12.750 Lltl por bolsa

Proporcionamiento en volumen

Cemento : 0.128 m<sup>3</sup>  
 Agregado : 0.632 m<sup>3</sup>  
 Agua efectiva : 0.121 m<sup>3</sup>

$$\frac{0.128}{0.128} : \frac{0.632}{0.128} : \frac{0.121}{0.128} * 42.5$$

1:4.938:12.750 Lltl por bolsa

## 5 Conclusiones

El procedimiento T1 con 12% de vacío correspondiente al Huso 8 posee mayor entereza a la compresión con 272.58 kg/cm<sup>2</sup> la cual se acerca al nivel de resistencia requerida para este tipo de hormigón y para el tipo de pista, el procedimiento T2 con 17% de vacío también del Huso 8 es significativamente más resistente que el procedimiento T5 que corresponde al porcentaje de vacío de 17% del Huso 67, en general se concluye que el Huso 67 es menor en la resistencia en cada una de los porcentajes de vacío que el Huso 8 por lo tanto éste último es superior en cuanto a la estabilidad del hormigón poroso, también podemos afirmar que hay una diferencia

significativa entre los tratamientos T2 y T5 que corresponden al mismo porcentaje de vacío y la que es significativamente alto es el tratamiento T2, por lo tanto se debe tener en consideración.

El módulo de ruptura de los tratamientos T1 de 12% de vacío y T2 al 17% de vacío del Huso 8 no es significativamente diferente, sin embargo T1 es diferente significativamente a T3 de 22% de vacío del Huso 8 y el Huso 67, asimismo se ha encontrado que la flexión que corresponde al tratamiento T4 con 12% de porcentaje de vacío del Huso 67 se ha logrado una flexión de 54.67 notablemente diferente a los demás, no obstante en cuanto a flexión no hay mociones para testificar que son diferentes bajo el mismo porcentaje de vacío. Se puede percibir que a mayor porcentaje de vacío se reduce la flexión y que si se busca el mayor porcentaje de vacío con mayor flexión el tratamiento T2 del Huso 8 y el tratamiento T5 del Huso 67 son las alternativas a tomar en cuenta para pavimentar las pistas del distrito de Abancay.

Respecto a la permeabilidad, se logró encontrar que entre los tratamientos T3 y T6 hay una diferencia significativa en índice de permeabilidad favoreciendo al tratamiento T6 con 0.34 de coeficiente que corresponde al Huso 67, del mismo modo entre los tratamientos T2 y T5 hay una diferencia altamente significativa favoreciendo a T5 correspondiente al Huso 67, de igual modo entre los tratamientos T1 y T4 existe diferencia significativa, por lo tanto si lo que se quiere es mayor porosidad el tratamiento a tomar en cuenta sería T6 del Huso 67, sin embargo si además nos interesa un tratamiento con mayor índice de permeabilidad, mayor índice de flexión, con mayor porcentaje de vacío y además con buena resistencia sería el procedimiento T2 con 17% de vacío que corresponde al Huso 8. En conclusión, el procedimiento adecuado para el control de aguas de lluvias de las pistas del distrito de Abancay dado que permite mayor absorción con buena resistencia permite un buen drenaje de aguas con buena entereza por tanto buena estabilidad es el procedimiento T2 con 17% de porcentaje de vacío perteneciente al Huso 8.

Los resultados también sugieren que este tipo de hormigón se pueda utilizar en cocheras al aire libre, en pistas y calles en las que se acumulan las aguas de lluvias en todo el distrito de Abancay. Según López – Fernández y Paz (2014) se basaron en sus resultados de diseño de un concreto permeable para la recuperación de agua, concluyendo que el humo de sílice es un aditivo adecuado para la preparación de pavimento con hormigón absorbente en turnos de limpieza de vehículos livianos.

## 6 Biografías

- Carmen Clarinet Arcos Mansilla, ha concluido el pregrado y ha obtenido el título profesional, la investigación realizada es ganadora de concurso.
- Lucy Marisol Guanuchi Orellana, docente de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, asesor y guía en la investigación.

## 7 Referencias

1. Abanto Castillo, F.: Tecnología del concreto. San Marcos. Lima-Perú: s.n. ISBN 9786123020606 (2009).
2. Cardona Maldonado, H.A., Propiedades Mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos, vol. I, pp. 130. (2017).
3. Castañeda, L., Moujir, Y., Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería (2014).
4. Fernández, A., Carro, A.: Diseño de mezclas para evaluar su Resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. Infraestructura vial, vol. I, N° XXIX, pp. 40-49 (2011).
5. Vélez, L.M., 2010b. Permeabilidad y Porosidad en Concreto. (2010).  
<https://doi.org/10.22430/22565337.131>
6. Cabello Sequera, S., Campuzano Vera, L., Espinoza Correa, J. y Sánchez Mendieta, C., 2015. Concreto Poroso: Constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización. Cumbres Revista Científica, vol. 1, pp. 64-69. ISSN 1390-9541

<https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n1a9>

7. Cerdán Pérez, L.A., 2015. Comportamiento del concreto permeable, utilizando agregado de las canteras la Victoria y Roca Fuerte, aumentando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2015. S.I.: Universidad Privada del Norte.
8. Díaz Silva, N.Y., 2017. Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca. S.I.: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería.
9. López Palacio, E., 2010. Control de Calidad y colocación de concretos permeables. Tesis.
10. MTC, 2016. Manual de ensayo de materiales, vol. I, pp.1272.
11. Ortega Moreno, A.M., 2015. Estudio de una mezcla en concreto con estructura drenante fabricado con agregados de las fuentes de abastecimiento del municipio. S.I.: Universidad de Nariño.