

# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



“Determinación de la permeabilidad y resistencia de un concreto permeable con 10%, 15% y 20% de relación de vacíos”

AUTOR:

Lesly Dioshelyn Nimya Rodríguez Trujillo

ASESOR:

Ing. Dante Salazar Sánchez

HUARAZ - PERÚ

2018

## PALABRAS CLAVES

Tema	“Resistencia y permeabilidad de concreto permeable”
Especialidad	Tecnología del concreto

## KEY WORDS

Theme	"Resistance and permeability of permeable concrete"
Specialization	Concrete technology

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

- 1.0 Ingeniería
- 2.0 Ingeniera y tecnología
- 2.1. Ingeniería Civil

## **TÍTULO**

**DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA DE UN  
CONCRETO PERMEABLE CON 10%, 15% Y 20% DE RELACIÓN DE  
VACÍOS**

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue realizar una evaluación de las características del concreto como permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto permeable a diferentes relaciones de vacíos de 10%, 15% y 20%.

Fue una investigación descriptiva y de diseño experimental transversal, la población de estudio está constituida la cantera del distrito de Pariahuanca – Rio Santa para poder utilizar los agregados del mencionado lugar y el laboratorio de análisis de suelos de la universidad privada san pedro, donde se realizó los diferentes análisis para ver en qué porcentaje de relación de vacíos se comportaba mejor el concreto permeable.

Después de haber realizado los ensayos correspondientes y comparar con un concreto Patrón  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvo que a una relación de vacíos menor, es mejor la resistencia a la Compresión, por lo que la Relación de Vacíos a un 10%, fue la que obtuvo mejores resultados en cuanto a la resistencia a la compresión llegando a un porcentaje respecto al concreto patrón de 86.4 % a los 28 días y la menor resistencia que se obtuvo fue a una relación de vacíos de 20%, en la que el porcentaje llego a 66.64% a los 28 días; con respecto al coeficiente de permeabilidad después de realizar los ensayos se obtuvo que menor relación de vacíos menor es el coeficiente de permeabilidad, la variación del coeficiente de permeabilidad respecto a la relación de vacíos es directamente proporcional; los resultados de la relación de vacíos de 10%, 15% y 20% el coeficiente de permeabilidad resulto 0.684 cm/segundo, 0.913 cm/segundo y 1.169 cm/segundo respectivamente.

## ABSTRACT

The objective of this project was to perform an evaluation of the characteristics of concrete such as permeability and compressive strength of permeable concrete at different void ratios of 10%, 15% and 20%.

It was a descriptive research and cross-sectional experimental design, the study population is composed of the quarry of the district of Pariahuanca - Rio Santa to be able to use the aggregates of the aforementioned place and the soil analysis laboratory of the private university san pedro, where it was carried out the different analyzes to see in what percentage of void ratio the pervious concrete behaved better.

After having carried out the corresponding tests and comparing with a concrete F'c 210 kg / cm<sup>2</sup>, it was obtained that at a lower void ratio, Compression resistance is better, so that the ratio of Voids to 10% , was the one that obtained the best results in terms of compressive strength reaching a percentage with respect to the concrete pattern of 86.4% at 28 days and the lowest resistance obtained was a vacuum ratio of 20%, in which the percentage reached 66.64% at 28 days; With respect to the coefficient of permeability after conducting the tests, it was found that the lower the vacuum ratio, the lower the coefficient of permeability, the variation of the coefficient of permeability with respect to the ratio of voids is directly proportional; the results of the vacuum ratio of 10%, 15% and 20% the coefficient of permeability was 0.684 cm / second, 0.913 cm / second and 1169 cm / second respectively.

## ÍNDICE GENERAL

<b>PALABRAS CLAVES</b> .....	<b>i</b>
<b>TÍTULO</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>v</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>16</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>31</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>42</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>43</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>45</b>
<b>ANEXOS Y APÉNDICES</b> .....	<b>48</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias entre Diseño ACI de concreto convencional y el diseño de concreto permeable	13
Tabla 2. Rangos típicos de las proporciones de materiales en el concreto permeable	14
Tabla 3. Variable Dependiente	14
Tabla 4. Variable independiente	15
Tabla 5. Diseño en bloque completo al azar	16
Tabla 6. Diseño en bloque completo al azar para coeficiente de permeabilidad	17
Tabla 7. Técnicas de Recolección de Información	17
Tabla 8. Coordenadas UTM de la Cantera de Pariahuanca	19
Tabla 9. Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216)	21
Tabla 10. Gravedad Específica Y Absorción Agregado Fino (Según Norma ASTM C-127)	22
Tabla 11. Peso Unitario Suelto y Compactado Del Agregado Fino	22
Tabla 12. Contenido de humedad agregado grueso (ASTM D-2216)	23
Tabla 13. Gravedad Específica Y Absorción Agregado grueso (Según Norma ASTM C-127)	23
Tabla 14. Peso Unitario Suelto y Compactado Del Agregado grueso	24
Tabla 15. Diseño de Mezcla de concreto patrón $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> , dosificación en peso	24
Tabla 16. Valores de diseño para diseño de Mezcla de concreto permeable 10% vacío.	25
Tabla 17. Proporciones para diseño de Mezcla de concreto permeable 10% vacío	25
Tabla 18. Valores de diseño para diseño de Mezcla de concreto permeable 15 % vacío	26
Tabla 19. Proporciones para diseño de Mezcla de concreto permeable 15 % vacío	26
Tabla 20. Valores de diseño para diseño de Mezcla de concreto permeable 20 % vacío	26
Tabla 21. Proporciones para diseño de Mezcla de concreto permeable 20 % vacío	27
Tabla 22. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión	27

Tabla 23. Resultado de Coeficiente de permeabilidad para 10% de relación de vacíos	28
Tabla 24. Resultado de Coeficiente de permeabilidad para 15 % de relación de vacíos	29
Tabla 25. Resultado de Coeficiente de permeabilidad para 20 % de relación de vacíos	30
Tabla 26. Resultados Promedio de Laboratorio, de Rotura de Probetas Patrones F'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	31
Tabla 27. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 10 % de relación de vacíos a los 7 días de edad	32
Tabla 28. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 10 % de relación de vacíos a los 14 días de edad	33
Tabla 29. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 10 % de relación de vacíos a los 28 días de edad	33
Tabla 30. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 15 % de relación de vacíos a los 7 días de edad	34
Tabla 31. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 15 % de relación de vacíos a los 14 días de edad	34
Tabla 32. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 15 % de relación de vacíos a los 28 días de edad	35
Tabla 33. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 20 % de relación de vacíos a los 7 días de edad	36
Tabla 34. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 20 % de relación de vacíos a los 14 días de edad	36
Tabla 35. Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 20 % de relación de vacíos a los 28 días de edad	36
Tabla 36. Resistencias a la compresión de probetas de concreto con un porcentaje de vacío, según días de curado.	40
Tabla 37. Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las resistencias a la compresión de las probetas de concreto.	40
Tabla 38. Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las	41



resistencias a la compresión de las probetas de concreto es diferente.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre la resistencia a compresión a 28 días y el contenido de aire para agregado de 3/8" y 3/4" (ACI 211.3R, 1998).	5
Figura 2. Relación entre la resistencia a flexión y el contenido de aire con agregados de 3/8" y 3/4"	7
Figura 3. Factores que influyen en la permeabilidad del concreto	8
Figura 4. Principales usos del concreto permeable	10
Figura 5. El concreto que contiene la caja es del tamaño de 1/4" (6.5 mm), mientras el que está debajo de la caja es de un tamaño más grande, 3/4" (19 mm)	11
Figura 6. . Comparativa entre una superficie de asfalto	12
Figura 7. Vista Panorámica de la Cantera de Agregado, Pariahuanca	19
Figura 8. Cantera de Agregado, Pariahuanca	19
Figura 9. Resistencia del C° f'c 210 (Kg/cm2) vs Edad Días	32
Figura 10. Resistencia a 10% de Relación de Vacíos vs Edad Días	33
Figura 11. Resistencia a 15% de Relación de Vacíos vs Edad Días	35
Figura 12. Resistencia a 20% de Relación de Vacíos vs Edad Días	36
Figura 13. Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días	37
Figura 14. Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días	38
Figura 15. Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días	38
Figura 16. Cantera de Agregado, Pariahuanca	64
Figura 17. Vista Panorámica de la cantera de Pariahuanca	64
Figura 18. Determinación de contenido de humedad de agregado grueso	65
Figura 19. Determinación de peso unitario	65
Figura 20. Apisonando para peso unitario	66
Figura 21. Determinación del Slump	66
Figura 22. Preparación de mezclas de concreto	67
Figura 23. Pesado de Cemento	67

Figura 24. Preparación me mezcla de concreto de 15% de vacíos	68
Figura 25. Preparación de probetas para 15 % de vacíos	68
Figura 26. equipo permeable	69
Figura 27. Muestras para determinar permeabilidad	69
Figura 28. Determinando el coeficiente de Permeabilidad	70
Figura 29. Curado del Concreto	70
Figura 30. Ruptura del concreto	71
Figura 31. Tipos de Fisura	71

#### LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz De Concistencia	49
Anexo 2: Resultados de Diseño de mezcla del concreto patron FC 210 kg/cm <sup>2</sup>	50
Anexo 3: Resultados de Diseño de mezcla del concreto experimental a 10% de relacion de vacios	51
Anexo 4: Resultados de Diseño de mezcla del concreto experimental a 15% de relacion de vacios	52
Anexo 5: Resultados de Diseño de mezcla del concreto experimental a 20% de relacion de vacios	53
Anexo 6: Resultados de Laboratorio de Suelos	54

## INTRODUCCIÓN

Los primeros usos reconocidos del concreto permeable se dieron en Europa en el siglo XIX. Sin embargo, sus aplicaciones crecieron especialmente al concluir la Segunda Guerra Mundial, como una respuesta ante la necesidad de reconstruir edificaciones y carreteras con medios limitados. La escasez de materiales, así como el alto costo de estos y su transporte, dieron paso a la utilización de un concreto sin finos que disminuía los contenidos de cemento (pasta) en las mezclas y permitía reciclar escombros. (Fernández y Navas, 2008).

En Estados Unidos, el concreto permeable surgió en la década del 70 como una respuesta ante el aumento en los niveles de escorrentía superficial producto de un aumento en áreas urbanizadas con coeficientes de escorrentía altos. Con el tiempo, se dio paso al uso de un material poroso que permitiera transformar la escorrentía superficial en infiltración y además cumpliera una función práctica dentro del desarrollo urbano. (Fernández et al., 2008).

Los antecedentes científicos para la presente investigación se presentan a continuación; Pérez (2009) en su investigación tiene como objetivo principal la elaboración de mezclas de concreto permeable con agregados andesíticos diseñadas para un 15% y 20% de vacíos, así como la realización de su estudio experimental permitiría evaluar si éstas cumplen con las propiedades mecánicas y de permeabilidad adecuadas para su utilización en pavimentos con tránsito ligero u otras aplicaciones concluyó que, los resultados de los estudios realizados a las mezclas de concreto permeables diseñadas con 15% y 20% de vacíos elaboradas con agregados andesíticos, permiten concluir que si cumplen con las propiedades mecánicas y de permeabilidad adecuadas para su utilización en pavimentos con tránsito ligero u otras aplicaciones, las mezclas de concreto permeable en estado fresco resultaron con una consistencia rígida, es decir, con un revenimiento de 0 cm. El peso volumétrico de las mezclas con 15% de vacíos resultó con un promedio de 1944 kg/cm<sup>3</sup>, y las mezclas con 20% de vacíos con un promedio de 1899 kg/cm<sup>3</sup>, quedando dentro del rango esperado.

Así mismo se revisó la investigación de Candelas (2010) en su investigación, se han basado principalmente en pruebas de laboratorio con pocos datos obtenidos de las instalaciones de campo, se concluyó que; debido al agotamiento de los mantos acuíferos, tal vez el mayor problema al cual se están enfrentando nuestras autoridades en varias ciudades de la República Mexicana y en otros países del mundo, por lo que el uso de un pavimento permeable ayudaría en mucho a mantener el medio ambiente en el que vivimos, ya que permite la recuperación de agua de lluvia a los mantos acuíferos que son las fuentes naturales de suministro de agua de las ciudades. Si se lograran recargar los mantos acuíferos mediante el uso de pavimentos permeables, se podrían reducir los costos de extracción de agua, que en nuestros días suelen ser muy elevados, debido a que en algunos lugares, el agua se tiene que extraer de pozos muy profundos, este trabajo trata de plasmar los puntos principales relacionados con el concreto permeable, tal vez parezca muy somera la información, pero se realizó una búsqueda exhaustiva para encontrar esta información, ya que no se ha realizado tanta investigación de este tema, debido a que no fue un material con el éxito que se esperaba.

Rodas (2012) en este proyecto, tiene como objetivo principal Desarrollar bloques de concreto permeable en senderos ecológicos, es decir en lugares de paso peatonal donde el agua precipitada pueda ser infiltrada; concluyo que, Los vacíos del concreto permeable provocan una disminución en la resistencia a compresión y flexión, por lo que se utilizó material cementante de alta resistencia, presentando resistencias entre los límites establecidos de 28 - 280 kilogramos por centímetro cuadrado para compresión y 10 - 38 kilogramos por centímetro cuadrado para flexión. Con el mismo fin, se utilizó agregado fino, determinando que, al incrementarlo en pequeña cantidad, el porcentaje de vacíos y la tasa de infiltración disminuyen significativamente. Así mismo, se demostró que el uso de aditivos en las mezclas no es necesario en cuanto a resistencia y trabajabilidad, considerando las condiciones climáticas de la ciudad de Guatemala y que los bloques serán prefabricados para senderos peatonales.

Cruz y Segovia (2014) en su proyecto diseñaron un concreto permeable para su utilización en estaciones de lavado de autos, de manera que el agua pueda recuperarse para su tratamiento y reutilización o bien, descarga en los sistemas de alcantarillado con una menor carga de contaminantes. En el proceso se utilizaron como aditivos al mismo cemento, así como ceniza volante y arena de sílice. Los resultados mostraron el concreto sin agregado fino y humo de sílice como aditivo al 15% desarrolla a los 21 días de edad las propiedades de resistencia necesarias para esta aplicación.

La presente investigación se justifica por la necesidad de reducir el escurrimiento del agua de lluvia y así evitar las frecuentes inundaciones de las pistas así como reducir los altos niveles de accidentes de tránsito por motivo del escurrimiento del agua.

Actualmente en el Perú, aun no se ha implementado el uso del concreto permeable, solo se ha desarrollado temas de investigación dirigidas por el ACI Asociación Interamericana del concreto.

La necesidad de brindar seguridad a nuestra población es nuestra principal responsabilidad en buscar nuevos métodos para así minimizar la cantidad de accidente de tránsito y generalmente por la acumulación de aguas de lluvia y saturación por la alta precipitación de las alcantarillas, obstaculizando así el tránsito y sobre todo poniendo en riesgo a la población.

En la ciudad de Huaraz en los meses de Enero a Marzo, épocas de altas precipitaciones nuestra avenida Luzuriaga que es la principal avenida de alto tránsito se inunda todo el pavimento a una altura promedio de 0.30 m, por lo que es nuestra responsabilidad estudiar ciertos factores del concreto permeable para su posterior aplicación en nuestra ciudad. Es una responsabilidad que se tiene hacia las personas que habitan dentro de esta localidad como para los transportistas que continuamente circulan por estas vías, las cuales deben estar en óptimas condiciones para que en ningún momento ocurra algún accidente en el que se ponga en riesgo la vida de alguna persona.

Hoy en día el problema para la construcción y mantenimiento de los pavimentos, se ha desarrollado en función de conseguir su durabilidad y mantener un nivel de servicio que permanentemente brinde confort y seguridad a los usuarios.

Existen varias formas de saber las propiedades del concreto permeable, evaluando cada una de sus propiedades, pero en este caso evaluaremos el coeficiente de permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto permeable por ser las propiedades más representativas para este tipo de concreto para así poder la funcionalidad de su capa de rodadura o el estado de su estructura (sub base, base y capa de rodadura). Por ello la evaluación en los pavimentos informa sobre su condición y las causas posibles de la misma y sobre todo cuales son las posibles soluciones que se puede dar a los problemas de inundación de los pavimentos.

Por tal motivo es necesario determinar la eficiencia del comportamiento del concreto permeable en diferentes porcentajes de vacíos y analizar la eficiencia de cada una de ellas para posteriormente proceder a aplicarlas, las mismas que serán muestras de inspección visual, para tomar datos y determinar la condición actual en que se encuentran.

Y tratándose de la zona Sierra del Perú, podemos observar los problemas frecuentes por las precipitaciones intensas así también en este último año el fenómeno del niño que se dio en la costa del Perú, causando gran cantidad de daños como pérdidas de vidas humanas y materiales.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es el efecto de la relación de vacíos a 10%, 15% y 20 % en la resistencia de un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y coeficiente de permeabilidad en la ciudad de Huaraz - 2017?

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Se determina de acuerdo a la norma ASTM C39.

MEININGER (1988) La resistencia a compresión del concreto permeable se ve afectada principalmente por la proporción de la matriz y el esfuerzo de compactación durante la colocación. Depende primordialmente de las propiedades de la pasta y de la relación entre la pasta y el agregado. Para mejorar la resistencia del concreto permeable, se deben mejorar tres aspectos: la resistencia de la pasta, la pasta alrededor del agregado y la cohesión entre el agregado y la pasta. Esto se puede lograr usando tamaños de agregados más pequeños y/o usando aditivos. En la figura 1 se muestra la resistencia a compresión que puede ser alcanzada con diferentes porcentajes de vacíos, para dos diferentes tamaños de agregados (3/8" y 3/4").

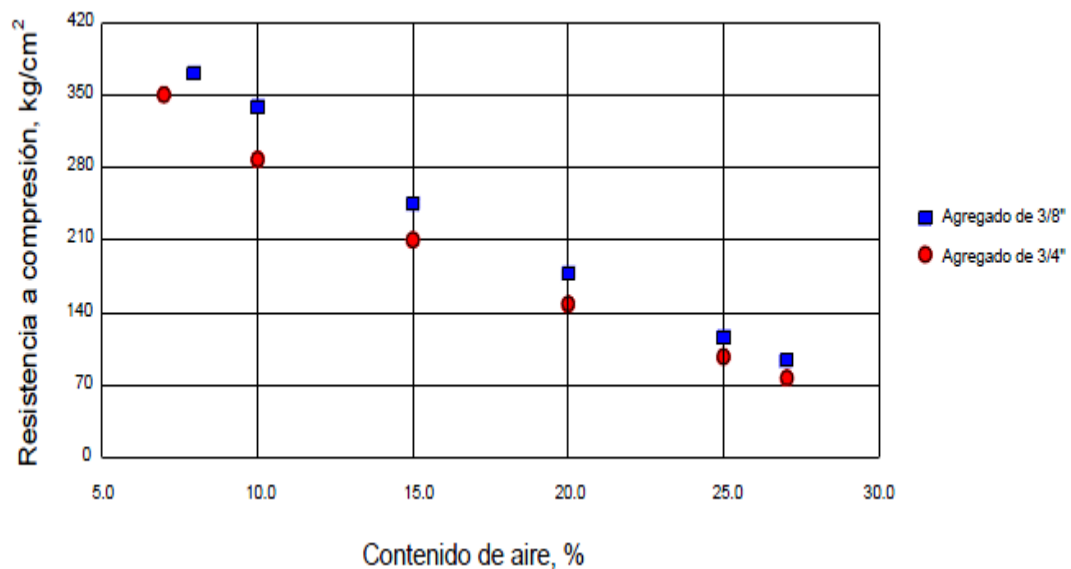


Figura 1. Relación entre la resistencia a compresión a 28 días y el contenido de aire para agregado de 3/8" y 3/4" (ACI 211.3R, 1998).

NOTA: Estas resistencias pueden variar dependiendo del tipo de agregado.

Aunque la relación a/c de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de la resistencia a compresión y la estructura de huecos, la relación entre a/c y la resistencia a compresión del concreto convencional no es significativa (ACI 522, 2006). Una relación a/c alta puede dar como resultado que la pasta fluya desde el agregado y llene la estructura de huecos. Una baja relación a/c puede dar como resultado una adherencia reducida entre las partículas del agregado y problemas de

colocación. La experiencia ha mostrado que una a/c entre 0.26 a 0.45 proporciona un buen recubrimiento del agregado y estabilidad de la pasta.

El contenido de material cementante total de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de la resistencia a compresión y la estructura de huecos. Un contenido de pasta alto dará como resultado una estructura de huecos llena y, en consecuencia, menor porosidad. Un contenido de material cementante insuficiente puede dar como resultado una capa reducida de pasta envolvente del agregado y una menor resistencia a compresión. El contenido óptimo de material cementante depende principalmente del tamaño y la granulometría del agregado

Las mezclas de concreto permeable pueden alcanzar resistencias a compresión en el rango de 35 a 280 kg/cm<sup>2</sup>, que es apropiada para una amplia gama de aplicaciones (ACI 522, 2006). Los valores típicos son alrededor de 175 kg/cm<sup>2</sup>. Como con cualquier tipo de concreto, las propiedades y la mezcla de materiales específicos, así como las técnicas de colocación y condiciones ambientales, dictarán la resistencia en el lugar.

La resistencia a flexión o el módulo de ruptura (rotura) se usa en el diseño de pavimentos u otras losas (pisos, placas) sobre el terreno. La resistencia a compresión, la cual es más fácil de medir que la resistencia a flexión, se puede usar como un índice de resistencia a flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados. Se determina de acuerdo a la norma ASTM C78.

La resistencia a la flexión es una de las características técnicas más importantes que presenta el concreto permeable, debido a que su resistencia a la flexión es mejor que la del concreto hidráulico ordinario, comúnmente es 30% de la resistencia a la compresión, es decir, relativamente más alta que en el concreto ordinario (FCPA, 1990).

La figura 2 muestra la relación entre la resistencia a la flexión del concreto permeable y el contenido de huecos de aire basada en especímenes de vigas probadas en la misma serie de las pruebas de laboratorio.



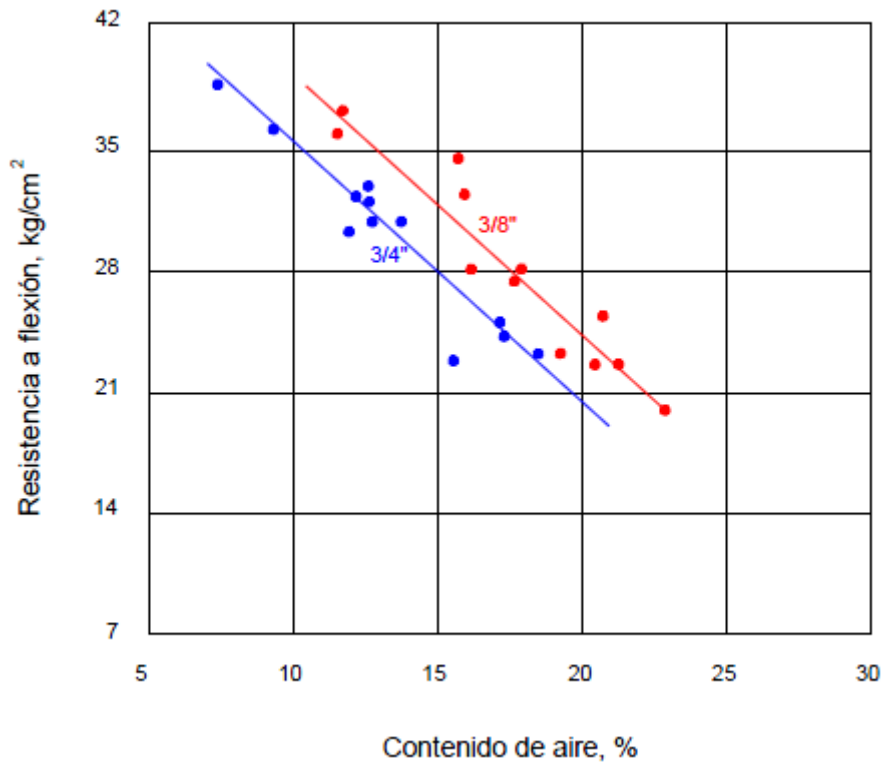


Figura 2. Relación entre la resistencia a flexión y el contenido de aire con agregados de 3/8" y 3/4"  
Fuente: Meininger, 1988

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de la matriz. Un concreto, cuanto más poroso sea, será más permeable y tendrá una posibilidad de absorción capilar más importante. Por lo tanto, la capacidad de filtración del concreto permeable está directamente relacionada con el contenido de huecos de aire. Las pruebas han demostrado que se requiere un contenido mínimo de huecos de aire de aproximadamente 15% para lograr una filtración significativa (Meininger, 1988).

La capacidad de filtración del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 120 a 320 L /m2/min (0.2 a 0.54 cm/s). Para que se pueda asegurar el flujo del agua se recomienda al menos 15% de contenido de vacíos (Meininger, 1988), como se muestra en la figura 3.

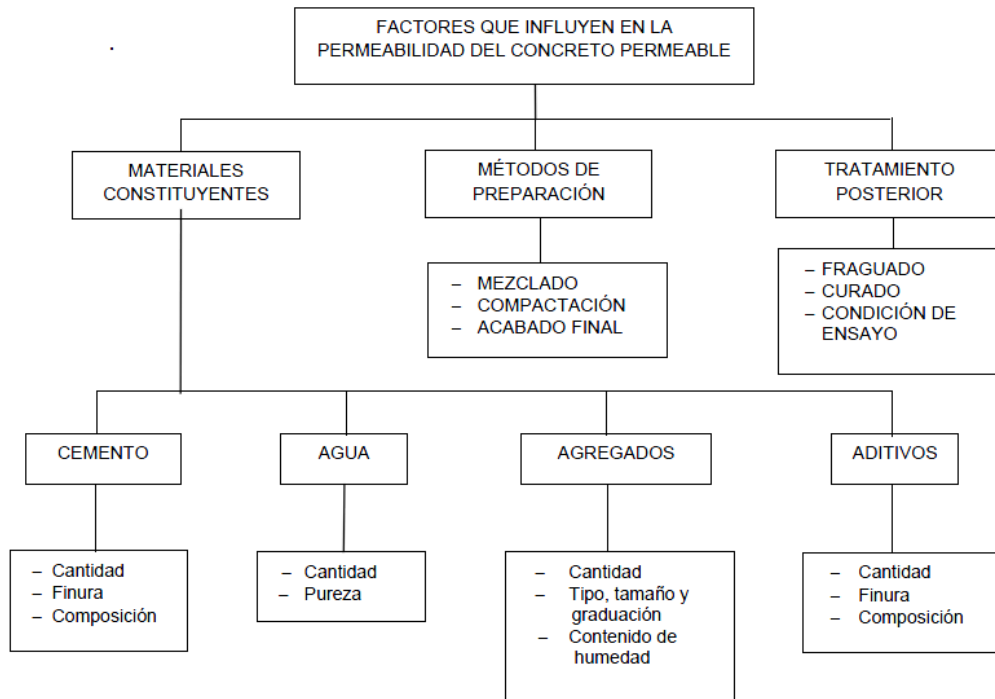


Figura N° 3 Factores que influyen en la permeabilidad del concreto

El peso volumétrico de las mezclas de concreto permeable es aproximadamente 70% del peso volumétrico de las mezclas de concreto convencional. Se determina de acuerdo a la norma ASTM C29. El peso volumétrico del concreto permeable oscila entre 1,600 a 2,000 kg/m<sup>3</sup>, dependiendo del porcentaje de vacíos.

El revenimiento (asentamiento) se usa para medir la consistencia del concreto. Para una proporción dada de cemento y agregado, sin aditivos, cuanto mayor sea el revenimiento, más húmeda es la mezcla. Se determina de acuerdo a la norma ASTM C143.

El cemento Portland que satisface las normas ASTM C150, C595, ó C1157, se usa como el aglomerante principal. También pueden usarse materiales suplementarios como la ceniza volante, el cemento de escoria, y el humo de sílice, los cuales deben de satisfacer los requisitos de las normas ASTM C618, C989, y C1240, respectivamente (ACI 522, 2006).

Una mayor dosis de cemento generará un concreto más resistente, pero demasiado cemento disminuirá el porcentaje de vacíos interconectados en el concreto, perdiendo este su capacidad de infiltración (De Solminihac et al., 2002).

Es recomendable utilizar una cantidad que fluctúe entre los 270 a 415 kg/m<sup>3</sup>, según requisitos de resistencia y permeabilidad (Kosmatka et al., 2004).

El concreto permeable no contiene agregado fino, o tal vez muy poco; y el agregado grueso utilizado debe ser de tamaño uniforme. Comúnmente las granulometrías de agregado grueso utilizadas deben de cumplir con la norma ASTM C33, estas son: No. 67 (3/4" a No. 4), No. 8 (3/8" a No. 16), o No. 8 (3/8" a No. 50). La norma ASTM D448 también puede ser usada para definir las granulometrías. Los agregados grandes proporcionan una superficie más porosa.

El concreto permeable que es utilizado en pisos y pavimentos, además de las diversas aplicaciones ya mencionadas anteriormente, presenta grandes ventajas sobre el concreto convencional, sus beneficios no solo son económicos y estructurales ya que también ayuda al medio ambiente.



Figura 4. Principales usos del concreto permeable: a.Vialidades con tráfico ligero (<http://www.vma-engineers.com/>), b.Estacionamientos (<http://www.perviousconcrete.info/pictures.htm>), c. Andadores ([http://www.alconcrete.org/concrete\\_products.aspx](http://www.alconcrete.org/concrete_products.aspx))

Las granulometrías del agregado usadas en el concreto permeable generalmente son, ya sea de agregado grueso de un solo tamaño o granulometría de entre 3/4 y 3/8 de pulgada (19 y 9.5 mm). Los agregados redondeados y triturados, tanto los normales como los de peso ligero, han sido usados para hacer concreto permeable y deben satisfacer los requisitos de ASTM D448 y C33. En general, los agregados

finos no deben ser usados en mezclas de concreto permeable, ya que ellos tienden a comprometer la capacidad de conexión del sistema de poros.

Recientemente, el concreto permeable ha sido empleado en estacionamientos, pavimentos de tráfico ligero y andadores. Para estas aplicaciones, generalmente se usan tamaños de agregados más pequeños por razones de estética. El agregado grueso de tamaño 89 (3/8" a No. 50) según la norma ASTM C33, ha sido usado principalmente en estacionamientos y andadores, por más de 20 años en Florida (Kosmatka et al., 2004).

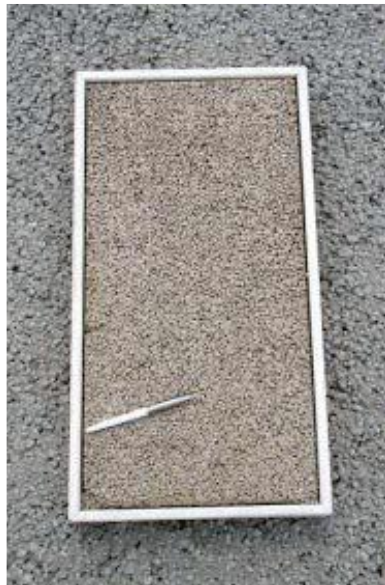


Figura 5. El concreto que contiene la caja es del tamaño de 1/4" (6.5 mm), mientras el que está debajo de la caja es de un tamaño más grande, 3/4" (19 mm) (Kosmatka et al., 2004).

La calidad del agua para el concreto permeable está gobernada por lo mismos requisitos que para el concreto convencional, en el ACI 301. Como una norma general, el agua que es potable es adecuada para usarla en el concreto.



a. Superficie con asfalto



b. Superficie con concreto permeable

Figura 6. Comparativa entre una superficie de asfalto (a) y una superficie de concreto permeable (b) después de una nevada (<http://www.nrmca.org/greenconcrete/default.asp>)

Los concretos permeables deben ser proporcionados con una relación de agua-cemento ( $a/c$ ) relativamente baja (0.30 a 0.40), ya que una cantidad excesiva de agua conducirá a drenar la pasta y el atascamiento de sistema de poros (ACI 522, 2006). La adición de agua, por lo tanto, tiene que ser vigilada cuidadosamente en el campo.

*Tabla N° 1. Diferencias entre Diseño ACI de concreto convencional y el diseño de concreto permeable*

	<b>DISEÑO ACI CONVENCIONAL (Método: Modulo de Fineza)</b>	<b>DISEÑO CONCRETO PERMEABLE ACI 211 3R 02/ACI 522 R-10</b>
<b>Datos Iniciales</b>	- Resistencia Requerida	- Filtración del concreto permeable (Intensidad de lluvia de diseño)
	- Slump – revenimiento	
	- Con o sin Aire incluido	
	- Tamaño Máximo Nominal	
<b>Datos Externos (Tablas)</b>	- Agua	- Verificación de resistencia a compresión
	- Relación A/C	- Tipo de Compactación
	- Volumen del agregado grueso	- Elección de la Relación A/C
<b>Datos Obtenidos</b>	- Cantidad de agregado fino	- Volumen de vacíos
		- Volumen de pasta
		- Porcentaje de agregado
<b>Diseño Final</b>	- Diseño Por Volúmenes Absolutos y corrección por humedad	- Diseño por volúmenes absolutos y corrección por humedad, absorción y aporte.

*Fuente: Flores & Pacompia 2015*

Para el concreto permeable, las relaciones agregado/cemento y a/c son las variables más importantes que afectan las propiedades mecánicas. Se ha encontrado como aceptable un amplio rango de valores de cemento, dependiendo de la aplicación específica. Los aditivos químicos, además de afectar la relación a/c, se usan para influir en la trabajabilidad y los tiempos de fraguado, para mejorar las varias características del concreto permeable, y para mejorar la durabilidad a largo plazo. La tabla 2 proporciona los rangos típicos del proporcionamiento de materiales en el concreto permeable, y son solo valores de referencia (Kosmatka et al., 2004)

Tabla 2. Rangos típicos de las proporciones de materiales en el concreto permeable

<b>Parámetro</b>	<b>Rango</b>
Materiales Cementantes, Kg/m <sup>3</sup>	270 a 415
Agregado, Kg/m <sup>3</sup>	1190 a 1480
Relación agua – cemento, en peso	0.26 a 0.45
Relación agregado – cemento, en peso	4 a 4.5:1
Relación agregado fino – agregado grueso, en peso	0 a 1:1

Fuente: Kosmatka et al., 2004

Operacionalización de variable:

Tabla 3: Variable Dependiente:

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicador</b>
Resistencia del Concreto y Permeabilidad	La permeabilidad al igual que la porosidad depende de las propiedades de los materiales, la proporción de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una excesiva compactación reducirá la permeabilidad al sellar los poros necesarios para la filtración del agua	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de mortero bajo una carga capaz de cumplir con las condiciones indicadas en la norma N.T.P.  La evaluación de la permeabilidad del concreto se desarrollará:  * Mediante una serie de análisis en el laboratorio.	Kg/cm <sup>2</sup>  Cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia del estudio de investigación.



Tabla 4: Variable independiente:

<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicador</b>
Relación de vacíos en el concreto permeable en un 10%, 15% y 20%.	La variación del porcentaje de vacíos al momento de preparar el concreto indicara la eficiencia de 10%, 15% y 20%.	resistencia del concreto y coeficiente de permeabilidad

Fuente: Elaboración propia del estudio de investigación.

La hipótesis de esta investigación es: Un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> con 15% y 20% de relación de vacíos, según el % de vacíos varía la resistencia a la compresión y coeficiente de permeabilidad del mismo.

El objetivo general de esta investigación es: Determinar la permeabilidad y resistencia de un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> con relación de vacíos de 10%, 15% y 20% en la ciudad de Huaraz – 2017.; mientras que los objetivos específicos son:





































- Determinar la relación A/C del mortero patrón y experimental.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días, con relación de vacíos de 10%, 15% y 20 %.
- Determinar la permeabilidad del concreto a los 28 días con relación de vacíos de 10%, 15% y 20 %.

## METODOLOGÍA

El tipo de la presente investigación, según el proceso es aplicada, porque la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a determinar la resistencia del concreto con la relación de vacíos de 10%, 15% y 20%, cuál de estas será la que tenga mejor resistencia así como también el coeficiente de permeabilidad.

Tabla N° 5







Diseño en bloque completo al azar

Diseño en bloque completo al azar								
Días de curado	Resistencia a la compresión del concreto permeable con diferente relación de vacíos en 10%, 15% y 20%							
	PATRÓN		10%		15%		20%	
7	P1		E1		E10		E19	
	P2		E2		E11		E20	
	P3		E3		E12		E21	
14	P1		E4		E13		E22	
	P2		E5		E14		E23	
	P3		E6		E15		E24	
28	P1		E7		E16		E25	
	P2		E8		E17		E26	
	P3		E9		E18		E27	

Así también se presenta la cantidad de muestras para la determinación del coeficiente de permeabilidad

Tabla N° 6

Diseño en bloque completo al azar para coeficiente de permeabilidad

Días de curado	Coeficiente de permeabilidad a los 28 días de los diferentes porcentajes de vacíos					
	10%		15%		20%	
28	E1		E3		E5	
	E2		E4		E6	

La población está conformada por probetas que serán elaboradas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro y la muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística, que en esta investigación se trabajó con 36 testigos de concreto, 9 sin variación de relación de vacíos que es el patrón, 9 con relación de vacíos de 10%, 9 con relación de vacíos de 15% y 9 de relación de vacíos de 20%; así también se hizo 6 testigos dimensiones diferentes para determinar el coeficiente de permeabilidad, 2 para 10% de vacíos, 2 para 15 % de vacíos y 2 para 20% de vacíos.

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7  
Técnicas de Recolección de Información

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento
La Observación	Ficha de observación del Laboratorio de Mecánica de suelo y ensayo de materiales

Fuente: Elaboración propia

Se aplicará como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible, cuando no se puede tomar notas en el mismo momento. Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos

permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos será posterior a los ensayos respectivos apoyados en una hoja de cálculo Excel y el SPSS.

Para realizar el análisis de los datos se realizó los siguientes procedimientos:

Los agregados que se usó en el presente trabajo fueron extraídos de la cantera de Pariahuanca, el motivo por la que se utilizó la presente cantera es por la que mayor cantidad de material produce y son los más utilizados en obras civiles en la ciudad de Huaraz y alrededores, por ser accesibles y de buena calidad.

La otra alternativa era el agregado de la cantera de Tacllan, si bien es cierto este material presenta mejores cualidades físicas que el agregado de la cantera de Pariahuanca, actualmente el acceso a dicha cantera es limitado, debido al incremento poblacional y la gran cantidad de comerciantes que hay, se ha dañado el lecho del río y este en la actualidad representa un problema de encontrarse gran cantidad de residuos sólidos.

Son en su mayoría de origen sedimentario, donde la acción erosiva de las aguas pluviales, la fuerza hidráulica y el acarreo de estos minerales, nos proporcionan un agregado de forma redondeada, denominados cantos rodados, pero también en la cantera de Pariahuanca existen varias máquinas chancadoras capas de triturar el material de diferentes medidas.

Se tiene los datos generales de la cantera de Pariahuanca como: Ubicación: Costado Carretera Taricá – Pariahuanca Acceso: Cuenta con 2 accesos el primer acceso está a 50 m y el segundo acceso está a 350 m de la carretera Taricá – Pariahuanca. Área Aproximada: 1.5 hectáreas.

Tabla N° 08 Coordenadas UTM de la Cantera de Pariahuanca

COORDENADAS UTM: ZONA 18				
N°	Nombre	Norte	Este	Altura
1	Pariahuanca	8963242.51	215962.91	2753

Fuente: Elaboración Propia



Figura 7. Vista Panorámica de la Cantera de Agregado, Pariahuanca



Figura 8. Cantera de Agregado, Pariahuanca

Los ensayos mencionados a continuación se realizaron basándose en el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000 del MTC), estos se hicieron tanto para el agregado fino como para el agregado grueso con algunas distinciones según indica el manual.

Los ensayos que se tuvieron que seguir para obtener los datos deseados fueron el contenido de humedad, peso específico y absorción de los agregados finos, peso específico y absorción de los agregados gruesos, peso unitario del agregado fino, peso unitario del agregado grueso, análisis granulométrico de agregados finos y gruesos.

Una vez que se conocen las propiedades inherentes a cada uno de los componentes del concreto permeable, es necesario que éstos se combinen en proporciones adecuadas para cumplir con las especificaciones solicitadas (resistencia a la compresión y permeabilidad), y tener un comportamiento eficiente ante las condiciones a las que estará expuesto.

El diseño de mezclas del concreto permeable se asemeja al diseño de mezclas del concreto convencional por el método del ACI, ambos utilizan cuadros obtenidos empíricamente de ensayos realizados, sin embargo, en cuanto a los alcances de ambos diseños son totalmente diferentes.

Los diseños se harán de acuerdo con las recomendaciones del ACI-211.3R aplicable a concreto permeable y ACI 211.1 a concreto convencional.

Culminado el diseño pasó a paso y obtenidos las dosificaciones, calculamos en peso todos los materiales necesarios para una tanda de concreto para la elaboración de los especímenes cilíndricos de 10 cm x 20 cm aproximadamente, que serán sometidos al ensayo de compresión y el ensayo de permeabilidad.

Una vez obtenido el diseño de mezclas se procedió a realizar el vaciado del concreto permeable en los moldes, siendo necesario la realización de ensayos en estado fresco del concreto permeable (ACI 522R-10 “Reporte en el concreto permeable”), con la finalidad de controlar el contenido de vacíos de diseño y la trabajabilidad de la mezcla de concreto, parámetros principales de control en lo que al concreto permeable respecta. Para tener la certeza de que el concreto vaciado cumpla con las características de diseño

## RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la presente investigación, que se desarrollaron cada una de ellas para poder determinar cada uno de los objetivos específicos planteados en la presente investigación así como los resultados de la caracterización de los agregados fino y gruesos, los resultados de resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto experimental de relación de vacíos de 10%, 15% y 20% así también los resultados de coeficiente de permeabilidad del concreto experimental de cada uno de los porcentajes de vacíos y por último se determinó el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

### Caracterización Del Agregado

Tabla 9. Contenido de humedad agregado fino (ASTM D-2216)

N°	N° de Recipiente	17	1	6
<b>01</b>	Peso de Recip. + suelo húmedo (gr)	800.5	886	911.5
<b>02</b>	Peso de Recip. + suelo seco (gr)	786.5	870	894
<b>03</b>	Peso del agua (gr)	14	16	17.5
<b>04</b>	Peso Recipiente (gr)	164.6	161.9	164.1
<b>05</b>	Peso de suelo seco (gr)	621.9	708.1	729.9
<b>06</b>	Humedad W %	2.3	2.3	2.4
<b>07</b>	Humedad Promedio W %		<b>2.3</b>	

*Fuente:* Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

El resultado de contenido de humedad del agregado fino es de 2.3%, este dato se obtuvo siguiendo cada uno de los procedimientos correspondientes lo cual es necesario para realizar el diseño de mezcla del concreto, se obtuvo siguiendo cada uno de los procedimientos correspondientes.

La gravedad específica y absorción del agregado fino se muestra en la tabla N° 10, desarrollándose cada uno de los procedimientos respectivos para calcular cada uno de estos.

Tabla 10. Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino (Según Norma ASTM C-127)

N°	IDENTIFICACION	2
01	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire) .....(S)	300
02	Peso de Frasco + H2O ..... (B)	663.1
03	Peso de Frasco + H2O + muestra ..... (C)	963.1
04	Peso del Mat. + H2O en el frasco	857.6
05	Vol. De Masa + Vol. De Vacío	105.5
06	Peso de Mat. Seco en estufa (105°C) .....(A)	296.3
07	Vol. De Masa	390.35
	<b>Pe Bulk (Base Seca)</b>	2.809
	<b>Pe Bulk (Base Saturada)</b>	2.844
	<b>Pe Aparente (Base Seca)</b>	0.759
	<b>% de Absorción</b>	1.25

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Así también en la tabla N° 11, se muestra los resultados del peso unitario y compactado del agregado fino.

Tabla 11 Peso Unitario Suelto y Compactado Del Agregado Fino

N°	Tipo de Peso Unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
		<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
01	Peso Material + Molde	7.99	7.98	7.985	8.6	8.38	8.39
02	Peso del Molde	3.426	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
03	Peso del Material	4.564	4.56	4.565	5.18	4.96	4.97
04	Volumen del Molde	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776
05	Peso Unitario	1.6	1.6	1.6	1.9	1.8	1.8
06	Peso Unitario Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )		1.6			1.8	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP



Así como se realizó el cálculo del contenido de humedad del agregado fino, también se desarrolló el cálculo del contenido de humedad para el agregado grueso dando los resultados como se muestran en la tabla N° 12.

Tabla 12 Contenido de humedad agregado grueso (ASTM D-2216)

N °	N° de Recipiente	50	17	1
<b>01</b>	Peso de Recip. + suelo húmedo (gr)	1021.5	1090.5	911.5
<b>02</b>	Peso de Recip. + suelo seco (gr)	1017	1085.5	906
<b>03</b>	Peso del agua (gr)	4.5	5	5.5
<b>04</b>	Peso Recipiente (gr)	168.8	164.6	161.9
<b>05</b>	Peso de suelo seco (gr)	848.2	920.9	744.1
<b>06</b>	Humedad W %	0.5	0.5	0.7
<b>07</b>	Humedad Promedio W %		<b>0.6</b>	

*Fuente:* Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Así mismo también se realizó el procedimiento para determina la gravedad específica y absorción del agregado grueso, los cuales son datos muy importantes para determinar el diseño de mezcla.

Tabla 13 Gravedad Específica y Absorción Agregado grueso (Según Norma ASTM C-127)

N °	IDENTIFICACION	30	38	39	PROMEDIO
<b>01</b>	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	1025	1091	1071	
<b>02</b>	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	640	684	671.5	
<b>03</b>	Vol. De Masa / Vol. De Vacío	385	407	399.5	
<b>04</b>	Peso de Mat. Seco en estufa (105°C)	1013.4	1077.6	1059	
<b>05</b>	Vol. De Masa	373.4	393.6	387.5	
<b>06</b>	Pe Bulk (Base Seca)	2.63	2.65	2.65	2.64
<b>07</b>	Pe Bulk (Base Saturada)	2.66	2.68	2.68	2.67
<b>08</b>	Pe Aparente (Base Seca)	2.71	2.74	2.73	2.73
<b>09</b>	% de Absorción	1.14	1.24	1.13	1.17

*Fuente:* Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Y por último también se realizó el peso unitario y peso compactado del agregado grueso lo cual nos determinara como es el comportamiento del agregado al momento de realizar la mezcla respectiva y elaboración de probeta.

Tabla 14. Peso Unitario Suelto y Compactado Del Agregado grueso

<b>AGREGADO GRUESO</b>							
<b>N °</b>	<b>Tipo de Peso Unitario</b>	<b>Peso Unitario Suelto</b>			<b>Peso Unitario Compactado</b>		
	<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>01</b>	Peso Material + Molde	19.05	19.08	19.06	19.825	19.85	19.84
<b>02</b>	Peso del Molde	5.3330	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31
<b>03</b>	Peso del Material	13.717	13.77	13.75	14.515	14.54	14.53
<b>04</b>	Volumen del Molde	9.341	9.341	9.341	9.341	9.341	9.341
<b>05</b>	Peso Unitario	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6
<b>06</b>	<b>Peso Unitario Promedio</b>	<b>1.5</b>			<b>1.6</b>		

*Fuente:* Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Una vez ya determinada cada uno de los análisis respectivos a los agregados se procede a realizar el diseño de mezcla, en la Tabla N° 15, se muestra el diseño de mezcla del concreto patrón.

Tabla 15 Diseño de Mezcla de concreto patrón  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, dosificación en peso

<b>DESCRIPCION</b>	<b>PESO ESTIMADO</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>DISEÑO</b>
	<b>SECO/m3</b>	<b>ABSOLUTO m3</b>	<b>UNIT.SECO</b>
CEMENTO	331.65	0.1053	1.00
AGREGADO FINO	775.42	0.2937	2.34
AGREGADO GRUESO	958.51	0.3590	2.89
AGUA (Litros.)	197.00	0.1970	0.59
AIRE	4.50	0.0450	

*Fuente:* Propia

En la tabla N° 16, se muestra los valores del diseño de mezcla para un concreto permeable de 10% de relación de vacíos.

Tabla 16. Valores de diseño para diseño de Mezcla de concreto permeable 10% vacío

<b>Valores de Diseño</b>	<b>Resultado</b>
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	1
Agua de Mezclado (Lts)	174.2
Relación Agua Cemento	0.40
Revenimiento (Pulg)	0
<b>Cantidad de Materiales por m<sup>3</sup> de Concreto</b>	
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	435.6
Agregado Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	1452.1
Agregado Fino (kg/m <sup>3</sup> )	45.6
Agua (l/m <sup>3</sup> )	182

Fuente: Propia

Tabla 17. Proporciones para diseño de Mezcla de concreto permeable 10% vacío

<b>PROPORCION</b>	<b>PESO</b>
Cemento	1
Agregado Grueso	3.33
Agregado Fino	0.10
Agua	16.71

Fuente: Propia

En la tabla N° 18, se muestra los valores del diseño de mezcla para un concreto permeable de 15% de relación de vacíos.

Tabla 18. Valores de diseño para diseño de Mezcla de concreto permeable 15 % vacío

<b>Valores de Diseño</b>	<b>Resultado</b>
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	1
Agua de Mezclado (Lts)	147.7
Relación Agua Cemento	0.40
Revenimiento (Pulg)	0
<b>Cantidad de Materiales por m<sup>3</sup> de Concreto</b>	
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	369.4
Agregado Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	1446.0
Agregado Fino (kg/m <sup>3</sup> )	45.4
Agua (l/m <sup>3</sup> )	155.5

Fuente: Propia

Tabla 19. Proporciones para diseño de Mezcla de concreto permeable 15 % vacío

<b>PROPORCIÓN</b>	<b>PESO</b>
Cemento	1
Agregado Grueso	3.91
Agregado Fino	0.12
Agua	16.84

Fuente: Propia

En la tabla N° 20, se muestra los valores del diseño de mezcla para un concreto permeable de 20% de relación de vacíos.

Tabla 20. Valores de diseño para diseño de Mezcla de concreto permeable 20 % vacío

<b>Valores de Diseño</b>	<b>Resultado</b>
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	1
Agua de Mezclado (Lts)	121.3
Relación Agua Cemento	0.40
Revenimiento (Pulg)	0
<b>Cantidad de Materiales por m<sup>3</sup> de Concreto</b>	
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	303.2
Agregado Grueso (kg/m <sup>3</sup> )	1439.8
Agregado Fino (kg/m <sup>3</sup> )	45.2
Agua (l/m <sup>3</sup> )	129

Fuente: Propia

Tabla 21. Proporciones para diseño de Mezcla de concreto permeable 20 % vacío

PROPORCION	PESO
Cemento	1
Agregado Grueso	4.75
Agregado Fino	0.15
Agua	17.02

Fuente: Propia

Una vez que se obtuvo cada uno de los diseños de mezcla se procede a elaborar cada uno de las mezcla y el llenado de testigos según la metodología mencionada líneas arriba, dando estos resultados como e muestran en la Tabla N° 22, que son los resultados de resistencia a la compresión.

Tabla 22. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión

N°	Testigo	Slump			Edad	Fuerza	F´C	FC/F´C
	Elemento	(*)	Moldeo	Rotura	Dias	Kg	Kg/cm2	%
1	Patrón	3"-4"	8/08/2017	15/08/2017	7	28963	163.90	78.05
2	Patrón	3"-4"	8/08/2017	15/08/2017	7	28692	162.36	77.32
3	Patrón	3"-4"	8/08/2017	15/08/2017	7	29032	164.29	78.23
4	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	17340	98.12	46.73
5	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	16640	94.16	44.84
6	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	16840	95.29	45.38
7	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	14310	80.98	38.56
8	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	14690	83.13	39.58
9	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	13890	78.60	37.43
10	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	13390	75.77	36.08
11	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	12930	73.17	34.84
12	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	16/08/2017	7	13260	75.04	35.73
13	Patrón	3"-4"	8/08/2017	22/08/2017	14	32963	186.53	88.82
14	Patrón	3"-4"	8/08/2017	22/08/2017	14	31589	178.76	85.12
15	Patrón	3"-4"	8/08/2017	22/08/2017	14	32563	184.27	87.75
16	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	21690	122.74	58.45
17	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	25160	142.38	67.80
18	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	25490	144.24	68.69
19	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	16700	94.50	45.00
20	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	16860	95.41	45.43

21	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	17160	97.11	46.24
22	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	20240	114.53	54.54
23	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	20510	116.06	55.27
24	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	23/08/2017	14	20880	118.16	56.27
25	Patrón	3"-4"	8/08/2017	5/09/2017	28	39963	226.14	107.69
26	Patrón	3"-4"	8/08/2017	5/09/2017	28	39596	224.07	106.70
27	Patrón	3"-4"	8/08/2017	5/09/2017	28	39563	223.88	106.61
28	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	31760	179.72	85.58
29	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	32470	183.74	87.50
30	10% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	31960	180.86	86.12
31	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	27620	156.30	74.43
32	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	26980	152.68	72.70
33	15% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	27390	155.00	73.81
34	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	24760	140.11	66.72
35	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	24470	138.47	65.94
36	20% de Vacíos	0.00	9/08/2017	6/09/2017	28	24960	141.24	67.26

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

La segunda variable que se evalúa en la presente investigación es el coeficiente de permeabilidad de acuerdo a la relación de vacíos, en la tabla N° 23, se muestra el resultado de coeficiente de permeabilidad para una relación de vacíos de 10%, obteniéndose el resultado de 0.634 cm/segundo; cuyo resultado representa que 0.684 cm se escurre en 1 segundo.

Tabla 23. Resultado de Coeficiente de permeabilidad para 10% de relación de vacíos

N°	Moldeo	Fecha de ensayo	t (seg.)	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	a (cm <sup>2</sup> )	h1 (cm)	h2 (cm)	k (cm/seg)	k (mm/seg)
1	22/06/17	20/07/17	97.45	15.00	78.54	113.10	25.0	1.00	0.713	7.135
2	22/06/17	20/07/17	106.14	15.00	78.54	113.10	25.0	1.00	0.655	6.551
<b>PROMEDIO</b>									0.684	cm/segundo

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

#### Leyenda:

t: Tiempo en Segundos.

L: Longitud de la muestra cm

A: Área de la muestra en cm<sup>2</sup>

a: Área del cilindro de carga en cm<sup>2</sup>

h1: Altura de la columna de agua en cm

h2: altura de la tubería de salida

k : coeficiente de permeabilidad

En la tabla N° 24, se muestra el resultados de coeficiente de permeabilidad para 15% de relación de vacíos, el coeficiente de en este caso va aumentando, es decir a mayor vacíos del concreto el coeficiente de permeabilidad va aumentando, por ello en este caso da un resultado de 0.913 cm/segundo es decir por cada segundo se discurre agua por el concreto permeable de 0.913 cm.

Tabla 24. Resultado de Coeficiente de permeabilidad para 15 % de relación de vacíos

N°	moldeo	Fecha de ensayo	t (seg.)	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	a (cm <sup>2</sup> )	h1 (cm)	h2 (cm)	k (cm/seg)	k (mm/seg)
1	22/06/17	20/07/17	71.6	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.971	9.711
2	22/06/17	20/07/17	81.32	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.855	8.550
<b>PROMEDIO</b>									0.913	cm/segundo

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

**Leyenda:**

t: Tiempo en Segundos.

L: Longitud de la muestra cm

A: Área de la muestra en cm<sup>2</sup>

a: Área del cilindro de carga en cm<sup>2</sup>

h1: Altura de la columna de agua en cm

h2: altura de la tubería de salida

k : coeficiente de permeabilidad

El ultimo porcentaje de relación de vacíos estudiado es de 20%, como la cantidad de vacíos va aumentando el coeficiente de permeabilidad se comporta de la misma manera, por ello en la tabla N° 25 se muestra el resultado de coeficiente de permeabilidad para 20% de relación de vacíos, obteniéndose un resultado de 1.169 cm/segundo; por cada segundo se discurre 1.169 cm de agua por el concreto permeable.

Tabla 25. Resultado de Coeficiente de permeabilidad para 20 % de relación de vacíos

N°	moldeo	Fecha de ensayo	t (seg.)	L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	a (cm <sup>2</sup> )	h1 (cm)	h2 (cm)	k (cm/seg)	k (mm/seg)
1	22/06/17	20/07/17	60.34	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	1.152	11.523
2	22/06/17	20/07/17	58.59	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	1.187	11.867
<b>PROMEDIO</b>									1.169	cm/segundo

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

**Leyenda:**

t: Tiempo en Segundos.

L: Longitud de la muestra cm

A: Área de la muestra en cm<sup>2</sup>

a: Área del cilindro de carga en cm<sup>2</sup>

h1: Altura de la columna de agua en cm

h2: altura de la tubería de salida

k : coeficiente de permeabilidad



## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En los testigos que se realizaron en el laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro Huaraz, de la resistencia a la compresión del concreto, con el diseño de mezcla convencional Respecto a ellos la norma NTP 0.60, que nos dice que las resistencias esperadas son: 1 día = 16%, 3 días = 40%, 7 días = 65%, 14 días = 90% y 28 días = 99%.

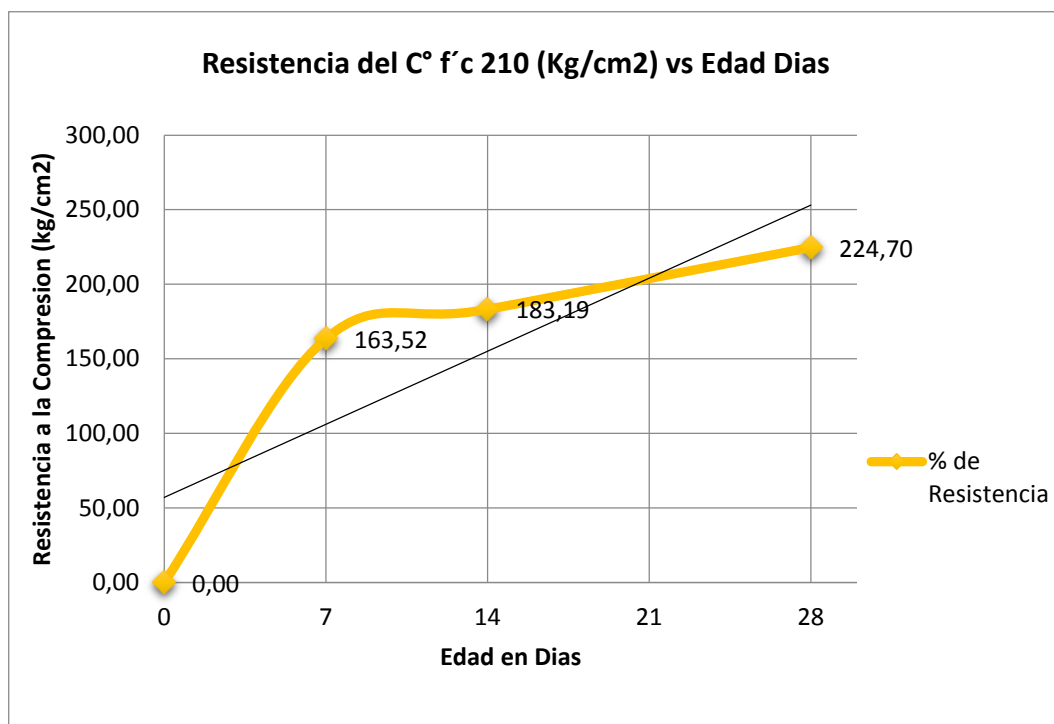
Por lo que se puede observar en el diseño de mezcla convencional  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> como ha ido la evolución de la resistencia del concreto a los 7, 14 y 28 días.

Tabla N° 26: Resultados Promedio de Laboratorio, de Rotura de Probetas Patrones  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

Testigo	F' C de Diseño						F' C Obtenido					
	7 días		14 días		28 días		7 días		14 días		28 días	
	F' C	%	F' C	%	%	F' C	%	F' C	%	F' C	%	
<b>C° Patrón F'c 210 kg/cm<sup>2</sup></b>							163.90	78.05	186.53	88.82	226.14	107.69
	136.5	65	189	90	207.9	99	162.36	77.32	178.76	85.12	224.07	106.70
							164.29	78.23	184.27	87.75	223.88	106.61
<b>C° Patrón F'c 210 kg/cm<sup>2</sup> Promedio Total</b>							<b>163.52</b>	<b>77.86</b>	<b>183.19</b>	<b>87.23</b>	<b>224.70</b>	<b>107.00</b>

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

En la tabla 26, se puede observar que a los 7 días de fraguado, se tiene un porcentaje de resistencia a la compresión promedio total de 77.86%, a los 14 días de fraguado se tiene un porcentaje de 87.23 y a los 28 días de fraguado, se tiene un porcentaje de resistencia a la compresión de 107.00% de la resistencia definitiva del concreto de las muestras patrones (Sin variar el porcentaje de Vacíos), se verifico que supero a las resistencias esperadas según la norma NTP 0.60.



**Figura 9:** Resistencia del C° f'c 210 (Kg/cm2) vs Edad Días

Se verifica que la resistencia a la compresión de la prueba patrón a 210 Kg/cm<sup>2</sup> (a condiciones normales) va aumentando la resistencia con respecto a la edad y días de curado del concreto y al día 28 llega a pasar la resistencia esperada hasta 224.70 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla N° 27: Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 10 % de relación de vacíos a los 7 días de edad

Testigo	7 días	
	F'c	%
10 % de relación de vacíos de concreto permeable	98.12	46.73
	94.16	44.84
	95.29	45.38
Promedio de concreto permeable	<b>95.86</b>	<b>45.65</b>

*Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP*

Tabla N° 28: Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 10 % de relación de vacíos a los 14 días de edad

Testigo	14 días	
	F' C	%
10 % de relación de vacíos de concreto permeable	122.74	58.45
	142.38	67.80
	144.24	68.69
Promedio de concreto permeable	<b>136.45</b>	<b>64.98</b>

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N° 29: Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 10 % de relación de vacíos a los 28 días de edad

Testigo	28 días	
	F' C	%
10 % de relación de vacíos de concreto permeable	179.72	85.58
	183.74	87.50
	180.86	86.12
Promedio de concreto permeable	<b>181.44</b>	<b>86.40</b>

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

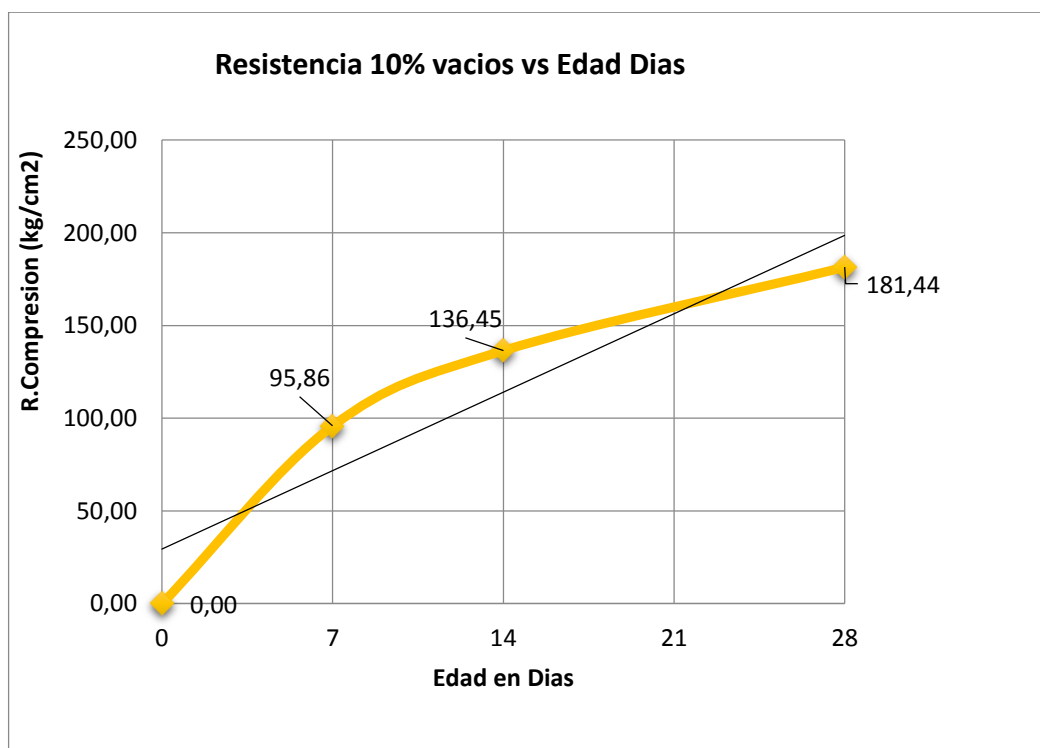


Figura 10: Resistencia a 10% de Relación de Vacíos vs Edad Días

Se verifica que la resistencia a la compresión a 10% de Relación de Vacíos va aumentando conforme aumenta los días de curado, a los 7 días la resistencia a la compresión es de 95.86 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días sigue aumentando la resistencia a la compresión y llega a 136.45 kg/cm<sup>2</sup> así también a los 28 días llega a la resistencia a la compresión más alta que es de 181.44 kg/cm<sup>2</sup>, no llega a la resistencia deseada sin embargo 181.44kg/cm<sup>2</sup> sin embargo según Meininger 1998, indica que es un resultado favorable ya que la resistencia a la compresión está ligado fuertemente a dos grandes factores que es el esfuerzo de compactación y el porcentaje de vacíos; según la figura N° 02, de la presente investigación a mayor porcentaje de vacíos, menor será la resistencia a la compresión; por ello este es un resultado favorable en lo que son los concretos permeables.

**Tabla N° 30:** Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 15 % de relación de vacíos a los 7 días de edad

Testigo	7 días	
	F'C	%
15 % de relación de vacíos de concreto permeable	80.98	38.56
	83.13	39.58
	78.60	37.43
Promedio de concreto permeable	<b>80.90</b>	<b>38.53</b>

*Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP*

**Tabla N° 31:** Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 15 % de relación de vacíos a los 14 días de edad

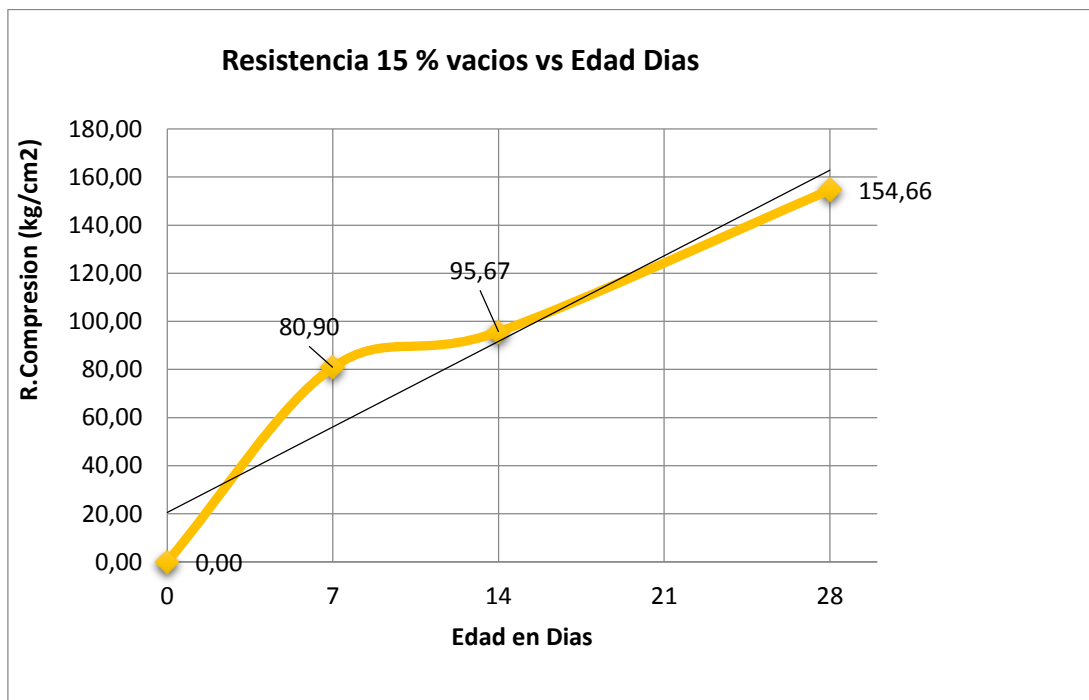
Testigo	14 días	
	F'C	%
15 % de relación de vacíos de concreto permeable	94.50	45.00
	95.41	45.43
	97.11	46.24
Promedio de concreto permeable	<b>95.67</b>	<b>45.56</b>

*Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP*

**Tabla N° 32:** Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 15 % de relación de vacíos a los 28 días de edad

Testigo	28 días	
	F´C	%
15 % de relación de vacíos de concreto permeable	156.30	74.43
	152.68	72.70
Promedio de concreto permeable	<b>154.66</b>	<b>73.65</b>

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP



**Figura 11:** Resistencia a 15% de Relación de Vacíos vs Edad Días

Se verifica que la resistencia a la compresión a 15% de Relación de Vacíos va aumentando conforme aumenta los días de curado, en los 7 días de curado alcanza una resistencia a la compresión de 80.90 kg/cm<sup>2</sup> así también a los 14 días de curado el concreto permeable alcanza una resistencia a la compresión de 95.67 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días llega a la resistencia a la compresión más alta que es de 154.66 kg/cm<sup>2</sup>, no llega a la resistencia deseada que es de 210 kg/cm<sup>2</sup> sin embargo 154.66 kg/cm<sup>2</sup> es un resultado favorable en lo que son los concretos

permeables, ya que Flores y Pacompia (2015), indican que el concreto permeable alcanza una resistencia de 163.67 kg/cm<sup>2</sup>, pudiendo mejorar este resultados añadiendo tiras de plásticos al momento de elaborar la mezcla.

**Tabla N° 33:** Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 20 % de relación de vacíos a los 7 días de edad

Testigo	7 días	
	F'C	%
20 % de relación de vacíos de concreto permeable	75.77	36.08
	73.17	34.84
	75.04	35.73
Promedio de concreto permeable	<b>74.66</b>	<b>35.55</b>

*Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP*

**Tabla N° 34:** Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 20 % de relación de vacíos a los 14 días de edad

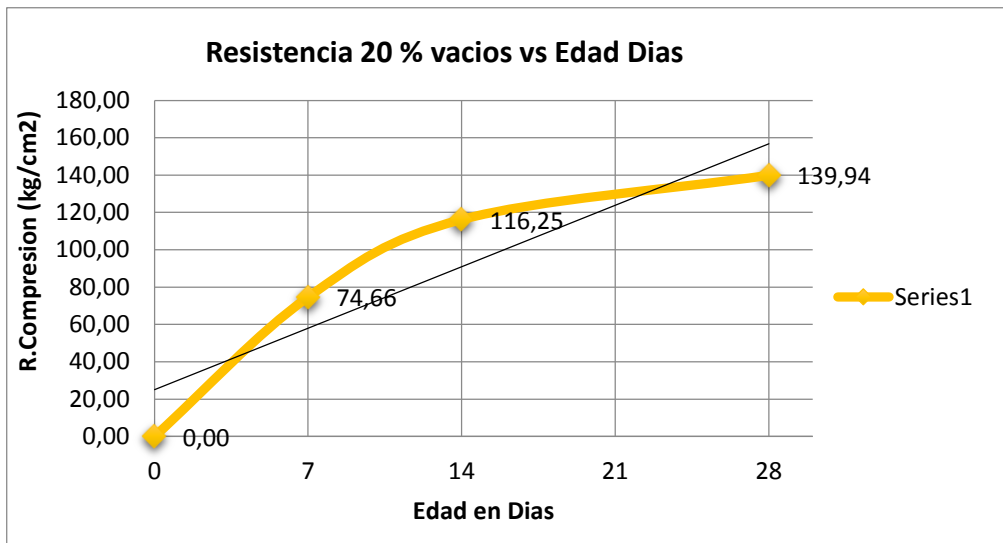
Testigo	14 días	
	F'C	%
20 % de relación de vacíos de concreto permeable	114.53	54.54
	116.06	55.27
	118.16	56.27
Promedio de concreto permeable	<b>116.25</b>	<b>55.36</b>

*Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP*

**Tabla N° 35:** Resultados de Resistencia a la Compresión del concreto experimental con 20 % de relación de vacíos a los 28 días de edad

Testigo	28 días	
	F'C	%
20 % de relación de vacíos de concreto permeable	140.11	66.72
	138.47	65.94
	141.24	67.26
Promedio de concreto permeable	<b>139.94</b>	<b>66.64</b>

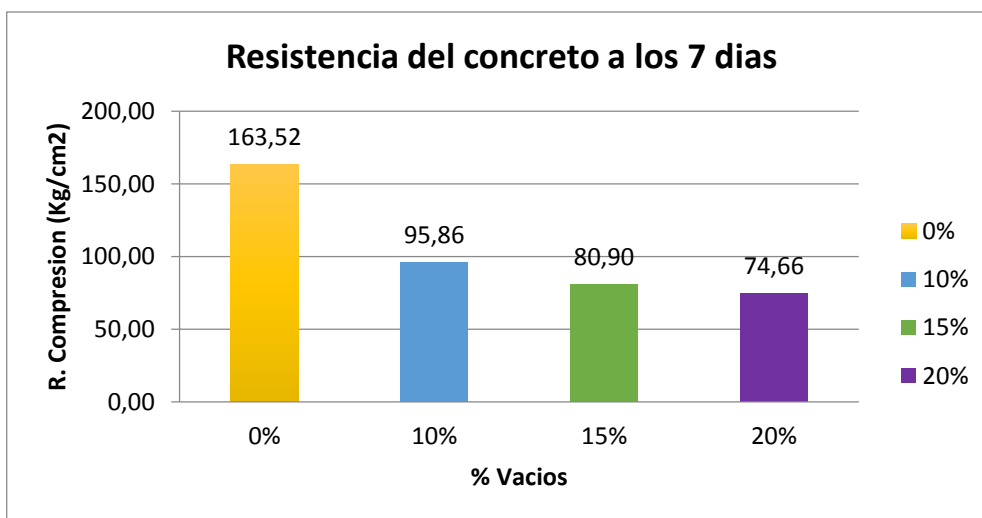
*Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP*



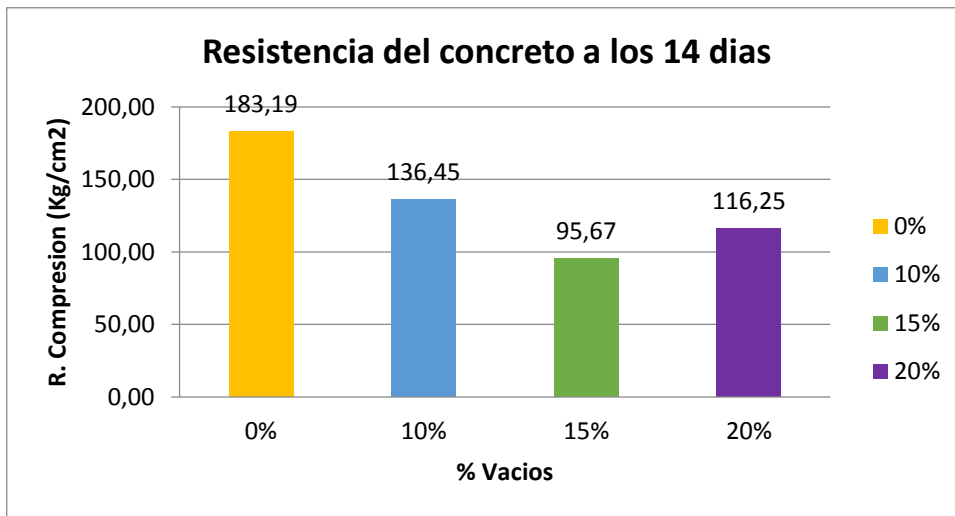
*Figura 12: Resistencia a 20% de Relación de Vacíos vs Edad Días*

En la figura N°12, se verifica que la resistencia a la compresión a 20% de Relación de Vacíos va aumentando conforme aumenta los días de curado en la que a los 7 días de curado alcanza una resistencia a la compresión de 74.66 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado la resistencia a la compresión es de 116.25 kg/cm<sup>2</sup> y por ultimo a los 28 días llega a la resistencia a la compresión más alta que es de 139.94 kg/cm<sup>2</sup>, no llega a la resistencia deseada sin embargo 139.94 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a la compresión del concreto en cada uno de los tipos diseñados ha ido evolucionando directamente proporcional con el tiempo.

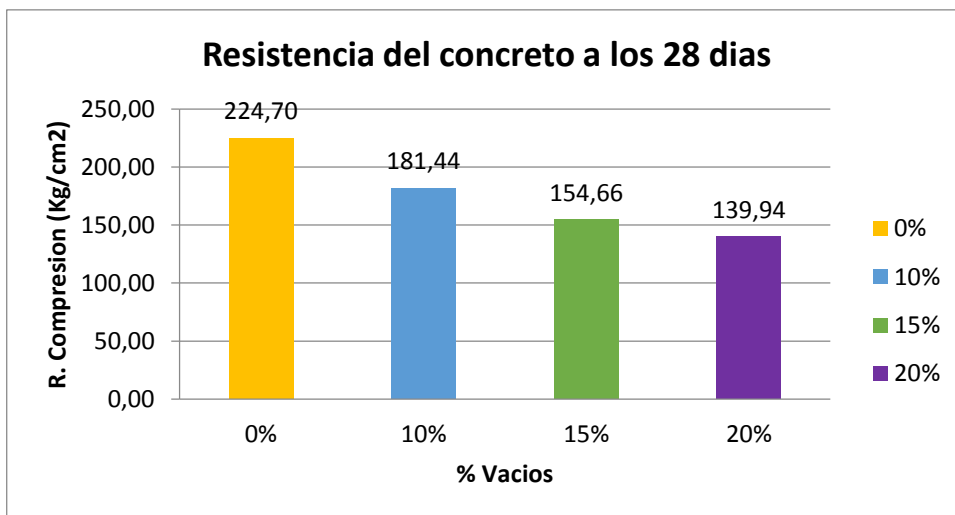


*Figura 13: Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días*



*Figura 14: Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días*

Se tiene la evolución de la de resistencia alcanzado con respecto a los días de Curado, como se observa en la figura, la variación de la resistencia a la compresión respecto al porcentaje de vacíos es inversamente proporcional, a mayor porcentaje de vacíos menor será la resistencia a la compresión y a menor porcentaje de vacíos mayor será la resistencia a la compresión.



*Figura 15: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días*

Se muestra que los tres resultados, en las que ninguna de las variaciones de los porcentajes de vacíos llegan al concreto patrón que es 210 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo en el figura se puede apreciar que la más eficiente de los tres porcentajes de vacío



estudiados en la presente investigación es el porcentaje de 10% de relación de vacíos es la que alcanza mejor la resistencia seguido de esta el porcentaje de vacíos de 15% alcanza una resistencia máxima de 154.66 kg/cm<sup>2</sup> y por último la relación de vacíos de 20% es la que menor resistencia tiene a lo largo de los días de curado alcanzado una resistencia a la compresión de 139.0 kg/cm<sup>2</sup>; si embargo haciendo una comparación con resultados de investigaciones pasadas con respecto al concreto permeable se indica que los datos obtenidos en la presente investigación son favorables.

El coeficiente de permeabilidad del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 0.14 a 1.22 cm/s. Los resultados obtenidos para todos los grupos de prueba se encuentran dentro del rango anteriormente descrito, por lo cual, se puede afirmar que todas las muestras de concreto permeable ensayadas cumplen con los requerimientos de permeabilidad.

El coeficiente de permeabilidad promedio hallado de las probetas de concreto permeable elaboradas al 10% de relación de vacíos, presenta un menor comportamiento en comparación con el coeficiente de permeabilidad obtenido de la relación de vacíos de 15% y 20%.

El coeficiente de permeabilidad promedio hallado de las probetas de concreto permeable elaboradas al 15% de relación de vacíos, presenta un mejor comportamiento en comparación a la relación de vacíos de 10%, se puede notar que el coeficiente de permeabilidad va mejorando a medida que aumenta el porcentaje de vacíos.

Como se observa en el Tabla N° 25, el coeficiente de permeabilidad a mejorado mucho respecto al porcentaje de vacíos de 10%; dado estos resultados vemos que la relación de vacíos respecto al coeficiente de permeabilidad varían directamente proporcional, a mayor porcentaje de vacíos mejor es el coeficiente de permeabilidad y a menor porcentaje de vacíos menor en el coeficiente de permeabilidad; en el porcentaje de vacíos de 10% el coeficiente de permeabilidad resulto de 0.684 cm/segundo; mientras que en la relación de vacíos de 15% el coeficiente de

permeabilidad resulto 0.913 cm/segundo y por último en la relación de vacíos del 20% el coeficiente de permeabilidad resulto 1.169 cm/segundo; como vemos cada uno de los resultados obtenidos están dentro del rango de los coeficientes de permeabilidad.

El peso específico del concreto permeable para una relación de vacíos de 10% es de 2.48 gr/cm<sup>3</sup>, para una relación de vacíos de 15% es de 2.36 gr/cm<sup>3</sup> y para una relación de vacíos de 20% el peso específico es de 2.25 gr/cm<sup>3</sup>; a mayor relación de de vacío, menor es el peso específico, por ello que para una relación de vacíos de 10%, mayor será la capacidad de resistencia a la compresión ya que hay menos espacios vacíos.

Tabla N° 36: Resistencias a la compresión de probetas de concreto con un porcentaje de vacío, según días de curado.

Días de curado	Resistencia de concreto con un porcentaje de vacío			
	0%	10%	15%	20%
7	163,52	95,86	80,90	74,66
14	183,20	136,45	95,67	116,25
28	224,70	181,44	154,66	139,94

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N° 36 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de concreto son mayores a los 28 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto para cada tratamiento (porcentaje de vacío) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla N° 37: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las resistencias a la compresión de las probetas de concreto.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Porcentaje de vacío	12842,258	3	4280,753	49,286	,000
Días de curado	10325,224	2	5162,612	59,439	,000

Error	521,130	6	86,855
Total	23688.612	11	

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N° 37, se puede visualizar que el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.000$ ,  $p < 0.05$ ) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas en las probetas de concreto, según porcentaje de vacío (0%, 10%, 15% y 20%), son diferentes. Es decir no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de las probetas de concreto.

También se tienen que para los días de curado  $p\text{-value} < \alpha$  ( $0.000 < 0.05$ ) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencias de los día de curado.

Tabla N° 38: Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto es diferente.

Porcentaje de vacío	Subconjunto para alfa = 0,05		
	1	2	3
20%	110.2833		
15%	110.4100		
10%		137.9167	
0% (patrón)			190.4733

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

0% de vacío	190.4733----- a
10% de vacío	137.9167 ----- b
15% de vacío	110.4100 ----- c
20% de vacío	110.2833 ----- c

Se tiene que la mayor resistencia a la compresión le corresponde a la probeta del patrón, seguido de la probetas con 10% de vacío y finalmente se tienen que las resistencias en las probetas con 15% y 20% de vacío son iguales.

## CONCLUSIONES

Se determinó la relación agua cemento para el concreto patrón y el concreto experimental, para el concreto patrón la relación agua cemento fue de 0.60, mientras que para el concreto experimental fue de 0.40.

La resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días se determinó en las que a los 28 días alcanzo su máxima resistencia obteniendo así 224.7 kg/cm<sup>2</sup>, 181.44 kg/cm<sup>2</sup>, 154.66 kg/cm<sup>2</sup> y 139.94 kg/cm<sup>2</sup>, para el concreto patrón, a 10% de relación de vacíos, a 15% de relación de vacíos y 20 % de relación de vacíos respectivamente.

La variación de la resistencia a la compresión con respecto al porcentaje de vacíos van inversamente proporcional a menor porcentaje de vacíos mejor será la resistencia a la compresión.

El coeficiente de permeabilidad en el porcentaje de vacíos de 10% el coeficiente de permeabilidad resulto de 0.684 cm/segundo; mientras que en la relación de vacíos de 15% el coeficiente de permeabilidad resulto 0.913 cm/segundo y por último en la relación de vacíos del 20% el coeficiente de permeabilidad resulto 1.169 cm/segundo; cada uno de los resultados obtenidos están dentro del rango de los coeficientes de permeabilidad.

La relación de vacíos respecto al coeficiente de permeabilidad aumenta directamente proporcional, a mayor porcentaje de vacíos mejor es el coeficiente de permeabilidad

## **RECOMENDACIONES**

Para futuras investigaciones recomendaría analizar la relación de vacíos de 7%, 13%, 18% y 25% determinando la resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad estas relaciones de vacíos no se estudiaron pero que si podrían dar resultados favorables.

Para el diseño mezclas se recomienda utilizar los métodos que proponen el ACI 211.3R-02 “Guía para el Proporcionamiento de Concretos de Cero Slump”, y el ACI 522R-10 “Reporte en Concreto Permeable”

Se recomienda estudiar el empleo de otros materiales añadidos en el diseño de mezcla del concreto permeable. A modo de verificar la viabilidad técnica y económica de su incorporación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero dedicar estas líneas para agradecer a mi Gran Dios Todopoderoso, que gracias a EL y su infinito amor puedo llegar hasta acá, a mis padres LEONARDO Y NIMYA por inculcarme todas las enseñanzas e instruirme en el camino de DIOS, a los docentes de la universidad, que nos han formado como profesionales con ética y valores. Y que a través de ellos nos desempeñaremos en la vida como grandes personas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI-522R.6. (2006). Pervious Concrete. American Concrete Institute.
- ACI Committee 522R-10 (2010). Report on Pervious Concrete..
- ACI 211.3R-97 (1998), Guide for selecting proportions for no-slump concrete. Appendix 7 Pervious concrete mix proportioning. 211.3R-21. American Concrete Institute.
- ASTM\_C127. (1993). Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. USA: ASTM International
- ASTM\_C131. (1996). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. USA: ASTM International
- Candelas L. (2010). “Tecnología del Concreto Permeable o Ecológico En La Construcción” (Proyecto Terminal en Extenso para Obtener el Grado de Especialista en Construcción) Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/6287/disenio\\_de\\_un\\_concreto\\_permeable\\_para\\_la\\_recuperacion\\_de\\_agua.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/6287/disenio_de_un_concreto_permeable_para_la_recuperacion_de_agua.pdf).
- Castro J., De Solminihac H., Videla C. y Bonifacio Fernández (2009). Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón. Ingeniería de Construcción vol. 24 N° 3 Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de [www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732009000300005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732009000300005).
- Cruz P. & Segovia A. (2014). “Diseño de un concreto permeable para la recuperación de agua” (Programa Educativo de Ingeniería Civil) Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo – México. Recuperado de

<https://es.scribd.com/document/322845217/disenodeunconcretopermeableparalarecuperaciondeagua-pdf>

FCPA (1990), Florida Concrete and Products Association, Pervious Pavement Manual, Orlando, Florida. Recuperado de <http://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4071&context=etd>.

Fernández Arrieta, R. y Navas Carro A. (2008). Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/download/1982/1949>.

Flores C. & Pacompia I. (2015). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Repositorio Tesis UNAP: Tesis Concreto Permeable. Recuperado de [https://www.UNAP/repositorio.unap.edu.pe/FLORES\\_QUISPE\\_CESAR\\_EDDY\\_PACOMPIA\\_CALCINA\\_IVA\\_ALEXANDER](https://www.UNAP/repositorio.unap.edu.pe/FLORES_QUISPE_CESAR_EDDY_PACOMPIA_CALCINA_IVA_ALEXANDER).

Godoy A., Ramírez R. (2006). “Patología de pavimentos rígidos de la ciudad de Asunción”. (Tesis Para Optar el Título Profesional en Ingeniería Civil) Universidad Nacional de Asunción – Paraguay. Recuperado de [http://www.academia.edu/12129244/TESIS\\_4\\_COMPLETA\\_FINAL](http://www.academia.edu/12129244/TESIS_4_COMPLETA_FINAL).

Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto, EE.UU: Portland Cement Association. Illinois. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/189238711/Libro-Diseno-y-control-de-mezclas-de-concreto-PCA-1>.

Meininger (1988), No-Fines Pervious Concrete for Paving. Concrete International, Vol. 10, No. 8.

Ministerio de Vivienda y Construcción (2006), Reglamento Nacional de Edificaciones, 1ra. Edición, Lima, Perú.



- Pérez D. (2009). “Estudio Experimental de Concretos Permeables con Agregados Andesíticos” (Tesis para Optar el grado de maestro en Ingeniería) Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3443/perezramos.pdf?sequence=1>.
- Rodas N. (2012). “Desarrollo y Uso de Bloques de Concreto Permeable en Senderos Ecológicos” (Tesis para Optar el título Profesional de Ingeniero Civil) Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3428\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3428_C.pdf).
- Ruíz C. (2011) “Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos”. Sangolquí, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3033/1/T-ESPE-030924.pdf>.

## ANEXOS Y APÉNDICES

### ANEXO 1: Matriz De Concistencia

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES
<p>¿Cuál es el efecto de la relación de vacíos a 10%, 15% y 20 % en la resistencia de un concreto <math>f'c</math> 210 kg/cm<sup>2</sup> y coeficiente de permeabilidad en la ciudad de Huaraz - 2017?</p>	<p>Un concreto <math>f'c</math> 210 kg/cm<sup>2</sup> con 10%, 15% y 20% de relación de vacíos, según el % de vacíos varía la resistencia a la compresión y coeficiente de permeabilidad del mismo.</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar la permeabilidad y resistencia de un concreto <math>f'c</math> 210 kg/cm<sup>2</sup> con relación de vacíos de 10%, 15% y 20% en la ciudad de Huaraz – 2017.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinar la relación A/C del mortero patrón y experimental.</li> <li>✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días, con relación de vacíos de 10%, 15% y 20 %.</li> <li>✓ Determinar la permeabilidad del concreto a los 28 días con relación de vacíos de 12, 15 y 20 %.</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Resistencia del concreto a la compresión y permeabilidad</p> <p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Relación De Vacíos En El Concreto Permeable En Un 10%, 15% Y 20%.</p>

ANEXO 2: Resultados de Diseño de mezcla del concreto patron FC 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Método del ACI**

F'c: 210 kg/cm<sup>2</sup>

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO		
		TIPO	IP	AGREGADOS
			FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	Pulg.		1/8	1 "
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>		1644	1472
PESO UNITARIO COMPACTO	Kg/m <sup>3</sup>		1814	1555
PESO ESPECIFICO	gr./cc	3.15	2.64	2.67
ABSORCION	%		1.25	1.17
MODULO DE FINURA			3.00	7.91
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		2.30	0.60

F'c	SLUMP	CONTENIDO	RELACION	AIRE	CANTIDAD DE CEMENTO		MODULO DE FINURA
f'cr. Kg/cm <sup>2</sup>	Pulg.	DE AGUA Lt.	A/C	(%)	Kg./m <sup>3</sup>	bolsas	DEL AGR.GRUESO
294	3"-4"	197	<b>0.60</b>	4.50	<b>332</b>	<b>7.80</b>	7.91

ANEXO 3: Resultados de Diseño de mezcla del concreto experimental a 10% de relacion de vacios

**DATOS TECNICOS – CONCRETO PERMEABLE 10% PORCENTAJE DE VACÍOS**

**F<sub>c</sub>** Diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>

**AGREGADO FINO**

Contenido de Humedad (%)	2.3	Peso Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.6
Absorción (%)	1.25	Peso Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1.8
Peso Especifico (Tn/m <sup>3</sup> )	2.84		

**AGREGADO GRUESO**

Contenido de Humedad (%)	0.6	Peso Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.5
Absorción (%)	1.17	Peso Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1.6
Peso Especifico (Tn/m <sup>3</sup> )	2.67		

**VALORES DE DISEÑO**

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	210	Relación a/c:	
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	1"		0.40
Agua de Mezclado (Lts)	174.2	Peso Especifico del cemento (gr/cm <sup>3</sup> )	3.15
		Revenimiento (Pulg)	0.00"

**CANTIDAD DE MATERIALES POR M<sup>3</sup> DE CONCRETO**

Material	kg/m <sup>3</sup>	
Cemento	435.6	10.2
	bolsas /m <sup>3</sup>	
Agregado Grueso	1452.1	
Agregado Fino	45.6	
Agua	182	

**PROPORCIONES**

PROPORCION	PESO
Cemento	1
Agregado Grueso	3.33
Agregado Fino	0.10
Agua	16.71

ANEXO 4: Resultados de Diseño de mezcla del concreto experimental a 15% de relacion de vacios

**DATOS TECNICOS – CONCRETO PERMEABLE 15% PORCENTAJE DE VACÍOS**

**F<sub>c</sub> Diseño:** 210 kg/cm<sup>2</sup>

**AGREGADO FINO**

Contenido de Humedad (%)	2.3	Peso Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.6
Absorción (%)	1.25	Peso Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1.8
Peso Especifico (Tn/m <sup>3</sup> )	2.84		

**AGREGADO GRUESO**

Contenido de Humedad (%)	0.6	Peso Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.5
Absorción (%)	1.17	Peso Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1.6
Peso Especifico (Tn/m <sup>3</sup> )	2.67		

**VALORES DE DISEÑO**

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	210	Relación a/c:	
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	1"		0.40
Agua de Mezclado (Lts)	147.7	Peso Especifico del cemento (gr/cm <sup>3</sup> )	3.15
		Revenimiento (Pulg)	0.00"

**CANTIDAD DE MATERIALES POR M<sup>3</sup> DE CONCRETO**

Material	kg/m <sup>3</sup>	
Cemento	369.4	8.7 bolsas
	/m <sup>3</sup>	
Agregado Grueso	1446.0	
Agregado Fino	45.4	
Agua	155.5	

**PROPORCIONES**

PROPORCION	PESO
Cemento	1
Agregado Grueso	3.91
Agregado Fino	0.12
Agua	16.84

ANEXO 5: Resultados de Diseño de mezcla del concreto experimental a 20% de relacion de vacios

**DATOS TECNICOS – CONCRETO PERMEABLE 20% PORCENTAJE DE VACÍOS**

F<sub>c</sub> Diseño: 210 kg/cm<sup>2</sup>

**AGREGADO FINO**

Contenido de Humedad (%)	2.3	Peso Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.6
Absorción (%)	1.25	Peso Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1.8
Peso Especifico (Tn/m <sup>3</sup> )	2.84		

**AGREGADO GRUESO**

Contenido de Humedad (%)	0.6	Peso Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.5
Absorción (%)	1.17	Peso Seco Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1.6
Peso Especifico (Tn/m <sup>3</sup> )	2.67		

**VALORES DE DISEÑO**

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	210	Relación a/c:	
Tamaño Máximo Nominal (pulg)	1"		0.40
Agua de Mezclado (Lts)	121.3	Peso Especifico del cemento (gr/cm <sup>3</sup> )	3.15
		Revenimiento (Pulg)	0.00"

**CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 DE CONCRETO**

Material	kg/m <sup>3</sup>	
Cemento	303.2	7.13
	bolsas /m <sup>3</sup>	
Agregado Grueso	1439.8	
Agregado Fino	45.2	
Agua	129	

**PROPORCIONES**

PROPORCION	PESO
Cemento	1
Agregado Grueso	4.75
Agregado Fino	0.15
Agua	17.02

ANEXO 6: Resultados de Laboratorio de Suelos



**USP**

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tesis: DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup> CON 15% Y 20% DE RELACIÓN VACÍOS EN LA CIUDAD DE HUARAZ - 2017

Solicita: Bach. LESLY DIOSHELYN NIMYA RODRIGUEZ TRUJILLO

Lugar: Departamento de Ancash, Provincia de Huaraz

Fecha: 07/09/2017

F' C: 210 kg/cm<sup>2</sup>

N°	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM	SLUMP (*)	MOLDEO	ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/cm <sup>2</sup>	FC/F' C %
01	Patrón		3"-4"	08/08/2017	15/08/2017	7	163.90	78.05
02	Patrón		3"-4"	08/08/2017	15/08/2017	7	162.36	77.32
03	Patrón		3"-4"	08/08/2017	15/08/2017	7	164.29	78.23
04	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	98.12	46.73
05	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	94.16	44.84
06	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	95.29	45.38
07	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	80.98	38.56
08	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	83.13	39.58
09	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	78.60	37.43
10	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	75.77	36.08
11	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	73.17	34.84
12	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	16/08/2017	7	75.04	35.73
13	Patrón		3"-4"	08/08/2017	22/08/2017	14	186.53	88.82
14	Patrón		3"-4"	08/08/2017	22/08/2017	14	178.76	85.12
15	Patrón		3"-4"	08/08/2017	22/08/2017	14	184.27	87.75
16	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	122.74	58.45
17	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	142.38	67.80
18	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	144.24	68.69
19	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	94.50	45.00
20	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	95.41	45.43
21	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	97.11	46.24
22	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	114.53	54.54
23	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	116.06	55.27
24	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	23/08/2017	14	118.16	56.27



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro





# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tesis: DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup> CON 15% Y 20% DE RELACIÓN VACÍOS EN LA CIUDAD DE HUARAZ - 2017

Solicita: Bach. LESLY DIOSHLYN NIMYA RODRIGUEZ TRUJILLO

Lugar: Departamento de Ancash, Provincia de Huaraz

Fecha: 07/09/2017

F'C: 210 kg/cm<sup>2</sup>

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP			EDAD	FC	FC/F'C
N°	ELEMENTO	KM	(*)	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm <sup>2</sup>	%
25	Patrón		3"-4"	08/08/2017	05/09/2017	28	226.14	107.69
26	Patrón		3"-4"	08/08/2017	05/09/2017	28	224.07	106.70
27	Patrón		3"-4"	08/08/2017	05/09/2017	28	223.88	106.61
28	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	179.72	85.58
29	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	183.74	87.50
30	10% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	180.86	86.12
31	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	156.30	74.43
32	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	152.68	72.70
33	15% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	155.00	73.81
34	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	140.11	66.72
35	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	138.47	65.94
36	20% de Vacíos		0.00	09/08/2017	06/09/2017	28	141.24	67.26

Especificaciones: El ensayo responde a la Norma ASTM C-39 Y ACI 522-10 "Reporte en Concreto Permeable"

Observaciones: Los Testigos fueron elaborados en la ciudad universitaria de Shancayan de la Universidad San Pedro.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES

*Ing. Elizabeth Maza Ambrosio*  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro





# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Tesis: DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA DE UN CONCRETO  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup> CON 15% Y 20% DE RELACIÓN VACÍOS EN LA CIUDAD DE HUARAZ - 2017

Solicita: Bach. LESLY DIOSHELYN NIMYA RODRIGUEZ TRUJILLO

Lugar: Departamento de Ancash, Provincia de Huaraz

Cantera: Rio Santa - Pariahuanca Fecha: 07/09/2017

### COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD PARA 10% DE RELACIÓN DE VACÍOS

N°	DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB.	EDAD (días)	t TIEMPO (seg.)	L LONG. DE LA MUESTRA (cm)	A AREA DE MUESTRA (cm <sup>2</sup> )	a AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm <sup>2</sup> )	h1 ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	h2 ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.	k (cm/seg)	k (mm/seg)
1	10 % Vacíos	14/07/2017	20/07/2017	7	97.45	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.713	7.135
2	10 % Vacíos	14/07/2017	20/07/2017	7	106.14	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.655	6.551
<b>PROMEDIO</b>											0.684	cm/segundo

### COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD PARA 15% DE RELACIÓN DE VACÍOS

N°	DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB.	EDAD (días)	t TIEMPO (seg.)	L LONG. DE LA MUESTRA (cm)	A AREA DE MUESTRA (cm <sup>2</sup> )	a AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm <sup>2</sup> )	h1 ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	h2 ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.	k (cm/seg)	k (mm/seg)
1	15 % Vacíos	14/07/2017	20/07/2017	7	71.6	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.971	9.711
2	15 % Vacíos	14/07/2017	20/07/2017	7	81.32	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.855	8.550
<b>PROMEDIO</b>											0.913	cm/segundo

### COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD PARA 20% DE RELACIÓN DE VACÍOS

N°	DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB.	EDAD (días)	t TIEMPO (seg.)	L LONG. DE LA MUESTRA (cm)	A AREA DE MUESTRA (cm <sup>2</sup> )	a AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm <sup>2</sup> )	h1 ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	h2 ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.	k (cm/seg)	k (mm/seg)
5	20 % Vacíos	14/07/2017	20/07/2017	7	60.34	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	1.152	11.523
6	20 % Vacíos	14/07/2017	20/07/2017	7	58.59	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	1.187	11.867
<b>PROMEDIO</b>											0.1.169	cm/segundo



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS	: "Determinacion de la Permeabilidad y Resistencia de un Concreto FC= 210 KG/CM2 con 15% y 20% de Relacion Vacios en la Ciudad de Huaraz - 2017"		
SOLICITA	: Bach. Rodriguez Trujillo, Lesly Dioshelyn Nimya		
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN	: USP -HUARAZ
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA	: 08/09/2017
PROG. (KM.)	:	ASESOR	:

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO, AGRÉGADO FINO
PROF. (m)	:

AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		50	17	1	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1021.5	1090.5	911.5	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1017.0	1085.5	906.0	
PESO DE AGUA	(g)	4.50	5.00	5.5	
PESO DEL TARRO	(g)	168.80	164.6	161.9	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	848.20	920.9	744.1	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.5	0.5	0.7	
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0.54			

AGEGRADO FINO					
Nº TARRO		17	2	6	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	800.5	886.0	911.5	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	786.5	870.0	894.0	
PESO DE AGUA	(g)	14.00	16.00	17.5	
PESO DEL TARRO	(g)	164.60	161.9	164.1	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	621.90	708.1	729.9	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2.25	2.3	2.4	
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	2.3			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



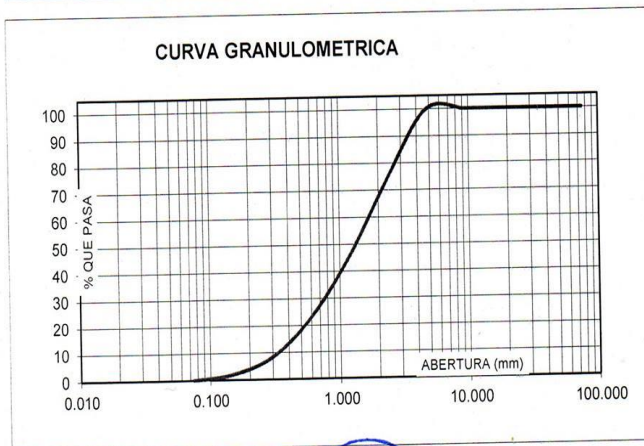
**ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA**

SOLICITA : **Bach. Rodriguez Trujillo, Lesly Dioshelyn Nimya**  
 TESIS : "Determinacion de la Permeabilidad y Resistencia de un Concreto F'c= 210 KG/CM2 con 15% y 20% de Relacion Vacios en la Ciudad de Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 08/09/2017 CANTERA : PARIAHUANCA MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1966.5
PESO SECO LAVADO	1966.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.50

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	506.50	25.76	25.76	74.24
N° 16	1.180	569.50	28.96	54.72	45.28
N° 30	0.600	438.50	22.30	77.02	22.98
N° 50	0.300	286.00	14.54	91.56	8.44
N° 100	0.150	124.00	6.31	97.86	2.14
N° 200	0.075	41.50	2.11	99.97	0.03
PLATO		0.50	0.03	100.00	0.00
TOTAL		1966.50	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 8  
 MODULO DE FINEZA : 3.5  
 HUMEDAD : 2.30%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

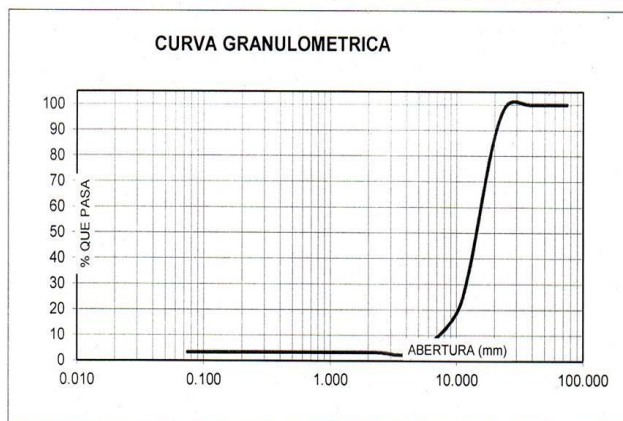
## ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

SOLICITA : **Bach. Rodriguez Trujillo, Lesly Dioshelyn Nimya**  
 TESIS : "Determinacion de la Permeabilidad y Resistencia de un Concreto F'c= 210 KG/CM2 con 15% y 20% de Relacion Vacios en la Ciudad de Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 08/09/2017 CANTERA : PARIAHUANCA MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	10720.5
PESO SECO LAVADO	10376.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	344.50

TAMIZ		PESO RETEN (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)				
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	1854.50	17.30	17.30	82.70
1/2"	12.500	5166.50	48.19	65.49	34.51
3/8"	9.500	1903.00	17.75	83.24	16.76
N° 4	4.750	1452.00	13.54	96.79	3.21
N° 8	2.360	0.00	0.00	96.79	3.21
N° 16	1.180	0.00	0.00	96.79	3.21
N° 30	0.600	0.00	0.00	96.79	3.21
N° 50	0.300	0.00	0.00	96.79	3.21
N° 100	0.150	0.00	0.00	96.79	3.21
N° 200	0.075	0.00	0.00	96.79	3.21
PLATO		344.50	3.21	100.00	0.00
TOTAL		10720.50	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"  
 MODULO DE FINEZA : 6.81  
 HUMEDAD : 0.54%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : **Bach. Rodriguez Trujillo, Lesly Dioshelyn Nimya**  
 TESIS : "Determinacion de la Permeabilidad y Resistencia de un Concreto F'C= 210 KG/CM2 con 15% y 20% de Relacion Vacios en la Ciudad de Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : PARIHUANCA  
 MATERIAL : AGREGADO FINO  
 FECHA : 08/09/2017

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de frasco+ agua  
 C = A + B : Peso frasco + agua +material  
 D : Peso de material+agua en el frasco  
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio  
 F : Peso Material seco en horno  
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

ABSORCION (%) :  $((A-F/F) \times 100)$   
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E  
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

300.0		
663.1		
963.1		
857.6		
105.5		
296.3		
-101.8		
1.25		
1.25		

**PROMEDIO**

2.81		
2.84		
-2.91		

**PROMEDIO**

2.81
2.84
-2.91

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENFERMEDADES MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : Bach. Rodriguez Trujillo, Lesly Dioshelyn Nimya  
 TESIS : "Determinacion de la Permeabilidad y Resistencia de un Concreto F'C= 210 KG/CM2 con  
 15% y 20% de Relacion Vacios en la Ciudad de Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : PARIAHUANCA  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO  
 FECHA : 08/09/2017

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios  
 D : Peso de material seco en el horno  
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

ABSORCION (%) :  $((A-D)/D) \times 100$   
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

1025.0	1091.0	1071.0
640.0	684.0	671.5
385.0	407.0	399.5
1013.4	1077.6	1059.0
373.4	393.6	387.5
1.14	1.24	1.13
1.17		

PROMEDIO		
2.63	2.65	2.65
2.66	2.68	2.68
2.71	2.74	2.73

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2.64
2.67
2.73



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Rodriguez Trujillo, Lesly Dioshelyn Nimya

**TESIS :** "Determinación de la Permeabilidad y Resistencia de un Concreto F'C= 210 KG/CM2 con 15% y 20% de Relacion Vacios en la Ciudad de Huaraz - 2017"

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** PARIAHUANCA

**MATERIAL :** AGREGADO FINO

**FECHA :** 08/09/2017

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7990	7980	7985
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4564	4554	4559
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1644	1640	1642
<b>Peso unitario prom.</b>	1642 Kg/m3		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8360	8380	8390
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4934	4954	4964
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1777	1785	1788
<b>Peso unitario prom.</b>	1783 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896

**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042

- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704

**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aquirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro





# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Rodriguez Trujillo, Lesly Dioshelyn Nimya

**TESIS :** "Determinacion de la Permeabilidad y Resistencia de un Concreto F'C= 210 KG/CM2 con 15% y 20% de Relacion Vacios en la Ciudad de Huaraz - 2017"

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** PARIAHUANCA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

**FECHA :** 08/09/2017

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19050	19080	19060
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	13717	13747	13727
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1468	1472	1470
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1470 Kg/m3</b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19825	19850	19840
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	14492	14517	14507
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1551	1554	1553
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1553 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro





# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Rodriguez Trujillo, Lesly Dioshelyn Nimya

**TESIS :** "Determinacion de la Permeabilidad y Resistencia de un Concreto F'C= 210 KG/CM2 con 15% y 20% de Relacion Vacios en la Ciudad de Huaraz - 2017"

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** PARIAHUANCA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

**FECHA :** 08/09/2017

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19050	19080	19060
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	13717	13747	13727
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1468	1472	1470
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1470 Kg/m3</b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19825	19850	19840
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	14492	14517	14507
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1551	1554	1553
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1553 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYES DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

Figura 16: Cantera de Agregado, Pariahuanca



Figura 17: Vista Panorámica de la cantera de Pariahuanca



Figura 18: Determinación de contenido de humedad de agregado grueso



Figura 19: Determinación de peso unitario





Figura 20: Apisonando para peso unitario



Figura 21: Determinación del Slump



Figura 22: Preparación de mezclas de concreto



Figura 23: Pesado de Cemento



Figura 24: Preparación me mezcla de concreto de 15% de vacíos



Figura 25: Preparación de probetas para 15 % de vacíos





Figura 26: equipo permeable

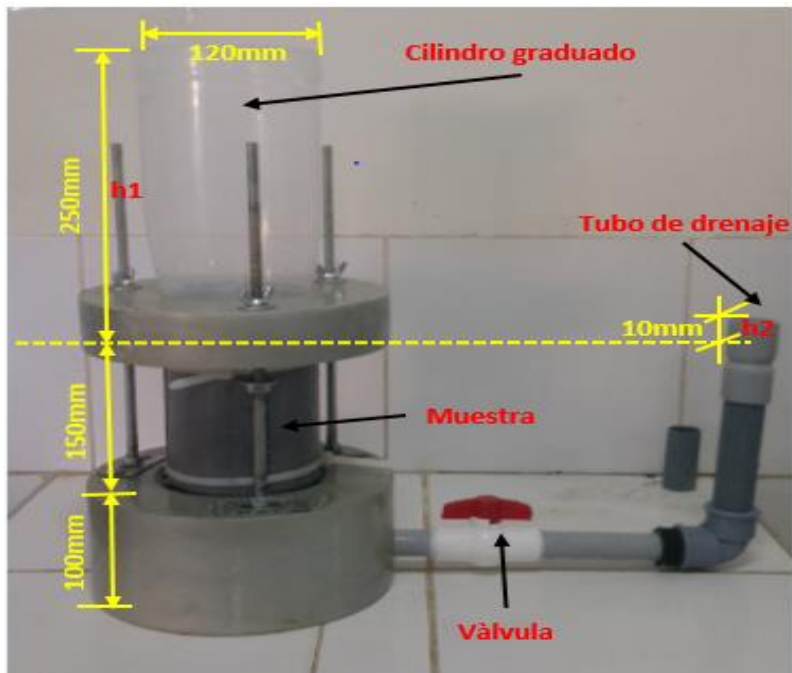


Figura 27: Muestras para determinar permeabilidad



Figura 28: Determinando el coeficiente de Permeabilidad



Figura 29: Curado del Concreto





Figura 30: Ruptura del concreto



Figura 31: Tipos de Fisura

