

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Comportamiento del concreto permeable con 20% de vacíos
utilizando agregado grueso de tres canteras - Huaraz**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Príncipe Ramos, Max André

Asesor

Castañeda Gamboa, Rogelio

Huaraz – Perú

2018

Palabras Clave:

TEMA	Concreto Permeable
ESPECIALIDAD	Tecnología del Concreto
OBJETIVO	Comportamiento mecánico
METODO	Experimental

Keywords:

THEME	Permeable Concrete
SPECIALTY	Concrete technology
GOALS	Mechanical behavior
METHOD	Experimental

Líneas de investigación:

FACULTAD	Área	Sub área	Disciplina
1. INGENIERÍA	2. Ingeniería y Tecnología	2.1. Ingeniería Civil	• Ingeniería Civil

**“COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE
CON 20% DE VACIOS UTILIZANDO AGREGADO
GRUESO DE TRES CANTERAS – HUARAZ”**

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general realizar el estudio del comportamiento del concreto permeable (Compresión e Infiltración) en función del agregado grueso utilizado, ya que el agregado grueso varía en sus propiedades mecánicas de acuerdo a la zona.

Es una investigación de nivel explicativo de diseño experimental, se trabajó con 27 probetas para compresión y 12 probetas para prueba de infiltración, la técnica que se utilizó fue la observación cuyos instrumentos serán las guías de observación y los datos fueron procesados con software Excel y SPSS, y analizados por tablas, gráficos, promedios y pruebas estándar, prueba de hipótesis ANOVA para un diseño en bloque completamente al azar.

La metodología de análisis del comportamiento del concreto se hizo utilizando las normas ACI y ASTM respectivamente para obtener nuestros objetivos; se obtuvo como resultado que la cantera Rola de la Ciudad de Huaraz es el más apropiado respecto a propiedades mecánicas vale decir resistencia a compresión, y permeabilidad.

ABSTRACT

The main objective of the present investigation was to study the behavior of permeable concrete (Compression and Infiltration) as a function of the coarse aggregate used, since the coarse aggregate varies in its mechanical properties according to the zone.

It is a research of explanatory level of experimental design, we worked with 27 specimens for compression and 12 specimens for infiltration test, the technique that was used was the observation whose instruments will be the observation guides and the data were processed with Excel and SPSS software , and analyzed by tables, graphs, averages and standard tests, ANOVA hypothesis test for a completely random block design.

The concrete behavior analysis methodology was made using the ACI and ASTM standards respectively to obtain our objectives; It was obtained as a result that the Rolan quarry of the City of Huaraz is the most appropriate regarding mechanical properties, that is to say resistance to compression, and permeability.

INDICE

<i>TEMA</i>	<i>PAGINA N°</i>
Palabras Clave: en español e inglés – Línea de investigación.....	i
Título de la Investigación.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice.....	v
Introducción.....	1
Metodología.....	42
Resultados.....	67
Análisis y discusión.....	97
Conclusiones.....	98
Recomendaciones.....	99
Referencias bibliográficas.....	100
Anexos y apéndice.....	102

I. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA

1.1.1 Antecedentes

Para disminuir los efectos relacionados a los problemas en la evacuación de aguas pluviales y las condiciones de escurrimiento, en los últimos años se ha desarrollado a nivel mundial un modo alternativo de diseñar pavimentos, construyendo estructuras que permitan el paso del agua a través de la capa superficial hacia el interior de la estructura, evitando así la acumulación de agua en su superficie y el escurrimiento superficial aguas abajo, condiciones que generan los dos problemas asociados a pavimentos impermeables. (EPA, 1999)

García Haba et al (2011), en su tesis para master: “Control de Escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables: aplicación a climas mediterráneos”, realizada en la Universidad Politécnica de Valencia, España, llega a la conclusión que en las situaciones más desfavorables (suelos impermeables), será necesario considerar un drenaje adicional para conseguir eficiencias superiores al 80%. En este caso, la capacidad del drenaje será superior a 0,1 l/s/ha. Técnicamente a partir de este valor, ligeros incrementos de la capacidad de drenaje del dren, mejoran la eficiencia completamente. En general, un pavimento permeable que contemple un drenaje adicional con una capacidad de desagüe superior a 0,1 l/s/ha, se comportará eficientemente independientemente del espesor de la sub-base. En este caso, la elección de dicho espesor recaerá con mayor peso atendiendo a criterios estructurales; Particularmente, en cuencas del tamaño entre 0,4 ha y 1 ha, es recomendable considerar caudales de drenaje superiores a 1 l/s/ha. Mientras que en pequeñas cuencas (de tamaño inferior a 0,4 ha), se aconseja un ratio de caudales de drenaje comprendido entre 0,1 l/s/ha y 1 l/s/ha. Finalmente para concluir este trabajo, el análisis del

funcionamiento hidráulico realizado sobre el pavimento permeable ejecutado en Benaguacil, pone de manifiesto que aún en climas mediterráneos, con características propias como la torrencialidad, este tipo de estructuras proporcionan resultados favorables para la gestión de la escorrentía en el origen del sistema.

Moujir & Castañeda (2014), en su tesis: “Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos”, Pontifica Universidad Javeriana, Cali, Colombia 2014, relaciona el concreto poroso tipo I que contribuye a la disminución de escorrentía superficial, según los resultados de los ensayos realizados y la información que se recolecto para la elaboración, el concreto poroso tipo I se puede utilizar para una estructura de concreto como capa de rodadura en tráfico ligero o liviano, implementándose en estacionamientos, ciclo vías, andenes, entre otras, el concreto tipo I, contribuye con la disminución de escorrentía superficial, ya que la gran cantidad de poros que contiene le otorga la propiedad mecánica de la permeabilidad, el agregado grueso de ½ pulgada en la mezcla del concreto tipo I, le permite una mejor manejabilidad a la mezcla, de aquí se infiere que para estos concretos lo ideal es utilizar agregados gruesos con tamaños máximos inferiores, para su elaboración se usó aditivos AD-20 y viscoconcrete, la resistencia promedio a la compresión y a la flexión de la mezcla Tipo I con Finos, 7.71% y 3.0% mayor que la mezcla Tipo II sin finos respectivamente, se asegura que la presencia de finos brinda una mayor cohesión a la pasta que llena intersticios del agregado grueso. El porcentaje de vacíos de la mezcla tipo II sin finos, es mayor que la mezcla tipo I con finos, esto se debe a que la pasta de la mezcla tipo I, por defecto de los finos, brinda mayor cohesión entre partículas y disminuye el volumen de vacíos, por el contrario, la parta de la mezcla Tipo II es más fluida y solo recubre la superficie del agregado, dejando un volumen mayor de vacíos en la estructura de la mezcla, el módulo de rotura de la mezcla tipo I con finos, es 3.0% mayor que la mezcla tipo II sin finos, el asentamiento de la mezcla tipo I con finos es menor que la mezcla tipo II sin finos, esto

se debe a la fluidez de la pasta y a la cohesión entre partículas de la mezcla.

Fernández y Navas et al 2008, en su investigación “Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad” nos relata que 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.

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).

Javier Castro, Hernán de Solminihac, Carlos Videla y Bonifacio Fernández en el vol. 24 N° 3 de la revista de investigación “Ingeniería de Construcción” presentan el trabajo: “Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón”, realizada en la Pontificia Universidad Católica de Chile 2009. Los investigadores durante este estudio mostraron la deducción de una ecuación que permite dosificar hormigones porosos en función de la razón agua-cemento y del porcentaje de vacíos interconectados que se requieren en el hormigón endurecido. Usando esta ecuación los autores analizaron el comportamiento de 18 mezclas de hormigón poroso, conteniendo razones agua-cemento entre 0,29 y 0,44. Las probetas fueron fabricadas en laboratorio y compactadas con rodillo pesado simulando el proceso

constructivo en terreno, llegando a la conclusión y recomendando de acuerdo a los resultados obtenidos utilizar razones w/c entre 0.35 y 0.38 para mezclas de hormigón poroso. Mezclas con w/c menores presentan muy baja resistencia y apreciable desprendimiento superficial de áridos, Mezclas con w/c mayores presentar escurrimiento de la pasta de cemento y disminución de porcentaje de vacíos. Los resultados permitieron caracterizar de buena forma el comportamiento estructural e hidráulico de estas mezclas. Relaciones entre el porcentaje de vacíos en el hormigón endurecido y la tasa de infiltración, la resistencia a flexotracción y la densidad en estado fresco fueron presentadas.

Roberto J. Fernández Arrieta y Alejandro Navas Carro en su tesis: “Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad”, realizada en la Universidad de Costa Rica, facultad de ingeniería civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica 2008. Concluye con ayuda de los resultados que el concreto permeable es un material cuya resistencia y permeabilidad dependen de la influencia de ciertas variables; por lo general, las variables que afectan de forma positiva la resistencia del material, lo hacen de forma negativa con la permeabilidad, las cuales analizaron sobre 19 mezclas de concreto permeable, la relación agua/cemento, la relación agregado grueso/cemento y el tipo de agregado grueso utilizado (procedencia y tamaño máximo); dando como resultado obtenido general observar tendencias de comportamiento entre las distintas propiedades y la resistencia y permeabilidad del material.

Flores Quispe, & Pacompia Calcina, (2015) en su tesis, “Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos $f'c$ 175 Kg/cm² en la ciudad de Puno”, realizada en la Universidad Nacional del Antiplano, Facultad de Ingeniería civil, Universidad de Puno, Puno, Perú 2015. Concluye que el agregado más óptimo para el diseño de este concreto permeable agregados gruesos de menor tamaño (Curva Normalizada: Huso N° 8), puesto que permite que

el concreto permeable desarrolle mayores valores de resistencia a la compresión. Y respecto al coeficiente de permeabilidad y contenido de vacíos, los valores determinados, se encuentran dentro del rango establecido por el ACI para ser denominado concreto permeable. La resistencia a la Compresión desarrollada a los 28 días por el Concreto Permeable elaborado con el diseño óptimo, aumenta en un 16.7% y 4.2%, al adicionar las Tiras de Polipropileno en 0.05% y 0.10% respectivamente. Mientras que al incorporar las tiras en un 0.15% disminuye su resistencia a la compresión en un 10.7%. Concluyendo que el óptimo porcentaje de incorporación de Tiras de Polipropileno es 0.05% respecto al peso de todos los materiales del diseño de mezclas. El contenido de vacíos de diseño del concreto permeable, en todos los casos de estudio es menor comparado con el contenido de vacíos en estado fresco y endurecido. Y la incorporación de tiras de polipropileno hace que los valores obtenidos del contenido de vacíos en estado fresco tiendan a reducir conforme se incrementa el porcentaje de tiras añadidas; se observa el mismo escenario para el estado endurecido. El coeficiente de permeabilidad determinado para todos los grupos de prueba (Curva Natural, Curva Normalizada-Sin Tiras, Con Tiras al 0.05%, Con Tiras al 0.10% y Con Tiras al 0.15%) se encuentran dentro del rango definido por el reporte ACI 522, el cual es 0.14 a 1.22 cm/s, por lo que podemos concluir que todos los testigos elaborados cumplen con los requisitos de permeabilidad mínimos establecidos.

1.1.2 Fundamentación científica

La investigación se fundamenta en la tecnología de concreto, la búsqueda constante de nuevos métodos de construcción que reduzcan el impacto sobre nuestro ambiente, hacen que cada vez se investigue más sobre nuevos materiales tipo ecológico, se busca que los procesos de construcción sean responsables con el ambiente y ocupen recursos de manera eficiente durante el tiempo de vida de la construcción, la utilización de concreto permeable usa los principios básicos del concreto,

de igual manera acapara las investigaciones en su diseño y análisis tanto en el mundo, nuestro país y nuestra zona.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se percibe que en nuestro país, existe poco conocimiento acerca del concreto permeable, y de éste se han hecho indagaciones exclusivamente en la zona central y zona sur de nuestro país; sin embargo, es importante ampliar las investigaciones de este tema a otros sectores del país (norte, este y sur), debido a las condiciones a las cuales cada sector está sometido (ambiental, climática y variación de las cualidades del agregado). Por lo tanto motiva a investigar las propiedades del concreto permeable y su aplicación en la zona norte de Perú exclusivamente con los agregados gruesos de Huaraz y el callejón de Huaylas; siendo una fuente de información para futuras investigaciones acerca de este tipo de concreto y su aplicación en cualquier otra área cuyas condiciones sean similares a las encontradas en el territorio delimitado.

Al llevar a cabo investigaciones del concreto permeable en la zona Norte del país, se estará conociendo el comportamiento de los agregados de las canteras industrialmente y naturalmente explotadas de la zona norte al emplearse como material pétreo en el concreto permeable. Por ende, los resultados obtenidos de esta investigación darán a conocer el agregado que permita un concreto más eficiente (mejores características mecánicas e hidráulicas).

1.3 PROBLEMA

1.3.1 Planteamiento del problema

Se ha considerado el estudio del concreto permeable con los agregados de la zona de Huaraz y el Callejón de Huaylas, debido a que no se han realizado investigaciones sobre dicho tema en nuestro entorno tomando como muestra para la realización de nuestra investigación los agregados de las canteras de Rolan, Rosales, Pablito.

En nuestro medio existen que una serie de fenómenos relacionados con la intensidad de lluvia, entre ellos se manifiestan los siguientes:

- La Escorrentía que se genera en obras viales de la ciudad de Huaraz; dicho problema se genera debido a que el agua no sigue su ciclo natural, generando que las obras viales fallen. Desde hace mucho se han instalados sistemas de drenaje (canaletas, sumideros, canales, etc.) para contrarrestar dicho problema, pero este sistema esta susceptible a fallas y no presenta una solución definitiva para manejar esta escorrentía, ya que el agua al ser evacuada por la obras de drenaje, generan problemas en los puntos de intersección como es la Av. Simón Bolívar y la Av. Luzuriaga generando crecidas repentinas del nivel del agua; provocando que la zona central de la ciudad se inunde y la eficiencia de descargar no sean capaces de drenar el agua lo que con llevan a inundaciones repentinas.



Inundación de la Av. Luzuriaga por agua pluvial

Fuente: Prensa Huaraz

(<http://www.prensahuaraz.com/detalle.php?id=noticias.10162>)

- Si las obras de drenaje no evacuan el agua de las superficies de las aceras, pasos peatonales, puede ocasionar problemas de estancamiento de aguas en las estructuras ya mencionadas; dicho suceso deteriora tales obras viales, lo que implica costos de mantenimiento en las estructuras y al mismo tiempo dichos estancamiento en las superficies peatonales también pueden ser fuentes de vectores de enfermedades.
- En las últimas décadas se vienen presentando problemas en la evacuación de aguas pluviales y en las condiciones de escurrimiento aguas abajo (arrastre de materiales sólidos y varios contaminantes depositados en las calles), principalmente por el crecimiento acelerado de las ciudades, asociado al amplio uso de pavimentos convencionales (impermeables). El uso indiscriminado de estas estructuras en áreas urbanas incrementa notablemente el volumen y el caudal del escurrimiento superficial, aumentando los riesgos de eventuales inundaciones en los sectores más bajos de las zonas urbanas, desfavoreciendo de esta manera las condiciones de escurrimiento de agua pluvial y disminuyendo la capacidad de recarga natural en los terrenos.
- Si la situación actual prevalece, año tras año durante el periodo de lluvias se seguirán presentando los problemas de circulación en las zonas céntricas y bajas de la ciudad de Huaraz (escurrimiento de aguas pluviales con considerables caudales e inundaciones en zonas bajas). Para afrontar los efectos negativos mencionados, se propone la implementación de técnicas de drenaje sostenible como el uso de concreto permeable en pavimentos de la ciudad de Huaraz.

En vista del conjunto de problemáticas antes mencionada, y percibir que no existen pruebas ni estudio del concreto permeable con los agregados más comunes de la zona de Huaraz y el callejón de Huaylas, es

indispensable el estudio del mismo en nuestro medio. Al investigar se obtendrán una serie características del concreto permeable con los agregados de la zona de Huaraz y el callejón de Huaylas (Rolan, Rosales y Pablito), a diferentes resistencias. Y si en un futuro se desea emplear concreto permeable en la zona de Huaraz y callejón de Huaylas, existirá una investigación que indique ciertos parámetros de cómo será el comportamiento de tal concreto con un agregado ya sea de la cantera Rolan, Rosales y Pablito y una resistencia específica del concreto; para la zona norte de nuestro país.

1.3.2 Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento del concreto permeable con 20% de vacíos usando agregado grueso de tres canteras – Huaraz?

1.4 CONCEPTUACION Y OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

1.4.1. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL CONCRETO PERMEABLE

1.4.1.1. CONCRETO PERMEABLE

El concreto permeable o concreto poroso, es definido como un concreto con revenimiento cero con alto grado de porosidad, y con una relación de vacíos alta; consiste de cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino y agua. La combinación de estos ingredientes producirá un material endurecido con poros conectados, que varía de tamaño de 2 a 8 mm, lo cual permite que el agua pase fácilmente a través de él. El contenido de vacíos puede variar de 15% a 35%, y se pueden alcanzar resistencias a la compresión entre 28 a 280 kg/cm². La capacidad de drenaje de un pavimento de concreto permeable variará con el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero generalmente

varía en el rango de 81 a 730 L/min/m² ó 0.14 a 1.22 cm/s. (ACI 522R-10)

1.4.1.2. APLICACIONES

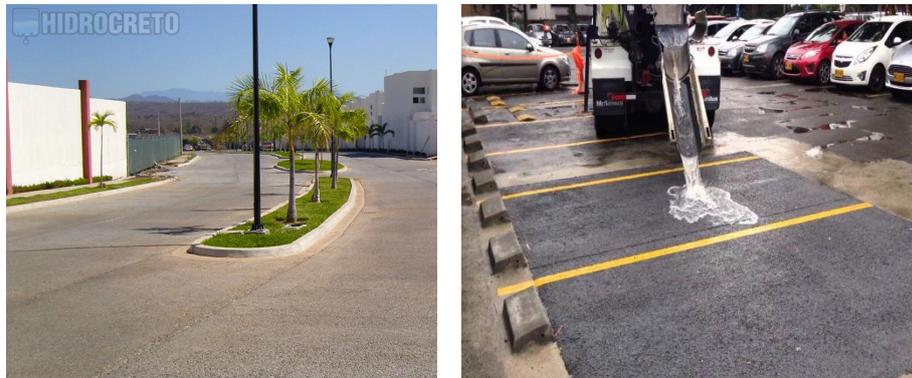
El pavimento poroso puede sustituir el pavimento convencional en áreas de estacionamiento, áreas con tráfico ligero, y los hombros de las calles de rodaje del aeropuerto, siempre y cuando las calidades, los subsuelos, las características del drenaje y las condiciones del agua subterránea sean adecuados. Las pendientes deben ser planas o muy suaves. Los suelos deben tener tasas de permeabilidad verificadas en el campo de más de 1,3 centímetros por hora, y debe haber una distancia mínima de 1,2 metros desde el fondo del sistema hasta el lecho rocoso o la capa freática. (EPA, 1999).

Entre la amplia gama de aplicaciones para el concreto permeable se tienen:

- Vialidades de tráfico ligero.
- Áreas de estacionamiento.
- Andadores, banquetas y ciclo vías.
- Patios y jardines.
- Capas rígidas de drenaje bajo áreas exteriores.
- Aplicaciones en muros estructurales en donde se requieren características de peso ligero o de mejor aislamiento térmico, o ambos.
- Pavimentos, muros y pisos en donde se desean mejores características de absorción acústica.
- Capas de base para las calles urbanas, carreteras municipales, caminos particulares y aeropuertos.
- Zonas de lavado de autos.

- Lechos de sedimentos en plantas para el tratamiento de aguas negras.
- Estructuras de playas y muros marinos (escolleras, rompeolas, etc.).
- Terraplenes de puentes.
- Capas de superficie de losas deportivas.

La norma ACI 522R-10 “Reporte en concreto permeable” recomienda la colocación del concreto permeable en áreas de alta permeabilidad, suelo natural con una gran conductividad hidráulica. Además las áreas no deberán tener pendientes mayores al 5%. En general, en todas estas aplicaciones se utiliza concreto permeable sin refuerzo, por el alto riesgo de corrosión del acero de refuerzo debido a la estructura porosa de este material.



(a)

(b)

Figura 1.1. *Aplicaciones del concreto permeable*

a. Pavimento ligero

b. Estacionamiento

1.4.1.3. Ventajas y Desventajas

Ventajas

(EPA, 1999) Además de las diversas aplicaciones mencionadas, la utilización de concreto permeable en pisos y pavimentos conlleva

grandes ventajas, siendo sus beneficios no solo económicos y estructurales, sino también ecológicos; como por ejemplo:

Las ventajas de usar pavimento poroso incluyen:

- Tratamiento del agua por eliminación de contaminantes.
- Menor necesidad de frenar y de alcantarillado.
- Mejora de la seguridad vial gracias a una mejor resistencia al deslizamiento.
- Recarga a los acuíferos locales.
- Por su función permeable, no interrumpe el ciclo hidrológico del agua en las ciudades, permitiendo la filtración de agua pluvial en los mantos acuíferos.
- Permite el control de la contaminación de las aguas pluviales, impidiendo que éstas se deriven hacia el sistema de desagüe y se mezclen con las aguas residuales.
- Son filtrados los agentes contaminantes que pueden contaminar las aguas subterráneas y dañar ecosistemas.
- Control de escurrimiento del agua pluvial.
- Por ser un material que posee del 15% al 35% de vacíos, no genera islas de calor como el asfalto y concreto hidráulico.
- Evita encharcamientos y la saturación en los drenajes en época de lluvias.
- Por ser un material poroso es autodrenante y autoventilado.
- Disminuye los gradientes térmicos (reflexión mínima de la luz).

- Aumenta la calidad de servicios vehiculares y peatonales para usuarios, durante la lluvia.
- Su peso volumétrico es un 20% a 25% menor que el concreto convencional.
- El índice de fisuras en el concreto permeable es 25% menor, como consecuencia de la baja retracción por el porcentaje de vacíos contenidos en comparación con un concreto convencional.

El uso de pavimento poroso puede estar restringido en regiones frías, regiones áridas o regiones con altos índices de erosión eólica y áreas de acuíferos de fuente única. El uso de pavimento poroso es altamente restringido, requiriendo suelos profundamente permeables, tráfico restringido y usos de la tierra adyacentes. (EPA, 1999).

Desventajas

(EPA, 1999). Algunas desventajas específicas del pavimento poroso incluyen las siguientes:

- Muchos ingenieros y contratistas de pavimentos carecen de experiencia con esta tecnología.
- El pavimento poroso tiene tendencia a obstruirse si se instala o mantiene inadecuadamente.
- El pavimento poroso tiene una alta tasa de fracaso.
- Existe algún riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, dependiendo de las condiciones del suelo y de la susceptibilidad del acuífero.
- El combustible puede salir de los vehículos y los productos químicos tóxicos pueden lixiviar desde el asfalto y / o la

superficie del aglutinante. Los sistemas de pavimento poroso no están diseñados para tratar estos contaminantes.

- Algunos códigos de construcción pueden no permitir su instalación.
- Las condiciones anaerobias pueden desarrollarse en suelos subyacentes si los suelos no pueden secarse entre los eventos de tormenta. Esto puede impedir la descomposición microbiológica.

El éxito de la utilización del concreto permeable en pisos y pavimentos ha sido variado, en algunas áreas los sistemas de pavimento de concreto permeable se han aplicado exitosamente, mientras que en otros no. En general las fallas de estos sistemas son atribuibles a la inexperiencia en la construcción de este tipo de pavimentos, a una compactación del suelo más alta de la especificada y al diseño inapropiado según el lugar de aplicación de este material. En aras de que un pavimento permeable funcione exitosamente el comité ACI 522R-06, recomienda:

- Verificar la permeabilidad de los suelos, la tasa de filtración debe ser mínimamente de 13mm/hr con una capa de suelo de 1.2 m a más. Facilitando así la infiltración del agua y la recarga de las aguas freáticas, aunque no filtran toda el agua pluvial de las tormentas excepcionalmente grandes.
- Evitar el escurrimiento de agua y el ingreso de maquinaria pesada en las áreas de concreto permeable. El pavimento de concreto permeable no debe ser puesto en servicio hasta que todo la tierra removida con pendiente hacia el pavimento permeable sea estabilizada por vegetación. A fin de evitar la colmatación del sistema son esenciales los controles estrictos

de la erosión y de sedimentación durante las actividades de construcción.

- Que el tránsito vehicular durante la etapa de construcción sea dirigido hacia afuera del área del área del pavimento permeable para evitar la compactación de las capas del suelo subyacente y la pérdida de la capacidad de filtración.
- El mantenimiento debe realizarse en forma periódica.

1.4.1.4. Propiedades del Concreto Permeable

Las propiedades del concreto permeable dependen de sus materiales, diseño de mezclas y proceso constructivo; generalmente de su contenido de material cementante (c), la relación agua-cemento (a/c), el nivel de compactación, la gradación del agregado y su calidad.

Propiedades del concreto permeable en estado fresco

a) Peso Unitario

El peso unitario (peso volumétrico, densidad o masa unitaria) del concreto permeable en estado fresco en general varía entre el 70% y 85% de una mezcla fresca de concreto convencional, oscilando entre 1,600 a 2,000 kg/m³, dependiendo del porcentaje de vacíos de diseño del mismo.

b) Revenimiento (slump)

El revenimiento o asentamiento generalmente es usado para medir la consistencia de una mezcla de concreto fresco. Cuanto mayor sea este, implica que más húmeda es la mezcla, el procedimiento de la realización de este ensayo esta descrito en la norma ASTM C143. Sin embargo la mezcla del concreto permeable se

caracteriza por ser de “cero slump” y al ser medido generalmente se obtienen valores de 0 a 1 cm.

c) Contenido de vacíos (porosidad)

El contenido de vacíos se calcula como porcentaje de aire, y está directamente relacionado con el peso unitario de una mezcla dada de concreto permeable. El contenido de vacíos es altamente dependiente de varios factores: gradación del agregado, el contenido de material cementante, la relación agua-cemento (a/c) y el nivel de compactación.

La energía de compactación aplicada en la elaboración de un concreto permeable influye de sobremanera en el porcentaje de vacíos y por consiguiente en su peso volumétrico. En una serie de pruebas de laboratorio (Meininger, 1988), para una sola mezcla de concreto permeable, compactado con ocho niveles diferentes de esfuerzo, los valores de peso de unidades producidas, variaban desde 1680-1920 kg/m³.

Conforme la magnitud de la porosidad incrementa, la resistencia a la compresión que desarrolla un concreto permeable disminuye, en cambio si la porosidad disminuye la resistencia aumenta. Estudios han demostrado que el porcentaje de vacíos para concretos permeables se encuentran entre 14% a 31%. Utilizándose en general un porcentaje de vacíos entre 15% a 25% para obtener resistencias mayores a 140 kg/cm². En la figura 1.2 se muestra la estructura interna del concreto permeable.

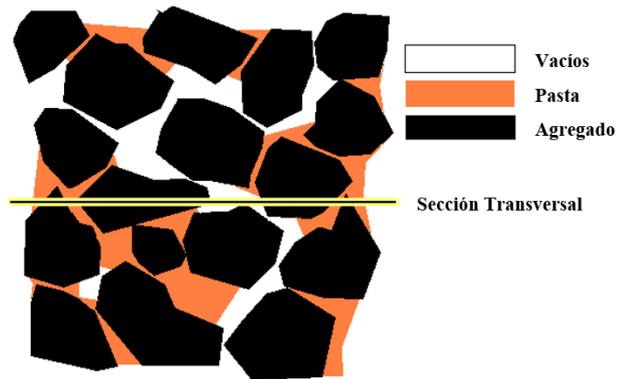


Figura 1.2. –
Estructura interna del concreto permeable (Flores y Pacompia, 2015).

Propiedades del concreto permeable en estado endurecido

a) Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39.

La resistencia a la compresión que desarrolla el concreto permeable está fuertemente afectada por el esfuerzo de compactación durante la colocación. En la figura 1.3, Meininger muestra la relación entre la resistencia a la compresión del concreto permeable y el contenido de vacíos. La figura se basa en los resultados de una serie de ensayos de laboratorio, considerando dos tamaños de agregado grueso para un esfuerzo de compactación.

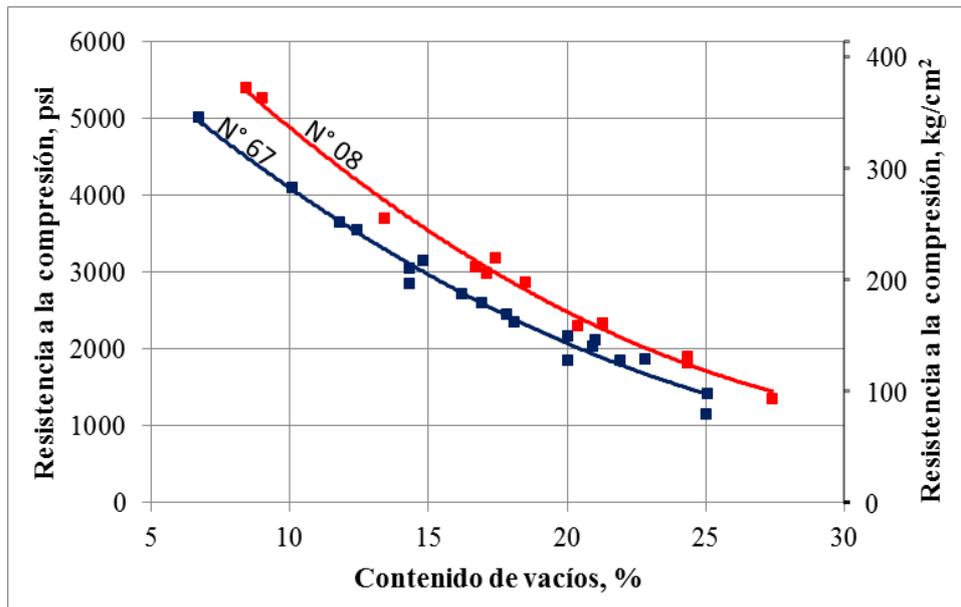


Figura 1.3. – Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión (Flores y Pacompia, 2015).

La Figura 1.4, Mulligan muestra una relación entre la resistencia a la compresión del concreto permeable y el peso de la unidad. La figura se basa en otra serie de pruebas de laboratorio donde fue utilizado un tamaño de agregado grueso y un esfuerzo de compactación, variándose la relación de agua-cemento (a/c).

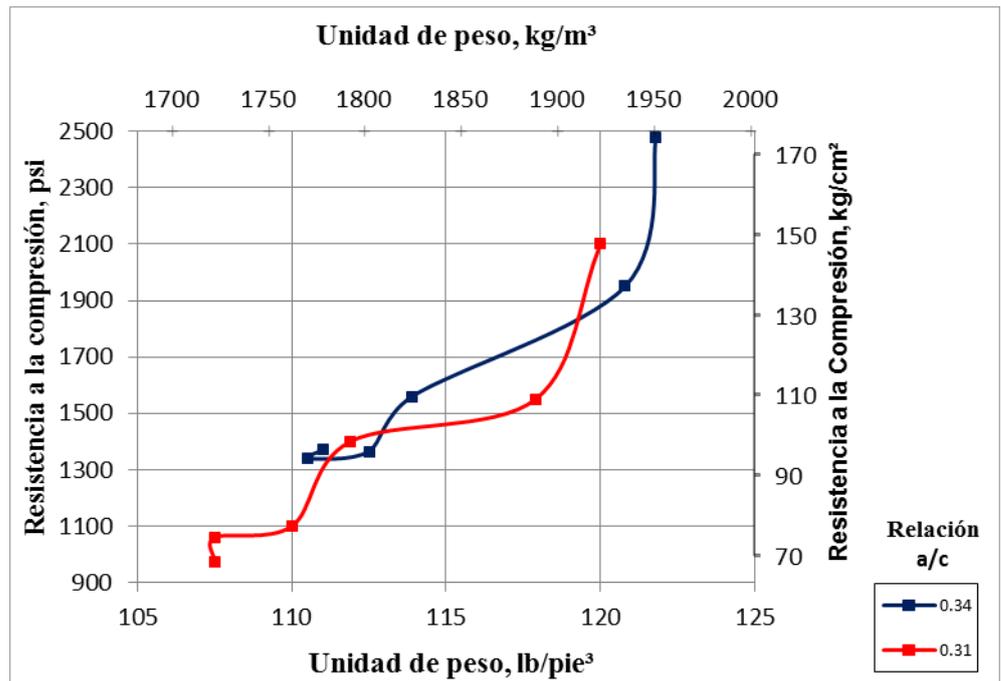


Figura 1.4. – Resistencia a la compresión a los 28 días vs Peso Unitario
(Flores y Pacompia, 2015).

La figura 1.5 muestra que resistencias a la compresión relativamente altas del concreto permeable son posibles, con relaciones agua-cemento (a/c) aproximadamente de 0.4, y con gradaciones de agregado grueso de menor tamaño.

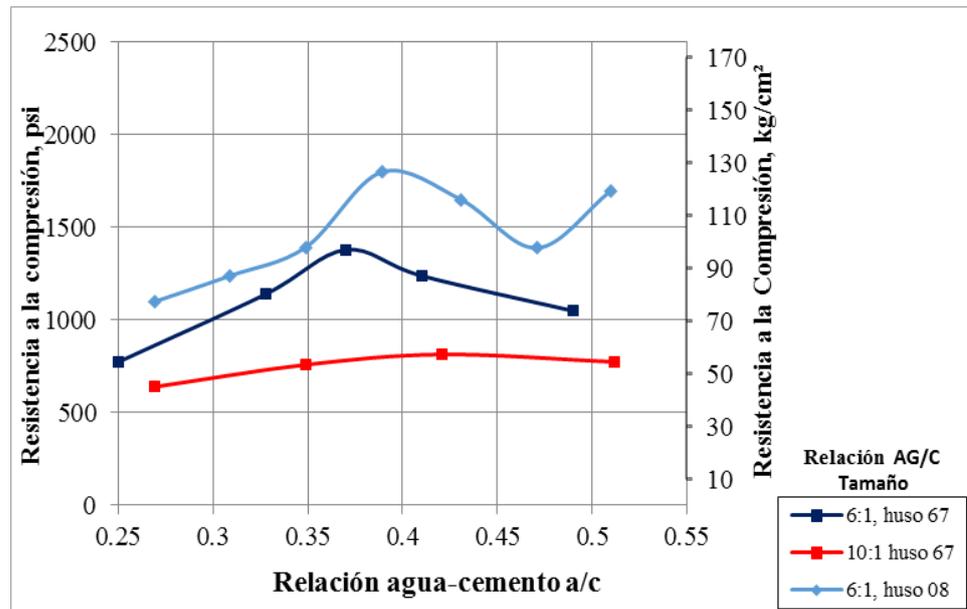


Figura 1.5. – Relación entre resistencia a la compresión a los 28 días y la relación agua y cemento (Flores y Pacompia, 2015)

Los valores típicos de resistencias a la compresión, según antecedentes se encuentran al alrededor de 175 kg/cm². La resistencia a la compresión en campo estará supeditada a la calidad de los materiales empleados, técnicas de colocación y condiciones ambientales, de manera similar a cualquier tipo de concreto. Para mejorar la resistencia a la compresión desarrollada por el concreto permeable, se deben mejorar: La resistencia de la pasta, y la cohesión entre el agregado y la pasta. Esto es posible con la utilización de agregados gruesos con menores tamaños y/ usando aditivos o materiales adicionales en la mezcla.

b) Resistencia a la flexión

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 convencional, comúnmente es 30% de la resistencia a la compresión, es decir, relativamente más alta que en el concreto convencional (Pérez,

2009). La resistencia a la compresión la cual es más fácil de medir que la resistencia a la flexión, se puede usar como un índice de la resistencia a la flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados.

En la figura 1.6, Meininger muestra la relación entre la resistencia a la flexión del concreto permeable y el contenido de vacíos basado en muestras de vigas ensayadas en la misma serie de pruebas de laboratorio descritos para la figura. 1.3. Aunque estos resultados se basan en un número limitado de muestras, comparando los datos de la figura. 1.3 y 1.6, se puede observar que existe una relación entre la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto permeable.

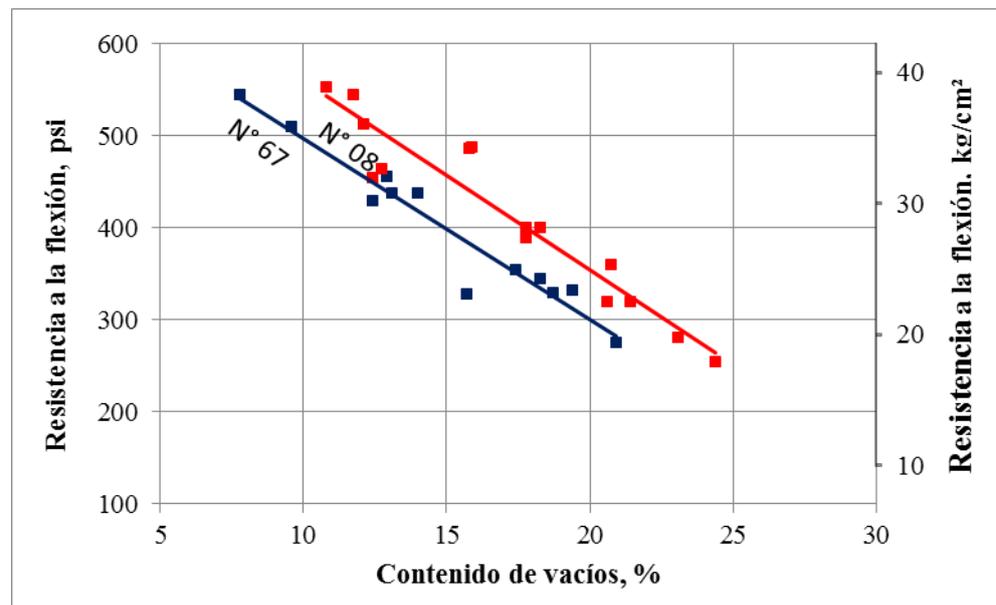


Figura 1.6. – Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la flexión para el concreto permeable (Flores y Pacompia, 2015)

La Figura 1.7 Meininger muestra esta relación.

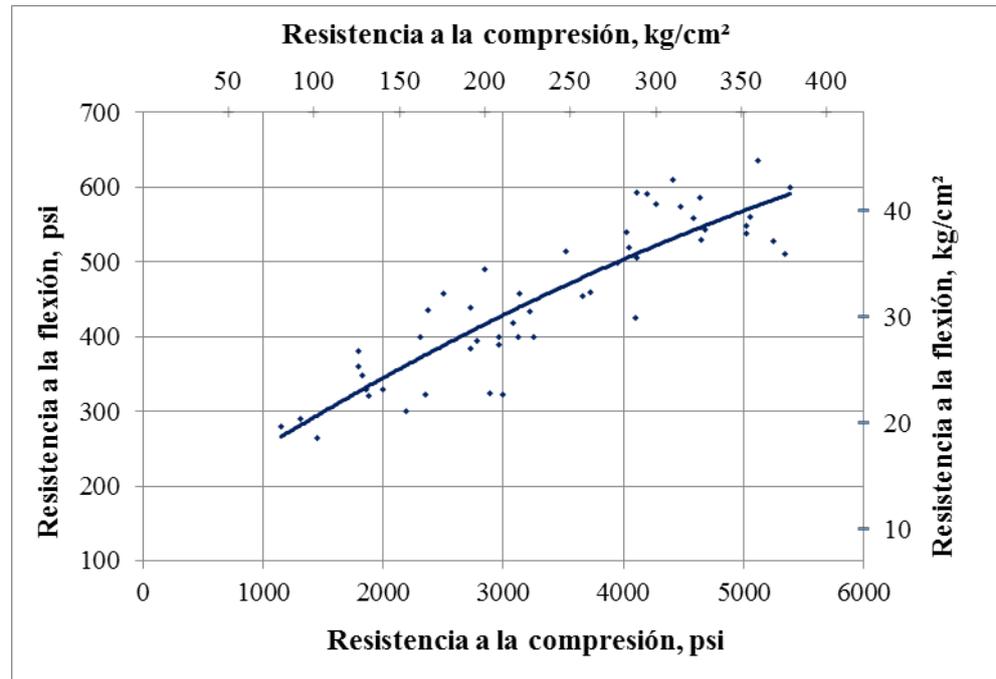


Figura 1.7. – Relación entre la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión para el concreto permeable (Flores y Pacompia, 2015).

La resistencia a la flexión en concretos permeables generalmente se encuentra en el rango de 10.5 kg/cm² y 40 kg/cm². Existen varios factores que influyen en la resistencia a la flexión, principalmente el grado de compactación, porosidad, y la relación agregado-cemento (AG/C).

c) Permeabilidad

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar agua a través de su matriz, y su magnitud es medida por la tasa de filtración. La tasa de filtración del concreto permeable está directamente relacionada con el contenido de vacíos. Las pruebas han demostrado (Meininger 1988) que se requiere un mínimo contenido de vacíos de aire de aproximadamente 15% para lograr una filtración significativa. La Figura 1.8 (Meininger 1988) muestra la relación entre el contenido de vacíos y la tasa de filtración de una mezcla

de concreto permeable. Debido a que las tasas de filtración aumentan a medida que el contenido de vacíos aumenta, y, en consecuencia, la resistencia a la compresión disminuye, el reto en la dosificación de mezcla de concreto permeable es lograr un equilibrio entre una tasa de percolación y una resistencia a la compresión aceptables.

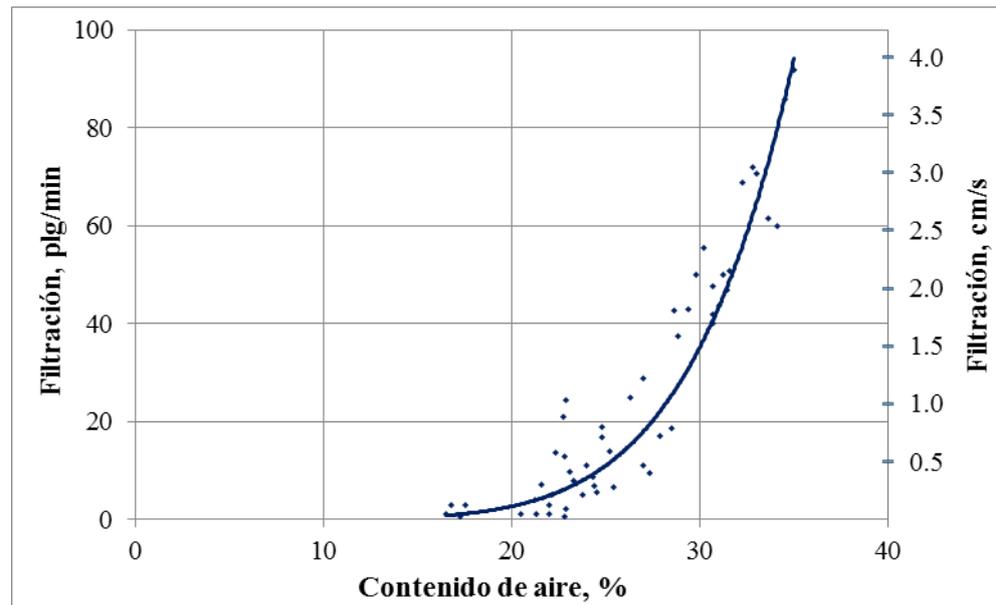


Figura 1.8. – Relación entre el contenido de aire y la tasa de percolación (Flores y Pacompia, 2015).

La capacidad de filtración del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 0.2 a 0.54 cm/s). Para que se pueda asegurar el flujo del agua se recomienda al menos el 15% del contenido de vacíos (Meininger, 1988).

d) Absorción acústica

Debido a la presencia de un gran volumen de poros interconectados de tamaños considerables en el material, el concreto permeable es altamente eficaz en la absorción acústica. El material puede ser empleado como un medio para reducir el ruido generado por interacción neumático-pavimento en pavimentos de concreto. La reducción del ruido se produce debido a la combinación de la menor generación de este y una mayor

absorción de sonido. Los pavimentos permeables alteran la generación de ruido, minimizando el bombeo del aire entre el neumático y la superficie del pavimento. Además, los poros absorben el sonido a través de la fricción interna entre el moviendo de las moléculas de aire y las paredes de los poros. El coeficiente de absorción “a” es una medida de la capacidad de un material de para absorber el sonido. Un material con un coeficiente de absorción de 1,0 indica un material puramente absorbente, mientras que un material con un coeficiente de absorción de 0 indica que el material es puramente reflectante. El concreto convencional, por ejemplo, tiene típicamente un coeficiente de absorción de 0,03 a 0,05 (Neithalath, Weiss y Olek, 2005). El concreto permeable tiene típicamente un intervalo de absorción de 0,1 (para mezclas con mal desempeño) a casi 1,0 (para mezclas con volumen óptimo de poros). El coeficiente de absorción depende de la frecuencia de las ondas sonoras que inciden, y por lo tanto, es importante seleccionar un espesor de concreto permeable adecuado a fin de minimizar sonidos de la frecuencia deseada (ACI 522R-10, 2010).

e) Durabilidad

La durabilidad del concreto permeable se refiere a la vida útil bajo las condiciones ambientales dadas. Los efectos físicos que influyen negativamente en la durabilidad del concreto incluyen la exposición a temperaturas extremas y los productos químicos, tales como sulfatos y ácidos. No se han realizado investigaciones sobre la resistencia de concreto permeable al ataque agresivo por los sulfatos o agua ácida; la durabilidad del concreto permeable bajo condiciones de congelación – descongelación, tampoco está bien documentada. (ACI 522R-10, 2010).

f) Resistencia a la congelación y deshielo

Se desea que el concreto permeable empleado en pavimentos cumpla con su vida útil y necesite poco mantenimiento. La durabilidad que presente

el concreto permeable debería permitirle resistir las condiciones y sollicitaciones tomadas en cuenta al momento de diseñarlos. La influencia de los ciclos de hielo y deshielo mientras el concreto esté saturado, es principalmente el agente más destructivo.

Cuando el agua se congela, se expande en aproximadamente un 9%. El crecimiento de cristales de hielo expandidos desplaza el agua. Si los microporos en la pasta están saturados o casi saturados durante el proceso de congelación, entonces la presión hidrostática se acumula cuando la congelación progresa (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi, 2004).

Las pruebas en condiciones de congelación y descongelación indican poca durabilidad si toda la estructura de vacíos del concreto permeable se encuentra llena con agua. Ciclos de congelación lento (un ciclo por día – ASTM C 666), permiten que el agua presente en el concreto permeable drene, mejorando la durabilidad del mismo. Se debe tener precaución, cuando se utiliza el concreto permeable en condiciones en las que su estructura esté saturada completamente antes de que pueda producirse una helada. Las pruebas indican que la incorporación de aire en la pasta de cemento puede mejorar la durabilidad del concreto permeable ante la congelación y descongelación. (ACI 522R-10, 2010).

Para que el concreto permeable mejore su resistencia a los procesos y hielo y deshielo el ACI 522R-10 recomienda:

- Utilizar espesores de capa de 20 a 60 cm en bases granulares sin finos, por debajo del concreto permeable.
- El concreto permeable que está parcialmente saturado debería tener suficientes huecos para el desplazamiento del agua, obteniendo así una buena resistencia a la congelación y deshielo.
- Garantizar el rápido drenado del concreto permeable, evitando la saturación.

g) Resistencia a los sulfatos

Muchos sulfatos presentes en el suelo y en el agua pueden atacar y destruir un concreto permeable o convencional que no fue adecuadamente diseñado. Los sulfatos (por ejemplo sulfato de calcio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio) pueden atacar un concreto pues éstos reaccionan con los compuestos hidratados en la pasta de cemento.

Estas reacciones pueden crear presiones suficientes para romper la pasta del cemento, resultando en desintegración del concreto (pérdida de cohesión de la pasta y de resistencia). El sulfato de calcio ataca el aluminato de calcio hidratado y forma etringita. El sulfato de sodio reacciona con el hidróxido de calcio y aluminato de calcio hidratado, formando etringita y yeso. El sulfato de magnesio ataca, de manera similar, al sulfato de sodio y forma etringita, yeso y también brucita (hidróxido de magnesio). La brucita se forma en primer lugar en la superficie del cemento, consume el hidróxido de calcio, baja el pH en la solución de los poros y entonces descompone el silicato de calcio hidratado. (Kosmatka et al., 2004).

Por presentar una estructura abierta, el concreto permeable es más susceptible, al ataque sobre una gran área. La utilización de concreto permeable en áreas donde existan alto contenido de sulfatos y agua contaminada puede ser posible siempre y cuando se encuentre aislado de estos.

La colocación del concreto permeable sobre una base de 15 cm. Con tamaño máximo de agregados de 25 mm proporciona una base para el pavimento, almacenamiento de las aguas de lluvia, y aislamiento para el concreto permeable.

h) Resistencia a la abrasión

Los pisos, pavimentos y estructuras hidráulicas son expuestos a abrasión o al desgaste, por lo que en estas aplicaciones el concreto permeable

necesita tener alta resistencia a abrasión. Resultados de pruebas indican que la resistencia a la abrasión está relacionada directamente con la resistencia a la compresión del concreto. Un concreto con mayor resistencia a compresión tiene mayor resistencia a la abrasión que el concreto con menor resistencia a la compresión (Kosmatka et al., 2004).

Debido a que en el concreto permeable la textura de la superficie es más áspera y presenta una estructura abierta; la abrasión y desintegración de las partículas de agregados puede ser un problema (Tennis, Leming y Akers, 2004).

El tipo de agregado y el acabado realizado en la superficie del concreto permeable tienen gran influencia. Los agregados duros presentan mayor resistencia a la abrasión que los agregados blandos y una superficie con una terminación alisada presenta mejor comportamiento que otra que cuyo acabado es irregular. En general en los pavimentos de concreto permeable que han sido puestos en servicio, a las pocas semanas, éstos tendrán menor cantidad de agregados sobre su superficie, debido a que estas partículas son desprendidas de la superficie y desalojadas por el tráfico. Después de pocas semanas, la desintegración de la superficie disminuye considerablemente, permaneciendo la superficie del pavimento más estable. Una compactación y técnicas de curado adecuadas pueden reducir la ocurrencia de la desintegración de la superficie. (Pérez, 2009).

1.4.1.5. Componentes del concreto permeable

Los materiales que intervienen en la fabricación de concreto permeable no difieren de los utilizados para un concreto convencional, con la salvedad de que la utilización de agregado fino está limitada casi en su totalidad.

Materiales Cementantes

Cemento Portland

El cemento Portland que cumple con los requerimientos de las normas ASTM C150, C595, o C1157, es usado como el aglomerante principal. Pudiéndose usar materiales suplementarios como la ceniza volante, el cemento de escoria y el humo de sílice, los cuales deben satisfacer los requisitos de las normas ASTM C618, C989 y C1240, respectivamente (ACI 522R-10, 2010).

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 y Castro, 2002). Es recomendable utilizar una cantidad que fluctúe entre los 270 a 415 kg/m³, según requisitos de resistencia y permeabilidad (Tennis et al., 2004).

Los Agregados

Por lo general se utilizan agregados gruesos redondeados o triturados. Los agregados de forma redondeada producen mayores resistencias; los de mayor tamaño, superficies más ásperas, mientras que los de tamaño pequeño y textura suave son más fáciles de colocar aunque requieren una mayor cantidad de cemento. (Calderón y Charca, 2012).

El ACI 211.3R-02 recomienda que las granulometrías de agregado grueso a ser utilizadas, deben de satisfacer las exigencia respecto al tamaño y gradación según la norma ASTM C33 (Figura 1.9) o ASTM D448; estas son No. 67 (3/4" a No. 4), No. 7 (1/2" a No. 4) y No 8 (3/8" a No. 16).

Requisitos de calificación para gruesos Agregados																
Tamaño Número	Tamaño Nominal (Tamices con Abertura Cuadrada)	Cantidades mas finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso														
		100 mm (4")	90 mm (3 ½")	75 mm (3")	63 mm (2 ½")	50 mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25.0 mm (1")	19.0 mm (¾")	12.5 mm (½")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)	
1	90 a 37.5 mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 15							
2	63 a 37.5 mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15							
3	50 a 25.0 mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15						
357	50 a 4.75 mm (2" a N° 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 15				
4	37.5 a 19.0 mm (1 ½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 15					
467	37.5 a 4.75 mm (1 ½" a N° 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 15				
5	25.0 a 12.5 mm (1" a ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 15					
56	25.0 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5				
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N° 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5			
6	19.0 a 9.5 mm (¾" a 3/8")							100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				
67	19.0 a 4.75 mm (¾" a N° 4)							100	95 a 100		20 a 55	5 a 10	0 a 5			
7	12.5 a 4.75 mm (½" a N° 4)								100	95 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5			
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a N° 8)									90 a 100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5		
89	9.5 a 1.18 mm (3/8" a N° 16)										100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 a 1.18 mm (N° 4 to N° 16)											100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Figura 1.9. – Usos granulométricos para poder realizar los diseños de mezclas (ASTM C 133, 1999)

En general, la utilización de agregado fino en la elaboración de concreto permeable no está permitida, ya que ellos tienden a comprometer la capacidad de conexión del sistema de poros, salvo en los casos en los que se desea tener una resistencia a los agentes agresivos contenidos en el agua pluvial. Este resultado se obtiene introduciendo en la mezcla una cantidad de arena entre 150 y 200 kg/m³.

Propiedades físicas

Los ensayos realizados nos permiten conocer las propiedades físicas del agregado y diseñar un concreto permeable aceptable, las condiciones de los ensayos ponen a prueba a los agregados, su respuesta condiciona y pronostica su comportamiento durante el vaciado y en el concreto terminado. Los ensayos normalizados por la ASTM-C33 están descritos en la Tabla 1.0.

Tabla 1.0 *Propiedades físicas de los agregados para su aceptabilidad*

	ENSAYO - NORMA	ASTM	NTP	AASHTO
A	Análisis Granulométrico – Agregado grueso	C136	400.012	T27
B	Peso unitario	C29	400.017	T19
C	Desgaste de agregado – Método de los Ángeles	C131	400.019	T96
D	Gravedad específica y Absorción.	C127	400.021	T81

Fuente: *Norma, American Society for testing and materials – ASTM, Norma técnica peruana – NTP y la Norma American Association of state highway and transportation officials – AASHTO*

Análisis granulométrico agregado grueso

Granulometría es la distribución por tamaños del agregado por medio del tamizado, que consiste en pasar el material a través de mallas de diferentes aberturas; estas son: 1", ¾", 1/2", 3/8", #8 y #4 para agregados gruesos, con el peso de material retenido en cada malla, se obtiene el porcentaje retenido, así como, el porcentaje de material pasante en cada malla y se tiene el porcentaje de material retenido respecto al total de la muestra. Las Normas ASTM C136, AASHTO T27 y NTP 400.012, indican el procedimiento para desarrollar el análisis granulométrico de los agregados gruesos, cada gradación es representada por una medida numérica a la que se denomina huso granulométrico.

Uso granulométrico

Es el número de medida que se le asigna a la gradación del agregado cuando la distribución granulométrica calculada se encuentra dentro de los parámetros establecidos según la norma ASTM C33 (Figura 1.9), en la cual se inicia la identificación a partir del tamaño máximo nominal y del porcentaje retenido acumulado que tiene el agregado estudiado, e indica los límites máximos y mínimos para su clasificación.

Normalización del Agregado

La normalización del agregado es un proceso inverso al cálculo normal de la granulometría del material, entonces, se parte de la curva granulométrica normalizada que representa el porcentaje de retenido acumulado del material, luego, se calcula el porcentaje retenido y se

obtiene el peso de material retenido que le corresponde a cada malla, para este proceso se debe contar con el material natural tamizado y separado por malla que en conjunto representa a la curva granulométrica normalizada.

Agua

Al igual que en el concreto convencional los aditivos son utilizados en concretos permeables para obtener propiedades especiales. Los aditivos utilizados deben satisfacer los requisitos de la norma ASTM C494. Los aditivos reductores de agua (de mediano a alto rango) son utilizados dependiendo de la relación a/c. Los aditivos retardantes se utilizan para estabilizar y controlar la hidratación del cemento, y estos aditivos son frecuentemente preferidos cuando se trata con mezclas rígidas, como el concreto permeable, sobre todo en aplicaciones en climas cálidos. Los aditivos retardadores pueden actuar como lubricantes para ayudar a la descarga de concreto desde una mezcladora y pueden mejorar el manejo y las características de rendimiento en lugar. Los aceleradores se pueden utilizar cuando se colocan concretos permeables en climas fríos. Los aditivos incorporadores de aire no han sido comúnmente utilizados en concretos permeables, pero se puede utilizar en ambientes susceptibles a la congelación y descongelación. Sin embargo, no existe un método fiable, para cuantificar el volumen de aire arrastrado en estos materiales (ACI 522, 2006).

Aditivos

Son aquellos ingredientes que se agregan antes del mezclado o durante el mismo, en los cuales se puede ejercer control sobre su dosificación y que se utilizan con el propósito fundamental de modificar convenientemente el comportamiento del concreto en estado fresco, así como de inducir o mejorar determinadas propiedades deseables en el concreto endurecido. Según su función se clasifican de la siguiente manera:

- a) **Aditivos impulsores de aire:** Se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto, lo cual mejora la durabilidad de concretos que estarán expuestos a ciclos de congelación y deshielo.
- b) **Aditivos reductores de agua:** Se emplean para disminuir la cantidad de agua de mezclado requerida para un revenimiento especificado, disminuir la relación agua/cemento con lo que se obtiene un aumento en la resistencia, sin embargo se incrementa la velocidad de pérdida de revenimiento lo que redundará en un tiempo de colocación menor.
- c) **Aditivos retardantes:** Disminuyen la velocidad de fraguado del concreto, estos también actúan como reductores de agua, se les denomina frecuentemente retardantes reductores de agua. Se emplean para compensar el efecto acelerante que el clima cálido puede producir al fraguado del concreto o para retrasar el fraguado inicial en colados difícil.
- d) **Aditivos acelerantes:** Se usan para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas, se utilizan cuando es necesario desencofrar antes del tiempo que las especificaciones contractuales fijan y/o para poner en servicio la obra prontamente.
- e) **Aditivos superplastificantes:** Son aditivos reductores de agua de alto rango, que se agregan a los concretos de bajo revenimiento y baja relación agua/cemento para producir concretos fluidos de alto revenimiento. La creciente utilización del concreto fluido permitió la elaboración de aditivos para este concreto y dio origen a la especificación ASTM C 1017. La condición esencial que se busca al emplear un aditivo superplastificante consiste en aumentar transitoriamente la fluidez de las mezclas de concreto, sin afectar las propiedades potenciales del concreto endurecido, sin embargo debe tenerse presente los posibles efectos secundarios que se originan a

partir de aditivos reductores de agua a fin de prevenirlos con los ensayos correspondientes.

El concreto fluidificado con aditivos prácticamente no requiere ser compactado en las formas o cimbras y frecuentemente se logra acomodar por simple gravedad. De esta característica derivan sus principales aplicaciones, que son aquellas donde existan dificultades de acceso para la colocación y/o compactación del concreto, donde las formas son muy estrechas o donde hay excesivo acero de refuerzo.

El concreto fluidificado con aditivos de esta clase tiende a perder revenimiento con mayor rapidez que el concreto del mismo revenimiento sin aditivo, sin embargo es posible reponerle su revenimiento original con una nueva dosificación del aditivo.

1.4.1.6. DISEÑO DE MEZCLA

Para el concreto permeable la relación del agregado grueso y la relación agua cemento (w/cm) son las principales variables que afectan a la características mecánicas. Una amplia gama de cemento Se ha encontrado aceptable, dependiendo de la aplicación específica. Los aditivos químicos, además de afectar la relación w/cm , se utilizan para influir en los tiempos de trabajabilidad y ajuste, mejorar diversas características mecánicas de concreto permeable, y mejorar la durabilidad a largo plazo.

a) CRITERIOS DE DOSIFICACION

En el caso del concreto permeable el agua y el contenido de cemento óptimo producen un estado de mezcla que tendrá una apariencia metálica húmeda con brillo. Para una proporción de mezcla dada y tamaño de los agregados y el tipo, existe un estrecho rango óptimo de w/cm . La pasta de cemento de esta mezcla óptima creará suficiente unión entre las

partículas de agregado sin causar asentamiento de la pasta o a través de la red de poros el cierre de la estructura de vacío deseado.

Predecir el óptimo w / cm depende principalmente de la graduación y las características físicas de los agregados gruesos y los materiales contenido de cemento de la mezcla. Para el concreto permeables, la w / cm para obtener la trabajabilidad necesaria normalmente cae dentro de 0,26 a 0,45.

La trabajabilidad del concreto permeable se supone que es satisfactorio si el agua de mezcla es suficiente y se utiliza para impartir una apariencia metálica a la mezcla. Apretar y soltar un puñado de la mezcla debe resultar en una mezcla que no se desmorona ni se hace libre de huecos, y la pasta del cemento no debe fluir fuera de las partículas de agregado. La consistencia correcta se obtiene normalmente a través de un juicio de inspección, que asegura que cada mezcla contiene cemento suficiente para recubrir las partículas gruesas con una película brillante, dándole un brillo metálico, una humectación total, unirse entre sí y poseer una alta viscosidad.

1.4.1.7. Análisis Hidrológico-Hidráulico en Pavimentos Permeables

El análisis de desempeño de los pavimentos permeables desde el punto de vista hidrológico e hidráulico es realizado con base en los datos cuantitativos de los fenómenos inmersos en el balance hídrico, los cuales son colectados por los dispositivos de monitoreo. Tales fenómenos son: Precipitación, escorrentía superficial, infiltración y evaporación; y se dividen en variables de entrada, variables de salida y de almacenamiento. (Albuquerque, 2005).

El dimensionamiento de infraestructuras como los pavimentos permeables debe tener como punto de partida la caracterización del régimen pluviométrico de la zona de aplicación de los mismos.

Habitualmente, los métodos hidrológicos de diseño adoptan criterios de extremos vinculados a períodos de retorno para la definición de los parámetros de diseño (caudales de pico de avenida fundamentalmente). (García et al., 2011).

El diseño hidrológico e hidráulico del pavimento permeable debe tener en cuenta cuatro aspectos esenciales: (1) Estimar las características de filtración de la capa de pavimento, (2) determinar el volumen de almacenamiento (proporcionado por los poros de la sub base) para alcanzar tasas de rendimiento adecuadas, (3) estimar la necesidad, y en su caso cuantificar la capacidad del drenaje longitudinal adicional y (4) analizar la respuesta del pavimento ante eventos extremos de precipitación. (García et al., 2011).

La capacidad de infiltración de la propia capa de pavimento no suele ser un factor limitante en el diseño de éstos, pues suele ser al menos un orden de magnitud superior a las máximas intensidades de lluvia esperables, sin embargo esta tasa se reduciría y estabilizaría con el tiempo debido a la colmatación, por lo que se suele recomendar en el diseño adoptar en este valor un factor de seguridad de 10. (García et al., 2011).

1.4.1.8. Estudios Hidrológicos

La hidrología es la ciencia que investiga y estudia las propiedades y la distribución espacial y temporal del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, escorrentía, la humedad en el suelo y la evapotranspiración. En cuanto a los pavimentos permeables, los estudios hidrológicos son fundamentales para un correcto dimensionamiento de los mismos y un adecuado diseño de mezclas del concreto permeable utilizado en ellos, específicamente en la determinación del volumen de almacenamiento de los pavimentos permeables y contenido de vacíos de diseño del concreto permeable.

La información hidrológica utilizada fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Los datos caracterizados corresponden a los de la estación meteorológica Huaraz ubicada en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por lo que se adoptan como representativos para realizar el diseño de concretos permeable que serán utilizados en pavimentos de la ciudad de Huaraz.

a) Precipitación

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua.

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua y se expresa comúnmente en milímetros. Los aparatos de medición se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de su precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de las precipitaciones, en pluviómetros (generalmente con lecturas cada 24 horas) y pluviógrafos (que registran la altura de lluvia en función del tiempo, permitiendo determinar la intensidad de la precipitación).

b) Infiltración

La velocidad con la que el agua es absorbida en el suelo se denomina la tasa de infiltración. Ésta mide la cantidad de tiempo que le toma a la tierra absorber un cierto volumen de agua. Se suele medir en (mm/hora).

La tasa de infiltración en los sistemas de pavimentos permeable se considera como la diferencia entre la precipitación y la variación del volumen de agua almacenado en el concreto permeable.

1.4.2. MARCO NORMATIVO

1.4.2.1. MARCO NORMATIVO NACIONAL

Actualmente el Perú no cuenta con Normas específicas que regulen el uso de concretos permeables. Pero se han adoptado normas del concreto convencional para aplicarlas en el concreto permeable; como ejemplo de ello tenemos las Normas que se aplican para conocer las características de los agregados; las cuales se basan en las Normas ASTM que son aplicadas en nuestro país.

De igual forma por el hecho de ser concreto también se mide su trabajabilidad y su resistencia por lo tanto se aplica la norma ASTM C-94, ASTM C39 respectivamente, que también han sido adoptadas.

Actualmente se han hecho investigaciones en la zona central de Perú y en la zona Sur acerca del concreto permeable, aplicando las normas de otros países; considerándolas como ciertos parámetros y bases para los resultados aquí obtenidos.

1.4.2.2. MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL

En otros países ya ha sido implementado con éxito, el concreto permeable, obteniendo los resultados manifestados en las Normas (ASTM /ACI), empleándolas como base para el fundamento de sus propias Normas.

En tales países se ha obtenido condiciones iguales al concreto permeable manifestado en las Normas. En otros sectores se ha sometido el concreto permeable bajo otras variables que modifican sus características convencionales como el empleo de aditivos, como fibra y polipropileno.

Y Cada uno de los países donde se aplicado el concreto permeable ha adoptado Normas y Leyes para su empleo las cuales se manifiestan a continuación:

Tabla 2.0 Marco normativo internacional

PAIS	TIPO DE REGULACION	INSTITUTO	AÑO	DESCRIPCION
ESTADOS UNIDOS	NORMA	ASTM	2009 y 2011	Taza de infiltración, medida in situ
	NORMA	ACI	2002, 2006, 2010	Taza de infiltración de especímenes de concreto

Fuente: *Elaboración propia*

a) NORMAS “AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)”

Dicha asociación fue creada en el año de 1898 debido al convenio realizado por setenta miembros de la aquella entonces denominada International Association for Testing Materials (IATM) y la necesidad de regular el control de calidad en los aceros de los ferrocarriles en Pensilvania.

El desarrollo de las normas fue en los años 1923 al 1930 llevó a un gran desarrollo de la ASTM ya que debido a los estragos que causó la segunda guerra mundial se vio la necesidad de investigar los materiales de construcción de las obras civiles, consiguiendo conciliar las dificultades bélicas con las exigencias de calidad de la producción en masa.

En cuanto al Concreto Permeable la ASTM en el año de 2009, creó Normas para medir la tasa de infiltración en un pavimento de concreto permeable; empleando un anillo de infiltración el cual es sellado temporalmente a la superficie de un pavimento permeable. Después de pre humectación la ubicación de prueba y determinada masa de agua se introduce en el anillo y se registra el tiempo en que el agua tarda en infiltrarse en el pavimento.

Tabla 3.0 Marco normativo ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS)

NORMA	NOMBRE	CONTENIDO
ASTM C-31	Practica Estándar para hacer y curar especímenes de prueba de Concreto en El Campo	Esta práctica cubre procedimientos para hacer y curar especímenes de cilindros y vigas de muestras representativas de Concreto Fresco.
ASTM C-33	Especificación Estándar para Agregados de Concreto	Define los requerimientos para gradación y calidad de los agregados finos y gruesos (diferente de los agregados ligeros y pesados) para uso en concreto.
ASTM C-39	Método de Prueba Estándar para Resistencia a Compresión de especímenes de Concreto	Este método de prueba cubre la determinación de resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados
ASTM C – 293	Método de Prueba Estándar para Resistencia a Flexión de Concreto usando vigas simplemente apoyadas con carga puntual.	Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a flexión de especímenes de concreto, por el uso de una viga simplemente apoyada con carga puntual al centro.
ASTM C-75	Muestreo de agregados	
ASTM C-128	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregado	Este método de prueba cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas del agregado fino, la densidad relativa y absorción de agregado grueso.
ASTM C-136	Método de Prueba estándar para análisis de tamices de agregado fino y grueso.	Este método de prueba cubre la determinación de la distribución de los tamaños de partículas de los agregados.
ASTM C-143	Método de Prueba Estándar para revenimiento de concreto de cemento hidráulico	Este método de prueba cubre la determinación de revenimiento de concreto de cemento hidráulico ambos en laboratorio y en campo.
ASTM C-150	Especificación Estándar para cemento Portland	Esta especificación cubre ocho tipos de cemento portland.
ASTM C-172-99	Práctica estándar para muestreo de concreto fresco	Esta práctica cubre procedimientos para obtener muestras representativas de concreto fresco, como es entregado al sitio de proyecto para determinar la conformidad.
ASTM C-187-98	Método de prueba estándar para consistencia normal de cemento hidráulico	Este método de prueba cubre la determinación de la consistencia normal del cemento hidráulico
ASTM C-188	Método de Prueba Estándar para densidad de cemento hidráulico.	Este método de prueba cubre la determinación de la densidad del cemento hidráulico, esta particular utilidad esta en conexión con el diseño y control de mezcla del concreto.
ASTM C-192	Practica estándar para hacer y curar especímenes de concreto en el laboratorio	Esta práctica cubre los procedimientos para hacer y curar especímenes de prueba de concreto en el laboratorio bajo un control de materiales y condiciones de prueba usando concreto que puede ser consolidado por varillado o vibración

ASTM C-511	Especificación para cabinas de humedad, cuartos húmedos y tanques para almacenamiento de agua usados en el ensayo de cementos hidráulicos	
ASTM C-617-09	Practica estándar de límites de probetas de cilíndricas de concreto	Esta práctica cubre aparatos, materiales y procedimientos para el cabeceo de cilindros de concreto recién moldeados y núcleos endurecidos de hormigón
ASTM C-702	Reducción de las muestras de campo de agregado para ensayos de laboratorio	Esta práctica cubre tres métodos de grandes muestras los métodos para la reducción de muestra que sean representativas de un Universo.
ASTM C-1064	Método de ensayo para la temperatura de concreto mezclado fresco de cemento Portland	Este método de ensayo cubre la determinación de la temperatura, del concreto hidráulico recién mezclado.
ASTM C 1701	Taza de infiltración de concreto permeable en el Sitio	Este método de ensayo cubre la determinación en campo de la tasa de infiltración de concreto permeable.

b) NORMAS AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)

El AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI es una asociación técnica y educacional cuyo objetivo es promocionar el diseño, la construcción, la fabricación de materiales, los programas de certificación y el mantenimiento de las estructuras de concreto.

Actualmente cuenta con aproximadamente dieciocho mil miembros Ingenieros Civiles, Ingenieros Estructurales, Arquitectos, Constructores y miembros representantes de los fabricantes de materiales, de sus distribuidores y de los laboratorios a nivel mundial. Con esta diversidad de miembros, el Instituto pretende dar a conocer los conocimientos, las innovaciones y las ideas para promover una tecnología superior del concreto.

Con publicaciones de alta calidad en investigación, análisis, convenciones y seminarios, así como con sus programas de

certificación, el ACI refuerza y amplía los conocimientos de los profesionales dedicados a esta tecnología en todo el mundo.

Tabla 4.0 Marco normativo ACI (American Concrete Institute)

NORMA	NOMBRE	CONTENIDO
ACI 211.3	GUIA PARA LA SELECCIÓN DE CONCRETO CON POCO REVENIMIENTO	APENDICE 6 “ Criterios de Dosificación para Concreto Permeable”
ACI 522 R	PREVIOUS CONCRETE	CAPITULO 1 “Introducción” CAPITULO 2 “Aplicaciones” CAPITULO 3 “Materiales” CAPITULO 4 “Propiedades” CAPITULO 5 “Criterios para la Mezcla” CAPITULO 6 “ Diseño de Pavimento” CAPITULO 7 “ Instalación de Pavimento” CAPITULO 8 “ Control de Calidad y Mantenimiento” CAPITULO 9 “ Pruebas” CAPITULOS 10 “Limitantes” CAPITULO 11 “Referencias”.

1.5 HIPOTESIS

El comportamiento del concreto permeable con 20 % de vacíos usando agregado grueso de la cantera Rolan sería más eficiente en resistencia a la compresión y permeabilidad.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Cuál sería el comportamiento mecánico y de permeabilidad de un concreto permeable con 20% de vacíos, utilizando 03 canteras de Huaraz.

1.6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Selección de canteras para la obtención de agregado grueso.
- ✓ Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las canteras (Rolan, Rosales y Pablito).
- ✓ Determinar la relación A/C del concreto permeable utilizando agregado grueso de 03 canteras.
- ✓ Ensayo de resistencia compresión e infiltración para obtener resistencia y permeabilidad a edades 7, 14 y 28 días.
- ✓ Análisis comparativo por cantera de acuerdo a la resistencia, y permeabilidad y validez estadística.

2. METODOLOGIA DE TRABAJO

2.1 TIPO Y DISEÑO

Es una investigación explicativa; en la que se emplearon variables dependientes e independientes.

Para la presente investigación se definió como variable independiente la variación de agregado Grueso de tres canteras diferentes y como variable dependiente El Comportamiento del Concreto Permeable a resistencia a compresión (Kg/cm²) y permeabilidad (cm/s).

El objetivo de la investigación fue conocer el comportamiento del concreto permeable con cada uno de los agregados extraídos de las canteras siguientes:

- Rolan
- Rosales
- Pablito

2.2 POBLACION Y MUESTRA

Población

Conjunto de probetas cilíndricas de concreto necesarias para que podamos experimentar en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la universidad san pedro; para así poder fundamentar nuestra hipótesis.

Para la elaboración de las unidades de estudio (probetas) se utilizaron las siguientes referencias:

- Agregado Grueso de la Cantera Rola - Huaraz -Ancash.
- Agregado Grueso de la Cantera Rosales - Anta -Ancash.
- Agregado Grueso de la Cantera Pablito - Carhuaz -Ancash.
- El Tamaño Nominal de las tres canteras son de 3/8” canto rodado.
- El material será llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro sede Huaraz.
- Cemento portland Tipo I marca “SOL”.

Muestra

De las canteras seleccionamos una muestra representativa para evaluar sus características de los agregados (pruebas de laboratorio) y con lo cual haremos nuestro diseño de mezcla para el concreto permeable y posteriormente haremos nuestros especímenes de concreto permeable, los cuales fueron nuestra población a evaluar.

PRUEBA DE COMPRESIÓN DE CILINDROS:

Se realizaron tres especímenes por cada alternativa del concreto permeable, considerando que una alternativa consta de una resistencia y un agregado diferente, evaluado a una edad específica (7, 14, 28 días), es decir que en el día 7 se someterán a la prueba de compresión 9 cilindros,

a los 14 días se reventaran otros 9 cilindros y por ultimo a los 28 días se efectuara la prueba de compresión a los cilindros restantes que son 9.

Por lo tanto la prueba de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto permeable constara de un universo muestral de 27 cilindros en total, que se someterán a la prueba antes mencionada.

PRUEBA DE INFILTRACIÓN CILINDROS:

Para la prueba de infiltración se tomó como muestra 4 cilindros por cada cantera y de diseño, evaluándose a los 7 días, siendo un total de 12 cilindros que se somataran al método de prueba de la Norma ACI 522R; con un equipo elaborado por el tesista siguiendo las normas que rigen al concreto permeable.

2.3 TECNICA E INSTRUMENTO

Se aplicó 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 (ver anexos).

Técnicas de Recolección de Información	INSTRUMENTO
OBSERVACIÓN	<ul style="list-style-type: none">• GUÍA DE OBSERVACIÓN RESUMEN• FICHAS TÉCNICAS DEL LABORATORIO DE LAS PRUEBAS A REALIZAR• VER ANEXO

Fuente: Elaboración propia

2.4 UNIDAD DE ANALISIS

La unidad de análisis para esta investigación fueron las diferentes pruebas que se hizo a los agregados y al concreto. Las pruebas que se realizaron son las siguientes:

- Se usara como método de diseño de mezcla el utilizado en la ACI 211.3 (para concreto de bajo revenimiento).
- Prueba de granulometría para grueso (ASTM C-136)
- Prueba de la resistencia a la compresión de cilindros testigos de concreto (ASTM C-39)
- Prueba de la resistencia a la tensión por flexión en viguetas de concreto (ASTM C-293).
- Prueba de Permeabilidad de especímenes de concreto (ACI 522R)
- Se usara agregado de tamaño nominal 3/8"
- Se usara cemento Portland de uso general (ASTM 150 y C1157)

2.5 PROCESO Y ANALISIS DE LOS DATOS

Para la recolección de Datos se contó con los siguientes pasos:

- Se adquirió los materiales de las canteras: Rola, Rosales y Pablito para la grava de 3/8".
- Se solicitó y coordino el acceso a Laboratorio de Mecánica de Suelos.
- Se recolecto el material para poder hacer los ensayos respectivos.
- Luego se empezó hacer los ensayos de las características de los agregados como: granulometría, peso unitario, peso compactado, absorción- gravedad específica, y contenido de humedad.
- Aplicamos un registro de apuntes, mediante fotografía y fichas de registro para ver el desarrollo de nuestras probetas en sus diferentes días de análisis.

- Se Calculó del diseño de mezcla con los datos obtenidos de las características de los agregados, con el fin de elaborar las probetas. (concreto permeable).
- Luego de realizar la preparación del concreto permeable se procederá a colocarlos en cilindros con agua para el respectivo curado de las probetas.
- Se realizaron ensayos al concreto en 7, 14 y 28 días para compresión y ensayo de permeabilidad a los 7 días.
- Los datos fueron procesados con los programas Excel y SPSS.
- El análisis de los datos se realizó con tablas, gráficos, porcentajes, promedios, varianzas y una prueba de hipótesis (ANOVA).

2.5.1 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LAS CANTERAS

2.5.1.1 Estudio y ubicación de las canteras

Los agregados usados en este trabajo fueron extraídos de las canteras Rolan (Huaraz), Rosales (Anta) y Pablito (Carhuaz), se optó por estas cantera porque estos agregados son los más utilizados en obras civiles en la ciudad de Huaraz y callejón de Huaylas, por ser accesibles, cercanos.

Estas tres canteras son provenientes del Rio Santa pero por su diferente ubicación, las características climáticas, ambiental y de zona las propiedades de estas varían.

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.

2.5.1.2 Cantera ROLAN – Huaraz

La ubicación de la cantera permite conocer la accesibilidad al material así como la influencia en el mercado, y su aplicación en la ciudad de Huaraz, y sus características son las siguientes:

Ubicación : Carretera Huaraz – Pativilca - Tacllan
Acceso : Carretera Huaraz – Pativilca (Salida Sur Huaraz)
Material : Arena y Grava de río.

Tabla 5.0 *Coordenadas de la Cantera ROLAN*

COORDENADAS UTM: ZONA 18				
Nro.	Nombre	Sur	Oeste	Elevación
1.-	ROLAN	9°32'49.35"	77°32'09.94"	3048 m.s.n.m

Fuente: Elaboración Propia

2.5.1.3 CARACTERISTICAS MECANICAS

Contenido de Humedad

Este ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 108 – 2000; “MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO”, el cual está basado en la norma ASTM D2216.

Equipo utilizado

- Balanza con precisión a 0.1% del peso de la muestra ensayada.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C

Descripción del proceso

- En nuestro caso por ser concreto permeable solo utilizaremos agregado grueso, se toma una muestra de 1450 gr aproximadamente y se coloca en dos recipientes previamente tarados.
- Se registra el peso de las dos taras la cual será el material “húmedo” se lleva al horno 24 horas a 105 +/- 5°C; pasado el tiempo, luego del enfriado, se vuelve a pesar el material, la cual representa el material seco.
- De las dos muestras sacadas se saca un promedio para tener un ensayo aproximado.

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso Suelo Seco}} * 100$$



Figura 6.1. Contenido de Humedad

Peso específico y absorción de agregado grueso

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 206 – 2000; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS, el cual está basado en la norma ASTM C127.

Equipo utilizado

- Balanza con precisión a 0.1% del peso con su juego de pesas.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C

Descripción del proceso

- Se tomó una muestra de 1800 gr. Aproximadamente de nuestra grava de 3/8” tamaño nominal, la cual fue saturada en agua durante 24 horas, seguido se secó con un paño a temperatura de ambiente.
- Luego de absorber la humedad con el paño para obtener el estado saturado superficialmente seco se toma tres cantidades de la muestra aproximadamente 600gr en tres recipientes, se pesa en los recipientes previamente tarados y se introduce a una canasta sumergida en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada, se determina el peso sumergido y a continuación el material se lleva al horno para determinar el peso seco.



Figura 6.2. Peso específico

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Dónde:

A: Peso al aire del a muestra seca al horno. (gr.)

B: Peso de la muestra S.S.S.(gr.)

C: Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.)

Peso unitario y porcentaje de vacíos de agregado grueso

Este ensayo nos permite conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada o suelta así como el porcentaje de vacíos del agregado grueso, el tamaño del agregado tiene que estar por debajo de 5 pulgadas (125mm). Se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 203 – 2000; PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS, el cual está basado en la norma ASTM C29

Equipo utilizado

- Balanza
- Varilla compactadora
- Recipientes de volúmenes adecuados

Descripción del proceso

- Se ha elegido el molde con dimensiones adecuadas, de acuerdo al tamaño nominal del agregado, debido a que nuestro agregado tiene un tamaño de 3/8” la cual el volumen del molde es de 2.776 cm³. Se tomaron 3 muestras con una diferencia de peso máximo de 20gr.
- Para determinar el peso unitario compactado se colocó el material en tres capas de igual volumen; en cada capa 25 golpes con la varilla sin que este choque a la base o altere capas inferiores de agregado, enrasando finalmente, pesando y tomando tres muestras para su respectivo promedio.



Figura 6.3. Peso Unitario Suelto y Compactado

2.5.1.4 Cantera ROSALES - ANTA

La ubicación de la cantera permite conocer la accesibilidad al material así como la influencia en el mercado, y su aplicación en la ciudad de Anta, y sus características son las siguientes:

- Ubicación : Carretera Huaraz – Carhuaz - Anta
- Acceso : Carretera Huaraz – Carhuaz (Aeropuerto Anta)
- Material : Arena y Grava de río.

Tabla 6.9 *Coordenadas de la Cantera ROSALES*

COORDENADAS UTM: ZONA 18				
Nro.	Nombre	Sur	Oeste	Elevación
1.-	ROSALES	9°21'13.39"	77°35'34.19"	2734 m.s.n.m

Fuente: Elaboración Propia

2.5.1.5 CARACTERISTICAS MECANICAS

Contenido de Humedad

Este ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 108 – 2000; “MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO”, el cual está basado en la norma ASTM D2216.

Equipo utilizado

- Balanza con precisión a 0.1% del peso de la muestra ensayada.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C

Descripción del proceso

- En nuestro caso por ser concreto permeable solo utilizaremos agregado grueso, se toma una muestra de 1650 gr aproximadamente y se coloca en dos recipientes previamente tarados.
- Se registra el peso de las dos taras la cual será el material “húmedo” se lleva al horno 24 horas a 105 +/- 5°C; pasado el tiempo, luego del enfriado, se vuelve a pesar el material, la cual representa el material seco.
- De las dos muestras sacadas se saca un promedio para tener un ensayo aproximado.

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso Suelo Seco}} * 100$$



Figura 6.4. Contenido de Humedad

Peso específico y absorción de agregado grueso

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 206 – 2000; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS, el cual está basado en la norma ASTM C127.

Equipo utilizado

- Balanza con precisión a 0.1% del peso con su juego de pesas.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C

Descripción del proceso

- Se tomó una muestra de 2500 gr. Aproximadamente de nuestra grava de 3/8” tamaño nominal, la cual fue saturada en agua durante 24 horas, seguido se secó con un paño a temperatura de ambiente.
- Luego de absorber la humedad con el paño para obtener el estado saturado superficialmente seco se toma tres cantidades de la muestra aproximadamente 800gr. en tres recipientes, se pesa en los recipientes previamente tarados y se introduce a una canasta sumergida en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada, se determina el peso sumergido y a continuación el material se lleva al horno para determinar el peso seco.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Dónde:

A: Peso al aire del a muestra seca al horno. (gr.)

B: Peso de la muestra S.S.S.(gr.)

C: Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.)

Peso unitario y porcentaje de vacíos de agregado grueso

Este ensayo nos permite conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada o suelta así como el porcentaje de vacíos del agregado grueso, el tamaño del agregado tiene que estar por debajo de 5 pulgadas (125mm). Se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 203 – 2000; PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS, el cual está basado en la norma ASTM C29

Equipo utilizado

- Balanza
- Varilla compactadora
- Recipientes de volúmenes adecuados

Descripción del proceso

- Se ha elegido el molde con dimensiones adecuadas, de acuerdo al tamaño nominal del agregado, debido a que nuestro agregado tiene un tamaño de 3/8" la cual el volumen del molde es de 2.776 cm³. Se tomaron 3 muestras con una diferencia de peso máximo de 20gr.
- Para determinar el peso unitario compactado se colocó el material en tres capas de igual volumen; en cada capa 25 golpes con la varilla sin que este choque a la base o altere capas inferiores de agregado, enrasando finalmente, pesando y tomando tres muestras para su respectivo promedio.

2.5.1.6 Cantera PABLITO – CARHUAZ

La ubicación de la cantera permite conocer la accesibilidad al material así como la influencia en el mercado, y su aplicación en la ciudad de Anta, y sus características son las siguientes:

Ubicación	:	Ciudad de Carhuaz
Acceso	:	Carretera Huaraz – Carhuaz
Material	:	Arena y Grava de rio.

Tabla 7.8 *Coordenadas de la Cantera PABLITO*

COORDENADAS UTM: ZONA 18				
Nro.	Nombre	Sur	Oeste	Elevación
1.-	PABLITO	9°16'17.18"	77°39'31.70"	2586 m.s.n.m

Fuente: Elaboración Propia

2.5.1.7 CARACTERISTICAS MECANICAS

Contenido de Humedad

Este ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 108 – 2000; “MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO”, el cual está basado en la norma ASTM D2216.

Equipo utilizado

- Balanza con precisión a 0.1% del peso de la muestra ensayada.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C

Descripción del proceso

- En nuestro caso por ser concreto permeable solo utilizaremos agregado grueso, se toma una muestra de 1400 gr aproximadamente y se coloca en dos recipientes previamente tarados.

- Se registra el peso de las dos taras la cual será el material “húmedo” se lleva al horno 24 horas a 105 +/- 5°C; pasado el tiempo, luego del enfriado, se vuelve a pesar el material, la cual representa el material seco.
- De las dos muestras sacadas se saca un promedio para tener un ensayo aproximado.

$$W = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso Suelo Seco}} * 100$$

Peso específico y absorción de agregado grueso

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 206 – 2000; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS, el cual está basado en la norma ASTM C127.

Equipo utilizado

- Balanza con precisión a 0.1% del peso con su juego de pesas.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C

Descripción del proceso

- Se tomó una muestra de 2500 gr. Aproximadamente de nuestra grava de 3/8” tamaño nominal, la cual fue saturada en agua durante 24 horas, seguido se secó con un paño a temperatura de ambiente.
- Luego de absorber la humedad con el paño para obtener el estado saturado superficialmente seco se toma tres cantidades de la muestra aproximadamente 800gr. en tres recipientes, se pesa en los recipientes previamente tarados y se introduce a una canasta sumergida en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada, se determina el peso sumergido y a continuación el material se lleva al horno para determinar el peso seco.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Dónde:

A: Peso al aire del a muestra seca al horno. (gr.)

B: Peso de la muestra S.S.S.(gr.)

C: Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.)

Peso unitario y porcentaje de vacíos de agregado grueso

Este ensayo nos permite conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada o suelta así como el porcentaje de vacíos del agregado grueso, el tamaño del agregado tiene que estar por debajo de 5 pulgadas (125mm). Se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 203 – 2000; PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS, el cual está basado en la norma ASTM C29.

Equipo utilizado

- Balanza
- Varilla compactadora
- Recipientes de volúmenes adecuados

Descripción del proceso

- Se ha elegido el molde con dimensiones adecuadas, de acuerdo al tamaño nominal del agregado, debido a que nuestro agregado tiene

un tamaño de 3/8” la cual el volumen del molde es de 2.776 cm³. Se tomaron 3 muestras con una diferencia de peso máximo de 20gr.

- Para determinar el peso unitario compactado se colocó el material en tres capas de igual volumen; en cada capa 25 golpes con la varilla sin que este choque a la base o altere capas inferiores de agregado, enrasando finalmente, pesando y tomando tres muestras para su respectivo promedio.

2.5.2 DISEÑO DE MEZCLA

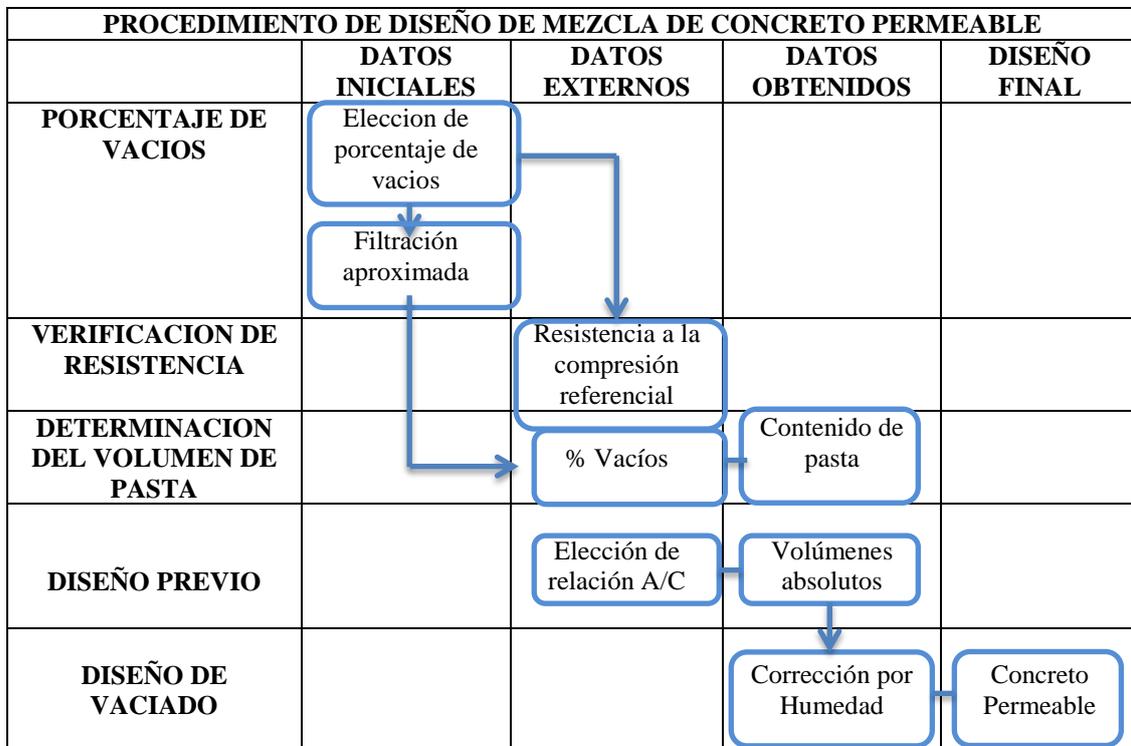


Figura 6.5 Procedimiento de diseño de mezcla de concreto permeable

2.5.2.1 Elección del porcentaje de vacíos

La elección del porcentaje de vacíos se hará de acuerdo a la norma ACI 522R, la cual varía del 15% al 35% obteniendo un 20% para una mayor resistencia en nuestras probetas.

La Figura 6.4 muestra la relación entre el contenido de vacíos y la tasa de filtración de una mezcla de concreto permeable.

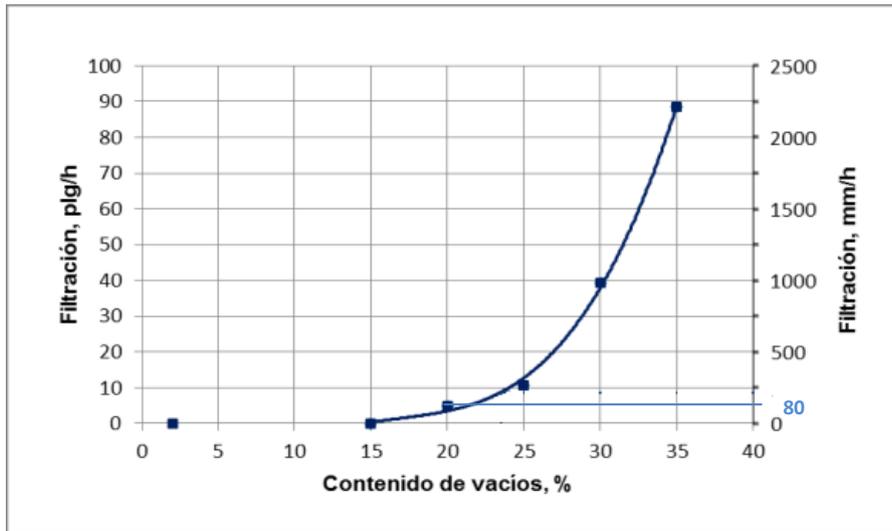


Figura 6.6 Contenido de vacíos vs Filtración requerida
(Adaptado de: ACI 522R-10, 2010)

2.5.2.2 Resistencia referencial según contenido de vacíos, a los 28 días

Luego de haber determinado el porcentaje de vacíos, se puede suponer la resistencia a compresión de acuerdo a la gráfica de la figura 6.5. En este gráfico podemos observar los valores de resistencia a la compresión desarrollados a los 28 días por testigos de concreto permeable elaborados con dos tamaños estándar de agregado gruesos: No 08 y No 67.

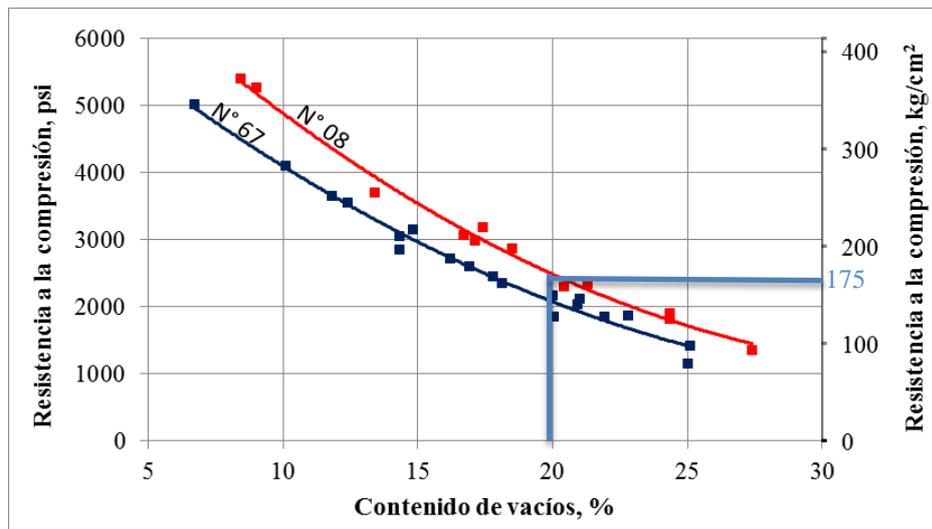


Figura 6.7 Relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión a los 28 días para tamaño de agregados N° 67 y N° 8 (adaptado de ACI 522-10, ACI 211.3R-02).

En la Figura 6.5 se observa que para un contenido de vacíos mínimo recomendado (15%) los valores de resistencia a la compresión desarrollados por testigos de concreto permeable elaborados con agregados gruesos de tamaños No 8 y No 67; varían alrededor de 210 kg/cm². De esta manera podemos obtener valores de resistencias a compresión referenciales para el diseño.

2.5.2.3 Determinación del volumen de pasta

Luego de haber verificado las resistencias a compresión referenciales, se procederá a calcular el volumen de pasta de acuerdo al (ACI 522R-10 y ACI-211.3R-02), en el cual a partir del contenido de vacíos elegido, podemos obtener el porcentaje del volumen de pasta en la mezcla.

La figura 6.6 muestra la relación entre el contenido de vacíos y el volumen de pasta necesario para concretos permeables elaborados con tamaño de agregado grueso No. 8.

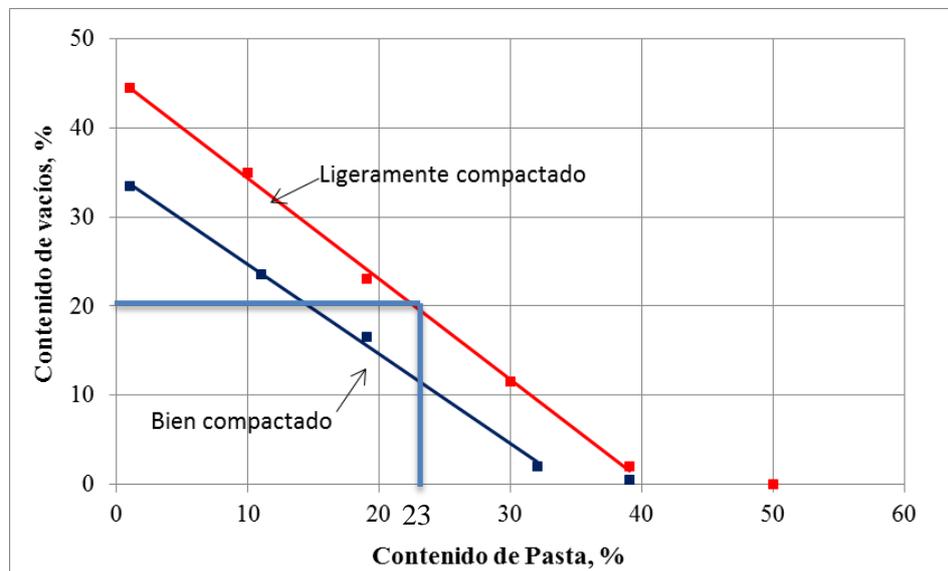


Figura 6.8 Relación entre el porcentaje de vacíos y el contenido de pasta para tamaños de agregados N° 8 (Adaptado ACI 522-10, ACI 211.3R-02).

En el presente gráfico se observa que se tiene dos curvas, las cuales definen el tipo de compactación que se tendrá en cuenta durante el vaciado del concreto

permeable y durante la elaboración de probetas (briquetas) in situ, estas son: ligeramente compactada, donde se incrementa el volumen de pasta y la bien compactada disminuye el volumen de pasta, esta condición se identifica en un mismo porcentaje de vacíos.

Una vez determinado el volumen de pasta necesario, se determinan los pesos de cemento y agua por metro cúbico de mezcla, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Vp = Vc + Va$$

Dónde:

Vp : Volumen de Pasta

Vc : Volumen de cemento.

Va : Volumen de agua

La cual se expresa como:

$$Vp = \frac{c}{P.E.c} + \frac{a}{P.E.a}$$

Dónde:

c : Peso del cemento por m^3 de mezcla.

a : Peso del agua por m^3 de mezcla.

P.E.c : Peso específico del cemento.

P.E.a : Peso específico del agua

Considerando que el peso específico del cemento y agua son **3.15 gr/cm³** y 1.00 respectivamente, se tiene:

$$Vp = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{a}{1.00 * 1000}$$

Y con relación a/c, obtenemos:

$$V_p = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{\frac{a}{c} * c}{1.00 * 1000}$$

Reemplazando el volumen de pasta y la relación a/c:

$$0.23 = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{0.40 * c}{1.00 * 1000}$$

2.5.3 PRUEBA DE COMPRESION DE CILINDROS

Se realizaran tres especímenes por cada alternativa del concreto permeable, considerando que una alternativa consta de una resistencia y un agregado diferente, evaluado a una edad específica (7, 14, 28 días), es decir que en el día 7 se someterán a la prueba de compresión 9 cilindros, a los 14 días se reventaran otros 9 cilindros y por ultimo a los 28 días se efectuara la prueba de compresión a los cilindros restantes que son 9.

Por lo tanto la prueba de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto permeable constara de un universo muestral de 27 cilindros en total, que se someterán a la prueba antes mencionada.

Para la Ejecución de esta prueba se aplicó la Norma ASTM C-39 Nos dice que la prueba Consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros de realizados.

Los especímenes a ser sometidos a prueba tuvieron de haberse realizado con los procesos constructivos adecuados y el debido curado antes de la edad a ser probados, tales requerimientos se mencionan en la norma ASTM C-31.

2.5.3.1 PROCEDIMIENTO

El Proceso que se llevó a cabo para ejercer la prueba fue lo siguiente. Para iniciar se con el pie de rey se tomó la medida tanto del diámetro como la altura del cilindros en dos extremos opuestos, básicamente las probetas son de 15 cm de Diámetro con 30 cm de Altura. Una vez que se ha obtenido el promedio de altura y diámetro se prosigue a pesar la muestra cilíndrica.

Tabla 7.9 Peso de Muestras cilíndricas según cantera y días de curado

CANTERA	PESO DE MUESTRAS		
	EDAD		
	7	14	28
ROLAN	10.095	9.30	10.34
	10.335	10.12	9.48
	10.105	9.59	10.12
ROSALES	10.115	9.463	10.122
	10.032	9.821	10.368
	10.236	10.326	10.023
PABLITO	9.825	9.965	10.795
	9.795	10.050	9.555
	9.855	9.975	9.690

Fuente: Elaboración Propia



Figura 6.9: Probetas antes de someter a compresión

Una vez que los cilindros han sido pesados y medidos los cilindros, se coloca el espécimen sobre la placa inferior, se alinea cuidadosamente el eje del mismo con respecto al centro de la placa de asiento inferior. Al tener perfectamente colocado el espécimen, se le aplica la carga hasta que falle, se registra la carga soportada durante la prueba y anotar el tipo de falla, siguiendo como patrón, las siguientes figuras que muestra las formas de:

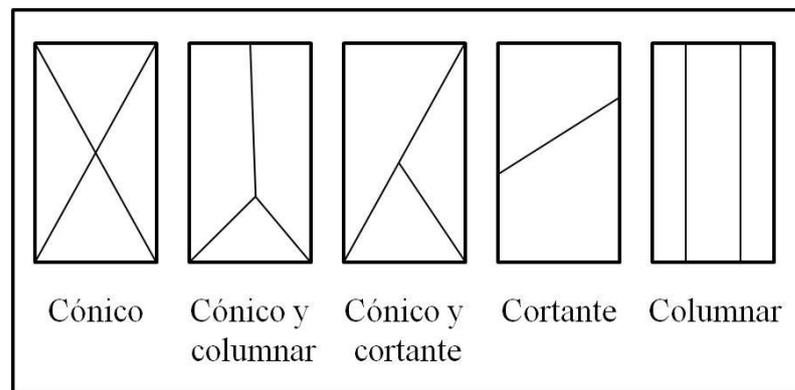


Figura 7.0: Formas de falla de probetas de concreto

2.5.4 PRUEBA DE INFILTRACION DE CILINDROS

Para la prueba de infiltración se tomó como muestra 12 cilindros por cada alternativa de diseño, evaluándose a los 7 días siendo un total de 12 cilindros que se someterán al método de prueba de la Norma ACI 522R.

Se realizaron 04 pruebas de infiltración con una maquina elaborada manualmente siguiendo los reglamentos del ACI 522 R para poder calcular el tiempo y la cantidad de agua en cada muestra.

3. RESULTADOS

3.1 CARACTERISTICAS MECANICAS

- Cantera: ROLAN

- **Contenido de Humedad:**

Tabla 8.0 *Contenido de humedad agregado grueso*

AGREGADO GRUESO			
	N° de Recipiente	# 46	# 11
1	Peso Recipiente + Suelo Húmedo	914	885
2	Peso Recipiente + Suelo Seco	899.2	867.9
3	Peso del Agua (1) – (2)	14.8	17.1
4	Peso Recipiente (gr)	175.4	158.4
5	Peso Suelo Seco (2) – (4)	723.8	709.5
6	Humedad (3/5) x 100(%)	2.0448	2.41
	HUMEDAD PROMEDIO		2.23%

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso específico y absorción del agregado grueso**

Tabla 8.1 *Datos de ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso*

	IDENTIFICACION	# 10	# 30	#39
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (Al aire)	614.8	600	667.9
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En agua)	405	394	437.3
C	Vol. De Masa/Vol. de vacíos= A-B	209.8	206	230.6
D	Peso Mat. Seco en horno (105°c)	609.2	593.7	661.7
E	Vol. de Masa = C – (A – D)	204.2	199.7	224.4
	Pe Bulk (Base seca) = D/C	2.90	2.88	2.87
	Pe Buk (Base Saturada) = A/C	2.93	2.91	2.89
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.98	2.97	2.95
	% de Absorción = ((A-D)/D)*100	0.92	1.06	0.94

Fuente: Elaboración Propia

- **Promedio de peso específico y absorción del agregado grueso**

Tabla 8.2 Resultados de peso específico y absorción de agregado grueso

Peso específico y absorción	
Peso específico aparente	2.89 gr/cm ³
Peso específico aparente S.S.S.	2.91 gr/cm ³
Peso específico nominal	2.97 gr/cm ³
Absorción	0.97 %

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso unitario y porcentaje de vacíos de agregado grueso**

Agregado Grueso Suelto

Tabla 8.3 Peso Unitario Suelto agregado grueso

TIPO DE PESO UNITARIO MUESTRA N°	PESO UNITARIO SUELTO		
	1	2	3
Peso Material + Molde	7.785	7.775	7.780
Peso del Molde	3.420	3.420	3.420
Peso del Material	4.365	4.355	4.36
Volumen del Molde	2.776	2.776	2.776
Peso Unitario	1.57	1.57	1.57
Peso Unitario Promedio		1.57	

Fuente: Elaboración Propia

Agregado Grueso Compactado

Tabla 8.4 Peso Unitario Compactado agregado grueso

TIPO DE PESO UNITARIO MUESTRA N°	PESO UNITARIO COMPACTADO		
	1	2	3
Peso Material + Molde	7.915	7.915	7.900
Peso del Molde	3.420	3.420	3.420
Peso del Material	4.495	4.495	4.48
Volumen del Molde	2.776	2.776	2.776
Peso Unitario	1.62	1.62	1.61
Peso Unitario Promedio		1.62	

Fuente: Elaboración Propia

PORCENTAJE DE VACIOS AGREGADO GRUESO

Tabla 8.5 *Porcentajes de vacío del agregado grueso suelto*

AGREGADO GRUESO SUELTO		
Peso específico aparente gr/cm ³	(A)	2.89
Peso unitario suelto gr/cm ³	(B)	1.57
Peso unitario del agua (1gr/cm ³)	(W)	1
% Vacíos del agregado suelto $((A*W)-B)*100/A*W$		45.64

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8.6 *Porcentajes de vacío del agregado grueso compactado*

AGREGADO GRUESO COMPACTADO		
Peso específico aparente gr/cm ³	(A)	2.89
Peso unitario suelto gr/cm ³	(B)	1.62
Peso unitario del agua (1gr/cm ³)	(W)	1
% Vacíos del agregado suelto $((A*W)-B)*100/A*W$		44.05

Fuente: Elaboración Propia

Resultados

Tabla 8.7 *Porcentajes de vacío del agregado grueso compactado*

Descripción	Suelto		Compactado	
	Peso Unitario	Porcentaje de Vacíos	Peso Unitario	Porcentaje de Vacíos
Agregado Grueso 3/8	1.57	45.64 %	1.62	44.05%

Fuente: Elaboración Propia

- **Cantera: ROSALES**

- **Contenido de Humedad:**

Tabla 8.8 *Contenido de humedad agregado grueso*

AGREGADO GRUESO			
	N° de Recipiente	# 20	# 2
1	Peso Recipiente + Suelo Húmedo	807.9	856.6
2	Peso Recipiente + Suelo Seco	803.9	851.5
3	Peso del Agua (1) – (2)	4	5.1
4	Peso Recipiente (gr)	165.6	168.5
5	Peso Suelo Seco (2) – (4)	638.3	683
6	Humedad (3/5) x 100(%)	0.63	0.75
	HUMEDAD PROMEDIO		0.69%

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso específico y absorción del agregado grueso**

Tabla 8.9 *Datos de ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso*

	IDENTIFICACION	# 47	# 28	#16
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (Al aire)	854	875	869
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En agua)	476.9	477.6	480
C	Vol. De Masa/Vol. de vacíos= A-B	377.1	397.4	389
D	Peso Mat. Seco en horno (105°C)	845.7	867.8	862.4
E	Vol. de Masa = C – (A – D)	368.8	390.2	382.4
	Pe Bulk (Base seca) = D/C	2.24	2.18	2.22
	Pe Buk (Base Saturada) = A/C	2.26	2.20	2.23
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.29	2.22	2.26
	% de Absorción = ((A-D)/D)*100	0.98	0.83	0.77

Fuente: Elaboración Propia

- **Promedio de peso específico y absorción del agregado grueso**

Tabla 9.0 Resultados de peso específico y absorción de agregado grueso

Peso específico y absorción	
Peso específico aparente	2.21 gr/cm ³
Peso específico aparente S.S.S.	2.23 gr/cm ³
Peso específico nominal	2.26 gr/cm ³
Absorción	0.86 %

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso unitario y porcentaje de vacíos de agregado grueso**

- **Agregado Grueso Suelto**

Tabla 9.1 Peso Unitario Suelto agregado grueso

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			
	MUESTRA N°	1	2	3
Peso Material + Molde		7.845	7.83	7.82
Peso del Molde		3.420	3.420	3.420
Peso del Material		4.425	4.41	4.4
Volumen del Molde		2.776	2.776	2.776
Peso Unitario		1.59	1.59	1.59
Peso Unitario Promedio			1.59	

Fuente: Elaboración Propia

- **Agregado Grueso Compactado**

Tabla 9.2 Peso Unitario Compactado agregado grueso

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO COMPACTADO			
	MUESTRA N°	1	2	3
Peso Material + Molde		7.96	7.945	7.94
Peso del Molde		3.420	3.420	3.420
Peso del Material		4.54	4.525	4.52
Volumen del Molde		2.776	2.776	2.776
Peso Unitario		1.64	1.63	1.63
Peso Unitario Promedio			1.63	

Fuente: Elaboración Propia

- **PORCENTAJE DE VACIOS AGREGADO GRUESO**

Tabla 9.3 *Porcentajes de vacío del agregado grueso suelto*

AGREGADO GRUESO SUELTO		
Peso específico aparente gr/cm ³	(A)	2.21
Peso unitario suelto gr/cm ³	(B)	1.59
Peso unitario del agua (1gr/cm ³)	(W)	1
% Vacíos del agregado suelto $((A*W)-B)*100/A*W$		28.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.4 *Porcentajes de vacío del agregado grueso compactado*

AGREGADO GRUESO COMPACTADO		
Peso específico aparente gr/cm ³	(A)	2.21
Peso unitario suelto gr/cm ³	(B)	1.63
Peso unitario del agua (1gr/cm ³)	(W)	1
% Vacíos del agregado suelto $((A*W)-B)*100/A*W$		26.20

Fuente: Elaboración Propia

- **Resultados**

Tabla 9.5 *Porcentajes de vacío del agregado grueso compactado*

Descripción	Suelto		Compactado	
	Peso Unitario	Porcentaje de Vacíos	Peso Unitario	Porcentaje de Vacíos
Agregado Grueso 3/8	1.59	28.10 %	1.63	26.20%

Fuente: Elaboración Propia

- **Cantera: PABLITO**

- **Contenido de Humedad:**

Tabla 9.6 *Contenido de humedad agregado grueso*

AGREGADO GRUESO			
	N° de Recipiente	# 40	# 47
1	Peso Recipiente + Suelo Húmedo	721.9	671.2
2	Peso Recipiente + Suelo Seco	718	668
3	Peso del Agua (1) – (2)	3.9	3.2
4	Peso Recipiente (gr)	164	168.5
5	Peso Suelo Seco (2) – (4)	554	499.5
6	Humedad (3/5) x 100(%)	0.70	0.64
	HUMEDAD PROMEDIO		0.67%

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso específico y absorción del agregado grueso**

Tabla 9.7 *Datos de ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso*

	IDENTIFICACION	# 24	# 34	#45
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (Al aire)	611.8	626.9	637.3
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En agua)	376	390.4	394.5
C	Vol. De Masa/Vol. de vacíos= A-B	235.8	236.5	242.8
D	Peso Mat. Seco en horno (105°C)	605.8	621.3	631.3
E	Vol. de Masa = C – (A – D)	229.8	230.9	236.8
	Pe Bulk (Base seca) = D/C	2.57	2.63	2.60
	Pe Buk (Base Saturada) = A/C	2.59	2.65	2.62
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.64	2.69	2.67
	% de Absorción = ((A-D)/D)*100	0.99	0.90	0.95

Fuente: Elaboración Propia

- **Promedio de peso específico y absorción del agregado grueso**

Tabla 9.8 Resultados de peso específico y absorción de agregado grueso

Peso específico y absorción	
Peso específico aparente	2.60 gr/cm ³
Peso específico aparente S.S.S.	2.62 gr/cm ³
Peso específico nominal	2.66 gr/cm ³
Absorción	0.95 %

Fuente: Elaboración Propia

- **Peso unitario y porcentaje de vacíos de agregado grueso**

- **Agregado Grueso Suelto**

Tabla 9.9 Peso Unitario Suelto agregado grueso

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			
	MUESTRA N°	1	2	3
Peso Material + Molde		7.71	7.705	7.74
Peso del Molde		3.420	3.420	3.420
Peso del Material		4.29	4.285	4.32
Volumen del Molde		2.776	2.776	2.776
Peso Unitario		1.55	1.54	1.56
Peso Unitario Promedio			1.55	

Fuente: Elaboración Propia

- **Agregado Grueso Compactado**

Tabla 10.0 Peso Unitario Compactado agregado grueso

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO COMPACTADO			
	MUESTRA N°	1	2	3
Peso Material + Molde		7.81	7.805	7.84
Peso del Molde		3.420	3.420	3.420
Peso del Material		4.39	4.385	4.42
Volumen del Molde		2.776	2.776	2.776
Peso Unitario		1.58	1.58	1.59
Peso Unitario Promedio			1.59	

Fuente: Elaboración Propia

- **PORCENTAJE DE VACIOS AGREGADO GRUESO**

Tabla 10.1 *Porcentajes de vacío del agregado grueso suelto*

AGREGADO GRUESO SUELTO		
Peso específico aparente gr/cm ³	(A)	2.6
Peso unitario suelto gr/cm ³	(B)	1.55
Peso unitario del agua (1gr/cm ³)	(W)	1
% Vacíos del agregado suelto $((A*W)-B)*100/A*W$		40.46

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10.2 *Porcentajes de vacío del agregado grueso compactado*

AGREGADO GRUESO COMPACTADO		
Peso específico aparente gr/cm ³	(A)	2.6
Peso unitario suelto gr/cm ³	(B)	1.59
Peso unitario del agua (1gr/cm ³)	(W)	1
% Vacíos del agregado suelto $((A*W)-B)*100/A*W$		39.08

Fuente: Elaboración Propia

- **Resultados**

Tabla 10.3 *Porcentajes de vacío del agregado grueso compactado*

Descripción	Suelto		Compactado	
	Peso Unitario	Porcentaje de Vacíos	Peso Unitario	Porcentaje de Vacíos
Agregado Grueso 3/8	1.55	40.46 %	1.59	39.08%

Fuente: Elaboración Propia

3.2 RESISTENCIA A COMPRESION

3.1.1 RESISTENCIA A COMPRESION 7 DIAS CURADO

- **ROLAN – HUARAZ:**

Tabla 10.4 Resistencia a Compresión 7 Días de edad cantera Rolan.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	7	15	30	176.71	11760	66.60
2	7	15	30	176.71	11640	65.90
3	7	15	30	176.71	12470	70.60
PROMEDIO						67.70

Fuente: Elaboración Propia

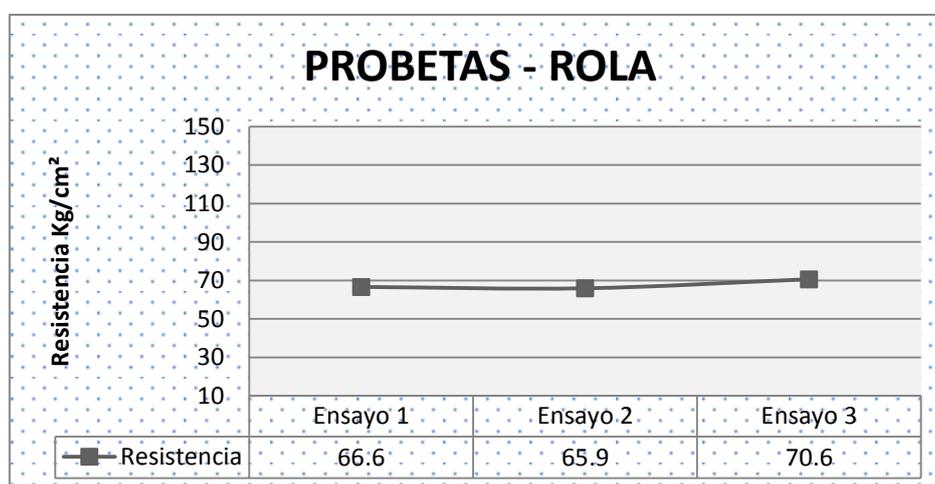


Gráfico N° 01: Resistencia a los 7 días de edad

Fuente: Elaboración Propia

- **ROSALES – ANTA:**

Tabla 10.5 Resistencia a Compresión 7 Días de edad cantera Rosales.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	7	15	30	176.71	10483	59.30
2	7	15	30	176.71	15882	89.90
3	7	15	30	176.71	20420	115.6
PROMEDIO						88.27

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 02: Resistencia a los 7 días de edad

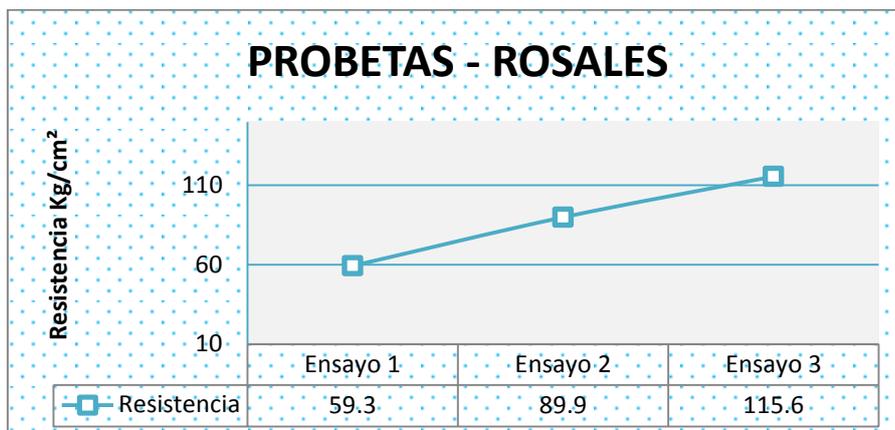


Gráfico N° 02: Resistencia a los 7 días de edad Cantera Rosales

Fuente: Elaboración Propia

- **PABLITO – CARHUAZ:**

Tabla 10.6 Resistencia a Compresión 7 Días de edad cantera Pablito.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	7	15	30	176.71	7780	44.0
2	7	15	30	176.71	9570	54.2
3	7	15	30	176.71	8440	47.8
PROMEDIO						48.67

Fuente: Elaboración Propia

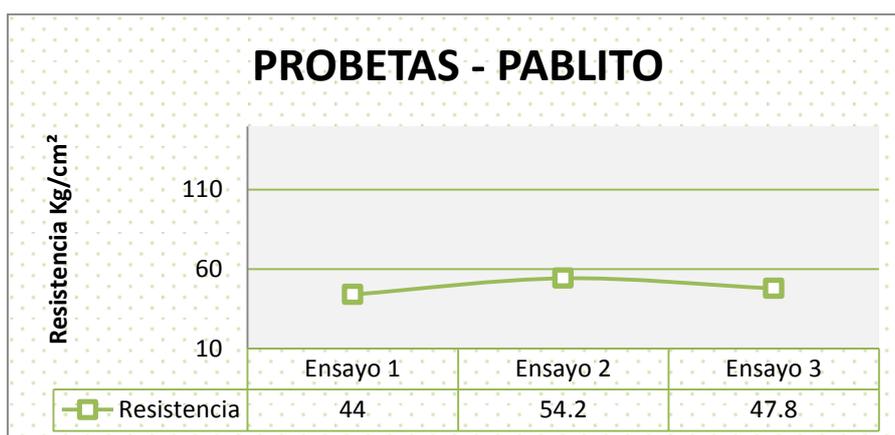


Gráfico N° 03: Resistencia a los 7 días de edad

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 RESISTENCIA A COMPRESION 14 DIAS CURADO

- **ROLAN – HUARAZ**

Tabla 10.7 Resistencia a Compresión 14 Días de edad cantera Rolan.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	14	15	30	176.71	19710	111.5
2	14	15	30	176.71	18570	105.1
3	14	15	30	176.71	19420	109.9
PROMEDIO						108.83

Fuente: Elaboración Propia.

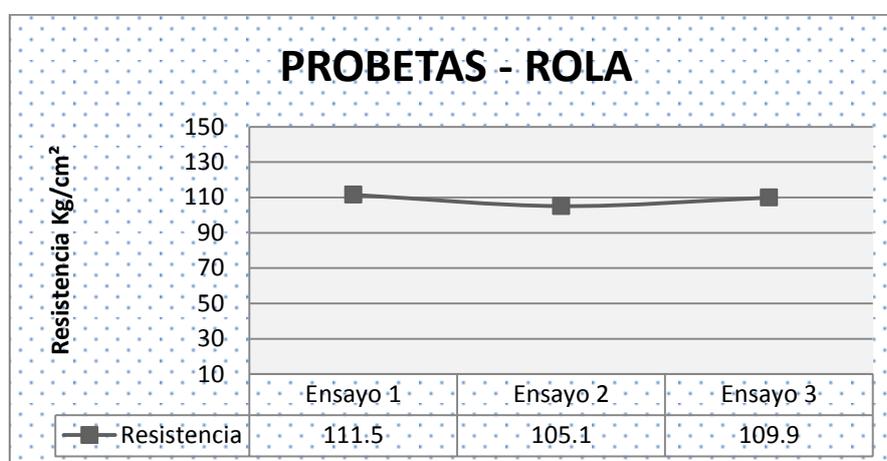


Gráfico N° 04: Resistencia a los 14 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

- **ROSALES – ANTA**

Tabla 10.8 Resistencia a Compresión 14 Días de edad cantera Rosales.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	14	15	30	176.71	21805	123.4
2	14	15	30	176.71	18630	105.4
3	14	15	30	176.71	19440	110.0
PROMEDIO						112.93

Fuente: Elaboración Propia.

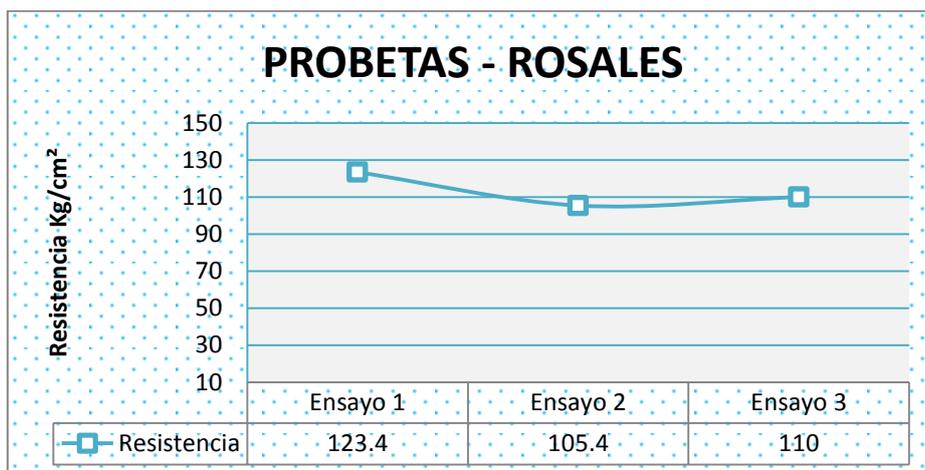


Gráfico N° 05: Resistencia a los 14 días de edad

Fuente: Elaboración Propia

- **PABLITO – CARHUAZ**

Tabla 10.9 Resistencia a Compresión 14 Días de edad cantera Pablito.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	14	15	30	176.71	12520	70.9
2	14	15	30	176.71	13880	78.6
3	14	15	30	176.71	14470	81.9
PROMEDIO						77.10

Fuente: Elaboración Propia.

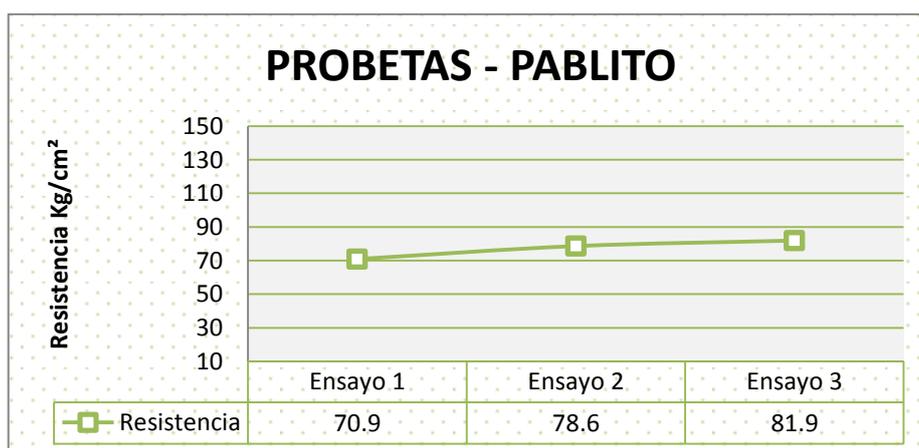


Gráfico N° 06: Resistencia a los 14 días de edad

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 RESISTENCIA A COMPRESION 28 DIAS DE CURADO

- **ROLAN – HUARAZ**

Tabla 11.0 Resistencia a Compresión 28 Días de edad cantera Rolan.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm2)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)
1	28	15	30	176.71	26380	149.3
2	28	15	30	176.71	28670	162.3
3	28	15	30	176.71	27490	155.6
PROMEDIO						155.73

Fuente: Elaboración Propia.

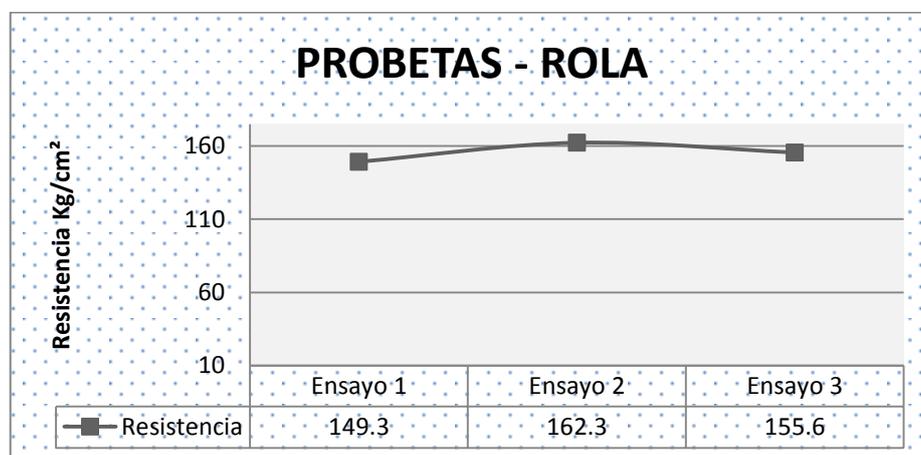


Gráfico N° 07: Resistencia a los 28 días de edad

Fuente: Elaboración Propia

- **ROSALES – ANTA**

Tabla 11.1 Resistencia a Compresión 28 Días de edad cantera Rosales.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm2)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)
1	28	15	30	176.71	25618	145.0
2	28	15	30	176.71	25901	146.6
3	28	15	30	176.71	24746	140.0
PROMEDIO						143.87

Fuente: Elaboración Propia.

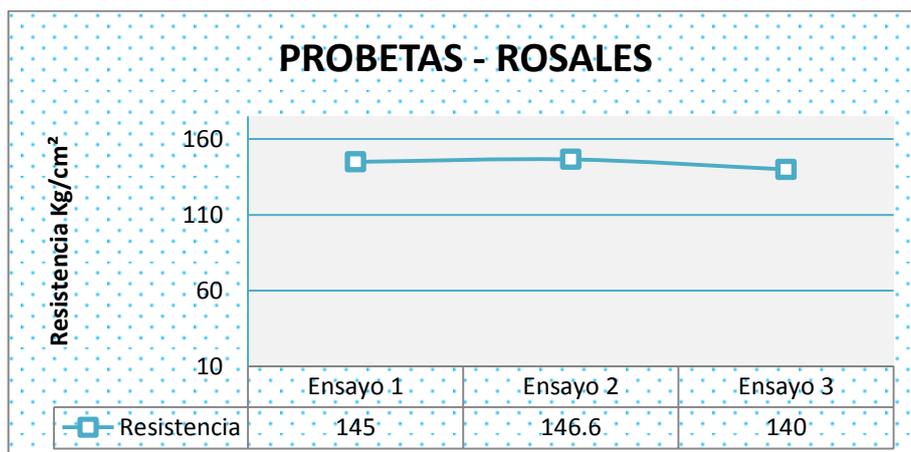


Gráfico N° 08: Resistencia a los 28 días de edad

Fuente: Elaboración Propia

- **PABLITO – CARHUAZ**

Tabla 11.2 Resistencia a Compresión 28 Días de edad cantera Pablito.

Ensayo	Edad	Dm(Cm)	H(Cm)	Área (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	28	15	30	176.71	19790	112.0
2	28	15	30	176.71	21440	121.3
3	28	15	30	176.71	20010	113.2
PROMEDIO						115.5

Fuente: Elaboración Propia.

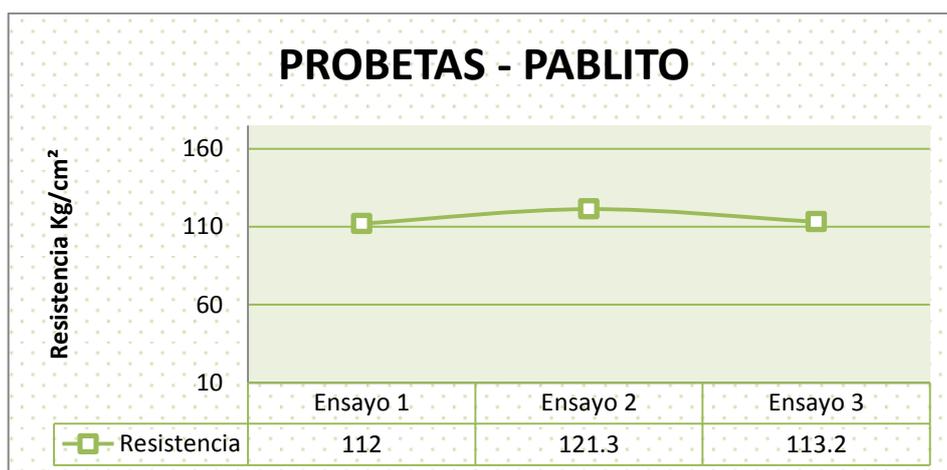


Gráfico N° 09: Resistencia a los 28 días de edad

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.4 RECOPIACION DE RESULTADOS A ESPECIMENES PROBADOS A COMPRESION CON MODULO DE VACISO DE 20%

- ROLAN:

Tabla 11.3 Recopilacion de resistencias a los 7, 14 y 28 días de Edad, Cantera Rolan.

EDAD	RESISTENCIA f'c (kg/cm2)
7	67.70
14	77.13
28	155.73

Fuente: Elaboración Propia.

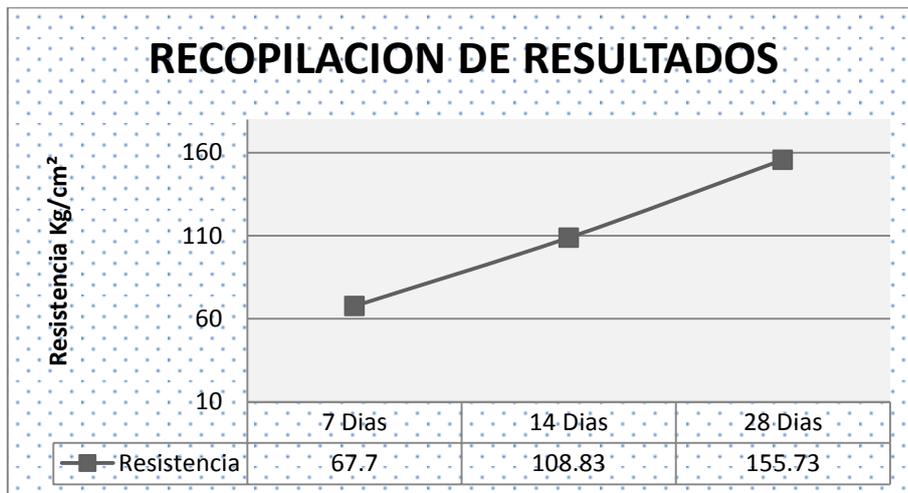


Gráfico N° 10: Promedio de resistencias

Fuente: Elaboración Propia

- **ROSALES:**

Tabla 11.4 Recopilación de resistencias a los 7, 14 y 28 días de Edad, Cantera Rosales.

EDAD	RESISTENCIA f'c (kg/cm2)
7	88.27
14	112.93
28	143.87

Fuente: Elaboración Propia.

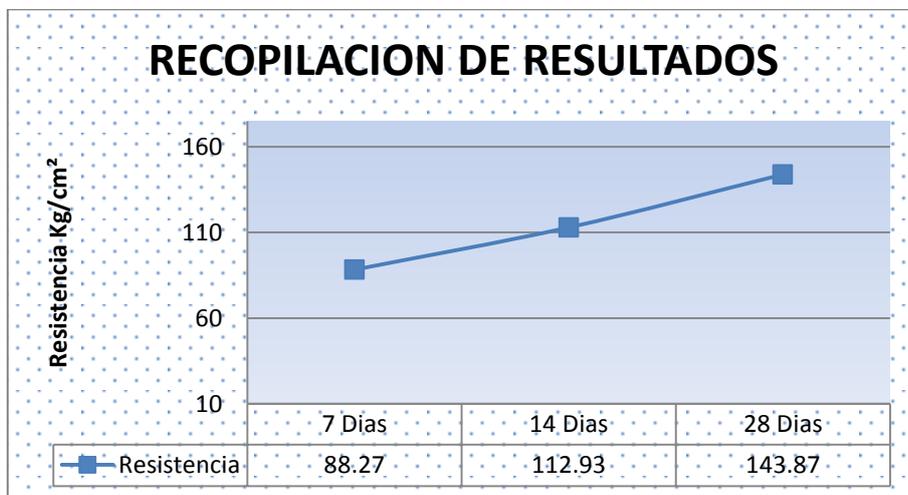


Gráfico N° 11: Promedio de resistencias

Fuente: Elaboración Propia

- **PABLITO:**

Tabla 11.5 Recopilación de resistencias a los 7, 14 y 28 días de Edad, Cantera Pablito.

EDAD	RESISTENCIA f'c (kg/cm2)
7	48.67
14	112.93
28	115.53

Fuente: Elaboración Propia.

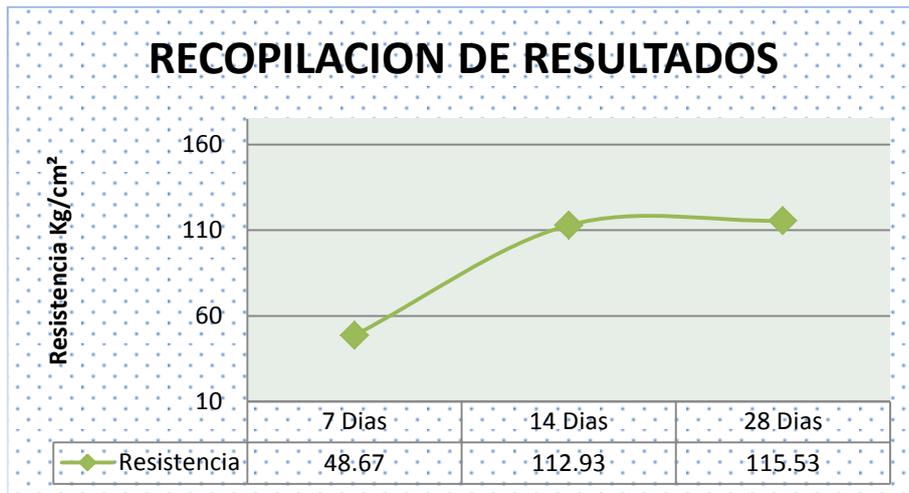


Gráfico N° 12: Promedio de resistencias
 Fuente: Elaboración Propia

3.2.5 GRAFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA vs EDAD DE CURADO

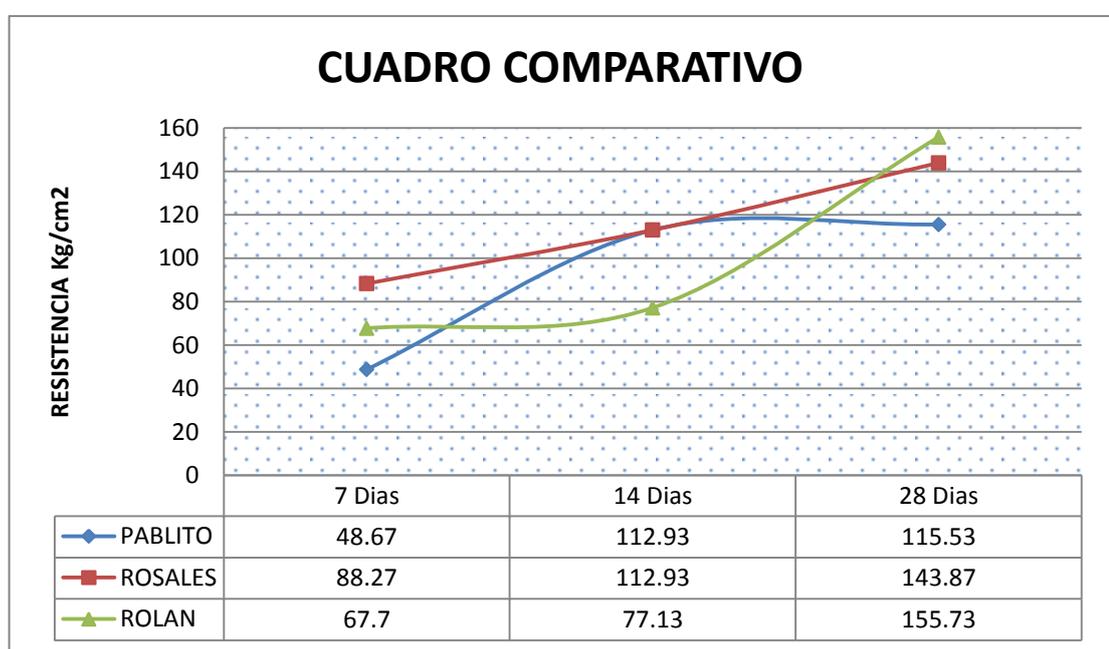


Gráfico N° 13: Promedio de resistencias
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11.6 Resistencia a Compresión 7 días de edad

"Comportamiento del concreto permeable con 20 % de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras- Huaraz"											
Origen:	Canteras del distrito de Huaraz de la provincia Huaraz										
Solicita:	Bach. Príncipe Ramos Max André										
Fecha inicio	08 de febrero del 2018										
Ensayo de Resistencia a la Compresión a los 7 días de edad											
Probetas	Cantera	φ cm	h cm	V m ³	Peso kg	Densidad del H° kg/m ³	Densidad promedio kg/m ³	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm ²	f'c kg/c m ²
1	Rolán	15.00	30	0.005	13.03	2605.40	2612.93	176.71	11760	66.55	67.66
2		15.00	30	0.005	13.10	2620.60		176.71	11640	65.87	
3		15.00	30	0.005	13.06	2612.80		176.71	12470	70.57	
4	Rosales	15.00	30	0.005	12.17	2434.20	2480.38	176.71	10483	59.32	88.21
5		15.01	30	0.005	12.57	2511.93		176.95	15882	89.75	
6		15.00	30	0.005	12.48	2495.00		176.71	20420	115.55	
7	Pablito	15.00	30	0.005	12.65	2529.00	2568.40	176.71	7780	44.03	48.65
8		15.00	30	0.005	12.86	2571.20		176.71	9570	54.16	
9		15.00	30	0.005	13.03	2605.00		176.71	8440	47.76	

Fuente: *Elaboración Propia*

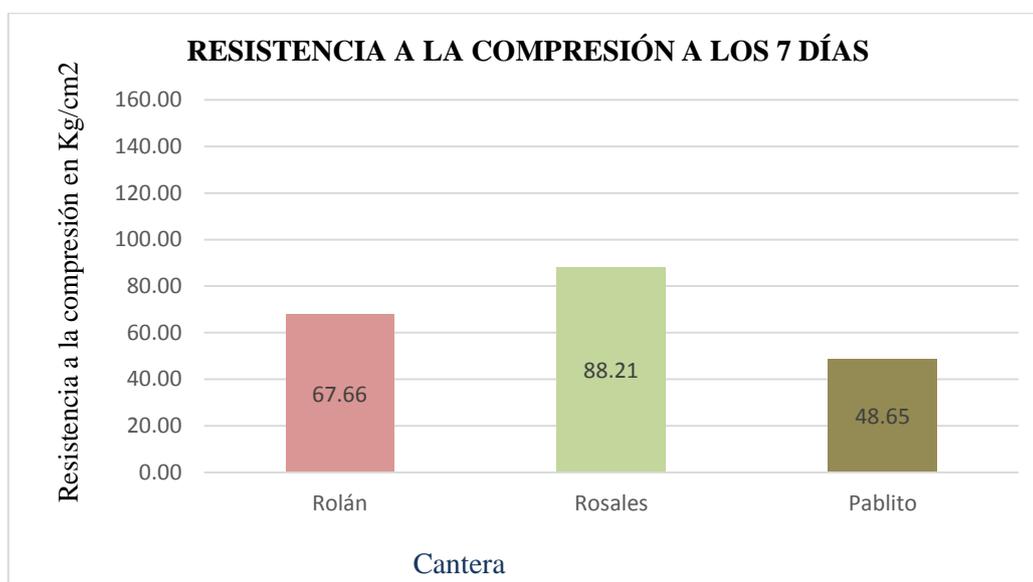


Gráfico N° 14: Resistencia a la compresión a los 7 días

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 11.7 Resistencia a Compresión 14 días de edad

"Comportamiento del concreto permeable con 20 % de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras-Huaraz"

Origen: Canteras del distrito de Huaraz de la provincia Huaraz
Solicita: Bach. Príncipe Ramos Max André
Fecha inicio 08 de febrero del 2018

Ensayo de Resistencia a la Compresión a los 14 días de edad

Probetas	Cantera	φ cm	h cm	V m ³	Peso kg	Densidad del H° kg/m ³	Densidad promedi o kg/m ³	Área cm ²	Carga (P) kg	Esfuerz o de compre sion kg/cm ²	f'c kg/cm ²		
1	Rolán	15.00	30	0.005	13.03	2605.40	2612.35	176.71	19710	111.54	108.79		
2		15.00	30	0.005	13.10	2620.60				176.71		18570	105.08
3		15.01	30	0.005	13.06	2611.06				176.95		19420	109.75
4	Rosales	15.00	30	0.005	12.17	2434.20	2480.93	176.71	21805	123.39	112.94		
5		15.00	30	0.005	12.57	2513.60				176.71		18630	105.42
6		15.00	30	0.005	12.48	2495.00				176.71		19440	110.01
7	Pablito	15.00	30	0.005	12.65	2529.00	2567.83	176.71	12520	70.85	77.06		
8		15.01	30	0.005	12.86	2569.49				176.95		13880	78.44
9		15.00	30	0.005	13.03	2605.00				176.71		14470	81.88

Fuente: *Elaboración Propia*

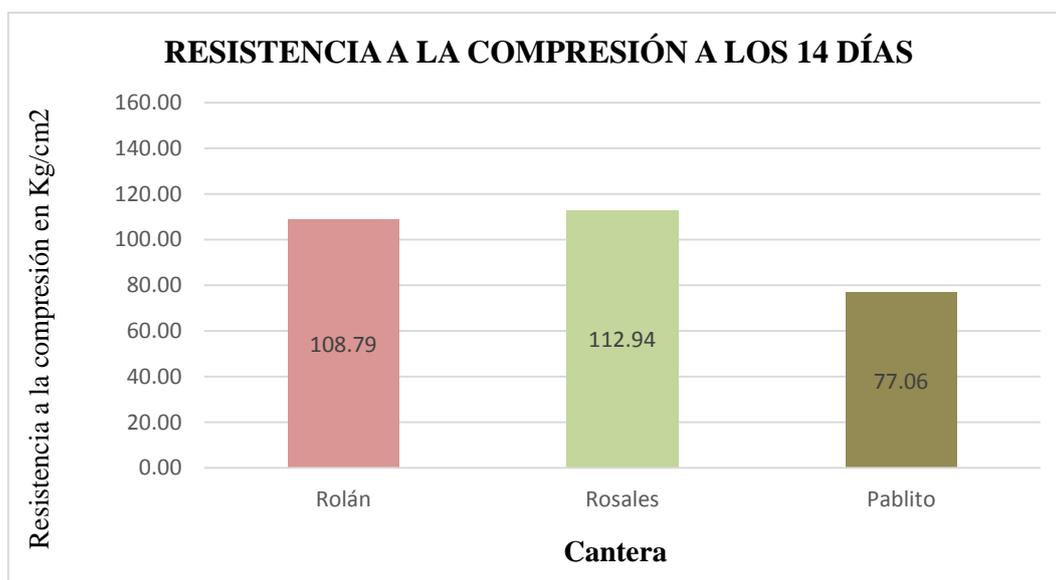


Gráfico N° 15: Resistencia a la compresión a los 14 días

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 11.8 Resistencia a Compresión 28 días de edad

"Comportamiento del concreto permeable con 20 % de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras- Huaraz"

Origen: Canteras del distrito de Huaraz de la provincia Huaraz
Solicita: Bach. Príncipe Ramos Max André
Fecha inicio 08 de febrero del 2018

Ensayo de Resistencia a la Compresión a los 28 días de edad

Probetas	Cantera	φ cm	h cm	V m ³	Peso kg	Densidad del H° kg/m3	Densidad promedio kg/m3	Área cm2	Carga (P) kg	Esfuerzo de compresión kg/cm2	f'c kg/cm2
1	Rolán	15.01	30	0.005	13.03	2603.66	2612.35	176.95	26380	149.08	155.63
2		15.00	30	0.005	13.10	2620.60		176.71	28670	162.24	
3		15.00	30	0.005	13.06	2612.80		176.71	27490	155.56	
4	Rosales	15.00	30	0.005	12.17	2434.20	2480.93	176.71	25618	144.97	143.86
5		15.00	30	0.005	12.57	2513.60		176.71	25901	146.57	
6		15.00	30	0.005	12.48	2495.00		176.71	24746	140.03	
7	Pablito	15.00	30	0.005	12.65	2529.00	2567.82	176.71	19790	111.99	115.47
8		15.00	30	0.005	12.86	2571.20		176.71	21440	121.33	
9		15.01	30	0.005	13.03	2603.26		176.95	20010	113.08	

Fuente: *Elaboración Propia*

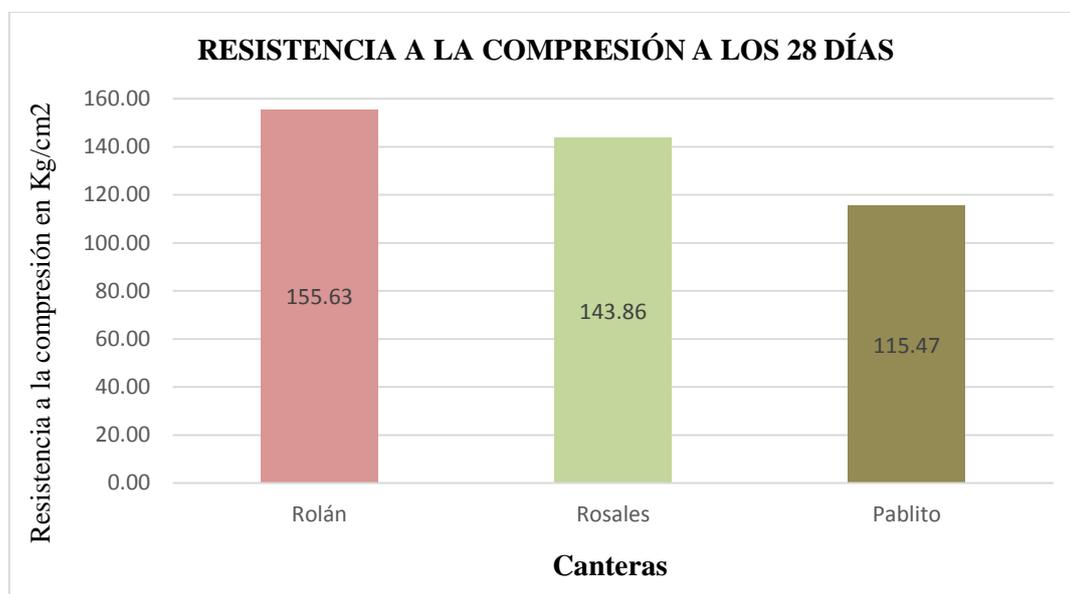


Gráfico N° 16: Resistencia a la compresión a los 28 días

Fuente: *Elaboración Propia.*

COMPARACIÓN DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EXPERIMENTAL

Tabla 11.9 Comparación de resistencias a compresión.

"Comportamiento del concreto permeable con 20 % de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras- Huaraz"

Origen:	Canteras del distrito de Huaraz de la provincia Huaraz
Solicita:	Bach. Príncipe Ramos Max André
Fecha inicio	08 de febrero del 2018

Comparación de las Resistencias a la Compresión de los Concretos

DÍAS	RESISTENCIA CANTERA ROLÁN	RESISTENCIA CANTERA ROSALES	RESISTENCIA CANTERA PABLITO
7	67.66	88.21	48.65
14	108.79	112.94	77.06
28	155.63	143.86	115.47

Fuente: *Elaboración Propia.*

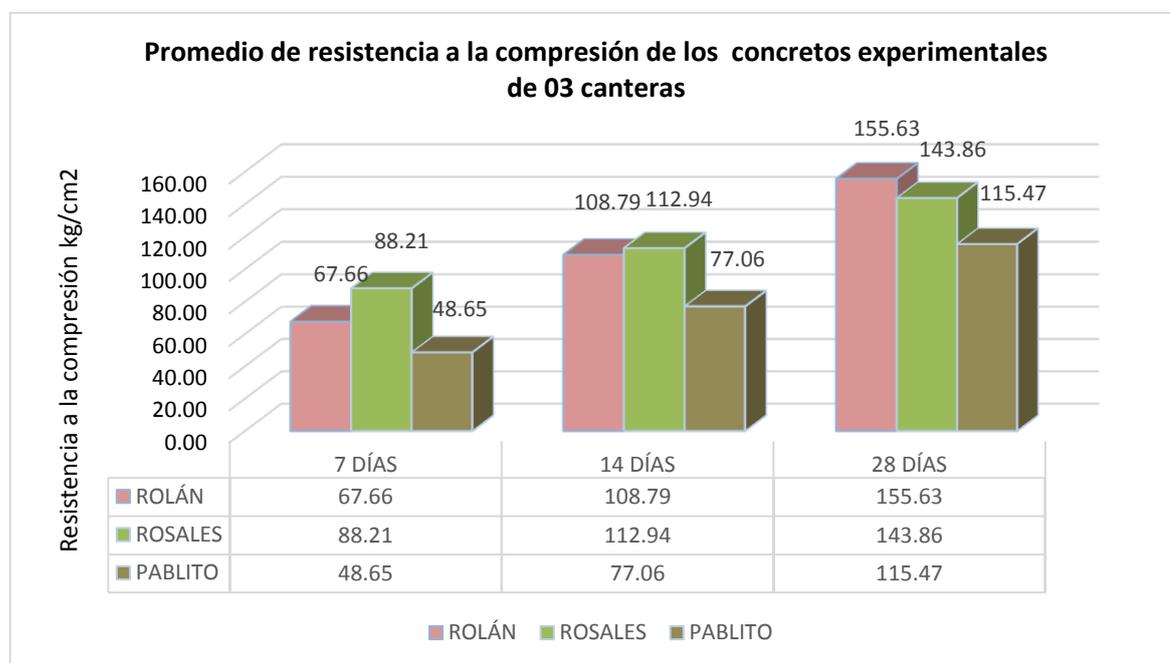


Gráfico N° 17: *Comparación de resistencias*

Fuente: *Elaboración Propia.*

DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR (DBCA)

Modelo Aditivo Lineal

$$\gamma_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

- γ_{ij} : Valor observado en la unidad experimental
- μ : Efecto de la media general
- β_j : Efecto del j-esimo bloque j:1,2,3
- τ_i : Efecto del i-esimo tratamiento i:1,2,3,4,5.
- ϵ_{ij} : Efecto aleatorio del error experimental

Análisis de Varianza

Tabla N° 12.0: Fórmulas de análisis de varianza (ANOVA)

FV	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	(b-1)	$\sum x^2_{.j} / t - (\sum x)^2 / bt$	$S_{cb} / b - 1$	CM_b / CM_e
Tratamientos	(t-1)	$\sum x^2_{i.} / b - (\sum x)^2 / bt$	$S_{ct} / t - 1$	CM_t / CM_e
Error	(b-1)	$S_{c_{total}} - S_{c_{bloque}}$	$S_{ce} / (b-1) (t-1)$	
Experimental	(t-1)	$S_{c_{tratamiento}}$		
Total	bt-1	$\sum x^2_{..} - (\sum x)^2 / bt$		

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 12.1: Análisis de varianza

ANALISIS DE VARIANZA PARA DETERMINAR LAS DIFERENCIAS DE LAS RESISTENCIAS DE LOS CONCRETOS DE LAS 03 CANTERAS						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	gl	Promedio de los cuadrados	F	Prob	Valor crítico para F
Días	7407.477	2	3703.739	54.610	0.05	5.143
Cantera	2134.518	2	1067.259	15.736	0.05	5.143
Error	271.287	4	67.822			
Total	9813.283	7				

Fuente: *Elaboración propia.*

Al ser los valores de la Probabilidad menores que 0.05 y la Fcalculada > Fcrítico, tal como se puede observar en la presente Tabla ($54.610 > 5.143$ y $15.736 > 5.143$), indica que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión de los concretos de las 03 canteras.

3.3 PROPIEDAD HIDRAULICA

3.3.1 TAZA DE PERCOLACION SOBRE ESPECIMEN DE CONCRETO

- **ROLA – HUARAZ:**

Tabla 12.2: Tasa de Percolación a los 7 días de Edad, Cantera Pablito.

EDAD	PERCOLACION (mm/seg)
7	26.051
7	31.850
7	36.308
7	29.562

Fuente: *Elaboración Propia*

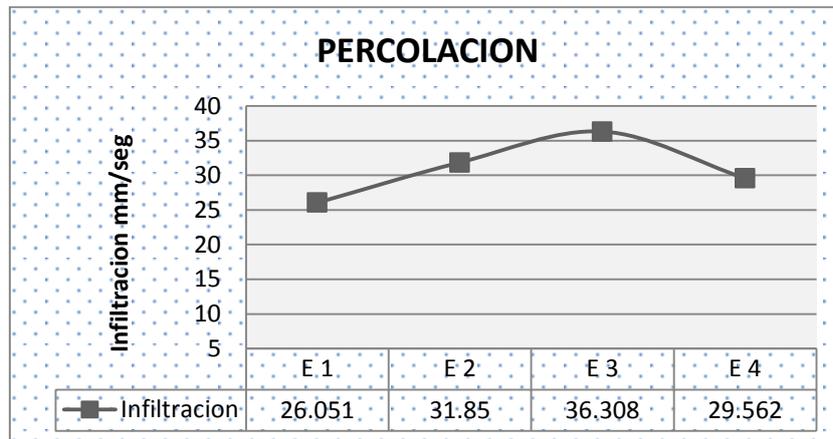


Gráfico N° 18: Comparación de resistencias

Fuente: Elaboración Propia.

- **ROSALES – ANTA:**

Tabla 12.3: Tasa de Percolación a los 7 días de Edad, Cantera Pablito.

EDAD	PERCOLACION (mm/seg)
7	8.611
7	8.309
7	26.407
7	10.936

Fuente: Elaboración Propia

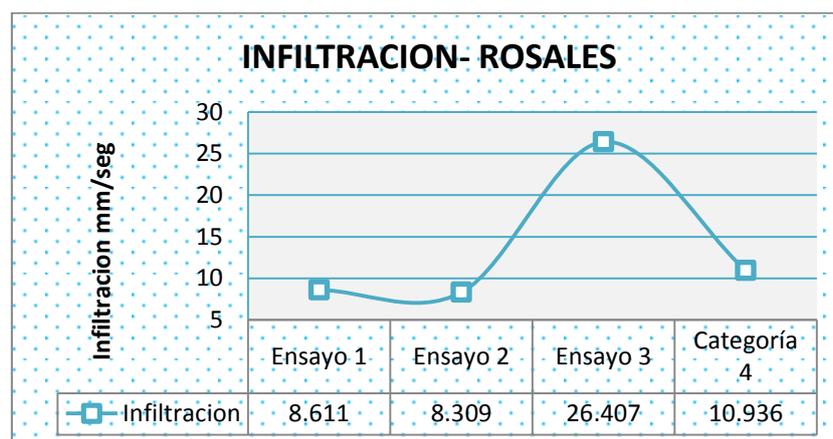


Gráfico N° 19: Comparación de resistencias

Fuente: Elaboración Propia.

- **PABLITO – CARHUAZ:**

Tabla 12.4: Tasa de Percolación a los 7 días de Edad, Cantera Pablito.

EDAD	PERCOLACION (mm/seg)
7	28.672
7	25.228
7	30.034
7	27.624

Fuente: Elaboración Propia

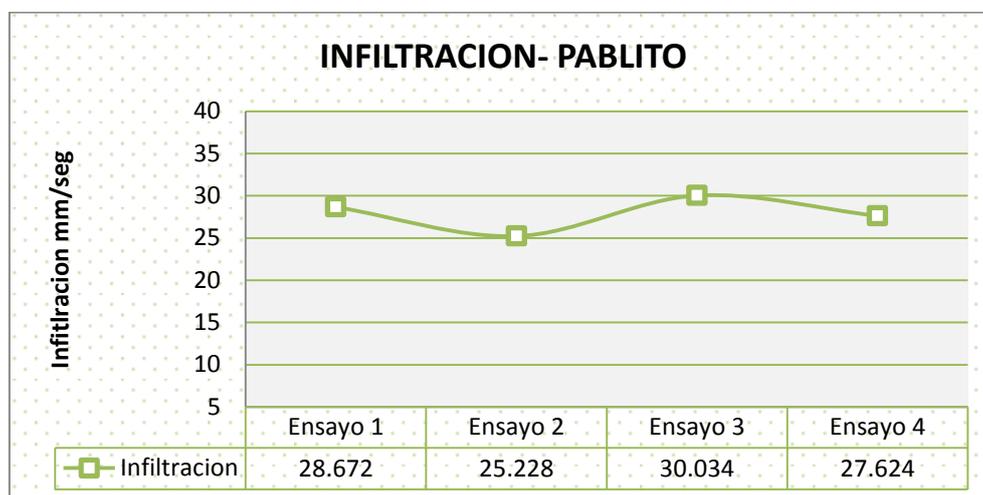
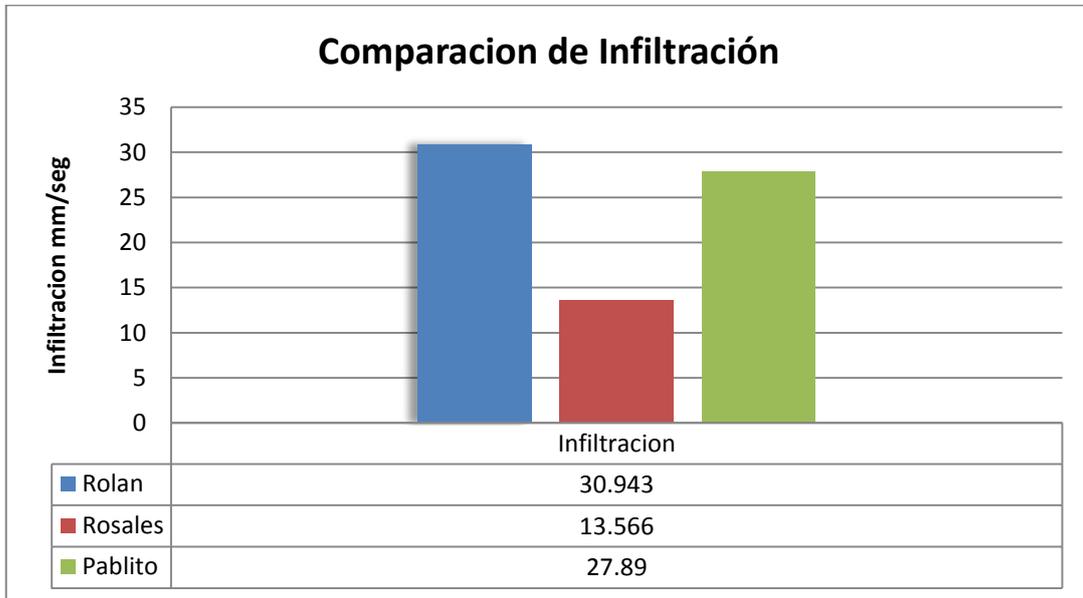


Gráfico N° 20: Comparación de resistencias

Fuente: Elaboración Propia.

COMPARACIÓN DE INFILTRACION DEL CONCRETO EXPERIMENTAL DE LAS TRES CANTERAS

Tabla 12.5: Comparación de Infiltración de las tres canteras a los 7 días de Edad.



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS ENSAYO DE PERMEABILIDAD

TITULO : “Comportamiento del concreto permeable con 20% de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras – Huaraz”

TESISTA : Bach. Príncipe Ramos Max André

Cantera : ROLAN

CIUDAD: Huaraz

Tabla 12.6 Comparación de Infiltración de la Cantera Rolan.

					t	L	A	a	h1	h2	k (cm/seg)	k (mm/seg)
N°	DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB.	EDAD (días)	TIEMPO (seg.)	LONG. DE LA MUESTRA (cm)	AREA DE MUESTR A (cm2)	AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm2)	ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.	COEF. DE PERMEAB. (cm/seg)	COEF. DE PERMEAB. (mm/seg)
1	Rola	03/05/2018	09/05/2018	7	26.69	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.605	26.051
2		03/05/2018	09/05/2018	7	21.83	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	3.185	31.850
3		03/05/2018	09/05/2018	7	19.15	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	3.631	36.308
4		03/05/2018	09/05/2018	7	23.52	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.956	29.562
PROMEDIO											3.094	30.943

Fuente: *Elaboración Propia.*

RESULTADOS ENSAYO DE PERMEABILIDAD

TITULO : “Comportamiento del concreto permeable con 20% de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras – Huaraz”

TESISTA : Bach. Príncipe Ramos Max André

Cantera : ROSALES

CIUDAD: Anta

Tabla 12.7 Comparación de Infiltración de la Cantera Rosales.

N°	DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB.	EDAD (días)	TIEMPO (seg.)	LONG. DE LA MUESTRA (cm)	AREA DE MUESTRA (cm ²)	AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm ²)	ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.	COEF. DE PERMEAB. (cm/seg)	COEF. DE PERMEAB. (mm/seg)
1	Rosales	03/05/2018	09/05/2018	7	80.74	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.861	8.611
2		03/05/2018	09/05/2018	7	83.68	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.831	8.309
3		03/05/2018	09/05/2018	7	26.33	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.641	26.407
4		03/05/2018	09/05/2018	7	63.58	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	1.094	10.936
PROMEDIO											1.357	13.566

Fuente: *Elaboración Propia.*

RESULTADOS ENSAYO DE PERMEABILIDAD

TITULO : “Comportamiento del concreto permeable con 20% de vacíos utilizando agregado grueso de tres canteras – Huaraz”

TESISTA : Bach. Príncipe Ramos Max André

Cantera : PABLITO

CIUDAD: Carhuaz

Tabla 12.8 Comparación de Infiltración de la Cantera Pablito.

					t	L	A	a	h1	h2	k (cm/seg)	k (mm/seg)
N°	DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB.	EDAD (días)	TIEMPO (seg.)	LONG. DE LA MUESTRA (cm)	AREA DE MUESTRA (cm ²)	AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm ²)	ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.	COEF. DE PERMEAB. (cm/seg)	COEF. DE PERMEAB. (mm/seg)
1	Pablito	03/05/2018	09/05/2018	7	24.25	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.867	28.672
2		03/05/2018	09/05/2018	7	27.56	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.523	25.228
3		03/05/2018	09/05/2018	7	23.15	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	3.003	30.034
4		03/05/2018	09/05/2018	7	25.17	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.762	27.624
PROMEDIO											2.789	27.890

Fuente: *Elaboración Propia.*

4. ANALISIS Y DISCUSION

4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para realizar el análisis se tomara en cuenta la norma ACI 522 (Pervious Concrete), que toma como referencia las investigaciones de Richard C. Meininger (No-Fines Pervious Concrete for paving, 1988), sus indicaciones para obtener un concreto permeable con óptimas características la cual se siguió para la realización de la presente tesis de investigación.

De esta manera se podrán discutir los resultados obtenidos con las indicaciones de Richard C. Meininger, teniendo los siguientes puntos:

1. Utilizamos agregado grueso de TN 3/8" (9,5 mm) (ASTM C 33, tamaño N° 8), y un porcentaje de vacíos de 20%, que de acuerdo a los cuadros dados por Meininger (1988) nos debe dar una resistencia de 175 Kg/cm², viendo nuestros resultados se usó una compactación ligera es decir 3 capas con 5 golpes usando Martillo Compactador (Proctor Estándar), la cual me resulta una resistencia de 155.73 Kg/cm² es decir el 88.98 % de la resistencia referencial.
2. El diseño de mezcla se realizó de acuerdo a el contenido de vacíos (20%) la cual ACI 522 nos referencia valores para el contenido de pasta (0.23) que utilizamos para la realización de nuestro diseño de mezcla final.
3. Meininger recomienda una relación a/c de 0.35 a 0.45 para tener una mezcla correcta, sin embargo se notó que al momento de realizar la mezcla en la maquina mezcladora (trompito) se apelmazo nuestro agregado por ello se utilizó un 20% de desperdicio para el correcto llenado de las probetas.
4. Las muestras usadas para la prueba de infiltración fueron de 10 cm de diámetro por 15 cm de altura, se realizó el armado de un equipo llamado Permeámetro siguiendo las medidas dadas por la norma ACI 522R así como Meininger.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El uso del concreto permeable actualmente en nuestro país como en otros países de América del Sur permanece en estudio, en particular en nuestra ciudad no es aplicado en ninguna obra civil.

Es indispensable y tener mucho cuidado en que el agua subterránea sea recursos sustentables por lo tanto es importante la implementación de medidas como pavimentos permeables.

De acuerdo a mi investigación tengo las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a todos los laboratorios realizados se llega a la conclusión que el mejor agregado de 3/8" de TMN es de la Cantera Rolan, por su mejor Resistencia a la compresión e infiltración, todas estas pruebas fueron basadas respetando las normas ACI 522 R , ACI 311.
- La Norma ACI 522 tiene como rango referencias a compresión del concreto permeable de 28.55 kg/cm² a 285.51 kg/cm², quedando dentro de esta variación de rangos todos las muestras de nuestras tres canteras.
- El uso del concreto permeable con el agregado grueso de tamaño nominal de 3/8" de las canteras Rolan, Rosales y Pablito y según las pruebas ASTM C-132 Y ASTM C-72 realizadas a cada cantera nos da una resistencia ideal para superficies de baja intensidad de carga (Transito Ligero).
- La permeabilidad y capacidad de absorción que posee el concreto de las tres canteras, según la norma ACI 522 es capaz de filtrar la intensidad de lluvia presente en la ciudad de Huaraz.
- A los 28 días el concreto de la cantera Rolán llega a alcanzar una resistencia de 155.63 kg/cm² mientras que la resistencia de la cantera Pablito está por debajo en un 25.80%.

- En el cuadro ANOVA se puede ver que existen diferencias **significativas** entre las resistencias a la compresión del concreto de las 03 canteras. Siendo la cantera Rolán la recomendable para uso de agregados.
- En las pruebas de infiltración que se realizaron a nuestros diferentes especímenes (12) se visualizó que el concreto con mayor capacidad de filtración es la de la cantera Rolan con un promedio de 30.943 mm/seg, seguido de la cantera Pablito con un promedio de filtración de 27.89 mm/seg y por último la cantera Rosales con un promedio de filtración de 13.566 mm/seg.

5.2 RECOMENDACIONES

- Durante la recolección de nuestro agregado grueso de 3/8” se observó muchas impurezas y por ello se necesita pasar por una limpieza y tamizado, para obtener un agregado grueso puro y con el mismo tamaño nominal.
- Debido a que este tema es nuevo en nuestra ciudad se recomienda para futuras investigaciones indagar con diferentes agregados así como contenido de vacíos.
- Se recomienda investigar este tema de manera profunda adicionando agregado fino y aditivos para verificar su variación en sus características mecánicas e hidráulicas
- Se recomienda realizar estudios de abrasión y pruebas de intemperismo al concreto permeable y como responde el concreto a ataques de sulfatos.
- Este tipo de concreto se recomienda usar en Vialidades de tráfico ligero, áreas de estacionamiento, andadores, banquetas, ciclo vías, patios y jardines, zonas de lavado de autos y capas de superficie de losas deportivas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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.

ACI Committee 522R-10(2010). *Report on Pervious Concrete*.

ACI-522R.6. (2006). Pervious Concrete. American Concrete Institute.

ASTM-C127. (1993). Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. USA: ASTM International.

ASTM-C1688/ C 1688M.-08. (2010). Standard Test Method for Density and Void.

Calderón Colca, Y. & Charca Chura J. (2013). *Análisis y diseño de pavimentos permeables de concreto Poroso. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. }

Castro J., de Solminihac H., Videla C. & Bonifacio Fernández (2009). *Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón*. Ingeniería de Construcción vol. 24 N° 3 Chile: Pontifica Universidad Católica de Chile.

Environmental Protection Agency (1999). *Storm Water Technology Fact Sheet Porous Pavement*. Washington DC. Estados Unidos.

Flores Quispe, E. C. & Pacompia Calcina, I. A. (2015). *Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos $f'c$ 175 kg/cm² en la ciudad de puno. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*. Universidad Nacional del Antiplano, Puno, Perú.

García Haba et al (2011). *Control de escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables: aplicación a climas mediterráneos. Tesis de Master en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. España.

Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; & Tanessi, Jussara (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*, EE.UU: Portland Cement Association. Illinois.

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

Moujir Salazar, Y. F. & Castañeda Urrego, L. F. (2014). *Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. Tesis de título en ingeniería civil*. Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.

Navas Carro, A. & Fernández Arrieta., R. (2008). *Diseño de mezcla para evaluar su resistencia al a compresión uniaxial y su permeabilidad*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

NTP-400.012. (2002). Análisis granulométrico del agregado fino y grueso global. Norma Técnica Peruana.

NTP-400.021. (2002). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso. Norma técnica Peruana.

Pérez Ramos, D. (2009). *Estudio Experimental de concretos permeables con Agregados Andesíticos. Tesis de Maestría*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Tennis, P.D.; Leming, M. L.; & Akers, D. J. (2004). *Pervious Concrete Pavements, EB302*, Portland cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland.

7. ANEXOS Y APENDICE

7.1 ANEXO I: PANEL FOTOGRAFICO



FOTO N° 01: Obtención de agregado de la cantera
ROLAN - Huaraz



FOTO N° 02: Obtención de agregado de la cantera
ROSALES – Anta



FOTO N° 03: Obtención de agregado de la cantera PABLITO – Carhuaz



FOTO N° 04: Tamizado de los agregados para retirar impurezas



FOTO N° 05: Contenido de humedad de los agregados.



FOTO N° 06: Muestra de agregados sometidos al horno para obtener el contenido de humedad.



FOTO N° 07: Muestra de agregados para la gravedad específica y absorción.



FOTO N° 08: Muestra de agregados para la gravedad el peso unitario suelto



FOTO N° 09: Muestra de agregados para la gravedad el peso unitario compactado



FOTO N° 10: Preparación de mezcla de concreto en el trompito.



FOTO N° 11: Vaciado de concreto para la realización de las probetas.



FOTO N° 12: Enmoldamiento de las probetas



FOTO N° 13: Compactación ligera 5 golpes por capa.



FOTO N° 14: Probetas listas con su respectivo compactado.



FOTO N° 15: Probetas desmoldadas y en proceso de curado.



FOTO N° 16: Pesado del molde de concreto seco listo para su compresión.



FOTO N° 17: Molde sometido a compresión.



FOTO N° 18: Moldes preparados para la colocación en el permeámetro.



FOTO N° 19: Molde de 10 x 15 cm asegurado para no tener perdida de agua.



FOTO N° 20: Molde de 10 x 15 cm asegurado para no tener perdida de agua.



FOTO N° 21: Los moldes asegurados se empieza a saturar de agua con una medida de 20 cm.



FOTO N° 22: Los moldes asegurados se empieza a saturar de agua con una medida de 20 cm.



FOTO N° 23: Calculados los 20 cm de agua se procede a abrir la llave y contabilizar los segundos en que tarda en pasar todo los 20 cm. De agua.



FOTO N° 24: Calculados los segundo se procede a vaciar los datos a nuestra hoja de cálculos para la obtención de la permeabilidad.

7.2 ANEXO II:

Anexo N° 1. Resultados de diseño de mezcla para la cantera Rolan - Huaraz

DISEÑO DE MEZCLA (AGREGADO 3/8")
HUARAZ
ROLAN



NORMATIVIDAD:

ACI 211.3R-02 "Guía para la Selección de proporciones para Concreto de Cero Slump"
ACI 522R-10 "Reporte de Concreto permeable"

DATOS INICIALES:

MATERIALES:

CANTERA:	ROLAN
-----------------	-------

PROPIEDAD	AGREGADO GRUESO		UND.
Tamaño Maximo Nominal	TMN	1/2"	
Peso Especifico	Pe	2890	kg/m ³
Peso Especifico SSS	Pe(sss)	2.91	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto	Pus	1571	kg/m ³
Peso Unitario Compactado	Puc	1617	kg/m ³
Absorcion	a%	0.97	%
Contenido de Humedad	C.H.%	2.23	1.0223

EL PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO 1 VARIA DE 2.90 a 3.15

PROPIEDAD		Valor	Und.
Peso Especifico del Cemento	Pec	3.15	gr/cm ³
Peso Especifico del Agua	Pew	1	gr/cm ³

CALCULOS:

$$V_p = V_c + V_a$$

Donde:

V_p : Volumen de Pasta
V_c : Volumen de cemento.
V_a : Volumen de agua

La cual se expresa como:

$$V_p = \frac{c}{P.E.c} + \frac{a}{P.E.a}$$

c : Peso del cemento por m³ de mezcla.
a : Peso del agua por m³ de mezcla.
P.E.c : Peso especifico del cemento.
P.E.a : Peso especifico del agua

Considerando peso específico del cemento y agua son 3.15 gr/cm³ y 1.00 gr/cm³ respectivamente, se tiene:

$$V_p = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{a}{1.00 * 1000}$$

Y con relación a/c, obtenemos:

$$V_p = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{\frac{a}{c} * c}{1.00 * 1000}$$

Reemplazando el volumen de pasta y la relación a/c:

$$0.23 = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{0.40 * c}{1.00 * 1000}$$

De donde:

c:	320.57
a:	128.23

CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS:

	Pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
Agua	128.23	1000	0.128
Cemento	320.57	3150	0.102
Vacios			0.200
		Parcial	0.430
		A° Grueso	0.570
		Total	1.000

Agregado Grueso:

	Pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
A° Grueso	1660.49	2913.13	0.57

CORRECCION POR HUMEDAD, ABSORCION Y APORTE:

	A° Grueso
Humedad (C.H. %)	2.23
Absorcion (a%)	0.97
Aporte	20.92

CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO:

	CANTIDADES	UND
CEMENTO	320.57	Kg/m ³
Ag. Grueso H.	1697.52	Kg/m ³
Agua Efectiva	107.31	Kg/m ³

PROPORCIONES DE DISEÑO DE MEZCLA EN PESO:

	CANTIDADES CORREGIDAS	
Cemento	1	
Ag. Grueso	5.30	
Agua efectiva	14.23	lt

M3 de Cada Molde

Diametro	15
Alto	30
Radio	7.5
Volumen	0.005301438

Proporcion por molde de probeta

	CANTIDADES	
CEMENTO	1.70	Kg
Ag. Grueso H.	9.00	Kg
Agua Efectiva	0.57	Lt

MOLDE DE PROBETA CON 20% DE DESPERDICIO

ΣCANTIDADES	20%	TOTAL
11.27	2.25	13.52

***CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO:**

	CANTIDADES	DESPERDICIO	
CEMENTO	320.57	13.52	2.04
A. GRUESO H.	1697.52	13.52	10.80
Agua Efectiva	107.31	13.52	0.68
TOTAL	2125.40		13.52

CANTIDADES CORREGIDAS CON 20% DE DESPERDICIO POR PROBETA

	CANTIDADES	
CEMENTO	2.04	Kg
Ag. Grueso H.	10.80	Kg
Agua Efectiva	0.68	Lt

Anexo N° 2. Resultados del diseño de mezcla para la cantera Rosales - Anta

DISEÑO DE MEZCLA (AGREGADO 3/8")
ANTA
ROSALES



NORMATIVIDAD:

ACI 211.3R-02 "Guía para la Selección de proporciones para Concreto de Cero Slump"
ACI 522R-10 "Reporte de Concreto permeable"

DATOS INICIALES:

MATERIALES:

CANTERA:	ROSALES
-----------------	----------------

PROPIEDAD	AGREGADO GRUESO			UND.
Tamaño Máximo Nominal	TMN	1/2"		
Peso Específico	Pe	2210		kg/m ³
Peso Específico SSS	Pe(sss)	2.23		gr/cm ³
Peso Unitario Suelto	Pus	1589		kg/m ³
Peso Unitario Compactado	Puc	1631		kg/m ³
Absorción	a%	0.86		%
Contenido de Humedad	C.H.%	0.69	1.0069	%

EL PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO 1 VARIA DE 2.90 a 3.15

PROPIEDAD		Valor	Und.
Peso Específico del Cemento	Pec	3.15	gr/cm ³
Peso Específico del Agua	Pew	1	gr/cm ³

CALCULOS:

$$V_p = V_c + V_a$$

Donde:

V_p : Volumen de Pasta
V_c : Volumen de cemento.
V_a : Volumen de agua

La cual se expresa como:

$$V_p = \frac{c}{P.E.c} + \frac{a}{P.E.a}$$

c : Peso del cemento por m³ de mezcla.
a : Peso del agua por m³ de mezcla.
P.E.c : Peso específico del cemento.
P.E.a : Peso específico del agua

Considerando peso específico del cemento y agua son 3.15 gr/cm³ y 1.00 gr/cm³ respectivamente, se tiene:

$$Vp = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{a}{1.00 * 1000}$$

Y con relación a/c, obtenemos:

$$Vp = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{\frac{a}{c} * c}{1.00 * 1000}$$

Reemplazando el volumen de pasta y la relación a/c:

$$0.23 = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{0.40 * c}{1.00 * 1000}$$

De donde:

c:	320.57
a:	128.23

CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS:

	Pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
Agua	128.23	1000	0.128
Cemento	320.57	3150	0.102
Vacios			0.200
		Parcial	0.430
		A° Grueso	0.570
		Total	1.000

Agregado Grueso:

	Pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
A° Grueso	1271.10	2230	0.57

CORRECCION POR HUMEDAD, ABSORCION Y APORTE:

	A° Grueso
Humedad (C.H. %)	0.69
Absorcion (a%)	0.86
Aporte	-2.16

CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO:

	CANTIDADES	UND
CEMENTO	320.57	Kg/m ³
Ag. Grueso H.	1279.87	Kg/m ³
Agua Efectiva	130.39	Kg/m ³

PROPORCIONES DE DISEÑO DE MEZCLA EN PESO:

	CANTIDADES CORREGIDAS
Cemento	1
Ag. Grueso	3.99
Agua efectiva	17.29

 lt

M3 de Cada Molde

Diametro	15
Alto	30
Radio	7.5
Volumen	0.005301438

Proporcion por molde de probeta

	CANTIDADES	
CEMENTO	1.70	Kg
Ag. Grueso H.	6.79	Kg
Agua Efectiva	0.69	Lt

MOLDE DE PROBETA CON 20% DE DESPERDICIO

ΣCANTIDADES	20%	TOTAL
9.18	1.84	11.01

***CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO:**

	CANTIDADES	DESPERDICIO	
CEMENTO	320.57	11.01	2.04
A. GRUESO H.	1279.87	11.01	8.14
Agua Efectiva	130.39	11.01	0.83
TOTAL	1730.84		11.01

CANTIDADES CORREGIDAS CON 20% DE DESPERDICIO POR PROBETA

	CANTIDADES	
CEMENTO	2.04	Kg
Ag. Grueso H.	8.14	Kg
Agua Efectiva	0.83	Lt.

Anexo N° 3. Resultados del diseño de mezcla para la cantera Pablito - Carhuaz

DISEÑO DE MEZCLA (AGREGADO 3/8")
CARHUAZ
PABLITO



NORMATIVIDAD:

ACI 211.3R-02 "Guía para la Selección de proporciones para Concreto de Cero Slump"
 ACI 522R-10 "Reporte de Concreto permeable"

DATOS INICIALES:

MATERIALES:

CANTERA:	PABLITO
-----------------	---------

PROPIEDAD	AGREGADO GRUESO		UND.
Tamaño Maximo Nominal	TMN	1/2"	
Peso Especifico	Pe	2599	kg/m ³
Peso Especifico SSS	Pe(sss)	2.62	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto	Pus	1548	kg/m ³
Peso Unitario Compactado	Puc	1584	kg/m ³
Absorcion	a%	0.95	%
Contenido de Humedad	C.H.%	0.67	1.0067

EL PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO 1 VARIA DE 2.90 a 3.15

PROPIEDAD		Valor	Und.
Peso Especifico del Cemento	Pec	3.15	gr/cm ³
Peso Especifico del Agua	Pew	1	gr/cm ³

CALCULOS:

$$Vp = Vc + Va$$

Donde:

Vp : Volumen de Pasta
 Vc : Volumen de cemento.
 Va : Volumen de agua

La cual se expresa como:

$$Vp = \frac{c}{P.E.c} + \frac{a}{P.E.a}$$

c : Peso del cemento por m³ de mezcla.
 a : Peso del agua por m³ de mezcla.
 P.E.c : Peso especifico del cemento.
 P.E.a : Peso especifico del agua

Considerando peso específico del cemento y agua son 3.15 gr/cm³ y 1.00 gr/cm³ respectivamente, se tiene:

$$V_p = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{a}{1.00 * 1000}$$

Y con relación a/c, obtenemos:

$$V_p = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{\frac{a}{c} * c}{1.00 * 1000}$$

Reemplazando el volumen de pasta y la relación a/c:

$$0.23 = \frac{c}{3.15 * 1000} + \frac{0.40 * c}{1.00 * 1000}$$

De donde:

c:	320.57
a:	128.23

CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS:

	Pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
Agua	128.23	1000	0.128
Cemento	320.57	3150	0.102
Vacios			0.200
		Parcial	0.430
		A° Grueso	0.570
		Total	1.000

Agregado Grueso:

	Pesos SSS (Kg)	P.E (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
A° Grueso	1493.40	2620	0.57

CORRECCION POR HUMEDAD, ABSORCION Y APORTE:

	A° Grueso
Humedad (C.H. %)	0.67
Absorcion (a%)	0.95
Aporte	-4.18

CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO:

	CANTIDADES	UND
CEMENTO	320.57	Kg/m ³
Ag. Grueso H.	1503.41	Kg/m ³
Agua Efectiva	132.41	Kg/m ³

PROPORCIONES DE DISEÑO DE MEZCLA EN PESO:

	CANTIDADES CORREGIDAS
Cemento	1
Ag. Grueso	4.69
Agua efectiva	17.55

 lt

M3 de Cada Molde

Diametro	15
Alto	30
Radio	7.5
Volumen	0.005301438

Proporcion por molde de probeta

	CANTIDADES
CEMENTO	1.70
Ag. Grueso H.	7.97
Agua Efectiva	0.70

MOLDE DE PROBETA CON 20% DE DESPERDICIO

ΣCANTIDADES	20%	TOTAL
10.37	2.07	12.45

*CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO:

	CANTIDADES	DESPERDICIO	
CEMENTO	320.57	12.45	2.04
A. GRUESO H.	1503.41	12.45	9.56
Agua Efectiva	132.41	12.45	0.84
TOTAL	1956.39		12.45

CANTIDADES CORREGIDAS CON 20% DE DESPERDICIO POR PROBETA

	CANTIDADES	
CEMENTO	2.04	Kg
Ag. Grueso H.	9.56	Kg
Agua Efectiva	0.84	Lt

Anexo N° 4. Resultados de Pruebas de laboratorio de la Universidad San Pedro, Filiar: Huaraz y Chimbote



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS	: " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacios Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"		
SOLICITA	: Bach. Principe Ramos Max Andre.		
DISTRITO	: huaraz	HECHO EN	: USP -HUARAZ
PROVINCIA	: huaraz	FECHA	: 17/01/2018
PROG (KM.)	:	ASESOR	:

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO ROLAN (TACLLAN)
PROF. (m)	:

AGEGRADO GRUESO 3/8"					
N° TARRO		46	11		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	914.0	885.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	899.2	867.9		
PESO DE AGUA	(g)	14.80	17.10		
PESO DEL TARRO	(g)	175.40	158.4		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	723.80	709.5		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2.04	2.4		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	2.23			



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

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Principe Ramos Max Andre.
TESIS : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacios Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
CANTERA : ROLAN (TACLLAN)
MATERIAL : AGREGADO GRUESO 3/8"
FECHA : 17/01/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7785	7775	7780
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4365	4355	4360
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1572	1569	1571
Peso unitario prom.	1571 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7915	7915	7900
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4495	4495	4480
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1619	1619	1614
Peso unitario prom.	1617 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ - 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 ADMISION: 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. Principe Ramos Max Andre.
OBRA : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacios Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
CANTERA : ROLAN (TACLLAN)
MATERIAL : AGREGADO GRUESO 3/8"
FECHA : 17/01/2018

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

614.8	600.0	667.9
405.0	394.0	437.3
209.8	206.0	230.6
609.2	593.7	661.7
204.2	199.7	224.4
0.92	1.06	0.94
0.97		

PROMEDIO

2.90	2.88	2.87
2.93	2.91	2.90
2.98	2.97	2.95

PROMEDIO

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

2.89
2.92
2.98



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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS	: " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacios Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"		
SOLICITA	: Bach. Príncipe Ramos Max Andre.		
DISTRITO	: huaraz	HECHO EN	: USP -HUARAZ
PROVINCIA	: huaraz	FECHA	: 17/01/2018
PROG. (KM.)	:	ASESOR	:

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO CANTERA ROSALES (ANTA)
PROF. (m)	:

AGEGRADO GRUESO 3/8"					
N° TARRO		20	2		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	807.9	856.6		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	803.9	851.5		
PESO DE AGUA	(g)	4.00	5.10		
PESO DEL TARRO	(g)	156.60	168.5		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	647.30	683.0		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.62	0.7		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			0.68	



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

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - 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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Príncipe Ramos Max Andre.
TESIS : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacíos Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"
LUGAR : HUARAZ -ANCASH
CANTERA : ROSALES (ANTA)
MATERIAL : AGREGADO GRUESO 3/8"
FECHA : 17/01/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7845	7830	7820
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4425	4410	4400
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1594	1589	1585
Peso unitario prom.	1589 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7960	7945	7940
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4540	4525	4520
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1635	1630	1628
Peso unitario prom.	1631 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. 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. Principe Ramos Max Andre.**
 OBRA : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacios Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"
 LUGAR : HUARAZ - ANCASH
 CANTERA : ROSALES (ANTA)
 MATERIAL : **AGREGADO GRUESO 3/8"**
 FECHA : **17/01/2018**

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

854,0	875,0	869,0
476,9	477,6	480,0
377,1	397,4	389,0
845,7	867,8	862,4
368,8	390,2	382,4
0,98	0,83	0,77
0,86		

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

PROMEDIO

2,24	2,18	2,22
2,26	2,20	2,23
2,29	2,22	2,26

PROMEDIO

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

2,21
2,23
2,26



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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS	: " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacios Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"		
SOLICITA	: Bach. Principe Ramos Max Andre.		
DISTRITO	: huaraz	HECHO EN	: USP -HUARAZ
PROVINCIA	: huaraz	FECHA	: 17/01/2018
PROG.(KM.)	:	ASESOR	:

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO CANTERA PABLITO (CARHUAZ)
PROF. (m)	:

AGEGRADO GRUESO 3/8"					
Nº TARRO		40	47		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	721.9	671.2		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	718.0	668.0		
PESO DE AGUA	(g)	3.90	3.20		
PESO DEL TARRO	(g)	184.00	168.5		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	554.00	499.5		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.70	0.6		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			0.67	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
USO 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. Principe Ramos Max Andre.
TESIS : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacios Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"
LUGAR : HUARAZ -ANCASH
CANTERA : PABLITO (CARHUAZ)
MATERIAL : AGREGADO GRUESO 3/8"
FECHA : 17/01/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7710	7705	7740
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4290	4285	4320
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1545	1544	1556
Peso unitario prom.	1548 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7810	7805	7840
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4390	4385	4420
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1581	1580	1592
Peso unitario prom.	1584 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. 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. Principe Ramos Max Andre.
 OBRA : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacios Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"
 LUGAR : HUARAZ - ANCASH
 CANTERA : PABLITO (CARHUAZ)
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO 3/8"
 FECHA : 17/01/2018

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

611.8	626.9	637.3
376.0	390.4	394.5
235.8	236.5	242.8
605.8	621.3	631.3
229.8	230.9	236.8
0.99	0.90	0.95
0.95		

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

PROMEDIO

2.57	2.63	2.60
2.59	2.65	2.62
2.64	2.69	2.67

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

PROMEDIO

2.60
2.62
2.66



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118544
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Bach. Príncipe Ramos Max André

TESIS : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacíos Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"

FECHA: 09/03/2018

F' C : 175 kg/cm²

Nº	TESTIGO	UBICACIÓN	TMN	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	NOMBRE	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm ²	(%)
1	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	66,6	38,0
2	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	65,9	37,6
3	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	70,6	40,3
4	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	111,5	63,7
5	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	105,1	60,1
6	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	109,9	62,8
7	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	149,3	85,3
8	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	162,3	92,7
9	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROLAN	HUARAZ	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	155,6	88,9

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



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



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Bach. Príncipe Ramos Max André
TESIS : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacíos Utilizando Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"
FECHA: 09/03/2018

F' C : 175 kg/cm²

Nº	TESTIGO ELEMENTO	UBICACIÓN NOMBRE	TMN (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F' C (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	59,3	33,9
2	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	89,9	51,4
3	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	115,6	66,0
4	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	123,4	70,5
5	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	105,4	60,2
6	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	110,0	62,9
7	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	145,0	82,8
8	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	146,6	83,8
9	CONCRETO PERMEABLE CANTERA ROSALES	ANTA	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	140,0	80,0

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE ANÁLISIS 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

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Bach. Príncipe Ramos Max André
 TESIS : " Comportamiento del Concreto Permeable con 20% de Vacíos Utilizando
 Agregado Grueso de Tres Canteras - Huaraz"
 FECHA: 09/03/2018

F' C : 175 kg/cm²

Nº	TESTIGO ELEMENTO	UBICACIÓN NOMBRE	TMN (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F' C (%)
				MOLDEO	ROTURA			
1	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	44,0	25,2
2	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	54,2	30,9
3	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	15/02/2018	7	47,8	27,3
4	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	70,9	40,5
5	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	78,6	44,9
6	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	22/02/2018	14	81,9	46,8
7	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	112,0	64,0
8	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	121,3	69,3
9	CONCRETO PERMEABLE CANTERA PABLITO	CARHUAZ	3/8	08/02/2018	08/03/2018	28	113,2	64,7

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



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



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

ENSAYO A PERMEABILIDAD

ACI 522R - 06

SOLICITA BACH. PRINCIPLE RAMOS MAX ANDRE
 TESIS COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE CON 20% DE VACIOS UTILIZANDO AGREGADO GRUESO DE TRES CANTERAS - HUARAZ
 CANTERA CANTERA ROLA - GRAVA DE 3/8" (CANTO RODADO)
 LUGAR HUARAZ - PROVINCIA DE HUARAZ - ANCASH
 FECHA 25/04/2018

Nº	DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB.	EDAD (días)	TIEMPO (seg.)	LONG. DE LA MUESTRA (cm)	AREA DE MUESTRA (cm ²)	AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm ²)	ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.º	k (cm/seg)	k (mm/seg)
M - 1		3/05/2018	9/05/2018	7	26.69	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.605	26.051
2	Rola	3/05/2018	9/05/2018	7	21.83	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	3.185	31.850
3		3/05/2018	9/05/2018	7	19.15	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	3.631	36.308
4		3/05/2018	9/05/2018	7	23.52	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.956	29.562
PROMEDIO											3.094	30.943

FORMULA

Coefficiente de Permeabilidad

$$k = \frac{L}{t} * \frac{a}{A} * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

ENSAYO A PERMEABILIDAD
ACI522R - 06

SOLICITA BACH. PRINCIPLE RAMOS MAX ANDRE
TESIS COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE CON 20% DE VACIOS UTILIZANDO AGREGADO GRUESO DE TRES CANTERAS - HUARAZ
CANTERA CANTERA ROSALES - GRAVA DE 3/8" (CANTO RODADO)
LUGAR HUARAZ - PROVINCIA DE HUARAZ - ANCASH
FECHA 25/04/2018

Nº	DISEÑO	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB.	EDAD (días)	TIEMPO (seg.)	LONG. DE LA MUESTRA (cm)	AREA DE MUESTRA (cm ²)	AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm ²)	ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	ALT. DE LA TUBERÍA DE SALIDA DEL n.º	COEF. DE PERMEAB. (cm/seg)	COEF. DE PERMEAB. (mm/seg)
1	Rosales	3/05/2018	9/05/2018	7	80.74	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.851	8.611
2		3/05/2018	9/05/2018	7	83.68	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	0.831	8.309
3		3/05/2018	9/05/2018	7	26.33	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.641	26.407
4		3/05/2018	9/05/2018	7	63.58	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	1.094	10.936
PROMEDIO											1.357	13.566

FORMULA

Coefficiente de Permeabilidad

$$k = \frac{L}{t} * \frac{a}{A} * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SOLICITA BACH. PRINCIPLE RAMOS MAX ANDRE
 TESIS COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE CON 20% DE VACIOS UTILIZANDO AGREGADO GRUESO DE TRES CANTERAS - HUARAZ
 CANTERA CANTERA PABLITO - GRAVA DE 3/8" (CANTO RODADO)
 LUGAR HUARAZ - PROVINCIA DE HUARAZ - ANCASH
 FECHA 25/04/2018

ENSAYO A PERMEABILIDAD
ACI 522R - 06

NR	DISEÑO	FECHA DE VAGADO	FECHA DE ENSAYO DE PERMEAB	EDAD (días)	TIEMPO (seg.)	LONG. DE LA MUESTRA (cm)	AREA DE MUESTRA (cm ²)	AREA DEL CILINDRO DE CARGA (cm ²)	ALT. DE LA COLUMNA DE AGUA (cm)	ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.t.	k (cm/seg)	k (mm/seg)
M-1	Pablito	3/05/2018	9/05/2018	7	24.25	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.867	28.672
M-2		3/05/2018	9/05/2018	7	27.56	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.523	25.228
M-3		3/05/2018	9/05/2018	7	23.15	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	3.003	30.034
M-4		3/05/2018	9/05/2018	7	25.17	15.00	78.54	113.10	25.00	1.00	2.762	27.624
PROMEDIO											2.789	27.890

FORMULA

Coefficiente de Permeabilidad

$$k = \frac{L}{t} * \frac{a}{A} * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jorge Montañez Rojas