



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto,  
2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

David Oswaldo García Leveaú (ORCID: 0000-0001-6216-9555)

Milagros del Pilar Flores Isminio (ORCID: 0000-0001-5014-0974)

**ASESORA:**

Mg. Lyta Victoria Torres Bardales (ORCID: 0000-0001-8136-4962)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**TARAPOTO – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

A mis docentes, ingenieros que me formaron como profesional a lo largo de mi vida académica, recibiendo siempre una educación de calidad. A mis padres, quienes, con orgullo, estuvieron siempre a mi lado, apoyando mis decisiones.

**David Oswaldo García Leveaú.**

A mi hija, Layra López, orgullo de mi vida, quien me dio las fuerzas para seguir adelante, y a mi pareja, Yomar López, quien estuvo apoyándome y guiándome de forma constante.

**Milagros del Pilar Flores Isminio.**

## **Agradecimiento**

A Dios, por las oportunidades, la ayuda y guía que me dio. A mis padres, Winquerman García y Martha Leveaú, que, sin su apoyo, no hubiera llegado hasta este punto, tan importante en mi vida. A mis amigos y compañeros de estudio, con quienes compartí buenos momentos, nos formamos y aprendimos en conjunto. A mi compañera de tesis, Milagros Flores, por su gran apoyo y haber tenido el gusto de compartir esta investigación, ganando experiencia juntos.

**David Oswaldo García Leveaú.**

A mis padres, Luis Flores y Cherly Isminio, quienes me cuidaron e instruyeron en cada etapa de mi vida, formando en mí, una profesional de valores y principios.

A mis queridos hermanos, por sus superaciones constantes y logros obtenidos.

A mi compañero de tesis, David García por su gran apoyo y haber tenido el gusto de compartir esta investigación, ganando experiencia juntos.

**Milagros del Pilar Flores Isminio.**

## **Página del Jurado**

## **Página del Jurado**

## Declaratoria de Autenticidad

Yo, David Oswaldo García Leveaú, identificado con el DNI N° 71891150, estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, con la tesis titulada: "Diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019"; declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se derivan, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Tarapoto 20 de octubre del 2019



David Oswaldo García Leveaú

DNI N° 71891150

## Declaratoria de Autenticidad

Yo, Milagros del Pilar Flores Isminio, identificada con el DNI N° 72146116, estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, con la tesis titulada: “Diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019”; declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se derivan, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Tarapoto 20 de octubre del 2019



Milagros del Pilar Flores Isminio

DNI N° 72146116

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice.....	viii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>13</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
2.2. Operacionalización de la variable.....	13
2.3. Población y muestra.....	15
2.4. Técnica e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	15
2.5. Procedimiento.....	17
2.6. Método de análisis de datos.....	18
2.7. Aspectos éticos.....	19
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>41</b>



<b>ANEXOS.....</b>	<b>45</b>
Anexo N° 01: Matriz de Consistencia.....	46
Anexo N° 02: Resultados de laboratorio.....	47
Anexo N° 03: Ficha técnica del aditivo SikaCem® Plastificante.....	52
Anexo N° 04: Ficha técnica de la fibra sintética SikaCem®-1 Fiber.....	54
Anexo N° 05: Selección de los agregados granulares.....	56
Anexo N° 06: Ensayos físicos y mecánicos a los agregados.....	59
Anexo N° 07: Proceso para proporcionar la mezcla de concreto permeable.....	66
Anexo N° 08: Ensayo de resistencia a la compresión.....	72
Anexo N° 09: Ensayo de permeabilidad.....	78
Anexo N° 10: Análisis de las precipitaciones en la ciudad de Tarapoto.....	86
Anexo N° 11: Modelamiento gráfico de los bloques modulares de concreto permeable.....	91
Anexo N° 12: Fabricación de los bloques modulares de concreto permeable.....	99
Anexo N° 13: Acta de aprobación de originalidad de la tesis.....	102
Anexo N° 14: Porcentaje de Turnitin.....	104
Anexo N° 15: Autorización de publicación de la tesis.....	105
Anexo N° 16: Autorización final del trabajo de investigación.....	107

## Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de Variables.....	14
Tabla 2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	16
Tabla 3. Características físicas y mecánicas de la combinación de agregados: 90% de Agregado grueso anguloso de 1/2" y 10% de Arena triturada – Cantera río Huallaga.....	20
Tabla 4. Dosificación para elaborar 1 m <sup>3</sup> de concreto permeable.....	21
Tabla 5. Resistencia a la compresión del concreto permeable a los 07, 14 y 28 días de edad.....	22
Tabla 6. Determinación de la permeabilidad del concreto permeable.....	23
Tabla 7. Verificación de la funcionalidad del concreto permeable en la ciudad de Tarapoto.....	24
Tabla 8. Bloques modulares de concreto permeable.....	25
Tabla 9. Bloques modulares de concreto permeable de fácil extracción.....	26
Tabla 10. Análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable.....	27
Tabla 11. Estadísticos descriptivos de la Resistencia a la compresión.....	29
Tabla 12. Correlación lineal (de Pearson) de la Resistencia a compresión.....	30
Tabla 13. Regresión lineal de la Resistencia a compresión.....	30
Tabla 14. Estadísticos descriptivos de la Permeabilidad.....	31
Tabla 15. Correlación lineal (de Pearson) de la Permeabilidad.....	32
Tabla 16. Regresión lineal de la Permeabilidad.....	32

## Índice de Figuras

Figura 1. Demostrando la Permeabilidad en un Bloque de Concreto permeable.....	6
Figura 2. Ensayo de permeabilidad empleando un permeámetro de carga variable construido según recomendaciones de la ACI 522R-10.....	9
Figura 3. Regresión lineal de la Resistencia a la compresión.....	31
Figura 4. Regresión lineal de la Permeabilidad.....	33

## RESUMEN

La presente investigación, tiene por objetivo principal, el diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial en la ciudad de Tarapoto. El empleo de estos bloques, va enfocado a la construcción de superficies drenantes y resistentes, estas superficies, conformarían la parte superior de un sistema de infiltración y evacuación de aguas pluviales diseñado según las características del terreno y consideraciones del ingeniero proyectista.

Para ello, se experimentó con la variable mediante la realización de diversos ensayos de laboratorio y estudios, para observar y evaluar las reacciones obtenidas bajo condiciones preestablecidas. Para la obtención de los resultados, los instrumentos y procedimientos empleados, siguieron las especificaciones de las normativas que guían la investigación.

La mezcla de concreto permeable, fue diseñada en base al criterio del porcentaje de vacíos, que especifica que, si la velocidad de drenaje es una prioridad (generalmente cuando se diseñan áreas pequeñas de concreto permeable), y no se desea comprometer mucho la resistencia a la compresión, la mezcla debe ser diseñada en un rango medio de entre un 15% y un 20% de vacíos. Obteniendo así, una mezcla con un 17.9% de vacíos, una relación ag/cem. de 0.38 y una combinación de agregados granulares compuesta por un 90% de agregado grueso anguloso de 1/2" y un 10% de arena triturada, que brindaron resultados excelentes, llegando a obtener una resistencia a la compresión promedio de 183.46 kg/cm<sup>2</sup> y una permeabilidad de 1.20 cm/s.

Además, el diseño modular, fue planteado con la intención de facilitar y agilizar la construcción y mantenimiento de superficies permeables, prestando atención también, a la estética.

**Palabras clave:** Drenaje pluvial, concreto permeable, resistencia a la compresión, agregados.

## ABSTRACT

The main objective of this research is the design of modular blocks of permeable concrete for storm drainage in Tarapoto city. The use of these blocks, is focused on the construction of draining and resistant surfaces, these surfaces, would form the top of a system of infiltration and evacuation of rainwater designed according to the characteristics of the terrain and considerations of the project engineer.

For this, it was experimented with the variable by performing various laboratory tests and studies, to observe and evaluate the reactions obtained under pre-established conditions. To obtain the results, the instruments and procedures used, followed the specifications of the regulations that guide the investigation.

The permeable concrete mix was designed based on the percentage of voids criteria, which specifies that if the drainage speed is a priority (usually when designing small areas of permeable concrete), and it is not desired to compromise the resistance to compression, the mixture must be designed in a mid-range of between 15% and 20% voids. Obtaining thus, a mixture with 17.9% of voids, a water / cement ratio of 0.38 and a combination of granular aggregates composed by 90% angular coarse aggregate of 1/2" and 10% crushed sand, which gave excellent results, reaching an average compressive strength of 183.46 kg / cm<sup>2</sup> and a permeability of 1.2 cm/s.

In addition, the modular design was proposed with the intention of facilitating and speeding up the construction and maintenance of permeable surfaces, paying attention also to aesthetics.

**Keywords:** Storm drain, pervious concrete, compressive strength, aggregates.

## I. INTRODUCCIÓN

Iniciando con la **realidad problemática**, a nivel global, es un hecho que, reducir la permeabilidad de los suelos, arrastra una serie de conflictos relacionados con la acumulación y transporte de grandes volúmenes de escorrentía. Y es normal que, los suelos pierdan su permeabilidad parcial o completamente debido a la construcción de diversas obras situadas sobre estas superficies, lo que conlleva al planteamiento de sistemas de captación y drenaje de las aguas pluviales para evitar inundaciones y la formación de raudales.

En el Perú, la expansión poblacional, genera trastornos hídricos superficiales que deben ser tratados con suma importancia. Las ciudades con deficiencias, inexistencia o mal mantenimiento de sus sistemas de drenaje pluvial, son víctimas de inundaciones y el transporte de grandes volúmenes de agua sobre las vialidades que afectan a conductores, peatones y vehículos estacionados, generando pérdidas materiales y en casos extremos, la vida.

La orografía accidentada y las intensas precipitaciones, hacen de la ciudad de Tarapoto, el escenario ideal para las inundaciones e incidentes viales, más aún cuando ciertas zonas cuentan con un sistema de drenaje deficiente.

Para controlar este problema, esta investigación plantea el diseño de bloques de concreto permeable, para la construcción de superficies resistentes capaces de captar y filtrar la escorrentía. Cabe destacar que, la elección del sistema de evacuación del agua filtrada, ya dependería de las características del terreno y consideraciones del ingeniero proyectista.

Pasando a los **antecedentes**, en el escenario internacional, el concreto permeable constituye un material comúnmente usado en la construcción de superficies dedicadas a controlar la escorrentía pluvial, producto de ello, los estudios e investigaciones realizadas brindan datos interesantes, tal es el caso de CÁRDENAS, ALBITER y JAIMES, (2017), quienes notifican que, la tendencia actual de desarrollo urbano y vial sustentable, consiste en construir de forma tal que se alcancen beneficios económicos, ambientales y sociales equilibrados. Este equilibrio podría ser fácilmente alcanzado al emplear materiales permeables.

Al construir pavimentos permeables, el interés principal es la obtención una elevada tasa de permeabilidad, logrando evitar los inconvenientes que las aguas pluviales pueden causar si no son rápidamente evacuadas, de esta forma, el obtener altas resistencias, queda en segundo plano. Debido a esto, su uso queda recomendado a zonas de bajo tránsito pesado. Además, mencionan que, el costo de construcción de pavimentos de concreto permeable en vialidades secundarias, es competitivo en comparación a los pavimentos rígidos y asfálticos, más aún si consideramos que éste puede drenar la escorrentía pluvial a través de él. CABELLO, (2015), al investigar sobre la constitución y características del concreto poroso, informa que, la construcción de superficies de concreto permeable engloba una gran cantidad de beneficios, tales como la disminución las inundaciones, la alimentación de los mantos acuíferos, la disminución del calor y ruido vehicular, además de brindar una superficie de tránsito segura al eliminar la película de agua pluvial sobre el pavimento. El concreto poroso está compuesto por agregado grueso, cemento y agua, pudiendo usar aditivos para el refuerzo de las propiedades de la mezcla. Dependiendo del uso a darse, la relación resistencia/permeabilidad puede ser variada. Asimismo, afirma que, los principales ensayos realizados al concreto permeable, son, el ensayo para evaluar la resistencia a la compresión según la normativa de la ASTM y el ensayo para determinar la permeabilidad del concreto según las especificaciones de la ACI. RAMA y SHANTHI, (2018), experimentaron con el fenómeno de colmatación en este tipo de concreto, encontrando asimismo, la mejor técnica para remover los sedimentos, para ello precisan que, para el estudio experimental de la remoción de la sedimentación del concreto permeable, los testigos recibieron 10 ciclos de carga de sedimentos para controlar los cambios paulatinos en la tasa de infiltración. El tamaño del agregado granular empleado para la elaboración de la mezcla, influye en el tamaño de los poros, mientras más grande sea el agregado, más grande serán los poros del concreto permeable. Los poros de gran tamaño, permiten el flujo del agua junto con los sedimentos, siendo el proceso de colmatación lenta a lo largo del tiempo. Los poros de pequeño tamaño, tienden a sellarse rápidamente bajo la acción de los sedimentos, requiriendo de un mantenimiento constante y riguroso. La tasa de permeabilidad es elevada en los testigos elaborados con los agregados gruesos de mayor tamaño, y, aún después

de haber pasado por los ciclos de carga, la tasa de permeabilidad es superior en comparación a los testigos elaborados con agregados gruesos de menor tamaño. Los materiales sedimentantes cohesivos de pequeño tamaño, disminuyen mínimamente la permeabilidad, mientras que los materiales no cohesivos de tamaño más grande, una vez obstruidos, reducen significativamente la permeabilidad. Las técnicas de remoción de la sedimentación más efectivas son la aspiración y el lavado a presión, pero, para una limpieza más profunda, recomiendan usar el método combinado. El método combinado, es capaz de remover las partículas de arena limosa arcillosa, restaurando la permeabilidad de la superficie drenante de forma considerable. PORRAS, (2017), al experimentar con distintas mezclas de concreto poroso, determina que, una relación ag/cem. equivalente a 0.25 es demasiado baja, ya que el bajo contenido de agua, dificulta la reacción química del cemento, no existiendo una cohesión entre los componentes de la mezcla. A mayor relación ag/cem., se obtienen mejoras en la trabajabilidad y cohesión de la mezcla. Es importante seleccionar una relación ag/cem. ideal, obteniendo una mezcla lo suficiente mente trabajable y cohesiva, sin que la pasta de cemento fluya. Precisa además que, usando la misma cantidad de cemento, las resistencias alcanzadas en el concreto permeable, son inferiores a las de un concreto convencional, esto se debe a que los poros interconectados o vacíos, disminuyen la rigidez del concreto permeable. Para la prueba de infiltración, se recomienda realizar los ensayos en laboratorio, ya que las pruebas realizadas en campo brindan datos variables para un mismo diseño de mezcla, esto se debe a que, al realizar la prueba en laboratorio, el testigo es sumergido y totalmente saturado de agua antes de realizar el ensayo, esto elimina el aire contenido en los poros y brinda datos de infiltración más confiables.

En el Perú, si bien el interés por este material ha ido desencadenando numerosas investigaciones entre la comunidad, aún su aplicación en el sector construcción constituye un tema poco conocido. NIETO, FLORES y GALINDEZ, (2018), quienes determinaron la posibilidad de usar este material para la construcción de vialidades en la ciudad de Huancayo, explican que, el tamaño y forma del agregado granular utilizado, repercute en las propiedades culminantes del concreto permeable, es importante evitar una excesiva angulosidad en los



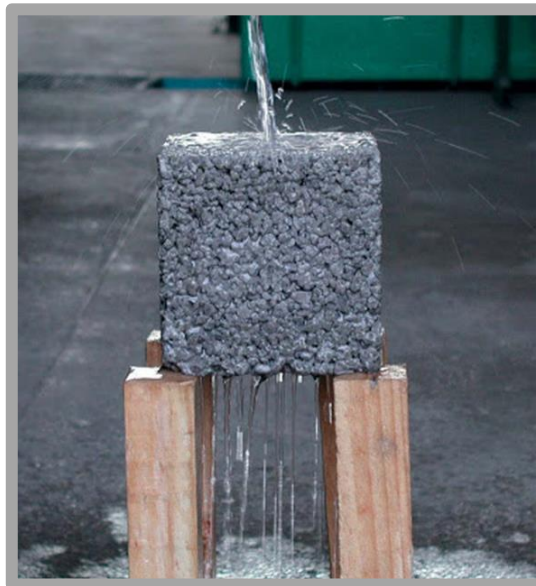
agregados gruesos, ya que estos agregados son más susceptibles a fisuramientos o falla, afectando la durabilidad y resistencia del concreto permeable. La selección de los agregados interfiere directamente en la capacidad de infiltración de la superficie permeable, así que, la selección entre uno y otro tipo depende del volumen de agua a drenar y, asimismo, de la resistencia deseada. Mientras más permeable sea la superficie construida, mayor será su capacidad y velocidad de drenaje, y menor será su resistencia. ZIVKO, (2013), menciona que, la implementación de un sistema de drenaje sustentable en las ciudades busca encontrar beneficios ambientales y sociales equilibrados, ahora, la construcción de áreas permeables permite la retención de los desechos sólidos en la superficie, controlando la contaminación del agua que desemboca en los cuerpos receptores como ríos y aguas subterráneas. Es importante invertir en la construcción y desarrollo de obras de drenaje pluvial en las ciudades, con la intención de reducir el riesgo de inundación y los peligros derivados de esto. Asimismo, diseñar sistemas de drenaje pluviales que descarguen agua lo más limpia posible a los cuerpos receptores. CÓRDOVA, (2016), en su investigación, logró elaborar distintos diseños de mezcla empleando aditivos químicos con la finalidad de evaluar los datos de permeabilidad y resistencia a la compresión obtenidos. De esta forma nos dice que, en un concreto permeable, la incorporación de un aditivo químico plastificante durante el preparado de la mezcla, incrementa la trabajabilidad, asimismo se incrementan las resistencias alcanzadas del concreto cuando este ya haya endurecido. El aditivo SIKAMENT 306 de la marca SIKA, reveló a los 28 días de edad del concreto permeable, ser el aditivo químico plastificante que incrementó mejor la resistencia a la compresión, este aditivo, se considera comercial al ser de fácil adquisición en el mercado nacional. Construir pavimentos utilizando losas rígidas de concreto permeable, es 23.83% más económico que la construcción de pavimentos que emplean losas rígidas de concreto hidráulico tradicional. Este ahorro es a corto plazo, ya que, los costos de mantenimiento del pavimento permeable, podrían no resultar favorables a largo plazo. Un pavimento rígido convencional no requiere de mucho mantenimiento y el tiempo de vida útil es mayor debido a que alcanza mayores resistencias. DÍAZ, (2017), incorporó fibras de polipropileno y aditivos químicos a la mezcla para mejorar las propiedades del concreto permeable y de esta forma

poder usarlo en la construcción de una vialidad en la ciudad de Cajamarca. Indica que, los testigos fabricados, adquirieron, a los 7 días, una resistencia a la compresión de 72.8% y a los 14 días de 93.3%, de esta forma, se determina que la diferencia que existe en el desarrollo de las resistencias de este tipo de concreto y otro más tradicional, es leve. El uso del aditivo Chemaplast mejoró la manejabilidad de la mezcla, ya que estas son generalmente secas. La proporción usada fue la indicada en las especificaciones del producto y corresponde a 250ml/bls cem. Asimismo, se comprobó que su uso, mejoró las propiedades del concreto endurecido en cuanto a resistencias se refiere. La rigidez del concreto permeable aumenta si la permeabilidad disminuye, y de igual forma, disminuye al aumentar la cantidad de vacíos de diseño en la mezcla. Cuando la cantidad de vacíos se ve incrementada, la densidad del material disminuye, incrementando los planos de falla, haciendo que el concreto sea menos resistente.

En la ciudad de Tarapoto, el empleo de este concreto para el control de los incidentes provocados por las intensas precipitaciones, es posiblemente una de las soluciones más eficientes. MALDONADO y PAREDES, (2015), proponen el uso y diseño de secciones permeables en vialidades urbanas de la ciudad de Tarapoto, para ello, mencionan que, en la construcción de superficies permeables, el sistema de drenaje interno puede infiltrar el agua al subsuelo o almacenarla para su posterior evacuación. La construcción de superficies permeables no es recomendable en zonas donde la pendiente es elevada, ya que la capacidad de infiltración disminuye, más aún si la superficie se ve colmatada paulatinamente por los sedimentos. Para diseñar una superficie permeable, se debe seleccionar un periodo de retorno y duración basados en la experiencia local, y la máxima intensidad de precipitación, tiene que ser menor a la capacidad de drenaje de la superficie permeable, para garantizar la rápida infiltración de las aguas pluviales sin dificultad alguna. MORALES, (2018), propuso el diseño de un pavimento rígido hecho con este concreto en el distrito de morales, para lo cual menciona que, los agregados de forma angular brindan mejores resultados en cuanto al encaje y la adhesión del cemento proporcionando una mejora en la cohesión entre los componentes de la mezcla, en cambio, los que tienen forma

redondeada (canto rodado), tienden a disminuir la resistencia del concreto al formar puntos de contacto más débiles. La mezcla diseñada que brindó los mejores resultados (para la construcción de pavimentos compuestos por losas rígidas), contiene un agregado grueso angular de 3/8" y una relación ag/cem. igual a 0.35, obteniendo así una cantidad de vacíos de 21%. El uso del concreto permeable para la construcción de un pavimento rígido en el Jr. Los Andes resulta ideal, ya que esta vía cuenta con niveles bajos de tránsito vehicular. Logrando diseñar una losa cuyo grosor es de 22.5 cm, y esta, estaría apoyada encima de la subbase granular con un 20 cm. de grosor.

Para comprender mejor el tema, se exponen las siguientes **teorías relacionadas**: Este concreto se conforma a base de una mezcla de cemento, agua y una selección de agregados granulares gruesos de tamaño uniforme. La mezcla, al endurecer, conforma una acumulación de agregados granulares pegados entre sí, formando en medio de ellos, espacios vacíos interconectados que permiten la percolación del agua. (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2010).



**Figura 1.** *Demostrando la Permeabilidad en un Bloque de Concreto permeable*

*Fuente:* Pavimentos De Concreto Permeable, 2009.

TENNIS, (2004). Explica que, la permeabilidad es la característica que dispone un cuerpo para que un fluido lo atravesase en un tiempo dado sin modificar su estructura interna. La velocidad de drenaje de un fluido a través de una superficie

permeable, depende del porcentaje de poros del material, la densidad del fluido a drenar que se ve modificada por su temperatura, y la presión ejercida en el fluido. Los poros de un material permeable deben estar conectados entre ellos, para que el fluido pueda atravesarlo.

CASTAÑEDA, (2014). Refiere sobre las principales ventajas y desventajas del concreto permeable:

Principales Ventajas: Controla las inundaciones y la formación de raudales, ya que, la red de poros del concreto permeable, permite el drenaje del agua. Con un mantenimiento y uso adecuado, es posible que dure hasta 20 años. Este concreto actúa como un filtro, reteniendo los desechos sólidos en la superficie, permitiendo sólo la percolación del agua. Un pavimento construido con este material, mejora el contacto de los neumáticos con la superficie durante las precipitaciones, lo que disminuye la distancia de frenado y accidentes. El calor emitido por este material, es inferior al de un concreto convencional, ya que el aire y el agua al circular por la red de poros, mantienen al material fresco y ventilado. Al construir una superficie permeable, la mezcla puede ser vaciada in situ o bien se pueden utilizar bloques prefabricados de este material, resultando práctico.

Principales Desventajas: La elaboración de la mezcla es sumamente delicada. Durante el vaciado de la mezcla, no se debe compactar demasiado, ya que esto cierra o disminuye el tamaño de los poros. No se deben construir superficies cercanas a fuentes emisoras de sedimentos, ya que estos colmatan el concreto reduciendo paulatinamente la permeabilidad. De ser el caso, el mantenimiento y cuidado es más intensivo. La resistencia al desgaste superficial y a la compresión, es inferior a la de un concreto hidráulico, por lo que no debe ser usado en zonas de alto tránsito vehicular.

TORRES, (2010). Refiere sobre los componentes de la mezcla de concreto permeable:

Agregados granulares: Los tamaños máximos nominales de los agregados granulares gruesos generalmente usados en las mezclas de concreto permeable, van desde los 3/4" hasta los 3/8". Las propiedades de los agregados granulares, deben cumplir con los parámetros establecidos por las normativas ASTM D448 y C33. La norma ASTM D448, especifica los parámetros necesarios que los

agregados deben cumplir para su uso en pavimentos y puentes. La norma ASTM C33, especifica los parámetros necesarios que los agregados deben cumplir para su uso en mezclas de concreto.

El poco común el uso de agregados finos en las mezclas de concreto permeable, debido a que, al mezclarse con el cemento, reduce el tamaño y conectividad de los poros, afectando la permeabilidad. Los finos pueden ser usados en porcentajes pequeños con el fin de mejorar la rigidez.

Cemento: El cohesivo principal de la mezcla. La selección del tipo de cemento portland depende de las condiciones existentes, y debe cumplir con los parámetros establecidos por la normativa ASTM C150. El uso de cemento portland de tipo I, es común para elaborar este tipo de concreto.

Agua: Debe estar limpia, libre de contaminantes y sedimentos. Las relaciones ag/cem. para el concreto permeable, son relativamente bajas y deben ser muy bien controladas. La idea es obtener una mezcla lo suficientemente trabajable y cohesiva, sin que la pasta de cemento sea muy líquida, ya que esto, sella los poros del concreto, afectando drásticamente la permeabilidad.

Aditivos: Las propiedades de los aditivos químicos empleados, deben estar acordes con los parámetros de la normativa ASTM C 494.

Los aditivos plastificantes, son de uso común para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, ya que se emplean mezclas relativamente secas para elaborar este tipo de concreto.

Siendo los ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad los que determinan el éxito de un diseño de mezcla de concreto permeable planteado, se tiene que: La AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, (2003), refiere que, el ensayo de resistencia a la compresión, sirve para medir la calidad de un concreto. Primero, se ejerce una carga compresiva axial en un testigo de concreto hasta que se produzca el fallo, luego, la resistencia a la compresión es calculada dividiendo el valor de la carga que produjo el fallo (carga máxima) entre el área de la sección transversal del testigo.

Según especificaciones de la AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, (2010), en su norma ACI 522R-10, la permeabilidad del concreto puede ser medida empleando un permeámetro de carga variable construido por los investigadores.

El permeámetro de carga variable brinda el dato del tiempo en la cual un cierto volumen de agua es evacuado o drenado longitudinalmente a través de un testigo de concreto permeable. Este dato permite calcular el coeficiente de permeabilidad, que nos sirve para medir la capacidad de drenaje de una superficie de concreto permeable.

En un concreto permeable de moderada a alta resistencia, la capacidad de drenaje generalmente va en el rango de 81 a 730 L/min/m<sup>2</sup> (1.35 a 12.17 lts/s/m<sup>2</sup>).



**Figura 2.** *Ensayo de permeabilidad empleando un permeámetro de carga variable construido según recomendaciones de la ACI 522R-10.*

**Fuente:** Elaboración de los tesisistas.

El tiempo de vida útil del concreto permeable está principalmente limitado por el fenómeno de colmatación, quien es el encargado de reducir paulatinamente la capacidad de drenaje de la superficie. La colmatación se produce al sellar la red de poros del concreto permeable mediante la acumulación de partículas finas de diverso origen, impidiendo o dificultando la percolación del agua. Las partículas de arcilla, materia orgánica o basura actúan como un ligante para las partículas minerales como la arena. Este problema, puede ser controlado mediante el barrido o lavado a presión de la superficie de forma periódica. (MALDONADO, 2015).

RAMA, (2018). Propone los siguientes métodos para el mantenimiento del concreto permeable:

Lavado a Presión: El chorro de agua limpia destruye los enlaces entre las partículas finas sedimentadas de modo que son removidas del concreto. Este método recupera de un 80% a 90% la permeabilidad del concreto y su aplicación es recomendada en zonas de alta sedimentación después de un barrido previo.

Aspiración: Mediante la aspiración (después de un barrido previo), los residuos obstruidos se aflojan de la superficie y son retenidos por la unidad de limpieza. La aspiración constituye el método más eficiente al tratarse de superficies pequeñas, como aceras, patios o zonas de estacionamiento.

Método Combinado: Después de un barrido previo, la aspiración de la zona colmatada seguido del lavado a presión, constituye el mejor método para el mantenimiento del concreto permeable.

Es importante, asimismo, que la superficie permeable construida, sea capaz de drenar eficientemente las aguas pluviales, para ello, la NORMA OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO, (2006), refiere que el drenaje pluvial urbano consiste en el manejo racional del agua de lluvia, para evitar acumulaciones que amenacen la seguridad al causar accidentes, inconvenientes o constituir focos de enfermedades y contaminación.

MALDONADO y PAREDES, (2015), exponen que, para la construcción de superficies permeables, es importante que la capacidad de infiltración de la superficie, sea superior a la máxima intensidad de lluvia calculada a partir de la climatología local. Al momento de diseñar una superficie hecha de concreto permeable, es importante considerar estructuras de drenaje alternativas que actúen en caso de que la precipitación supere la capacidad de infiltración del concreto, más aún, considerando que el concreto irá colmatándose a lo largo del tiempo, disminuyendo su capacidad de infiltración. Es importante considerar que el volumen de agua a drenar por una superficie permeable se compone tanto de la precipitación que cae directamente en el área, como de la escorrentía acumulada que se dirige a la superficie. Un análisis topográfico, permite identificar el área de las cuencas que drenan hacia la superficie permeable. El grado de impermeabilidad de estas áreas y el cálculo de la máxima intensidad de diseño, permiten determinar el volumen de la escorrentía a ser captada.

El **problema general** de esta investigación, busca responder a la siguiente interrogante: ¿Cómo es el diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019?

De ello, surgen también los siguientes **problemas específicos**:

¿Para qué se determinan las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares?, ¿Para qué se diseña la mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos?, ¿Cómo se determina la resistencia a la compresión del concreto permeable?, ¿Cómo se evalúa la permeabilidad del concreto permeable?, ¿Para qué se modelan gráficamente los bloques modulares de concreto permeable?, ¿Para qué se realiza el análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable?

Asimismo, se busca **justificar** la investigación de la siguiente manera:

Justificación teórica: Utilizando a las normativas ACI 522R-06 y ACI 211.3R-02 como principales referencias para diseñar un concreto poroso que pueda drenar con eficacia la carga pluviométrica de la zona.

Justificación práctica: Bajo el punto de vista práctico, el diseño modular de los bloques, permite construir superficies drenantes de forma rápida y fácil, de modo que, facilita las tareas de transporte, colocación, mantenimiento y reemplazo. Los ensayos realizados para el diseño de los bloques modulares, brindarán los resultados necesarios para la implementación del concreto permeable en la construcción de sistemas de drenaje superficial efectivos.

Justificación por conveniencia: El proceso de investigación y obtención de resultados, permiten ganar experiencia y conocimiento en diversos temas ingenieriles. La investigación realizada se postula como una idea referencial de los distintos usos que se le puede dar al concreto permeable, sacándole el máximo provecho al combatir los problemas de drenaje pluvial presentes en las ciudades, permitiendo a los futuros investigadores, el proponer nuevos sistemas tomando en cuenta la idea, métodos y los resultados obtenidos.

Justificación social: La investigación, plantea la fabricación de bloques modulares de concreto poroso para la construcción de superficies drenantes que controlen las inundaciones y la formación de raudales. El uso de este material en la ciudad de Tarapoto, brinda grandes beneficios ambientales y económicos.



Justificación metodológica: Metodológicamente se justifica que, el proceso para recopilar la información y aplicar las técnicas para la obtención de resultados, debe ser respetado y analizado, ejecutando adecuadamente los ensayos de laboratorio y cálculos para asegurar la obtención de un producto que brinde los resultados deseados.

El **objetivo general** que encamina la investigación es: Diseñar bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019.

Para cumplir con el objetivo general, se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares. Diseñar la mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos. Determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable. Evaluar la permeabilidad del concreto permeable. Modelar los bloques modulares de concreto permeable. Realizar el análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable.

La **hipótesis general** de la presente investigación es: El diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019, será viable.

A partir de ello, surgen las siguientes **hipótesis específicas**:

La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares, servirán para el diseño de mezcla de concreto permeable. El diseño de mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos, relacionará la resistencia a la compresión en base a la capacidad drenante del concreto. La determinación de la resistencia a la compresión del concreto permeable será mediante la rotura de testigos cilíndricos a los 7, 14 y 28 días. La evaluación de la permeabilidad del concreto permeable será mediante el ensayo de permeabilidad. El modelamiento brindará una idea de la forma y dimensiones de los bloques modulares de concreto permeable. La realización del análisis de costo unitario, reflejará los costos de producción de los bloques modulares de concreto permeable.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

#### Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación, agrupa las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, debido al estudio analítico de la información recopilada para la ejecución de ensayos de laboratorio y evaluaciones, cuyos resultados, son necesarios para el diseño de los bloques modulares de concreto permeable, constituyendo una propuesta práctica e innovadora de drenaje para el control de las aguas pluviales en la ciudad de Tarapoto.

#### Diseño de investigación

Al presente trabajo de investigación, se le asigna un diseño experimental y, siendo concretos, pre experimental, debido a la manipulación de la variable mediante la realización de diversos ensayos de laboratorio, evaluaciones y estudios correctamente elaborados que proporcionen información lo suficientemente fidedigna como para ser tomada en cuenta.

GE:  $X_1$  (175 kg/cm<sup>2</sup>),  $O_1$  (7 días).

$X_1$  (175 kg/cm<sup>2</sup>),  $O_2$  (14 días).

$X_1$  (175 kg/cm<sup>2</sup>),  $O_3$  (28 días).

Donde:

- GE: Grupo experimental.
- $X_1$ : Resistencia a la compresión de diseño.
- $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ : Medición de la resistencia a la compresión (En  $O_1$ ,  $O_2$  y  $O_3$ ) y la permeabilidad (En  $O_3$ ).

### 2.2. Operacionalización de la variable

#### Variable

Bloques modulares de concreto permeable: Cuantitativa Continua.



## **2.3.Población y muestra**

### **Población muestral**

HERNÁNDEZ, (2014), define que, la población muestral tiene protagonismo en las investigaciones donde las características del universo o población pueden ser sintetizadas y tomadas en conjunto tal y como se tratara de la muestra misma. Aquí, la muestra no conforma un subgrupo del universo, sino que la muestra adquiere el mismo tamaño del universo.

En el presente trabajo de investigación, el tamaño de la población coincide con el tamaño de la muestra.

Se elaboraron un total de 15 testigos de concreto permeable para la ejecución respectiva de los ensayos.

- 9 testigos cilíndricos de 6” de diámetro y 12” de altura, para el ensayo de resistencia a la compresión, usando moldes metálicos estándar.
- 6 testigos cilíndricos de 4” de diámetro y 6” de altura, para el ensayo de permeabilidad usando moldes de elaboración propia (tubos PVC).

## **2.4.Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **Técnica**

BAENA, (2017), hace mención sobre la técnica, que es la forma o el planteamiento propuesto con la intención de cumplir eficientemente los objetivos. Todas las actividades o metas propuestas disponen de una técnica formulada para llegar a su cumplimiento efectivo, siendo la técnica el arte o la manera de hacerlo.

Para el desarrollo de la investigación, se dispone de la experimentación como técnica principal para la obtención de resultados, debido a la medición de respuestas a reacciones específicas por causas provocadas (Ensayos).

- Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares.
- Diseño de mezcla de concreto permeable.
- Determinación de la resistencia a la compresión.
- Evaluación de la permeabilidad.
- Modelamiento.
- Realización del análisis de costo unitario.

## **Instrumentos**

BAENA, (2017), define que, los instrumentos son las herramientas usadas para el cumplimiento de la técnica. Por ejemplo, para un cazador, sus instrumentos serían, sus armas, trampas, provisiones, etc., para un científico, sus instrumentos serían el cuaderno de campo, su cámara de fotos, el telescopio, entre otros.

En la presente investigación, los instrumentos, en su mayoría, están conformados por la aplicación de test o ensayos normados empleando de distintos aparatos físicos, además del empleo de softwares y el uso de información adquirida a través de la indagación.

- Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares: Formatos de ensayos de laboratorio.
- Diseño de mezcla de concreto permeable: Formato de ensayo de laboratorio.
- Determinación de la resistencia a la compresión: Formato de ensayo de laboratorio.
- Evaluación de la permeabilidad: Formato de ensayo de laboratorio.
- Modelamiento: Software AutoCAD.
- Realización del análisis de costo unitario: Software S10.

**Tabla 2.**

*Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.*

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>FUENTES</b>
Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares.	Formatos de ensayos de laboratorio.	- ASTM.
Diseño de mezcla de concreto permeable.	Formato de ensayo de laboratorio.	- ACI211.3R-02.
Determinación de la resistencia a la compresión.	Formato de ensayo de laboratorio.	- ASTM.
Evaluación de la permeabilidad.	Formato de ensayo de laboratorio.	- ACI522R-10.
Modelamiento.	Software AutoCAD.	- Información Adquirida.
Realización del análisis de costo unitario.	Software S10.	- Instituto CAPECO. - Información Adquirida.

**Fuente:** Elaboración de los tesisistas.

## **Validez y confiabilidad**

HERNÁNDEZ, (2014). “La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir”. (p. 200).

No es necesario realizar una validación a los instrumentos aplicados en la presente investigación, debido al uso de instrumentos, formatos y fichas estandarizadas brindadas por las instituciones responsables y que usan como guía, las normas internacionales y nacionales del testeo y ensayo de Materiales.

- Formatos de ensayos de laboratorio perteneciente al laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la UCV, Tarapoto, quienes trabajan en base a las normativas de la ASTM.
- American Concrete Institute: ACI 522R-10, Informe del concreto permeable.
- American Concrete Institute: ACI 211.3R-02, Guía para seleccionar proporciones para concreto sin asentamiento.
- American Society for Testing and Materials: ASTM C 31, Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas en Obra.
- American Society for Testing and Materials: ASTM C39, Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

HERNÁNDEZ, (2014). “La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales”. (p. 200).

Asimismo, no se necesitan efectuar métodos probabilísticos para encontrar el nivel de confiabilidad de los instrumentos, debido al uso de instrumentos aprobados y testeados según la normativa que los rige.

## **2.5. Procedimiento**

Los pasos a seguir para el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación, son:

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares: La selección del tamaño y forma de los agregados granulares a usarse en la mezcla, influyen en las propiedades finales del concreto permeable, por lo que se usó de referencia, las recomendaciones de la norma ACI211.3R-02 y, asimismo, de los

antecedentes. Los ensayos de laboratorio, siguieron los pasos de las normativas ASTM que las rigen.

Diseñar la mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos: El diseño de la mezcla, siguió el proceso indicado por la norma ACI211.3R-02, que consiste en seleccionar un porcentaje de vacíos ideal para que el concreto obtenga resultados a compresión y permeabilidad equilibrados. La selección de este porcentaje puede variar de acuerdo a los resultados que se quiera obtener, mientras más permeable sea el concreto, menor será su resistencia, de igual forma a la inversa.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable: Se realizó la rotura de los testigos cilíndricos de concreto permeable a los 7, 14 y 28 días siguiendo lo estipulado por la norma ASTM C39, con el fin de controlar la evolución de la resistencia a la compresión en función del tiempo.

Evaluar la permeabilidad del concreto permeable: Se realizó el ensayo de permeabilidad según la norma ACI522R-10, para luego comparar los resultados obtenidos con el análisis de las precipitaciones en la ciudad de Tarapoto, con la finalidad de evaluar si el concreto diseñado es capaz de captar con eficacia la carga pluviométrica de la zona.

Modelar los bloques modulares de concreto permeable: Tras obtener resultados a compresión y permeabilidad favorables, los bloques modulares son modelados mediante el software AutoCAD con la intención de obtener un producto cuya forma y dimensión facilite su elaboración, transporte, colocación, mantenimiento y reparación.

Realizar el análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable: Empleando el Software S10, se realizó el análisis de costo unitario de la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto permeable, para luego, hallar el costo de producción unitario de los bloques según sus dimensiones.

## **2.6. Métodos de análisis de datos**

HERNÁNDEZ, (2014), refiere que los métodos aplicados para el análisis de datos, consisten en la indagación de los hechos o información relacionados y el manejo de sus expresiones en cifras para adquirir información válida y confiable.

**Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares**, empleando las normativas patentadas por la American Society for Testing and Materials (ASTM) para el ensayo de los agregados granulares componentes del concreto.

**Diseño de mezcla de concreto permeable**, de acuerdo a la normativa ACI 211.3R-02: “Guía para seleccionar proporciones para concreto sin asentamiento”, en su apéndice 6: “Proporcionamiento para mezclas de concreto permeable”, en la cual se estipula el proceso de dosificación de mezclas concreto permeable en base a un contenido de vacíos seleccionado.

**Determinación de la resistencia a la compresión**, de acuerdo a la normativa ASTM C39, para realizar la rotura de testigos cilíndricos de concreto con la intención de determinar la calidad del concreto.

**Evaluación de la permeabilidad**, siguiendo las especificaciones y recomendaciones de la normativa ACI 522R-10 para ejecutar el ensayo de permeabilidad.

**Modelamiento**, mediante el uso del Software AutoCAD.

**Realización del análisis de costo unitario**, de acuerdo a los apartados establecidos por el instituto CAPECO, y el análisis de la información adquirida empleando el software s10.

## **2.7. Aspectos éticos**

La UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, (2019), refiere que los aspectos éticos en un trabajo de investigación, buscan aludir la autoría de la información recopilada a través de fuentes varias, para conservar la confidencialidad y calidad de los datos, de esta forma, la información creada por los autores, queda resguardada.

La información extraída como guía teórica de las distintas fuentes físicas y digitales, tienen carácter confidencial, se demuestra a través de la norma ISO 690, la autoría y propiedad de las investigaciones y libros realizados por los distintos autores a través de la formulación de las referencias bibliográficas.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares.

Para elaborar el diseño de mezcla, se trabajó con la combinación de agregados: 90% de agregado grueso angular de tamaño máximo nominal de 1/2" y 10% de Arena triturada, esto con el fin de incrementar la rigidez del concreto permeable (Ver el Anexo "Selección de los agregados granulares" y el "Resultados de laboratorio").

##### Tabla 3.

*Características físicas y mecánicas de la combinación de agregados: 90% de Agregado grueso angular de 1/2" y 10% de Arena triturada – Cantera río Huallaga.*

<b>Combinación de Agregados: 90% de Agregado grueso angular de 1/2" y 10% de Arena triturada – Cantera río Huallaga.</b>		
<b>Características físicas</b>		<b>Características mecánicas</b>
Diámetro nominal máximo	1/2"	
Módulo de Finura	2.70	
Peso específico Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.68	
Absorción (%)	0.60	Desgaste a la abrasión
Humedad (%)	0.20	16.6%
Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1514	
Peso unitario compactado (Kg/m <sup>3</sup> )	1618	

*Fuente:* Elaboración de los tesisistas.

##### Interpretación

Las características físicas y mecánicas de los dos tipos de agregado, fueron determinadas por separado y, asimismo, combinados.

Respecto al agregado grueso angular de 1/2", se obtuvo un diámetro máximo nominal de 1/2" correspondiendo a un porcentaje del 55.9% retenido en la malla, valor que ya se considera aceptable. Además, no contiene módulo de finura debido a que se trata de un agregado grueso propiamente dicho. Las demás propiedades físicas, brindan datos positivos teniendo en cuenta la cantera de procedencia. El desgaste a la abrasión obtuvo un porcentaje de 16.6%, inferior al 50%, lo que significa que el agregado es apto para su uso en pisos y pavimentos.

Respecto a la arena triturada, se obtuvo un módulo de finura de 2.70, este valor nos indica el tamaño medio de un material fino o árido a usarse en una mezcla de concreto, mientras más elevado sea este valor, mayor tamaño tienen las partículas.

Respecto a la combinación de agregados, el diámetro nominal del material combinado se mantiene en 1/2", pero adquirió el módulo de finura de la arena triturada, además, al adicionar este fino, se observa un incremento en las demás propiedades físicas del agregado, que, en comparación con el agregado grueso anguloso de 1/2", el valor del peso específico seco pasó de 2.60 gr/cm<sup>3</sup> a 2.68 gr/cm<sup>3</sup>, la absorción de 0.58% a 0.60%, la humedad de 0.12% a 0.20%, el peso unitario suelto de 1410 kg/m<sup>3</sup> a 1514 kg/m<sup>3</sup> y el peso unitario compactado de 1505 kg/m<sup>3</sup> a 1618 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2. Diseñar la mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos.

Inicialmente, se seleccionó un porcentaje de vacíos de 17% para el diseño de mezcla, ya que, según la norma, este valor proporciona resultados a compresión y permeabilidad equilibrados, además, de una relación ag/cem. de 0.38.

**Tabla 4.**

*Dosificación para elaborar 1 m<sup>3</sup> de concreto permeable.*

<b>Dosificación para elaborar 1 m<sup>3</sup> de concreto permeable</b>		
Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	330	0.105
Agua	112.86	0.113
Agregado	1608	0.600
Aditivo Plastificante	2.219	0.002
Fibra Sintética	0.776	0.001
Total	2053.855	0.821
Verificación del % de Vacíos:		
$\% \text{ Vacíos} = (1 - \text{Volumen total}) * 100$		
$\% \text{ Vacíos} = 17.9\%$		

*Fuente:* Elaboración de los tesisistas.

### **Interpretación**

Se observan los pesos y volúmenes de los materiales componentes de 1 m<sup>3</sup> de concreto permeable.

El porcentaje de vacíos sufre una modificación: al agregar el aditivo plastificante a la mezcla de concreto, según especificaciones de su ficha técnica, es necesario reducir la cantidad de agua en un 10%, esto reduce el volumen de agua en la mezcla, incrementando el volumen de vacíos, que pasa de 17% a 17.9%.

Al emplear una relación ag/cem. de 0.38, se obtuvo una mezcla trabajable, cuya pasta de cemento, sin la necesidad de ser fluida, cubría bien a los agregados manteniendo una buena cohesión.

### 3.3.Determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable.

De acuerdo a las especificaciones de la ACI 211.3R-02, un concreto permeable diseñado con un 17.9% de vacíos y elaborado con agregados de tamaño máximo nominal de 1/2", debería adquirir una resistencia a la compresión de aproximadamente 175 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad (Ver el Anexo “Ensayo de resistencia a la compresión” y el Anexo “Resultados de laboratorio”).

**Tabla 5.**

*Resistencia a la compresión del concreto permeable a los 07, 14 y 28 días de edad.*

Resistencia a la Compresión – Concreto permeable f'c 175 kg/cm <sup>2</sup> (ASTM C39 - NTP 339.0.35)							
N° Testigo	Edad (Días)	Carga (Kg)	Área (Cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c	%	% Promedio
01	07	22907	181.5	126.21	175	72.12	
02	07	22813	181.5	125.69	175	71.82	72.02
03	07	22900	181.5	126.17	175	72.10	
01	14	28986	181.5	159.70	175	91.26	
02	14	28861	181.5	159.01	175	90.86	91.00
03	14	28973	181.5	159.03	175	90.87	
01	28	33160	181.5	182.70	175	104.40	
02	28	33420	181.5	184.13	175	105.35	104.88
03	28	33314	181.5	183.55	175	104.89	

*Fuente:* Elaboración de los testistas.

### Interpretación

Las roturas realizadas mostraron la evolución de la resistencia a la compresión del concreto permeable que contiene un 17.9% de vacíos y una mezcla de agregados compuestos por el 90% de agregado grueso angular de 1/2" y el 10% de arena triturada. Alcanzando una resistencia a la compresión promedio de 126.01 kg/cm<sup>2</sup> a los 07 días, una resistencia a la compresión promedio de 159.45 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días, y, una resistencia a la compresión promedio de 183.46 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

La mezcla de concreto permeable, adquirió, desde un inicio, mayores resistencias en comparación a una mezcla de concreto tradicional  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el porcentaje de resistencia, de 104.88% a los 28 días de edad.

Este incremento de resistencias, se le atribuye a la acción de la arena triturada, ya que, al mezclarse con la pasta de cemento, forma puntos de contacto más fuertes, incrementando la rigidez.

### 3.4. Evaluar la permeabilidad del concreto permeable.

**Tabla 6.**

*Determinación de la permeabilidad del concreto permeable.*

Permeabilidad del concreto permeable								
1) Ensayo de Permeabilidad – 28 días (ACI 522R-10):								
<i>Coefficiente de permeabilidad <math>K</math> (cm/s) = <math>\frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)</math></i>								
N° de Testigo	t (s)	h1 (cm)	h2 (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	L (cm)	a (cm <sup>2</sup> )	K (cm/s)	K promedio (cm/s)
01	41.28	29	01	78.54	15	78.54	1.224	1.20
02	42.59	29	01	78.54	15	78.54	1.186	
03	42.02	29	01	78.54	15	78.54	1.202	
04	43.32	29	01	78.54	15	78.54	1.166	
05	41.65	29	01	78.54	15	78.54	1.213	
06	42.34	29	01	78.54	15	78.54	1.193	

*Fuente:* Elaboración de los tesisistas.

#### **Interpretación**

El coeficiente de permeabilidad  $K$ , indica la velocidad de percolación del agua a través de un sólido permeable. Para esto, la superficie drenante tiene que actuar en su totalidad.

A los 28 días de edad, se realizó el ensayo de permeabilidad, utilizando un permeámetro de carga variable construido según recomendaciones de la ACI 522R-10 (Ver el Anexo “Ensayo de permeabilidad”).

Donde:

- $t$  = Tiempo controlado en que la altura de agua desciende de  $h_1$  a  $h_2$ .
- $h_1$  = Altura inicial del agua sobre el testigo.

- $h_2$  = Altura final del agua sobre el testigo.
- $A$  = Área del testigo
- $L$  = Longitud del testigo
- $a$  = área de la tubería de carga de agua del permeámetro (ubicada sobre el testigo).
- $K$  = Coeficiente de permeabilidad.

Tras realizar el ensayo, se obtuvo un coeficiente de permeabilidad promedio de 1.20 cm/s (0.012 m/s). O sea que, una altura de agua de 1.20 cm. (0.012 m.), atraviesa el sólido por cada segundo que pasa.

Para hallar el volumen de agua que esto representa, multiplicamos el coeficiente de permeabilidad por el área de la superficie drenante, tomaremos a 1m<sup>2</sup> como referencia.

Entonces, una superficie de 1m<sup>2</sup> de concreto permeable con un 17.9% de vacíos, es capaz de drenar un caudal de 0.012m<sup>3</sup>/s, mejor expresado en 12 lts/s.

La capacidad de drenaje es elevada, ya que la norma ACI 522R-10, refiere que para un concreto permeable de alta a mediana resistencia a la compresión, este valor se encuentra en un rango de 1.35 a 12.17 lts/s/m<sup>2</sup>.

Para verificar si el concreto permeable es funcional, la capacidad de drenaje tiene que ser mayor a la máxima intensidad de precipitación local (Ver el anexo: “Análisis de las precipitaciones en la ciudad de Tarapoto”).

**Tabla 7.**

*Verificación de la funcionalidad del concreto permeable en la ciudad de Tarapoto.*

<b>Capacidad de drenaje vs Intensidad máxima</b>	
Capacidad de drenaje del concreto permeable (en 1m <sup>2</sup> ).	Máxima intensidad con un periodo de retorno de 20 años y 10 minutos de duración, Tarapoto (en 1 m <sup>2</sup> ).
Altura de agua drenada: 1.20 cm/s = 0.012 m/s	Altura de agua acumulada: 66mm/h = 6.6 cm/h = 0.0018 cm/s = 1.8E-5 m/s
Volumen de agua drenado: 0.012 m/s x 1m <sup>2</sup> = 0.012 m <sup>3</sup> /s = 12 L/s	Volumen de agua acumulado: 1.8E-5 m/s x 1m <sup>2</sup> = 1.8E-5 m <sup>3</sup> /s = 0.018 L/s

**Fuente:** Elaboración de los testistas.

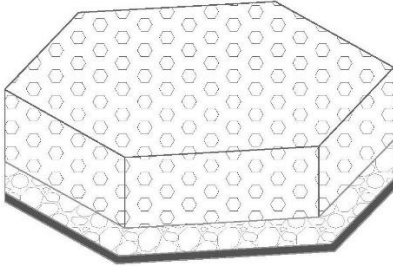
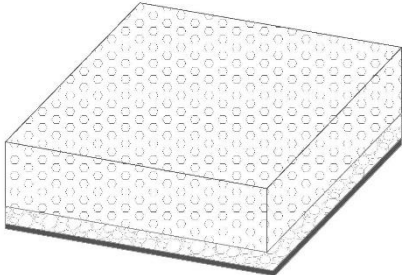
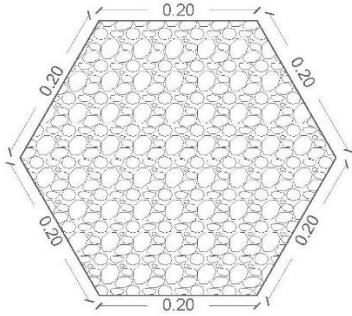
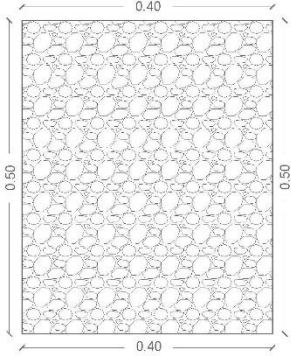
### Interpretación

El volumen de agua que una superficie de 1m<sup>2</sup> de concreto permeable puede drenar es de 12L/s, siendo muy superior a 0.018 L/s, que es el volumen de agua que una superficie impermeable de 1m<sup>2</sup> acumularía debido a una precipitación de máxima intensidad en la ciudad de Tarapoto. Por lo tanto, el concreto permeable, si puede captar la carga pluviométrica de la ciudad de Tarapoto con facilidad.

### 3.5. Modelar los bloques modulares de concreto permeable.

**Tabla 8.**

*Bloques modulares de concreto permeable.*

<b>Bloques modulares de concreto permeable</b>	
<b>Bloque modular hexagonal</b>	<b>Bloque Modular rectangular</b>
	
	
<b>Resistencia a la compresión:</b> $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ <b>Capacidad de drenaje:</b> 1.248 lts/s <b>Dimensiones:</b> Lados: 0.20 m. Espesor: Variable según solicitaciones de carga.	<b>Resistencia a la compresión:</b> $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ <b>Capacidad de drenaje:</b> 2.4 lts/s <b>Dimensiones:</b> Lados: 0.50 m. x 0.40 m. Espesor: Variable según solicitaciones de carga.

*Fuente:* Elaboración de los testistas.

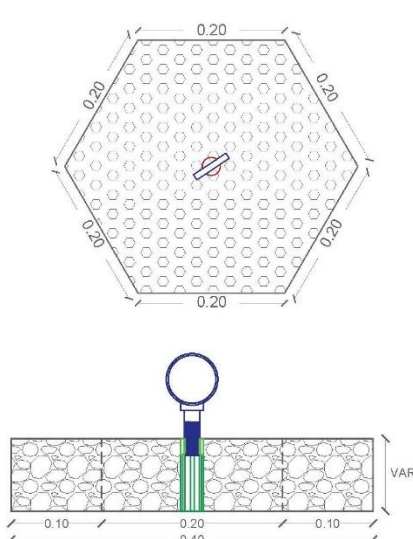
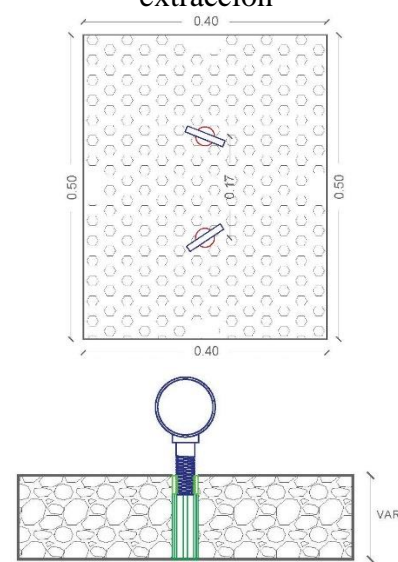
### Interpretación

Los bloques modulares fueron modelados empleando el software AutoCAD (Ver el Anexo “Modelamiento gráfico de los bloques modulares de concreto permeable”). Según su forma, se diseñaron dos tipos de bloques: hexagonales y rectangulares. Las

formas y dimensiones fueron ideadas con la intención de facilitar y/o agilizar la colocación, mantenimiento o reemplazo, además, la construcción de superficies permeables empleando bloques modulares prefabricados, permite crear variaciones estéticas, rompiendo la monotonía. El espesor de los bloques, es variable, y depende de las solicitaciones de carga que la superficie va a recibir, según su función o ubicación.

**Tabla 9.**

*Bloques modulares de concreto permeable de fácil extracción.*

<b>Bloques modulares de concreto permeable de fácil extracción</b>	
Bloque modular hexagonal de fácil extracción	Bloque Modular rectangular de fácil extracción
	
<p><b>Resistencia a la compresión:</b> <math>F'c = 175 \text{ kg/cm}^2</math>  <b>Capacidad de drenaje:</b> 1.248 lts/s  <b>Dimensiones:</b> Lados: 0.20 m.                  Espesor: Variable según solicitaciones de carga.</p>	<p><b>Resistencia a la compresión:</b> <math>F'c = 175 \text{ kg/cm}^2</math>  <b>Capacidad de drenaje:</b> 2.4 lts/s  <b>Dimensiones:</b> Lados: 0.50 m. x 0.40 m.                  Espesor: Variable según solicitaciones de carga.</p>

*Fuente:* Elaboración de los tesisistas.

### Interpretación

Los bloques modulares de fácil extracción, disponen de un dispositivo de acero galvanizado anclados en la parte interior, y de una herramienta extractora.

Esto permite la fácil extracción vertical de un bloque al estar rodeado o confinado por otros bloques. El espacio que queda en el medio, permite retirar de forma sencilla los bloques del alrededor para fines de reemplazo o mantenimiento.

**3.6. Realizar el análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable.**

**Tabla 10.**

*Análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable*

**Análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable.**

**ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO**

PARTIDA: Bloques modulares de concreto permeable.  
 Cuadrilla: 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficiales + 8 peones  
 Rendimiento: 20 m3/día  
 Unidad: m3

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unit. S/	P. Parc. S/	Total S/
<b>MATERIALES</b>					
Cemento Portland tipo I	bls	7.765	22.800	177.042	
Aditivo Plastificante	gln	0.555	33.900	18.815	
Fibra sintética	bls	7.765	4.300	33.390	
Piedra chancada 1/2"	m3	0.540	100.000	54.000	287.616
Arena Triturada	m3	0.060	70.000	4.200	
Agua	m3	0.113	1.500	0.170	
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	hh	0.080	23.110	1.849	
Operario	hh	0.800	21.010	16.808	
Oficial	hh	0.800	17.030	13.624	81.369
Peón	hh	3.200	15.340	49.088	
<b>EQUIPOS Y HERRAM.</b>					
Mezcladora de tambor 9 p3 (1)	hm	0.400	3.500	1.400	
Herramientas (5% M.O.)	%M.O.	0.050	81.369	4.068	5.468
<b>COSTO DIRECTO TOTAL (1m3)</b>					<b>374.453</b>

**BLOQUE MODULAR  
HEXAGONAL**

Dimensiones: 0.20 m. (Lados) x 0.10 m. (Altura)

Volumen: 0.0104m3

Costo de producción del bloque = S/ 3.90

**BLOQUE MODULAR  
RECTANGULAR**

Dimensiones: 0.50 m. x 0.40 m. x 0.10m.

Volumen: 0.02 m3

Costo de producción del bloque = S/ 7.50

**Fuente:** Elaboración de los tesistas.



## **Interpretación**

Para calcular el costo de producción de cada bloque modular de acuerdo a su forma y dimensiones, fue necesario primero realizar el análisis de costo unitario de la producción de 1 m<sup>3</sup> de concreto permeable.

Se observa que el costo directo total de 1m<sup>3</sup> de concreto permeable cuyo porcentaje de vacíos asciende a 17.9%, es de S/ 374.453.

Tan sólo es cuestión de multiplicar el volumen del bloque por este valor para encontrar el costo de producción unitario. El costo de producción unitario de los bloques hexagonales asciende a S/ 3.90 y de los bloques rectangulares a S/ 7.50.

Asimismo, para facilitar, el mantenimiento o reemplazo de los bloques, se diseñaron bloques modulares de fácil extracción.

El costo de producción unitario de los bloques de fácil extracción se ve incrementado debido a la presencia del mecanismo de anclaje en el interior del bloque, dicho mecanismo, está hecho de acero galvanizado para evitar su oxidación por acción del agua y tiene un costo de S/ 4. Entonces, los bloques modulares hexagonales de fácil extracción tienen un costo de producción de S/ 7.90 al contar con sólo un mecanismo de anclaje incrustado en la parte céntrica del bloque, y, los bloques modulares rectangulares de fácil extracción tienen un costo de producción de S/ 15.50 al contar con dos mecanismos de anclaje incrustados en los tercios centrales del bloque.

## VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Para validar la hipótesis, se utilizó la fórmula de regresión lineal para estimar la variable de estudio en relación al resultado de sus dimensiones principales.

$$Y = b_0 + b_1 * X$$

Dónde:

**Y:** Resistencia a la compresión / Permeabilidad.

**X:** Diseño de bloques modulares de concreto permeable.

**b<sub>0</sub>:** Intercepto.

**b<sub>1</sub>:** Pendiente.

De la fórmula se obtiene que, “Y” representa a las dimensiones principales de la variable de estudio, siendo la resistencia a la compresión y la permeabilidad, aquellas dimensiones que determinan el éxito del diseño propuesto, éstas son intervenidas y manipuladas para lograr los objetivos planteados, “X” es la variable de estudio en la que se centra la investigación, “b<sub>0</sub>” es el intercepto que sirve para determinar los valores estimados según la relación de la variable con su respectiva dimensión en el sistema cuantitativo, “b<sub>1</sub>” es la pendiente que intercepta la mayoría de puntos en el plano cartesiano para determinar los grados de correspondencia entre las dos Hipótesis.

Se muestran, a continuación, los resultados obtenidos mediante la utilización del programa IBM SPSS para la veracidad en la validación de hipótesis para el ensayo de Resistencia a la compresión:

Correlaciones:

**Tabla 11.**

*Estadísticos descriptivos de la Resistencia a la compresión.*

<b>Estadísticos descriptivos</b>			
	Media	Desviación estándar	N
Concreto modular permeable	1610,9920	,00100	3
Resistencia a la compresión	156,2433	28,83607	3

**Fuente:** Elaboración de los tesisistas.

**Tabla 12.***Correlación lineal (de Pearson) de la Resistencia a compresión.*

		<b>Correlaciones</b>	
		Concreto modular permeable	Resistencia a la compresión
Concreto modular permeable	Correlación de Pearson	1	,996
	Sig. (bilateral)		,058
	N	3	3
Resistencia a la compresión	Correlación de Pearson	,996	1
	Sig. (bilateral)	,058	
	N	3	3

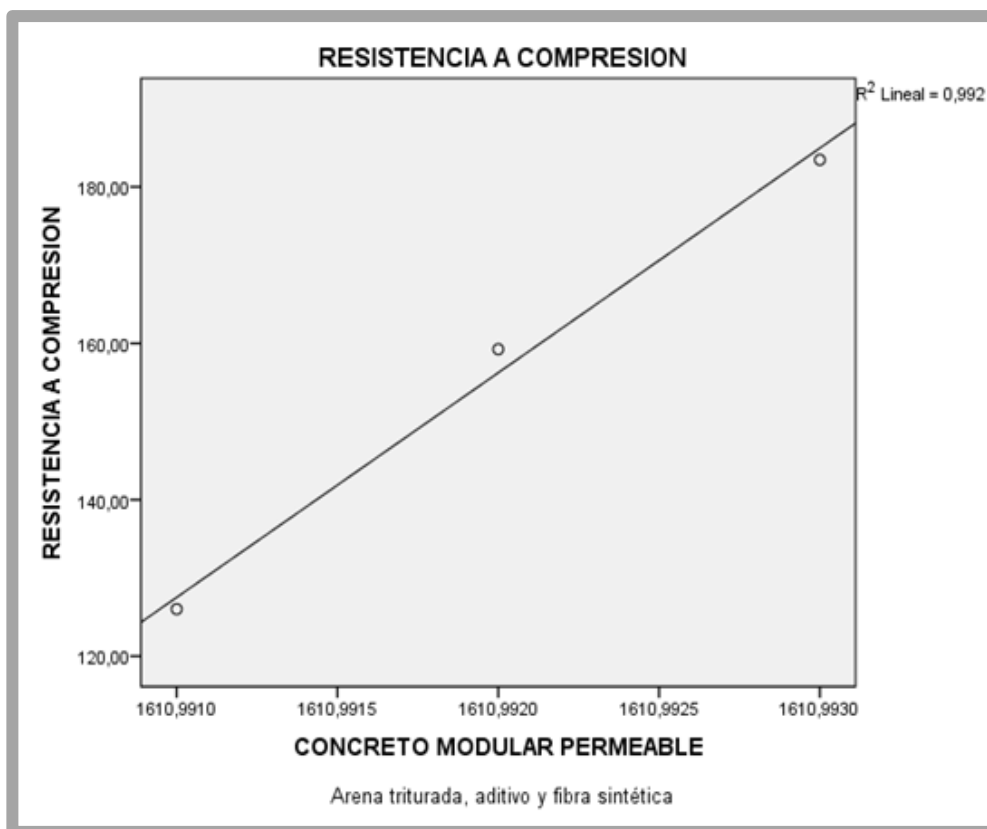
*Fuente:* Elaboración de los tesisistas.

Regresión:

**Tabla 13.***Regresión lineal de la Resistencia a compresión.*

		<b>Coefficientes</b>		
Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados
		B	Error estándar	Beta
1	(Constante)	-	4190595,57	-
		46265117,51	9	11,040
	CONCRETO MODULAR PERMEABLE	28718,500	2601,252	,996
				11,040

*Fuente:* Elaboración de los tesisistas.



**Figura 3.** Regresión lineal de la Resistencia a la compresión.

*Fuente:* Elaboración de los tesistas.

Asimismo, se muestran a continuación, los resultados obtenidos mediante la utilización del programa IBM SPSS para la veracidad en la validación de hipótesis para el ensayo de Permeabilidad:

Correlaciones:

**Tabla 14.**

*Estadísticos descriptivos de la Permeabilidad.*

<b>Estadísticos descriptivos</b>			
	Media	Desviación estándar	N
Tiempo en segundos	42,2000	,72214	6
Coefficiente de Permeabilidad	1,1973	,02053	6

*Fuente:* Elaboración de los tesistas.

**Tabla 15.***Correlación lineal (de Pearson) de la Permeabilidad.*

<b>Correlaciones</b>			
		Tiempo en segundos	Coefficiente de Permeabilidad
Tiempo en segundos	Correlación de Pearson	1	-1,000**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	6	6
Coefficiente de Permeabilidad	Correlación de Pearson	-1,000**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	6	6

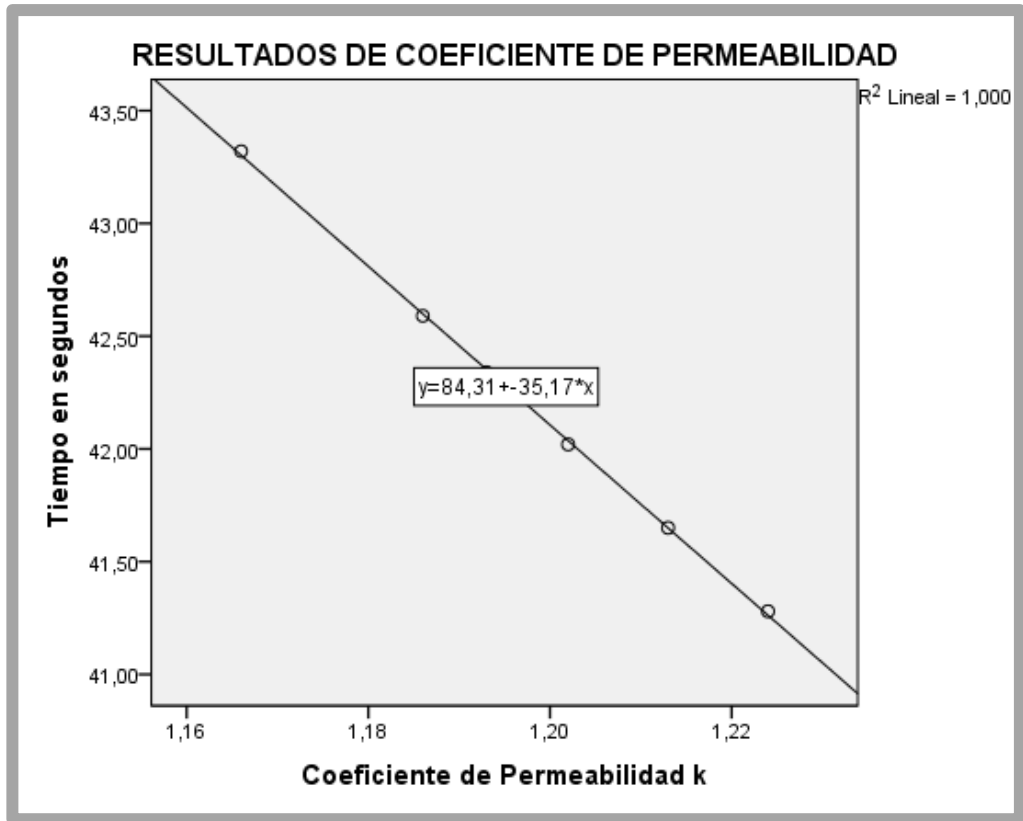
*Fuente:* Elaboración de los tesisistas.

Regresión:

**Tabla 16.***Regresión lineal de la Permeabilidad.*

<b>Coefficientes</b>				
Modelo	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t
	B	Error estándar	Beta	
(Constante)	84,307	,437		192,794
1 Coeficiente de Permeabilidad	-35,168	,365	-1,000	-96,303

*Fuente:* Elaboración de los tesisistas.



**Figura 4.** Regresión lineal de la Permeabilidad.

*Fuente:* Elaboración de los tesistas.

### Interpretación

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que la hipótesis se cumple en relación a los datos obtenidos por la variable y las dimensiones de resistencia a la compresión y permeabilidad, siendo éstas, las que determinan el éxito del diseño propuesto.

#### **IV. DISCUSIÓN**

El objetivo principal de la presente investigación, fue el diseñar bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial en la ciudad de Tarapoto, los mismos que servirían para la construcción de superficies permeables en beneficio de la población frente a los problemas de inundación y la formación de raudales a causa de las precipitaciones. Para el cumplimiento del objetivo principal, los objetivos específicos propuestos, fueron: determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares, diseñar la mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos, determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable, evaluar la permeabilidad del concreto permeable, modelar los bloques modulares de concreto permeable y realizar el análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable.

Para la obtención de los resultados, se experimentó con la variable mediante la realización de diversos ensayos de laboratorio y estudios, para observar y evaluar las reacciones obtenidas bajo condiciones preestablecidas. Los instrumentos y procedimientos aplicados, siguieron las especificaciones de las normas internacionales y nacionales que guían el proyecto, como, por ejemplo, se utilizaron las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) correspondientes para la evaluación y ensayo de los agregados granulares y el ensayo de resistencia a la compresión. Para el diseño de mezcla elaborado en la investigación, se siguió el procedimiento para el proporcionamiento de mezclas de concreto permeable brindado por la American Concrete Institute (ACI), en su norma ACI 211.3R-02, asimismo, para el cálculo de la capacidad de drenaje del diseño de mezcla elaborado, se siguieron los parámetros y recomendaciones de la norma ACI 522R-10 mediante la ejecución del ensayo de permeabilidad, esta norma a su vez, constituye la principal guía del concreto permeable, brindando información y consideraciones importantes a tomar en cuenta.

Para determinar las propiedades de nuestros agregados granulares, tras una serie de testeos y combinaciones, se seleccionó una combinación de agregados compuesta por un 90% de agregado grueso angular de 1/2" y un 10% de arena

triturada para la elaboración de la mezcla de concreto permeable. Los ensayos realizados a los agregados granulares, siguieron los parámetros de la American Society for Testing and Materials (ASTM), para determinar las propiedades de humedad natural, granulometría, peso específico, absorción, peso unitario y abrasión (Ver el Anexo “Selección de los agregados granulares” y el Anexo “Ensayos físicos y mecánicos a los agregados”). Los agregados granulares usados para el diseño de mezcla, proceden del centro de acopio “Concretera y Chancadora Dino – Tarapoto”, los mismos que trabajan con el material del río Huallaga, extraídos del sector Puerto López. La American Concrete Institute, (2010), en su norma titulada ACI 522R-10: Informe sobre el concreto permeable, propone el uso de agregados que van desde los 3/4" hasta los 3/8", debido a que estos, brindan los mejores resultados en cuanto a resistencia y permeabilidad. Bajo este principio, se seleccionó a los agregados angulosos de 1/2", debido a que encuentran en el punto medio en cuanto a dimensiones de las partículas, por lo tanto, la permeabilidad y resistencia del concreto obtienen valores equilibrados. Al encontrarse en un tamaño medio, la trabajabilidad obtenida fue buena, pudiendo lograr, además, buenos acabados estéticos. NIETO, (2018), en su investigación titulada Uso de pavimento poroso para el drenaje de aguas pluviales en las vías principales de comunicación terrestre en Huancayo, menciona que, la forma y tamaño de los agregados influyen radicalmente en las propiedades finales del concreto permeable, y que es importante evitar una excesiva angulosidad del agregado, ya que estos agregados, tienden a fisurarse afectando la resistencia del concreto. Para mejorar la adherencia de la pasta de cemento en las partículas del agregado y mantener mejor unidas estas partículas (mejor encaje), se decidió utilizar agregado anguloso (piedra chancada), y, sus propiedades físicas y mecánicas, brindaron resultados positivos, llegando a obtener incluso un porcentaje de desgaste a la abrasión de 16.6%, muy por debajo del 50%, que es límite establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para el uso de un agregado grueso en la construcción de pavimentos y pisos. TORRES, (2010), en su investigación titulada Tecnología del Concreto Permeable o Ecológico en la Construcción, menciona con respecto a la composición de las mezclas de concreto permeable, que, estas pueden contener agregados finos, pero en pequeñas cantidades, esto con el fin de



incrementar la resistencia del concreto al mejorar la rigidez, sin disminuir drásticamente la permeabilidad. Entonces, con el fin de conocer el efecto de la arena triturada en las propiedades del concreto permeable, se utilizó un porcentaje del 10% del peso total del agregado en la mezcla, obteniendo un considerable incremento en las resistencias obtenidas y manteniendo una alta tasa de permeabilidad.

Para diseñar nuestra mezcla de concreto permeable para la fabricación de los bloques modulares, se empleó el principio del porcentaje de vacíos del concreto permeable. La American Concrete Institute, (2009), en su norma titulada ACI 211.3R-02: Guía para seleccionar proporciones para concreto sin asentamiento, y, concretamente en su apéndice 6 denominado Proporcionamiento para mezclas de concreto permeable, recomienda el diseño de una mezcla cuyo porcentaje de vacíos se encuentre en un rango medio de entre un 15% y 20%, si se desea obtener un concreto permeable con propiedades equilibradas, es decir, una tasa de percolación elevada, sin comprometer mucho la resistencia a la compresión. Ahora, como la investigación se centra en el diseño de bloques modulares cuya área unitaria es relativamente pequeña, es necesario tomar ciertas consideraciones. Teniendo en cuenta que se desconoce el área total de la superficie a construir, su configuración o diseño, pudiendo tratarse de un área pequeña o grande, es importante que cada bloque, sea capaz de infiltrar el agua de forma eficiente, es decir, que cuente con una elevada capacidad de drenaje, y que, a su vez, sea capaz de resistir cargas considerables. Debido a esto, se decidió proporcionar la mezcla de concreto permeable, en base a un 17% de vacíos.

Respecto a la relación ag/cem. de la mezcla, tras un testeo previo, se determinó que un valor de 0.38 brinda los resultados más estables, obteniendo una buena trabajabilidad sin que la pasta de cemento tenga una consistencia muy líquida, estando de acuerdo con los resultados obtenidos por PORRAS, (2017), quien, en su investigación titulada Metodología de diseño de concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad, explica que, a mayor relación ag/cem., la trabajabilidad de la mezcla mejora y que, una relación ag/cem. demasiado baja hace que el cemento no reaccione químicamente con el agua, no existiendo una cohesión entre los componentes de la mezcla, y una relación

ag/cem. demasiado elevada, hace que la pasta de cemento fluya, descendiendo al fondo y sellando los poros del concreto. MORALES, (2018), en su investigación titulada Diseño de pavimento rígido permeable  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando agregado de río Huallaga - Jr. Los Andes, Morales - San Martín – 2018, logró obtener un diseño de mezcla ideal con una relación ag/cem. de 0.35. utilizando el mismo tamaño y forma de agregado grueso proveniente de la misma cantera, estos resultados, se refutan con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que, al emplear una relación ag/cem. de 0.35, la mezcla no lograba ser cohesiva ya que el cemento no reaccionaba químicamente bien con la pequeña cantidad de agua incorporada. Al optar por una relación ag/cem. superior a 0.38, la pasta de cemento, al ser muy líquida, tendía a depositarse en el fondo, sellando los poros y la base, afectando gravemente la permeabilidad del concreto. El uso de un aditivo plastificante fue de carácter necesario para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, ya que se emplea una cantidad de agua relativamente baja. Tras su uso, se obtuvo un notorio incremento en la facilidad de batido, vaciado y acabado de la mezcla, así como el mejoramiento de la cohesión. El uso del aditivo plastificante, demanda una reducción del 10% de la cantidad de agua a emplearse en la mezcla, aumentando el contenido de vacíos a un 17.9%. Las investigaciones realizadas por CÓRDOVA, (2016) y DÍAZ, (2017), en sus intentos por diseñar pavimentos rígidos permeables, obtuvieron resultados similares, destacando que el uso de los aditivos plastificantes, brindaron a sus mezclas, una mejor trabajabilidad en estado fresco, y un incremento en sus resistencias en estado endurecido.

Con respecto a la resistencia a la compresión de nuestro concreto permeable, la norma ACI 211.3R-02, explica mediante sus tablas, que, para una mezcla de concreto permeable elaborada con agregado grueso de 1/2" y que contiene un 17.9% de vacíos, la resistencia a la compresión a obtener a los 28 días, es de 175 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente. Sin embargo, los resultados obtenidos tras realizar las roturas correspondientes, brindaron una resistencia a la compresión promedio de 183.46 kg/cm<sup>2</sup>, representando el 104.88% de una resistencia  $f'_c$  175 kg/cm<sup>2</sup>. Este incremento de resistencias, se le atribuye a la incorporación de la arena triturada y al uso del aditivo plastificante. DÍAZ, (2017), en su investigación

titulada Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca, menciona que la resistencia a la compresión del concreto aumenta si la permeabilidad disminuye, y de igual forma, disminuye al aumentar el porcentaje de vacíos de la mezcla. Al incrementar el porcentaje de vacíos del concreto, la densidad del material disminuye, incrementando los planos de falla, haciendo que el concreto sea menos resistente.

Para evaluar la permeabilidad de nuestro concreto, el contenido de vacíos, junto a las propiedades de los componentes de la mezcla y el esfuerzo de compactación medio aplicado, permitieron obtener un caudal de drenaje de 12 lts/s/m<sup>2</sup>, valor que es considerado elevado, ya que la American Concrete Institute (ACI), en su norma titulada ACI 522R-10: Informe sobre el concreto permeable, afirma que, para un concreto permeable de alta a mediana resistencia a la compresión, este valor se encuentra en un rango de 1.35 a 12.17 lts/s/m<sup>2</sup>. El concreto permeable, si puede captar la carga pluviométrica de la ciudad de Tarapoto con facilidad, siendo la capacidad de drenaje, muy superior.

Para modelar nuestros bloques modulares de concreto permeable, empleamos el software AutoCAD. La intención de construir superficies permeables empleando bloques modulares prefabricados de este material, se basa en la idea de brindar rapidez y sencillez al proceso constructivo y transporte, facilidad en el mantenimiento y reemplazo de las partes afectadas de la superficie, además de brindar un buen acabado estético. Esto, va acorde con la información expuesta por CASTAÑEDA, (2014), quien, en su investigación titulada Diseño y Aplicación de Concreto Poroso en Pavimentos, menciona que, el uso de bloques prefabricados de concreto poroso para la construcción de pavimentos, veredas, estacionamientos o superficies donde se requiera drenar rápidamente las aguas pluviales, constituye una alternativa recomendable y eficiente.

Según el análisis de costo unitario elaborado, el precio de los bloques resultó razonablemente económico, tomando en cuenta los beneficios de la resistencia y propiedades drenantes del material.

## V. CONCLUSIONES

- 5.1. Las propiedades de los agregados granulares gruesos de 1/2" y la arena triturada provenientes de la cantera del río Huallaga, brindaron buenos resultados, siendo aptos para la elaboración de mezclas de concreto permeable. Además, para seleccionar el tamaño y tipo de agregado, se hace necesario tomar en cuenta, el volumen de agua a evacuar y la resistencia a la compresión que se desea obtener. La selección de los agregados interfiere directamente en la capacidad de infiltración de la superficie permeable, así que, la selección entre uno y otro tipo depende del volumen de agua a drenar y, asimismo, de la resistencia deseada.
- 5.2. El diseño de mezcla de concreto permeable para la fabricación de bloques modulares, se elaboró en base a un 17.9% de vacíos, una relación ag/cem. de 0.38 y una combinación de agregados granulares compuestos por un 90% de agregado grueso angular de 1/2" y 10% de arena triturada, y mostró excelentes resultados en cuanto resistencia a la compresión y capacidad de drenaje.
- 5.3. La resistencia a la compresión del concreto permeable a los 28 días de edad, obtuvo un valor promedio de 183.46 kg/cm<sup>2</sup> siendo su uso recomendado para la construcción de estacionamientos ligeros, patios, veredas, y sumideros.
- 5.4. La capacidad de drenaje de los bloques modulares de concreto permeable, fue elevada, siendo de 1.248 lts/s para los bloques modulares hexagonales cuya área unitaria es de 0.104 m<sup>2</sup>, y de 2.4lts/s para los bloques modulares rectangulares cuya área unitaria equivale a 0.200 m<sup>2</sup>. Esto significa que, superficies permeables de áreas pequeñas pueden ser construidas, siendo capaces de drenar el agua de forma eficiente.
- 5.5. Los bloques modulares de concreto permeable, fueron modelados de forma tal, que la fabricación, transporte, colocación y reemplazo resulte práctico y sencillo, teniendo en cuenta, además, la estética.
- 5.6. La fabricación de bloques modulares de concreto permeable, para la construcción de superficies drenantes y resistentes, resulta viable en la ciudad de Tarapoto, debido a la fácil y económica adquisición de los componentes de la mezcla.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 6.1. Con respecto a los agregados granulares gruesos, se recomienda seleccionar el tamaño y forma según la prioridad de la superficie a construir, es decir, si esta consiste en alcanzar altas resistencias o si consiste en alcanzar una alta tasa de permeabilidad, para obtener un resultado equilibrado, el agregado granular anguloso de 1/2" es la mejor opción.
- 6.2. Se recomienda diseñar la mezcla de concreto permeable en base a un 17% de vacíos si se desea obtener una alta capacidad de drenaje sin comprometer mucho la resistencia a la compresión. El uso de aditivos plastificantes resulta ideal para este tipo de concreto, ya que mejora la trabajabilidad y cohesión de la mezcla.
- 6.3. Se recomienda el uso de la arena triturada como agregado fino en un pequeño porcentaje para incrementar la rigidez y resistencia a la compresión del concreto permeable sin afectar la permeabilidad.
- 6.4. Para obtener un rendimiento adecuado en la infiltración del concreto permeable, se recomienda trabajar con una relación ag/cem. estable, es decir, que la pasta de cemento no sea fluida existiendo el riesgo de sellar la base y poros del concreto permeable, para ello, es necesario realizar una serie de testeos y corrección de la humedad de la mezcla en el laboratorio. Asimismo, es importante cuidar el esfuerzo de compactación a aplicarse tras realizar el vaciado de la mezcla, un elevado esfuerzo de compactación afecta gravemente la permeabilidad del concreto, y un leve esfuerzo de compactación, afecta la resistencia a la compresión.
- 6.5. La construcción de sistemas de drenaje pluvial empleando bloques modulares de concreto permeable en la parte superior, resulta práctico y recomendable debido a la eficiencia en su capacidad de infiltración, resistencia, facilidad de construcción, y estética. Se recomienda construir el sistema de evacuación interno de acuerdo a las características del terreno y consideraciones del ingeniero proyectista.
- 6.6. Se recomienda experimentar con diferentes métodos de construcción con concreto permeable, para analizar y evaluar cuál método resulta más conveniente bajo un punto de vista práctico y económico.

## REFERENCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 522R-10: Report On Pervious Concrete. United States: ACI, 2010. 40 pp.

ISBN: 9780870313646

Disponible en <https://es.scribd.com/doc/203022677/ACI-522R>

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 211.3R-02 (Reapproved 2009): Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete. United States: ACI, 2009. 26 pp.

ISBN: 9780870310775

Disponible en: [https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211302&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US\\_AND\\_METRIC](https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211302&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. C39-03: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. United States: ASTM, 2003. 5 pp.

Disponible en <https://www.astm.org/Standards/C39C39M-SP.htm>

BAENA, Guillermina. Metodología de la Investigación. 3.<sup>a</sup> ed. México D.F.: Grupo Editorial Patria, 2017. 157 pp.

ISBN ebook: 978-607-744-748-1

Disponible en <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>

CÁRDENAS Eusebio, ALBITER Ángel y JAIMES Janner. Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua. CIENCIA ergo-sum. [en línea]. Julio del 2017. Volumen 24, número 2. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2019].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6046445>

ISSN 1405-0269

CASTAÑEDA, Luis y MOUJIR, Yalil. Diseño y Aplicación de Concreto Poroso en Pavimentos. Tesis (Pregrado). Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, 2014. 132 pp.

Disponible en <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/3082>

CONCRETO poroso. Constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización por Sandra Cabello Sequera [et al]. Cumbres [en línea]. 06 de junio del 2015. Volumen 1, número 01. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2019].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550706>

ISSN-e 1390-3365

CÓRDOVA Cantero, Raúl. *Determinación del grado De Permeabilidad Y Evaluación de la Resistencia a la Colmatación, haciendo uso de aditivos de las marcas Sika Y Euco para la fabricación de Concreto Poroso en la ciudad de Arequipa*. Tesis (Pregrado). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2016. 304 pp.

Disponible en [http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/136/simple-search?query=&sort\\_by=score&order=desc&rpp=10&filter\\_field\\_1=subject&filter\\_type\\_1>equals&filter\\_value\\_1=INGENIER%3%8DA+CIVIL&etal=0&filtername=author&filterquery=CORDOVA+CANTERO%2C+RA%3%99L&filtertype>equals](http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/136/simple-search?query=&sort_by=score&order=desc&rpp=10&filter_field_1=subject&filter_type_1>equals&filter_value_1=INGENIER%3%8DA+CIVIL&etal=0&filtername=author&filterquery=CORDOVA+CANTERO%2C+RA%3%99L&filtertype>equals)

DÍAZ Silva, Nelida. *Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca*. Tesis (Pregrado). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 213 pp.

Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1024>

HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la Investigación*. 6.<sup>a</sup> ed. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. 632 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

Disponible en [https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)

MALDONADO Lozano, Amelia y PAREDES Aguilar, Luis. *Soluciones Tecnológicas Para El Diseño De Secciones Permeables En Vías Urbanas En La Ciudad De Tarapoto*. Tesis (Maestría). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2015. 217 pp.

Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3404>

MORALES Córdova, Ani. *Diseño de pavimento rígido permeable  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando agregado de río Huallaga - Jr. Los Andes, Morales - San Martín – 2018.* Tesis (Pregrado). Tarapoto: Universidad César Vallejo, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2018. 134 pp.

Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/30719>

NIETO Diego, FLORES Maryorit y GALINDEZ Alejandro. Uso de pavimento poroso para el drenaje de aguas pluviales en las vías principales de comunicación terrestre en Huancayo. Universidad Continental, Redacción Científica y Académica. [en línea]. 2018. Volumen 01, número 01. [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2019].

Disponible en <https://es.slideshare.net/gusstockconchaflores/uso-de-pavimento-poroso-para-el-drenaje-de-aguas-pluviales-en-las-vas-principales-de-comunicacin-terrestre-en-huancayo>

ISSN 3592-1148

PORRAS Morales, José. *Metodología de diseño de concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad.* Tesis (Posgrado). Costa Rica: Instituto tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, 2017. 74 pp.

Disponible en [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7109/metodologia\\_di\\_seno\\_concretos\\_permeables\\_respectivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7109/metodologia_di_seno_concretos_permeables_respectivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

RAMA y SHANTHI. Experimental Study on Sedimentation Removal of Pervious Concrete. Archives of Civil Engineering [en línea]. 2018. Volumen 64, número 01. [Fecha de consulta: 13 de abril del 2019].

Disponible en <https://doaj.org/article/235353d3595c4fcc9c502fd5a6b16f86>

ISSN 2248-8723

REGLAMENTO Nacional de Edificaciones. OS.060, 2006: Drenaje pluvial urbano. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006. 434 pp.

Disponible en [http://ww3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE\\_Actualizado\\_Solo\\_Saneamiento.pdf](http://ww3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf)



TENNIS, Paúl; LEMING, Michael y AKERS, David. *Pervious Concrete Paviments*. 2da ed. United States: Portland Cement Association, 2004. 36 pp.

ISBN 0-89312-242-4

Disponible en [http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete\\_pavements.pdf](http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete_pavements.pdf)

TORRES Flores, Luis. *Tecnología del Concreto Permeable o Ecológico en la Construcción*. Tesis (Posgrado). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2010. 57 pp.

Disponible en <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/8684/1/Tesis.pdf>

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO. Precisiones para Proyecto de Investigación. En su: *Guía de Productos Observables de las Experiencias Curriculares Eje del Modelo de Investigación*. Trujillo: Universidad César Vallejo, 2019. pp. 60-78.

Disponible en: <https://es.slideshare.net/alicosa/guia-productos-observables>

ZIVKO Gencel. *Cosecha de agua de lluvia y medidas de control para aguas de tormenta en el entorno rural y urbano*. [en línea]. 2013. Volumen 34, número 03. [Fecha de Consulta: 08 de mayo del 2019].

Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382013000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382013000300007)

ISSN 1680-0338

# **ANEXOS**

## ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Título: “Diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnica e Instrumentos									
<p><b>Problema general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cómo es el diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019?</li> </ul> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Para qué se determinan las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares?</li> <li>- ¿Para qué se diseña la mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos?</li> <li>- ¿Cómo se determina la resistencia a la compresión del concreto permeable?</li> <li>- ¿Cómo se evalúa la permeabilidad del concreto permeable?</li> <li>- ¿Para qué se modelan los bloques modulares de concreto permeable?</li> <li>- ¿Para qué se realiza el análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares.</li> <li>- Diseñar la mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos.</li> <li>- Determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable.</li> <li>- Evaluar la permeabilidad del concreto permeable.</li> <li>- Modelar los bloques modulares de concreto permeable.</li> <li>- Realizar el análisis de costo unitario de los bloques modulares de concreto permeable.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El diseño de bloques modulares de concreto permeable para el drenaje pluvial - Tarapoto, 2019, será viable.</li> </ul> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares, servirán para el diseño de mezcla de concreto permeable.</li> <li>- El diseño de mezcla de concreto permeable en base a su porcentaje de vacíos, relacionará la resistencia a la compresión en base a la capacidad drenante del concreto.</li> <li>- La determinación de la resistencia a la compresión del concreto permeable será mediante la rotura de testigos cilíndricos a los 7, 14 y 28 días.</li> <li>- La evaluación de la permeabilidad del concreto permeable será mediante el ensayo de permeabilidad.</li> <li>- El modelamiento brindará una idea de la forma y dimensiones de los bloques modulares de concreto permeable.</li> <li>- La realización del análisis de costo unitario, reflejará los costos de producción de los bloques modulares de concreto permeable.</li> </ul>	<p><b>Técnica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares.</li> <li>- Diseño de mezcla de concreto permeable.</li> <li>- Determinación de la resistencia a la compresión.</li> <li>- Evaluación de la permeabilidad.</li> <li>- Modelamiento.</li> <li>- Realización del análisis de costo unitario.</li> </ul> <p><b>Instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formatos de Ensayos de Laboratorio.</li> <li>- Software AutoCAD.</li> <li>- Software S10.</li> </ul>									
Diseño de investigación	Población y muestra	Variable y dimensiones										
<p>Al presente trabajo de investigación, se le asigna un diseño experimental y, siendo concretos, pre experimental, debido a la manipulación de la variable mediante la realización de diversos ensayos de laboratorio, evaluaciones y estudios correctamente elaborados que proporcionen información lo suficientemente fidedigna como para ser tomada en cuenta.</p> <p>GE: <math>X_1</math> (175 kg/cm<sup>2</sup>), <math>O_1</math> (7 días).</p> <p><math>X_1</math> (175 kg/cm<sup>2</sup>), <math>O_2</math> (14 días).</p> <p><math>X_1</math> (175 kg/cm<sup>2</sup>), <math>O_3</math> (28 días).</p> <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GE: Grupo experimental.</li> <li>- <math>X_1</math>: Resistencia a la compresión de diseño.</li> <li>- <math>O_1, O_2, O_3</math>: Medición de la resistencia a la compresión (En <math>O_1, O_2</math> y <math>O_3</math>) y la permeabilidad (En <math>O_3</math>).</li> </ul>	<p><b>Población Muestral</b></p> <p>En el presente trabajo de investigación, el tamaño de la población coincide con el tamaño de la muestra. Se elaboraron un total de 15 testigos hechos de concreto permeable para la ejecución respectiva de los ensayos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 9 testigos cilíndricos de 6" de diámetro y 12" de altura, para el ensayo de resistencia a la compresión, usando moldes metálicos estándar.</li> <li>- 6 testigos cilíndricos de 4" de diámetro y 6" de altura, para el ensayo de permeabilidad usando moldes de elaboración propia (tubos PVC).</li> </ul>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Variable</th> <th style="width: 70%;">Dimensiones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Diseño de bloques modulares de concreto permeable.</td> <td style="text-align: center;">Propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Diseño de mezcla de concreto permeable.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Resistencia a la compresión.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Capacidad de drenaje.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Modelamiento.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Análisis de costo unitario.</td> </tr> </tbody> </table>		Variable	Dimensiones	Diseño de bloques modulares de concreto permeable.	Propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares.	Diseño de mezcla de concreto permeable.	Resistencia a la compresión.	Capacidad de drenaje.	Modelamiento.	Análisis de costo unitario.
Variable	Dimensiones											
Diseño de bloques modulares de concreto permeable.	Propiedades físicas y mecánicas de los agregados granulares.											
	Diseño de mezcla de concreto permeable.											
	Resistencia a la compresión.											
	Capacidad de drenaje.											
	Modelamiento.											
	Análisis de costo unitario.											

## ANEXO N° 02: RESULTADOS DE LABORATORIO



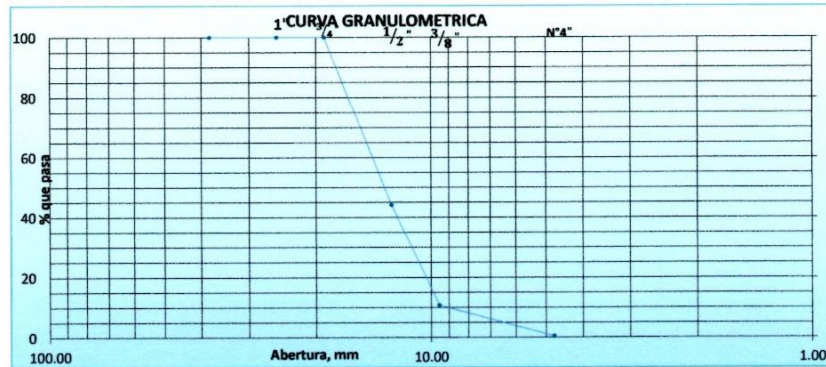
**"DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE PLUVIAL- TARAPOTO, 2019"**

PROYECTO :  
 TESISISTA : **DAVID GARCÍA LEVEAÚ Y MILAGROS DEL PÍLAR FLORES ISMINIO**  
 UBICACIÓN : **DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN**  
 CANTERAS : **HUALLAGA**  
 FECHA : **AGOSTO DEL 2019**

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33-83)

Peso Inicial Seco, [gr]      1000.00

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent Ret [%]	Porcent Ret Acumulado [%]	Porcent Acum Pasante [%]	Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 457	Características físicas	
2"	50.800						Diámetro nominal máximo.	1/2"
1 1/2"	38.100						Módulo de finura.	-
1"	25.400						Peso específico seco (gr/cc)	2.60
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		Absorción (%)	0.58
1/2"	12.700	559.0	55.9	55.9	44.10		Humedad (%)	0.12
3/8"	9.525	333.1	33.3	89.2	10.79		Peso unitario suelto (Kg/m3)	1410.0
N° 4	4.760	103.4	10.3	99.6	0.44		Peso unitario compact. (Kg/m3)	1505.0
< N° 4	0.000	4.5	0.5	100.0	0.00			



#### 2. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (NORMA ASTM C 128)

Procedimiento		
1. Peso de muestra secada al horno	[gr]	998.7
2. Peso de muestra saturada con superficie seca	[gr]	1004.5
3. Peso de muestra saturada dentro del agua	[gr]	621.0
4. Peso específico de masa	[gr/cc]	2.60
5. Peso específico de masa superficialmente seco	[gr/cc]	2.62
6. Peso específico aparente	[gr/cc]	2.64
7. Porcentaje de absorción	[%]	0.58

#### 3. PESO UNITARIO (NORMA ASTM C 29)

Procedimiento		P.U.S.		P.U.C.	
		[Kg]	[Kg]	[Kg]	[Kg]
1. Peso molde + material	[Kg]	17.999	18.030	18.855	18.939
2. Peso molde	[Kg]	4.902	4.902	4.902	4.902
3. Peso del material	[Kg]	13.097	13.128	13.953	14.037
4. Volumen del molde	[m³]	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093
5. Peso Unitario	[Kg/m³]	1408.00	1412.00	1500.00	1509.00
6. Peso Unitario Promedio	[Kg/m³]	1410.00		1505.00	

**DAVID GARCÍA LEVEAÚ**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 144498





**ENSAYO DE ABRASION EN AGREGADO GRUESO**

NORMA ASTM C - 131/CS396

PROYECTO : "DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE PLUVIAL- TARAPOTO, 2019"  
 TESISISTA : DAVID GARCÍA LEVEAÚ Y MILAGROS DEL PILAR FLORES ISMINIO  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TARAPOTO PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN  
 FECHA :01-0 AGOSTO DEL 2019

**ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES) MTC E - 207, AASHTO T - 96 Y ASTM C - 131**

CANTERA :PIEDRA DE 1/2" DE RIO HUALLAGA - PROVINCIA Y REGION SAN MARTÍN

**AGREGADO GRUESO**

Tamiz Pasa + Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"	/		/	
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"		2500.00		
1/2" - 3/8"		2500.00		
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 04				
N° 04 - N° 08				
<b>Peso Total</b>		5000.00		
(%) Retenido en la Malla N° 12		4171.70		
(%) Que Pasa en la Malla N° 12		828.30		
N° de Esferas		11		
Peso de las Esferas (gr.)		4584 ± 25		
<b>% Desgaste</b>		<b>16.6%</b>		

**Observaciones:**

El muestreo e identificación del agregado fueron realizados por el solicitante.



*Ing. César Manuel Flores Celis*  
 CIP 116498

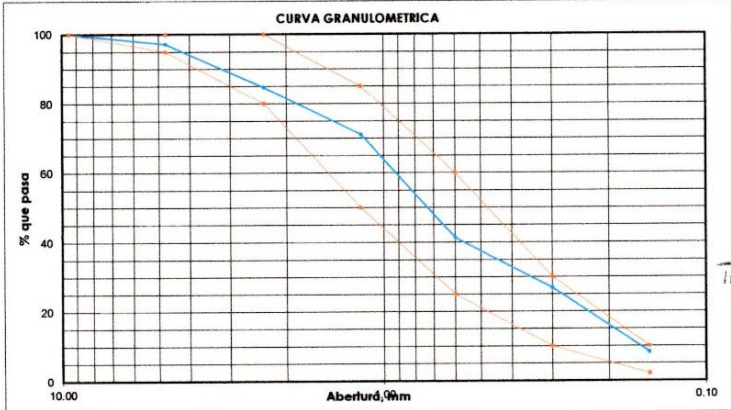
**PROYECTO :** "DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE PLUVIAL- TARAPOTO, 2019"  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE TARAPOTO PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN  
**TESISTA :** DAVID GARCÍA LEVEAU y MILAGROS DEL PILAR FLORES ISMINIO  
**MATERIAL :** ARENA TRITURADA  
**FECHA :** 27 de Setiembre del 2019

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO. BASADO EN METODOS RECOMENDADOS POR EL A.C.I.

**CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS. AGREGADO GRUESO.(ARENA)**

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM C 33-83)**

Peso Inicial Seco. [gr]		500.00					Especificaciones técnicas		Características físicas	
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	Porcent.Ret. [%]	Porcent.Ret. Acumulado [%]	Porcent.Acum. Pasante [%]	ASTM C-33				
					100					
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00			Diámetro nominal máximo.		
Nº 4	4.760	14.00	2.80	2.80	97.20	95	100			
Nº 8	2.360	62.50	12.50	15.30	84.70	80	100	Módulo de finura.	2.70	
Nº 16	1.180	68.00	13.60	28.90	71.10	50	85			
Nº 30	0.600	149.00	29.80	58.70	41.30	25	60	Peso específico seco (gr/cc)		
Nº 50	0.300	72.00	14.40	73.10	26.90	10	30			
Nº 100	0.150	93.00	18.60	91.70	8.30	2	10	Absorción (%)		
<Nº 100	0.000	21.00	4.20	95.90	4.10			Humedad (%)		
	FONDO	20.50	4.10	100.00	0.00			Peso unitario suelto (Kg/m³)		
								Peso unitario compact. (Kg/m³)		



Ing. Manuel Flores Celis  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 11048

**2. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO (NORMA ASTM C 127)**

Procedimiento		
1. Peso de arena s.s.s. + fiola + peso del agua	[gr]	
2. Peso de arena s.s.s. + peso de fiola	[gr]	
3. Peso Agua	[gr]	
4. Peso de arena secada al homo + fiola	[gr]	
5. Peso de la fiola Nº 05	[gr]	
6. Peso de arena secada al horno	[gr]	
7. Peso de arena s. s. s.	[gr]	
8. Volumen del balón	[cc]	
Resultados		Cálculos
9. Peso específico de masa	[gr/cc]	
10. Peso específico de masa sup.seco	[gr/cc]	
11. Peso específico aparente	[gr/cc]	
12. Porcentaje de absorción	[%]	

**3. HUMEDAD NATURAL (ASTM D 2216)**

Procedimiento	Tara Nº
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	

NOTAS

---



---



---

**PROYECTO :** " DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE PLUVIAL- TARAPOTO, 2019"  
**UBICACION :** DISTRITO DE TARAPOTO PROVINCIA DE SAN MARTIN, REGION SAN MARTIN  
**TESISTA :** DAVID GARCIA LEVEAU Y MILAGROS DEL PILAR FLORES ISMINIO  
**MATERIAL :** PIEDRA CHANCADA 1/2 90% Y ARENA TRITURADA 10% RIO HUALLAGA  
**Fecha :** 27 de Setiembre del 2019

**1. PESO UNITARIO DE AGREGADO . (NORMA ASTM C 29)**

Procedimiento		P.U.S.		P.U.C.	
1. Peso molde + materi	[Kg]	9.906	9.916	9.690	9.690
2. Peso molde	[Kg]	6.454	6.454	6.454	6.454
3. Peso del material	[Kg]	3.452	3.462	3.236	3.236
4. Volumen del molde	[m <sup>3</sup> ]	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021
5. Peso Unitario	[Kg/m <sup>3</sup> ]	1613.00	1620.00	1514.00	1514.00
6. Peso Unitario Promec	[Kg/m <sup>3</sup> ]	1618.00		1514.00	

**2.0 PESO ESPECIF. Y ABSORC. DE AGREGADO (NORMA ASTM C 128)**

Procedimiento		Cálculos
1. Peso de muestra secada al horno	[gr]	922.0
2. Peso de muestra saturada con superficie seca	[gr]	927.5
3. Peso de muestra saturada dentro del agua	[gr]	584.0
Resultados		Cálculos
4. Peso específico de masa	[gr/cc]	2.68
5. Peso específico de masa superficialmente seco	[gr/cc]	2.70
6. Peso específico aparente	[gr/cc]	2.73
7. Porcentaje de absorción	[%]	0.60

**3. HUMEDAD NATURAL (ASTM D**

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara. [gr]	37.26
2. Peso Tara + Suelo Húme	218.80
3. Peso Tara + Suelo Seco.	218.42
4. Peso Agua. [gr]	0.38
5. Peso Suelo Seco. [gr]	181.16
6. Contenido de Humedad	0.21

NOTAS \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



*Manuel Flores Celis*  
 Director del Laboratorio



**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO**

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO : UCV LMSM

TESIS : "DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE PLUVIAL- TARAPOTO, 2019"

SOLICITANTE : DAVID GARCÍA LEVEAÚ Y MILAGROS DEL PILAR FLORES ISMINO

LUGAR : DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

ESTRUCTURA : PROBETAS DE CONCRETO

RESISTENCIA : F'c 175Kg/cm<sup>2</sup>

LUGAR DE EJECUCIÓN : CAMPUS UNIVERSITARIO

FECHA : 8/10/2019

HORA : 03:15:00 p.m.

N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ASENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg-f)	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO % PROMEDIO	Tipo de Rotura
1.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	17-09-19	7.00	NE	15.20	2.32	22,907.00	181.46	125.24	175	72.14	A
2.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	17-09-19	7.00	NE	15.20	2.27	22,813.00	181.46	125.72	175	71.84	B
3.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	17-09-19	7.00	NE	15.20	2.29	22,900.00	181.46	125.20	175	72.11	B
4.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	24-09-19	14.00	NE	15.20	2.23	28,986.00	181.46	159.74	175	91.28	A
5.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	24-09-19	14.00	NE	15.20	2.32	28,961.00	181.46	159.05	175	90.89	A
6.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	24-09-19	14.00	NE	15.20	2.29	28,973.00	181.46	159.67	175	91.24	A
7.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	08-10-19	28.00	NE	15.20	2.23	33,160.00	181.46	182.74	175	104.42	B
8.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	08-10-19	28.00	NE	15.20	2.32	33,420.00	181.46	184.17	175	105.24	A
9.00	DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO PERMEABLE	10-09-19	08-10-19	28.00	NE	15.20	2.32	33,314.00	181.46	183.59	175	104.91	B

**OBSERVACIONES:**

- Las roturas de los especímenes de concreto han sido verificados en prensa de velocidad constante 1.33 mm/min.
  - Cilindros sometidos a las pruebas sin capín de azufre.
  - El concreto tiene un f'c de diseño de 175 Kg/cm<sup>2</sup>
- Muestra y datos adjuntos entregados por el solicitante

**APROBADO**

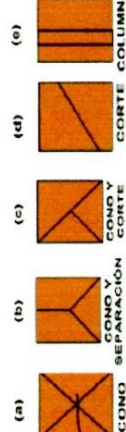
LABORATORIO : SELLO

JEFATURA : FIRMA

LABORATORIO : SELLO

FIRMA

**TIPO DE FRACTURA**



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES Y CÁLCULO DE RESISTENCIA DE CONCRETO



# ANEXO N° 03: FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO SIKACEM® PLASTIFICANTE

CONSTRUYENDO CONFIANZA



## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO SikaCem® Plastificante

ADITIVO PLASTIFICANTE Y REDUCTOR DE AGUA PARA MORTEROS Y HORMIGONES

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce la cantidad de agua en aproximadamente un 10 % incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales.

### USOS

SikaCem® Plastificante es recomendable para:

- Estructuras en general canales, diques, estructuras de fundación, columnas, vigas, tanques elementos prefabricados, losas, etc.)
- Cualquier tipo de estructura, cuando se desee aumentar las resistencias mecánicas o dar mayor fluidez al hormigón.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

#### En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación.
- Permite una reducción en la cantidad de agua de amasado de un 10 % aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido.
- Aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.
- Disminuye la exudación.

#### En el hormigón endurecido:

- Posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden del 10 al 15%, contra testigo.
- Reduce la contracción.
- Aumenta la adherencia al acero.

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos.
Empaques	• Envase PET x 4 L • Balde x 20 L
Apariencia / Color	Líquido marrón oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre + 5°C y + 30°C. Protegido del congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa.
Densidad	1.20 +/- 0.01

Hoja de Datos del Producto  
SikaCem® Plastificante  
Junio 2019, Versión 01.01  
001302001000000020

---

## INFORMACIÓN TÉCNICA

---

### Guía de Vaciado de Concreto

Mezclar los materiales componentes del hormigón o mortero con parte del agua de mezclado, incorpore el contenido del DoyPack de SikaCem® Plastificante al pastón y complete con la menor cantidad de agua hasta lograr la fluidez requerida.

Para asegurar la homogeneidad del hormigón o mortero, se recomienda mezclar durante 3 minutos adicionales luego de incorporar todos los materiales componentes a la mezcladora.

Para mejorar el desempeño de morteros y hormigones se recomienda mantener la dosificación y proporción de los materiales componentes, Utilizar la menor cantidad de agua de mezclado hasta alcanzar la fluidez necesaria para la obra.

Cuidar que se cumplan las correctas condiciones de elaboración, colocación, compactación y curado.

La sobre-dosificación de SikaCem® Plastificante puede causar retardo de fragüe.

El desempeño de los aditivos pueden variar si se modifican los materiales componentes o sus cantidades.

---

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

---

### Dosificación Recomendada

- Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
  - Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
- 

## LIMITACIONES

Temperatura Sustrato +5°C mín. / +30°C máx.  
Temperatura Ambiente +5°C mín. / +30°C máx.

## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.



**FIBER**



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

**SikaCem®-1 Fiber**

FIBRA SINTÉTICA PARA EL REFUERZO DE CONCRETO

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

SikaCem®-1 Fiber, es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros.

SikaCem®-1 Fiber está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados.

Durante la mezcla SikaCem®-1 Fiber se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

**USOS**

- Losas de concreto (placas, pavimentos, veredas, techos, pisos, etc)
- Mortero y concreto proyectado (Shotcrete).
- Paneles de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimientos de canales.

**CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS**

La adición de SikaCem®-1 Fiber sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- En mayor cuantía, mejora la resistencia a la tracción y a la compresión.
- La acción del SikaCem®-1 Fiber es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

**CERTIFICADOS / NORMAS**

A los concretos a los que se agregado SikaCem®-1 Fiber cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116

**INFORMACIÓN DEL PRODUCTO**

<b>Empaques</b>	Caja con 18 bolsas x 100 g
<b>Apariencia / Color</b>	Fibra color crema
<b>Vida Útil</b>	1 año
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	El producto debe de ser almacenado en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados. Densidad 1.17 kg/L

**INFORMACIÓN TÉCNICA**

<b>Absorción de Agua</b>	< 2%
<b>Módulo de Elasticidad</b>	15,000 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Elongación de Rotura</b>	26%

Hoja De Datos Del Producto  
SikaCem®-1 Fiber  
Junio 2019, Versión 01.01  
021408031010000004

## INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Se agrega directamente a la mezcla de concreto o mortero. No disolver en el agua de amasado.

### DOSIFICACIÓN

El SikaCem®-1 Fiber se empleará para todo tipo de concretos según:

- 1 bolsa x 100 g por cada bolsa de cemento de 42.5 Kg.

### LIMITACIONES

SikaCem®-1 Fiber no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de SikaCem®-1 Fiber no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. La adición de SikaCem®-1 Fiber es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.

### NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

### RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

### ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.



## **ANEXO N° 05: SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS GRANULARES**

### **La Cantera:**

La elección del centro de acopio y tratamiento de los agregados es de suma importancia, ya que influye mucho la ubicación de la cantera, en las propiedades y características del agregado. En la ciudad de Tarapoto, las canteras por excelencia para la adquisición de agregados para la construcción, provienen del río Huallaga, ya que el material extraído brinda los mejores resultados en cuanto a calidad, limpieza y rendimiento.

Para la investigación, se utilizó el agregado anguloso de 1/2" y la arena triturada procedente del centro de acopio "Concretera y Chancadora Dino – Tarapoto", los mismos que trabajan con el material del río Huallaga, extraídos del sector Puerto López.

### **La elección del tamaño y forma del agregado grueso:**

La norma ACI 522R-10 propone el uso de agregados que van desde los 3/4" hasta los 3/8", debido a que estos, brindan los mejores resultados en cuanto a resistencia y permeabilidad.

Para mejorar la adherencia de la pasta de cemento en las partículas del agregado y mantener mejor unidas estas partículas (mejor encaje), se decidió utilizar agregado anguloso (piedra chancada).

Durante la investigación, se experimentaron con distintos tamaños de agregados angulosos con el fin de encontrar el tamaño ideal para el diseño de mezcla, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los agregados angulosos de 3/4", brindan la mayor tasa de permeabilidad, esto se debe al tamaño mismo de la piedra, que, al ser de mayor dimensión, la pasta de cemento cubre las partículas con una capa más delgada, haciendo que los poros o vacíos conectados entre partículas sean más grandes y el agua pueda infiltrarse con mayor rapidez.

Esto repercute negativamente en la resistencia, ya que, al contar con una fina capa de pasta de cemento que recubre los agregados, es más fácil obtener fallas o el desprendimiento de las partículas al aplicar esfuerzos, en comparación con los agregados de menor dimensión.

Este tamaño de agregado, no brinda los mejores resultados en cuanto a acabados, debido a sus grandes dimensiones y dificultad para poder ser trabajados.

- Los agregados angulosos de 3/8", brindan los mejores resultados en cuanto a resistencia, esto debido a que la pasta de cemento cubre las partículas del agregado con una capa gruesa, dejando una estructura más rígida y con menos vacíos, que, al aplicar esfuerzos, resiste mucho más en comparación al agregado anguloso de 3/4" y el desprendimiento de las partículas es mucho menos notorio.

Esto repercute negativamente en la permeabilidad, ya que la pasta de cemento, al cubrir mejor los agregados, tiende a fluir, sellando interna y externamente los poros de la estructura, dejando una red de vacíos poco conectados y de menor dimensión. La tasa de permeabilidad obtenida con estos agregados, es mucho más baja en comparación a los agregados angulosos de 3/4".

Esto hace que, no sea aconsejable su uso en sistemas de drenaje que requieran evacuar grandes volúmenes de agua en poco tiempo, además, los poros, al tener tamaños minúsculos, corren el riesgo de obstrucción por la acción de finos (colmatación) en un lapso corto de tiempo.

Este tamaño de agregado anguloso, brinda los mejores acabados debido a las pequeñas dimensiones de las partículas y a su fácil trabajabilidad. Al ser el agregado grueso, el componente con mayor volumen en una mezcla de concreto permeable, la trabajabilidad y acabados que brindan los distintos tamaños de agregados, son un punto importante a tener en cuenta.

En la ciudad de Tarapoto, el agregado anguloso de 3/8" no es comercial y es de difícil obtención, por lo que su adquisición implica mayores gastos.

- Los agregados angulosos de 1/2", se encuentran en el punto medio en cuanto a dimensiones de las partículas se refiere, por lo tanto, se encuentra equilibrado en cuanto a permeabilidad y resistencia, adquiere una permeabilidad cercana a la obtenida con los agregados angulosos de 3/4" y adquiere una resistencia cercana a la obtenida con los agregados angulosos de 3/8", haciendo de este tamaño de agregado anguloso, la perfecta elección para esta investigación.

Al encontrarse en un tamaño medio, la trabajabilidad es buena y se pueden lograr buenos acabados.

La disponibilidad de este tamaño de agregado anguloso en el mercado local es muy amplia, su fácil adquisición juega un punto a favor.

#### **Arena triturada:**

La arena triturada, es el material de desperdicio sobrante de las tareas de chancado o trituración del agregado grueso redondeado en su intento de reducirlo a diversas graduaciones de formas angulosas.

Se utiliza como agregado fino en las mezclas de concreto y es conocido por su capacidad de incrementar resistencias y rigidez debido a su composición de partículas pequeñas de diverso tamaño.

En la ciudad de Tarapoto, es de fácil obtención y su costo es económico.



#### **Combinación de agregados: 90% de agregado grueso anguloso de 1/2" y 10% de arena triturada:**

La combinación de estos dos agregados se realizó con el fin de conocer el efecto de la arena triturada en un diseño de mezcla de concreto permeable y aumentar la rigidez de los testigos. Debido a diversas experimentaciones realizadas en el laboratorio, se eligió el 10% como porcentaje máximo a utilizar de arena triturada, para no interferir con la permeabilidad y sellar la red de poros del concreto permeable.

## **ANEXO N° 06: ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS A LOS AGREGADOS**

### **Ensayos físicos y mecánicos a los agregados granulares:**

Los ensayos ejecutados a los agregados, siguieron las disposiciones y normas brindadas por la American Society of Testing Materials (ASTM), y se realizaron con el fin de identificar las propiedades físicas y mecánicas, las mismas que sirven para realizar el diseño de mezcla o evaluar la calidad del agregado para su uso en la construcción.

### **Ensayos realizados al agregado grueso angular de 1/2":**

Los ensayos físicos y mecánicos realizados al agregado grueso angular de 1/2" son: Humedad natural (ASTM C 566-13), Análisis granulométrico por tamizado (ASTM C 33-83), Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C 128), Peso unitario (ASTM C 29) y Abrasión (ASTM C 131).

#### ***Humedad natural (ASTM C 566-13):***

Procedimiento seguido en el laboratorio:

- Seleccionamos dos taras para humedad natural y pesamos cada una de ellas en una balanza correctamente nivelada, anotamos sus pesos (Peso de tara).
- Colocamos 150 g. del agregado grueso angular de 1/2" (Peso del material en estado natural) en cada tara y las pesamos (Peso de tara + material en estado natural).
- Colocamos dentro del horno, las taras con el material en su interior durante 24 h. a 110 °C.
- Al retirar las taras del horno, las pesamos (Peso de tara + material seco).
- Al resultado anterior, restamos el peso de la tara para hallar el peso del material seco.
- Para hallar el porcentaje de humedad, efectuamos la siguiente fórmula para cada muestra:

*Humedad (%):*

$$\left( \frac{\text{Peso del material en estado natural} - \text{Peso del material seco}}{\text{Peso del material seco}} \right) \times 100$$

- Finalmente establecemos un resultado promedio en base al número de muestras que se usaron.





### ***Análisis granulométrico por tamizado (ASTM C 33-83):***

Procedimiento seguido en el laboratorio:

- Seleccionamos una tara para granulometría y la pesamos en una balanza correctamente nivelada, anotamos su peso (Peso de tara).
- Colocamos 1000 g. del agregado grueso anguloso de 1/2" (Peso del material en estado natural) en la tara y la pesamos (Peso de tara + material en estado natural).
- Lavamos el material en la malla N° 8, colocamos el material lavado nuevamente en la tara y la ponemos dentro del horno, para que el material se seque durante 24 h. a 110 °C.
- Retiramos la tara del horno y calculamos el peso del material seco: (Peso de tara + material seco) – (Peso de tara).
- Seleccionamos los tamices a utilizar para el ensayo, esto se hace de acuerdo al tamaño del agregado.

Para el agregado grueso anguloso de 1/2", los tamices utilizados contenían las mallas 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, y <N°4 (N° 6 y Fondo).

- Apilamos los tamices de menor a mayor abertura (de abajo hacia arriba), asegurándonos que el fondo sea el primer tamiz colocado.
- Colocamos el material seco en el primer tamiz superior, tapamos el tamiz e introducimos la pila de tamices dentro del tamizador portátil electrónico por un lapso de 10 minutos.
- Retiramos la pila de tamices del tamizador portátil electrónico y pesamos el material seco retenido en cada malla (anotamos), nos aseguramos que la sumatoria de esos pesos sea igual al peso del material seco que retiramos del horno.

- Con el dato de los pesos retenidos en cada malla, encontramos el porcentaje retenido, el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje acumulado pasante.
- Nos aseguramos que el porcentaje retenido en la malla de las mismas dimensiones de nuestro agregado (1/2") se encuentre en un rango superior al 50%, de esta manera nos aseguramos que las partículas del agregado se encuentran en su mayoría con una medida de 1/2".



***Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C 128):***

Procedimiento seguido en el laboratorio:

- Pesamos 1000g. del material en estado natural en una balanza correctamente nivelada (taramos).
- Colocamos el material en una bandeja metálica y vertimos agua hasta cubrir completamente el material. Dejamos que el material absorba agua durante 24 h.
- Retiramos el material del agua y con la ayuda de toallas absorbentes de papel, secamos exteriormente el material, lo hacemos de forma rápida para que el material no pierda el contenido de agua que hay en su interior.
- Pesamos el material secado exteriormente (taramos).
- Con la ayuda de la balanza de flotabilidad, tomamos el peso del material dentro del agua. Se toma la medida del peso lo más rápido posible, ya que las piedras dentro del agua tienden a perder peso.
- Agarramos un recipiente metálico y lo pesamos (peso del recipiente), colocamos el material húmedo en él e introducimos el recipiente en el horno durante 24h. a 110 °C.

- Retiramos el recipiente del horno y calculamos el peso del material seco: (Peso del recipiente + material seco) – (Peso del recipiente).

- Con los pesos obtenidos, elaboramos la siguiente leyenda:

A: Peso de muestra secada al horno (g.)

B: Peso de muestra saturada con superficie seca (g.)

C: Peso de muestra saturada dentro del agua (g.)

Donde:

$$\text{Peso específico de masa (g./cm}^3\text{)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Peso específico de masa superficialmente seco (g./cm}^3\text{)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Peso específico aparente (g./cm}^3\text{)} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Porcentaje de absorción (\%)} = 100 \times \frac{B - A}{A}$$



### ***Peso unitario (ASTM C 29):***

Procedimiento seguido en el laboratorio:

#### **Peso unitario suelto**

- Agarramos un molde para peso unitario, le tomamos el peso y su volumen interno (en m<sup>3</sup>).
- Colocamos el material hasta llenar el molde y ranuramos la parte superior con la ayuda de una varilla metálica lisa para que las piedras se mantengan al ras, luego, rellenamos manualmente con las piedritas, todo vacío visible, y nos aseguramos que las piedras se mantengan al ras usando una placa de vidrio.
- Tomamos el peso del molde más el material.
- Encontramos el peso del material de la siguiente forma: (Peso del molde + Material) – (Peso del molde).
- Calculamos el peso unitario suelto:  $P. U. S. \left( \frac{KG}{M^3} \right) = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volúmen del molde}}$
- Este procedimiento lo efectuamos dos veces, para encontrar un valor promedio del peso unitario suelto.

#### **Peso unitario compactado**

- Agarramos un molde para peso unitario, le tomamos el peso y su volumen interno (en m<sup>3</sup>).
- Colocamos el material en tres capas, dando 25 golpes por cada capa con la ayuda de una varilla lisa con la punta redondeada. Una vez llenado el molde, ranuramos la parte superior con la ayuda de una varilla metálica lisa para que las piedras se mantengan al ras, luego, rellenamos manualmente con las piedritas, todo vacío visible, y nos aseguramos que las piedras se mantengan al ras usando una placa de vidrio.
- Tomamos el peso del molde más el material.
- Encontramos el peso del material de la siguiente forma: (Peso del molde + Material) – (Peso del molde).
- Calculamos el peso unitario compactado:  $P. U. C. \left( \frac{KG}{M^3} \right) = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volúmen del molde}}$
- Este procedimiento lo efectuamos dos veces, para encontrar un valor promedio del peso unitario compactado.



### ***Abrasión (ASTM C 131):***

Procedimiento seguido en el laboratorio:

- Zarandeamos el material en tamices que contengan la malla 1/2" y 3/8" y de cada malla, recolectamos 2500 g. del material retenido (5kg. de material en total).
- Abrimos la máquina de los ángeles y colocamos 11 esferas de hierro más los 5 kg. de material recolectado. Cerramos la máquina ajustando bien sus pernos.
- Antes de accionar la máquina, nos aseguramos de colocar una bandeja metálica grande en la parte inferior para recepcionar el material resultante.
- Configuramos la máquina a 500 revoluciones por un periodo de 15 minutos.
- Iniciamos la máquina.
- Una vez que la máquina se detiene, pesamos el material salido de ella.
- Pasamos el material por los tamices que contengan las mallas N° 8, N° 10, N° 12, y fondo. Anotamos el peso que retiene cada una de estas mallas.



**Ensayos realizados a la arena triturada:**

El ensayo realizado a este agregado fino denominado “Arena triturada”, fue el Análisis granulométrico por tamizado (ASTM C 33-83). Se siguió el mismo procedimiento realizado con el agregado grueso anguloso de 1/2", pero tamices utilizados comprendían las siguientes mallas: 3/8", 1/4", N° 4, N° 8, N° 16, N°30, N°50, N° 100, N° 200 y el fondo.

Esto se realizó con la intención de encontrar el módulo de finura, que nos brindará una idea del grosor o finura del agregado.

Este valor nos indica el tamaño medio de un material fino o árido, mientras más elevado sea este valor, mayor tamaño tienen las partículas. El módulo de finura obtenido de la arena triturada de la cantera del río Huallaga es de 2.70.

**Ensayos realizados a la combinación de agregados (90% de agregado grueso anguloso de 1/2" y 10% de arena triturada arena triturada):**

Los ensayos realizados al material combinado son: Humedad natural (ASTM C 566-13), Análisis granulométrico por tamizado (ASTM C 33-83), Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C 128) y Peso unitario (ASTM C 29).

Se siguieron los mismos procedimientos realizados con el agregado grueso anguloso de 1/2".

## **ANEXO N° 07: PROCESO PARA PROPORCIONAR LA MEZCLA CONCRETO**

### **PERMEABLE**

El proporcionamiento para la obtención de una mezcla ideal, cuyos resultados finales atiendan eficientemente a las solicitudes del entorno, asume un reto importante, para ello la AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, (2009), en su publicación titulada: ACI 211.3R-02: “Guía para seleccionar proporciones para concreto sin asentamiento”, y, precisamente en su apéndice 6: “Proporcionamiento para mezclas de concreto permeable”, brinda un método para la dosificación de concretos porosos sin asentamiento, que son usados en pavimentos y en otras aplicaciones donde el drenaje superficial es necesario. La estructura del material permite el paso del agua, proporcionando, asimismo, una resistencia estructural moderada.

**Materiales:** El concreto permeable está compuesto por cemento, agregado grueso y agua. Ocasionalmente, una pequeña cantidad de agregado fino puede ser incorporado con el fin de incrementar la resistencia a la compresión, pero esto, reduce la percolación a través del concreto.

Las gradaciones de agregado grueso comúnmente usados en las mezclas de concreto permeable, se componen del huso 8 (3/8”), el huso 7 (1/2”) y el uso 67 (3/4”), cumpliendo con las especificaciones de la ASTM C33.

El cemento Portland debe cumplir con la ASTM C150.

Se puede incorporar, además, aditivos químicos (plastificantes, etc.) y físicos (Fibras sintéticas, etc.), para mejorar las propiedades del concreto, siempre y cuando, cumplan con las especificaciones ASTM apropiadas.

**Relación Ag/cem.:** La relación Ag/cem. es de importante consideración para mantener la resistencia y la estructura de vacíos del concreto.

Una relación Ag/cem. elevada, reduce la adhesión de la pasta de cemento a los agregados, lo que causa que la pasta fluya y selle los poros, aún si el esfuerzo de compactación es leve.

Una relación Ag/cem. baja, hace que el cemento no reaccione químicamente, presentando, además, dificultades en la trabajabilidad de la mezcla y en la cohesión de los materiales.

La experiencia muestra que una relación Ag/cem. en un rango de 0.35 a 0.45, brinda estabilidad a la pasta, y el mejor recubrimiento a los agregados.

Relaciones Ag/cem. elevadas sólo deberían ser usadas si el concreto va a ser levemente apisonado o compactado.

La relación Ag/cem. versus la resistencia a la compresión que es utilizada en el diseño de un concreto convencional, no aplica para el concreto poroso.

Porcentaje de vacíos: Resistencia a la compresión versus percolación. Para asegurar la percolación del agua a través del concreto permeable, el porcentaje de vacíos (calculado como el porcentaje de aire por el método gravimétrico, ASTM C138), debe ser de 15% o más.

Para un 15% de vacíos, la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días sería de aproximadamente 3500 psi o 249.83 kg/cm<sup>2</sup> empleando agregado grueso de 3/8"; 3250 psi o 231.98 kg/cm<sup>2</sup> empleando agregado grueso de 1/2" y 3000 psi o 214.14 kg/cm<sup>2</sup> empleando agregado grueso de 3/4".

Para un 20% de vacíos, la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días sería de aproximadamente 2450 psi o 174.88 kg/cm<sup>2</sup> empleando agregado grueso de 3/8"; 2275 psi o 162.39 kg/cm<sup>2</sup> empleando agregado grueso de 1/2" y 2100 psi o 149.90 kg/cm<sup>2</sup> empleando agregado grueso de 3/4".

A mayor porcentaje de vacíos, mayor es la tasa de percolación y menor la resistencia a la compresión.

A menor porcentaje de vacíos, menor es la tasa de percolación y mayor es la resistencia a la compresión.

Además, la resistencia a la compresión incrementa cuando el tamaño máximo nominal del agregado desciende.

Si la velocidad de drenaje es una prioridad (generalmente cuando se diseñan áreas pequeñas de concreto permeable), y no se desea comprometer mucho la resistencia a la compresión, se recomienda el diseño de una mezcla cuyo porcentaje de vacíos se encuentre en un rango medio de entre un 15% y 20%.

Porcentaje de pasta de cemento: Una vez seleccionado el porcentaje de vacíos, el porcentaje de pasta de cemento puede ser estimado en base a dos niveles de compactación diferentes: Bien compactado y ligeramente compactado. Una compactación ligera, sólo puede ser usada cuando la relación Ag/cem. es elevada y no queremos que la pasta fluya y selle la red de poros del concreto permeable.



Procedimiento de Dosificación: El procedimiento de dosificación del concreto permeable, se basa en encontrar el volumen de pasta necesario para mantener unidas las partículas del agregado sin alterar el volumen de vacíos establecido.

Una vez que el volumen de pasta es determinado y la relación Ag/cem. es seleccionada, las cantidades de cemento y agua pueden ser determinadas de la siguiente forma:

$$\text{Volumen de Pasta (Vp)} = \text{Volumen de cemento (Vc)} + \text{Volumen de agua (Va)}$$

$$Vp = Vc + Va$$

Dónde:

$$Vp = \frac{\text{Peso del Cemento (C)}}{\text{Peso Esp. Cemento } (\gamma_c)} + \frac{\text{Peso del Agua (A)}}{\text{Peso Esp. Agua } (\gamma_a)}$$

$$Vp = \frac{C}{\gamma_c} + \frac{A}{\gamma_a}$$

Sabiendo que:

$$\gamma_c = \frac{3150kg}{m^3} = \frac{3.15g}{cm^3} \quad y \quad \gamma_a = \frac{1000kg}{m^3} = \frac{1g}{cm^3}$$

$$Vp = \frac{C}{3.15 * 1000} + \frac{A}{1000}$$

Y el peso del agua equivale a:

$$A = (\text{Relación A/C}) * C$$

El peso del cemento puede ser calculado de la siguiente forma:

$$Vp = \frac{C}{3.15 * 1000} + \frac{(\text{Relación A/C}) * C}{1000}$$

$$1000 * Vp = \frac{C}{3.15} + (Relación A/C) * C$$

$$1000 * Vp = C * \left(\frac{1}{3.15} + Relación A/C\right)$$

$$C = \frac{1000 * Vp}{\frac{1}{3.15} + Relación A/C}$$

Se trabaja con el sistema internacional de unidades, y se dosifica en base a 1m<sup>3</sup> de concreto permeable. Entonces se siguen los siguientes pasos:

- 1) Establecer un porcentaje de vacíos, y, con la ayuda de la Figura 6, encontramos el volumen de pasta necesario (Vp). Asimismo, el porcentaje de vacíos nos da el volumen de vacíos (Vv).
- 2) Calculamos el volumen del agregado (Vagr) en m<sup>3</sup>:

$$Vagr = 1 - (Vp + Vv)$$

- 3) Calculamos el peso del agregado (Agr) en kg:

$$Agr = Vagr * \gamma_{agr}$$

- 4) Calculamos el peso del cemento (C) en kg:

$$C = \frac{1000 * Vp}{\frac{1}{3.15} + Relación A/C}$$

- 5) Calculamos el volumen de cemento (Vc) en m<sup>3</sup>:

$$Vc = \frac{C}{\gamma_c}$$

- 6) Calculamos la cantidad de agua (A) en lts:

$$A = (Relación A/C) * C$$

7) Calculamos el volumen de agua ( $V_a$ ) en m<sup>3</sup>:

$$V_a = \frac{A}{\gamma_a}$$

8) Calculamos el volumen sólido total ( $V_t$ ) en m<sup>3</sup>:

$$V_t = V_{agr} + V_c + V_a$$

9) Verificamos el porcentaje de vacíos (%V):

$$\%V = (1 - V_t) * 100$$

Aditivos plastificantes reductores de agua: Son usados en las mezclas de concreto permeable para mejorar la trabajabilidad debido a que se emplean relaciones Ag/cem. relativamente bajas, aumentando la cohesión entre las partículas del concreto.

En el caso de querer incorporar este aditivo a la mezcla, se realiza lo siguiente:

10) Calculamos la nueva cantidad y volumen de agua para la mezcla, en base al porcentaje de reducción establecido en las especificaciones técnicas del aditivo.

11) Calculamos el volumen del aditivo ( $V_{adi}$ ) en m<sup>3</sup>:

Si:

$$N^\circ \text{ bls cem.} = \frac{C}{42.5}$$

Entonces:

$$V_{adi} = \text{Dosis ficha téc.} * N^\circ \text{ bls cem.} * 10^{-6}$$

12) Calculamos el peso del aditivo ( $A_{di}$ ) en kg:

$$A_{di} = V_{adi} * \gamma_{adi}$$

13) Calculamos el volumen solido total ( $V_t$ ) en m<sup>3</sup>:

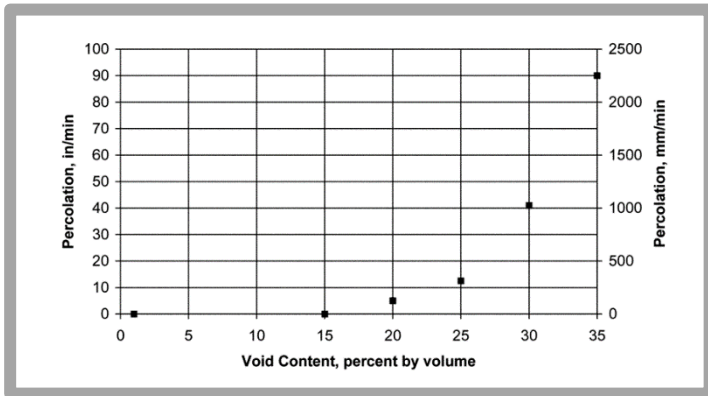
$$V_t = V_{agr} + V_c + V_a + V_{adi}$$

14) Verificamos el porcentaje de vacíos (%V):

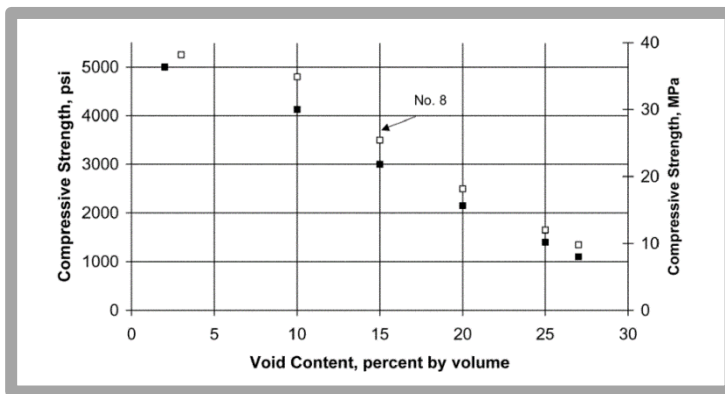
$$\%V = (1 - Vt) * 100$$

Al reducir el volumen de agua, el porcentaje de vacíos sufre un incremento.

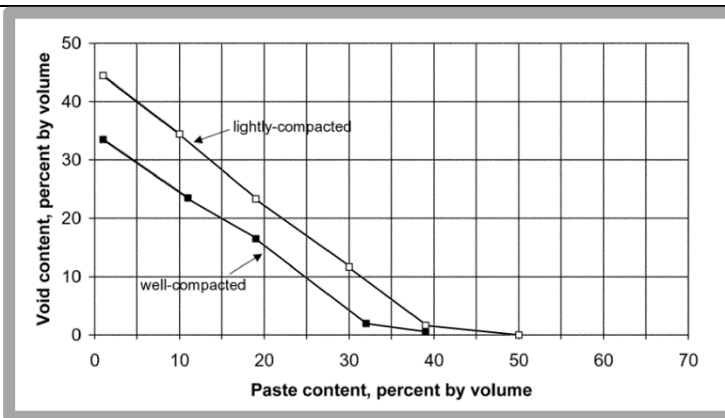
**ACI 211.3R-02, apéndice 6: Proporcionamiento para mezclas de concreto permeable.**



Tasas de percolación obtenidas de acuerdo al porcentaje de vacíos en base a pruebas realizadas por la NAA-NRMCA.



Relación entre el porcentaje de vacíos y la resistencia a la compresión del concreto permeable a los 28 días para agregados de 3/8" (huso N° 8) y 3/4" (huso N° 67).



Relación entre el porcentaje de pasta y el porcentaje de vacíos en base a pruebas realizadas a agregados de 3/8" (huso N° 8).

## **ANEXO N° 08: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

El ensayo de resistencia a la compresión, siguió las especificaciones establecidas por la American Society for Testing and Materials (ASTM) en su normativa ASTM C39: Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

Se elaboraron 9 testigos cilíndricos de concreto usando moldes metálicos estándar de 6" (15 cm.) de diámetro y 12" (30 cm.) de altura. Las roturas se realizaron a los 7, 14 y 28 días a partir de la fecha de vaciado.

La mezcla de concreto permeable, fue diseñada en base a un 17.9% de vacíos, una relación ag/cem. de 0.38 y una combinación de agregados granulares compuesta por un 90% de agregado grueso anguloso de 1/2" y un 10% de arena triturada.

Alcanzando una resistencia a la compresión promedio de 126.01 kg/cm<sup>2</sup> a los 07 días, una resistencia a la compresión promedio de 159.45 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días, y, una resistencia a la compresión promedio de 183.46 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### **Componentes y materiales para la elaboración de la mezcla de concreto permeable.**



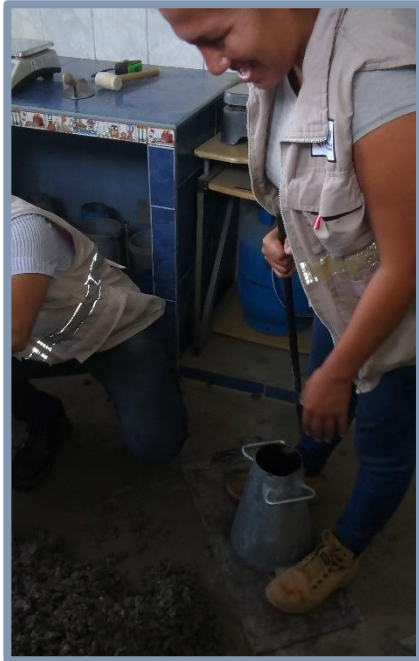
**Pesando los materiales para elaborar la mezcla de concreto permeable.**



## Elaboración de la mezcla de concreto permeable.



**Asentamiento 0: Característica primordial de la mezcla de concreto permeable**





**Elaboración y curado de los testigos de concreto permeable.**



**Rotura de los testigos de concreto permeable.**



## **ANEXO N° 09: ENSAYO DE PERMEABILIDAD**

Este ensayo, sirve para determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto, que es nada más y nada menos, la velocidad de percolación del agua a través de la red de poros interconectados del concreto permeable. Este coeficiente, nos ayuda, además, a calcular la capacidad de drenaje de una superficie de concreto permeable en unidades de caudal (lts/s o m<sup>3</sup>/s).

La American Concrete Institute (ACI), en su normativa ACI 522R-10: Informe sobre el concreto permeable, recomienda la construcción de un permeámetro de carga variable para la ejecución del ensayo, siendo el método más confiable y práctico para la obtención de resultados.

El ensayo se realizó a los 28 días de edad del concreto (cuando el concreto ya alcanzó su resistencia máxima y entre en condiciones de servicio).

Tras realizar el ensayo, se determinó que el concreto permeable diseñado en base a un 17.9% de vacíos y una combinación de agregados granulares compuesta por un 90% de agregado grueso anguloso de 1/2" y un 10% de arena triturada, adquiere un coeficiente de permeabilidad (velocidad de percolación) de 1.20 cm/s y una capacidad de drenaje de 12 lts/s/m<sup>2</sup>.

### **Elaboración de los testigos:**

Para efectuar el ensayo de permeabilidad, al momento de introducir el testigo en el permeámetro, es necesario que esta se encuentre completamente cubierta en sus laterales para evitar que el agua fluya o escape por los poros de los costados, para ello, se recomienda realizar el vaciado de la mezcla en tubos PVC escogidos y cortados de acuerdo a las dimensiones requeridas.

Se elaboraron 6 testigos cilíndricos de concreto permeable usando moldes de elaboración propia (tubos PVC) de 4" (10 cm.) de diámetro y 6" (15 cm.) de altura.

Antes de realizar el vaciado, en la base del molde, se coloca una tapa lubricada de PVC del mismo diámetro, para que luego pueda ser fácilmente retirada, quedando descubierta la parte superior e inferior del testigo, apto para la realización del ensayo.

### Elaboración de los moldes empleando tuberías PVC de 4".



#### Construcción del permeámetro de carga variable:

El permeámetro de carga variable, se construyó bajo las especificaciones de la normativa ACI 522R-10: Informe sobre el concreto permeable.

El dispositivo fue construido empleando tubos y conexiones de PVC, y admite testigos de 4" (10 cm.) de diámetro y 6" (15 cm.) de altura.

El permeámetro está compuesto por tres partes principales:

- Parte superior: conformada por la tubería de carga de agua, esta, tiene que tener el mismo diámetro del testigo. Su altura es variable, establecida bajo consideraciones del investigador. Tiene que estar graduada.
- Zona media: Aquí se ubica el testigo de concreto permeable, rodeada por la tubería de PVC donde fue vaciada, dejando la parte superior e inferior descubierta para permitir la percolación del agua. Una vez colocado el testigo en el dispositivo, las uniones entre la parte superior y la parte inferior tienen que ser rodeadas con tiras de caucho y bien ajustadas con abrazaderas metálicas, para evitar la fuga de agua.
- Parte inferior: Conformada por la válvula y la tubería de salida. La parte superior de la tubería de descarga, tiene que ser 1 cm. más alto que la parte superior del testigo una vez que este se haya colocado en el dispositivo.

### Partes del permeámetro de carga variable.



Parte superior: conformada por la tubería de carga de agua, esta, tiene que tener el mismo diámetro del testigo. Su altura es variable, establecida bajo consideraciones del investigador. Tiene que estar graduada.



Zona media: Aquí se ubica el testigo de concreto permeable. Las uniones entre la parte superior y la parte inferior tienen que ser rodeadas con tiras de caucho y bien ajustadas con abrazaderas metálicas, para evitar la fuga de agua.



Parte inferior: Conformada por la válvula y la tubería de salida. La parte superior de la tubería de descarga, tiene que ser 1 cm. más alto que la parte superior del testigo una vez que este se haya colocado en el dispositivo.

### **Ejecución del ensayo de permeabilidad:**

Una vez colocado el testigo en su posición y ensamblado el dispositivo, se siguen los siguientes pasos:

- Con la válvula abierta, se incorpora agua al dispositivo a través de la tubería de carga. El agua incorporada tiene que llegar al nivel de la tubería de salida (1 cm más alto que la superficie del testigo) de esta manera, el testigo, se ve completamente saturado, eliminando la presencia de aire en su estructura interna.
- Cuando el agua se estabilice y el testigo haya eliminado todas las burbujas de aire, se cierra la válvula.
- Con la válvula cerrada, se incorpora agua al dispositivo llenando la tubería de carga hasta una altura deseada.
- Se abre la válvula, y, con la ayuda de un cronómetro, se controla el tiempo en la cual la altura del agua desciende hasta el nivel de la tubería de salida.

El coeficiente de permeabilidad es calculado empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Coeficiente de permeabilidad } K \text{ (cm/s)} = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

Dónde:

- t (s) = Tiempo controlado en que la altura de agua desciende de h1 a h2.
- h1 (cm) = Altura inicial del agua sobre el testigo.
- h2 (cm) = Altura final del agua sobre el testigo, equivalente a 1 cm.
- A (cm<sup>2</sup>) = Área del testigo
- L (cm) = Longitud del testigo
- A (cm<sup>2</sup>) = área de la tubería de carga de agua del permeámetro (ubicada sobre el testigo).
- K (cm/s) = Coeficiente de permeabilidad.

Para calcular la capacidad de drenaje de una superficie de concreto permeable, se multiplica el coeficiente de permeabilidad (en m/s) por el área de la superficie. La capacidad de drenaje se expresa en unidades de caudal (m<sup>3</sup>/s o lts/s).

**Elaboración y curado de testigos de concreto permeable para el ensayo de permeabilidad.**



## Construcción del permeámetro de carga variable.

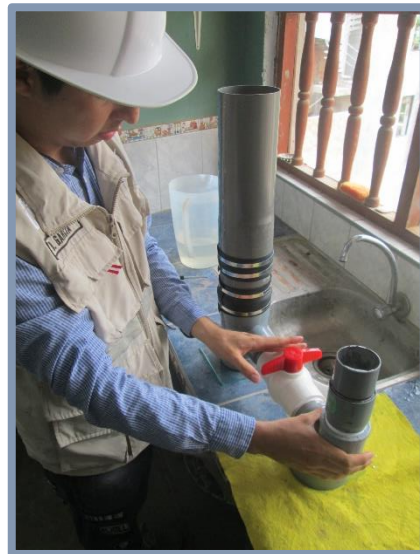




**Ensamblaje del permeámetro de carga variable para realizar el ensayo de permeabilidad.**



## Ejecución del ensayo de permeabilidad.



## ANEXO N° 10: ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES EN LA CIUDAD DE TARAPOTO

Para la construcción de superficies de concreto permeable, es de suma importancia, que la capacidad de infiltración por metro cuadrado de superficie, sea superior a la máxima intensidad de precipitación, para que el volumen de agua pueda ser evacuado de forma eficiente.

Lo siguiente, es un análisis de la precipitación en la ciudad de Tarapoto, basado en un registro de precipitaciones máximas en 24 horas de los últimos 10 años:

ESTACION CO "TARAPOTO"													
Latitud : 06° 28' Longitud : 76° 22' Altura : 356 m.s.n.m.	Departamento : San Martín Provincia : San Martín Distrito : Tarapoto												
PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS (m.m.)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
2009	29.4	49.0	28.0	35.5	36.5	47.0	9.1	25.0	31.5	18.4	25.5	42.0	49.0
2010	32.2	62.4	17.6	72.8	31.6	40.6	6.1	44.5	23.9	27.7	98.4	47.8	98.4
2011	42.4	11.8	63.2	51.9	31.5	65.2	49.2	14.5	21.6	24.6	49.2	61.8	65.2
2012	71.7	35.6	53.1	100.5	40.8	28.8	20.0	8.3	31.2	40.2	15.6	82.4	100.5
2013	71.7	32.7	45.3	27.4	32.1	20.1	15.0	49.0	41.8	27.0	64.5	28.4	71.7
2014	33.4	29.5	60.3	37.6	32.1	13.2	32.5	22.4	28.2	89.5	46.1	26.0	89.5
2015	28.4	40.9	16.4	43.7	34.4	40.2	12.8	34.6	13.7	32.9	64.2	60.3	64.2
2016	36.0	40.1	35.9	18.6	32.2	47.5	19.4	10.3	19.0	50.0	27.0	33.5	50.0
2017	51.2	73.6	62.9	51.8	36.0	39.6	19.5	30.8	47.7	15.7	72.5	63.7	73.6
2018	25.6	42.5	55.4	47.4	27.5	35.0	34.2	18.4	34.7	27.5	26.5	69.6	69.6

### Ingreso de registro de precipitaciones:

	AÑO	PP
1	2009	49
2	2010	98.4
3	2011	65.2
4	2012	100.5
5	2013	71.7
6	2014	89.5
7	2015	64.2
8	2016	50
9	2017	73
10	2018	69.6
Numero de registros		10
Promedio		73.11
Desviación standard		18.04

## Cálculo de precipitaciones máximas en 24 horas con periodo de retorno asociado:

Método de Gumbel. Valores de  $Y_n$  y  $S_n$ :

n	$\mu_y$	$\sigma_y$	n	$\mu_y$	$\sigma_y$	n	$\mu_y$	$\sigma_y$
3	0.4286	0.6435	10	0.4952	0.9497	17	0.5181	1.0411
4	0.4458	0.7315	11	0.4996	0.9676	18	0.5202	1.0493
5	0.4558	0.7928	12	0.5035	0.9833	19	0.522	1.0566
6	0.469	0.8388	13	0.507	0.9972	20	0.5236	1.0628
7	0.4774	0.8749	14	0.51	1.0095	21	0.5252	1.0696
8	0.4843	0.9043	15	0.5128	1.0206	22	0.5268	1.0754
9	0.4902	0.9288	16	0.5157	1.0316	23	0.5283	1.0811

Estimación de máximas diarias para un Periodo de retorno T:  
(Estadística de Gumbel)

$\mu_y$	0.4902
$\sigma_y$	0.9288
En donde	
$\alpha$	0.05
$\beta$	63.59
T	20

**BONDAD DE AJUSTE (Función de Gumbel)**

*Coefficiente Correlación R2:*

**R2 : 0.9547**

---

*Test de Kolmogorov Smirnov:*

**D supremo : 0.107**

**D tabla 95 : 0.410**      **Significativo al 95 %**

Intensidad máxima en 24 h. para un periodo de retorno de 20 años = 133.42 mm.

## Cálculo de magnitudes e intensidades:

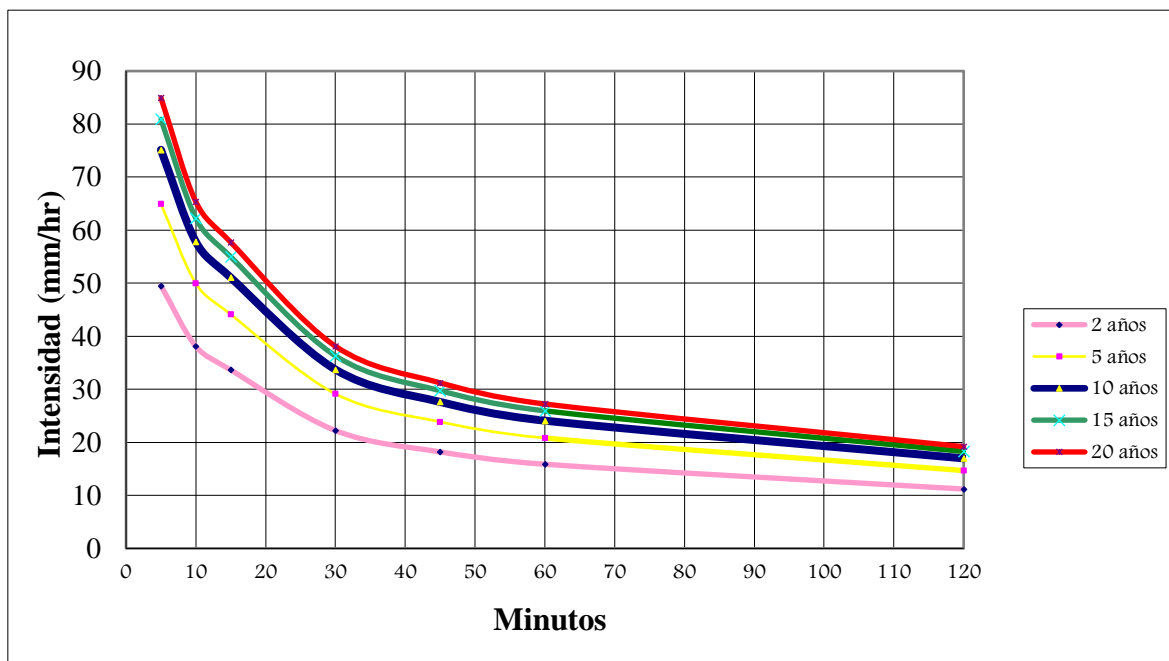
Magnitudes de precipitación máximas (mm) según el periodo y duración estimada (Espildora):

Tiempo	5	10	15	30	45	60	120	24 Horas
Coef. De Duración	0.26	0.4	0.53	0.7	0.86	1	1.41	4.9
Periodo de retorno								
2	4.13	6.35	8.41	11.11	13.65	15.87	22.38	77.78
5	5.41	8.33	11.03	14.57	17.90	20.82	29.35	102.00
10	6.26	9.64	12.77	16.86	20.72	24.09	33.96	118.03
15	6.74	10.37	13.75	18.15	22.30	25.94	36.57	127.08
20	7.08	10.89	14.43	19.06	23.42	27.23	38.39	133.42

Intensidades máximas (mm) según el periodo y duración estimada (Espildora):

Tiempo	5	10	15	30	45	60	120	24 Horas
Coef. De Duración	0.26	0.4	0.53	0.7	0.86	1	1.4	4.9
Periodo de retorno								
2	49.52	38.10	33.65	22.22	18.20	15.87	11.19	77.78
5	64.95	49.96	44.13	29.14	23.87	20.82	14.68	102.00
10	75.16	57.81	51.07	33.72	27.62	24.09	16.98	118.03
15	80.92	62.24	54.98	36.31	29.74	25.94	18.28	127.08
20	84.95	65.35	57.72	38.12	31.22	27.23	19.20	133.42

Curva de duración intensidad frecuencia:

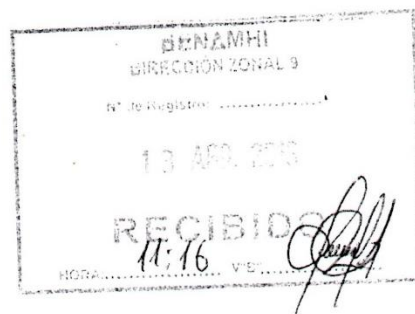


**“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCION Y LA IMPUNIDAD”**

Tarapoto, 13 de agosto del 2019

Señor:  
**DANIEL ENRIQUE SÁNCHEZ LAUREL**  
**DIRECTOR DE LA DIRECCION ZONAL 9**  
**SENAMHI**

Presente. -



Yo, David Oswaldo García Leveaú, identificado con DNI. N° 71891150, con domicilio en el Jr. Sofía Delgado N° 656, Estudiante/Tesista de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo.

Ante usted me presento y expongo:

Que, por el motivo de estar realizando mi tesis titulada: "Diseño de Sumideros de Concreto Permeable para el Control de Aguas Pluviales en la zona céntrica de Tarapoto, 2019"

Solicito la información siguiente:

ESTACION	PARÁMETROS	PERIODO
Tarapoto	Precipitaciones Máximas en 24 horas	2009-2018
Tarapoto	Precipitaciones Máximas mensuales	2009-2018

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico:  
oswadavi@gmail.com

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Atentamente,

  
.....  
DAVID OSWALDO GARCÍA LEVEAÚ  
DN. 71891150



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de  
Meteorología e Hidrología  
del Perú - SENAMHI

Dirección  
Zonal 9

### ESTACION CO "TARAPOTO"

Latitud : 06° 28'  
Longitud : 76° 22'  
Altura : 356 m.s.n.m.

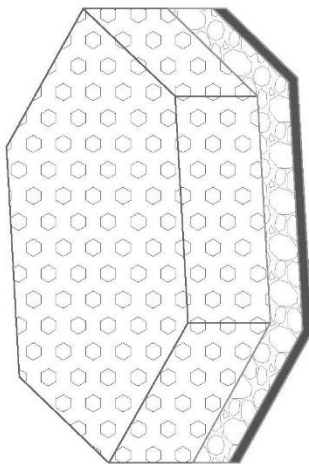
Departamento : San Martín  
Provincia : San Martín  
Distrito : Tarapoto

### PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (m.m.)

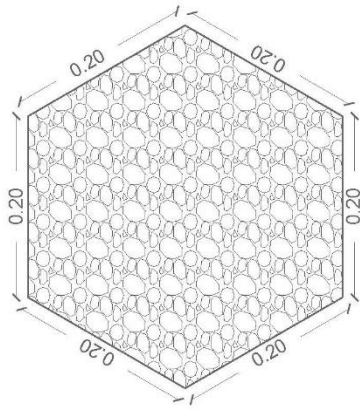
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
2009	29.4	49.0	28.0	35.5	36.5	47.0	9.1	25.0	31.5	18.4	25.5	42.0	49.0
2010	32.2	62.4	17.6	72.8	31.6	40.6	6.1	44.5	23.9	27.7	98.4	47.8	98.4
2011	42.4	11.8	63.2	51.9	31.5	65.2	49.2	14.5	21.6	24.6	49.2	61.8	65.2
2012	71.7	35.6	53.1	100.5	40.8	28.8	20.0	8.3	31.2	40.2	15.6	82.4	100.5
2013	71.7	32.7	45.3	27.4	32.1	20.1	15.0	49.0	41.8	27.0	64.5	28.4	71.7
2014	33.4	29.5	60.3	37.6	32.1	13.2	32.5	22.4	28.2	89.5	46.1	26.0	89.5
2015	28.4	40.9	16.4	43.7	34.4	40.2	12.8	34.6	13.7	32.9	64.2	60.3	64.2
2016	36.0	40.1	35.9	18.6	32.2	47.5	19.4	10.3	19.0	50.0	27.0	33.5	50.0
2017	51.2	73.6	62.9	51.8	36.0	39.6	19.5	30.8	47.7	15.7	72.5	63.7	73.6
2018	25.6	42.5	55.4	47.4	27.5	35.0	34.2	18.4	34.7	27.5	26.5	69.6	69.6

NOTA: LA PRESENTE INFORMACION METEOROLÓGICA SOLO SERA EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

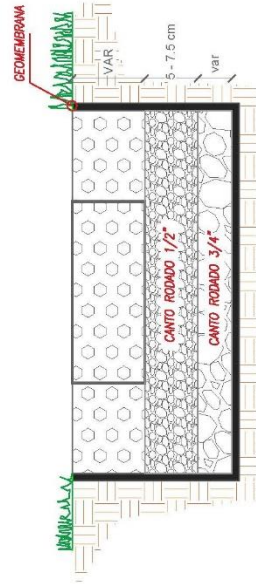
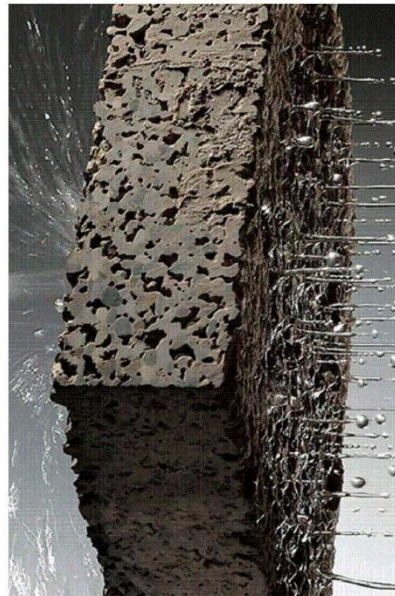
# ANEXO N° 11: MODELAMIENTO GRÁFICO DE LOS BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE



**PLANTA 3D BLOQUE MODULAR HEXAGONAL**  
Esc. 1/5



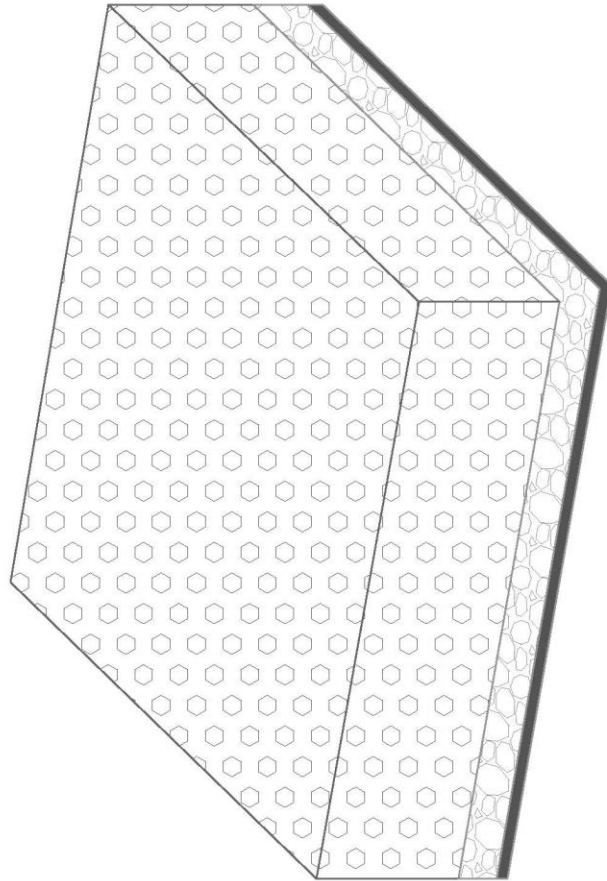
**PLANTA - BLOQUE MODULAR HEXAGONAL**  
Esc. 1/5



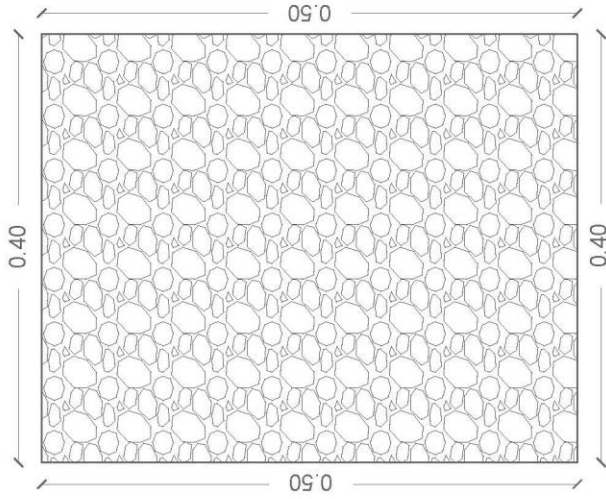
**ELEVACION - BLOQUE MODULAR HEXAGONAL**  
Esc. 1/5

<b>UCV</b>	<b>"PROYECTO DE TESIS"</b>			
	<b>"BLOQUE MODULAR HEXAGONAL"</b>			
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL URUGUAY FACULTAD: INGENIERÍA CIVIL CARRERA: INGENIERÍA CIVIL PROFESOR: DR. CARLOS GONZÁLEZ ALUMNO: JAVIER COMODORO SANCHEZ DE LA ROSA	TÍTULO: BLOQUE MODULAR HEXAGONAL FECHA: NOVIEMBRE 2019	AUTOR: JAVIER COMODORO SANCHEZ DE LA ROSA CO-AUTORES: CARLOS GONZÁLEZ FECHA: NOVIEMBRE 2019	TÍTULO: BLOQUE MODULAR HEXAGONAL FECHA: NOVIEMBRE 2019	E-01

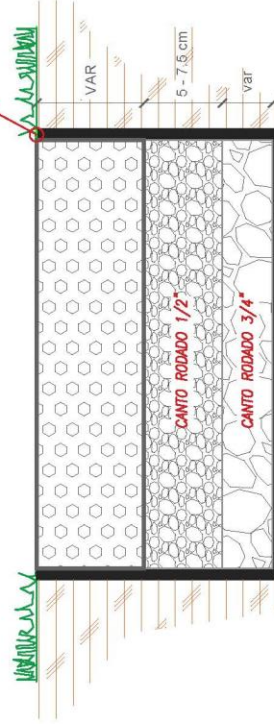
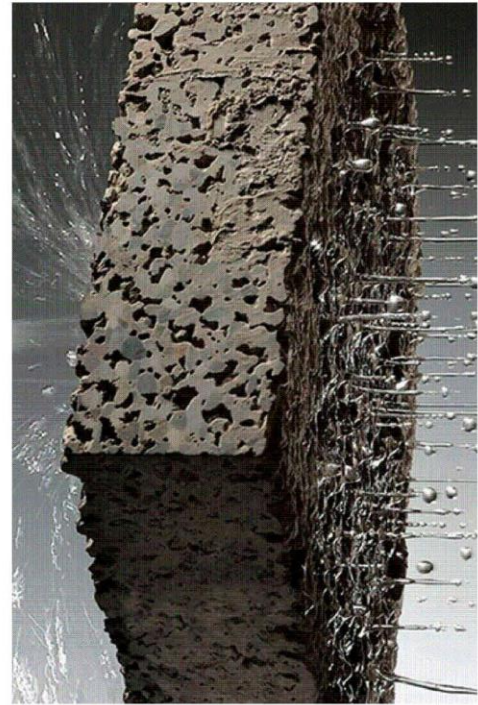




**PLANTA 3D BLOQUE MODULAR RECTANGULAR**  
ESC. 1/3

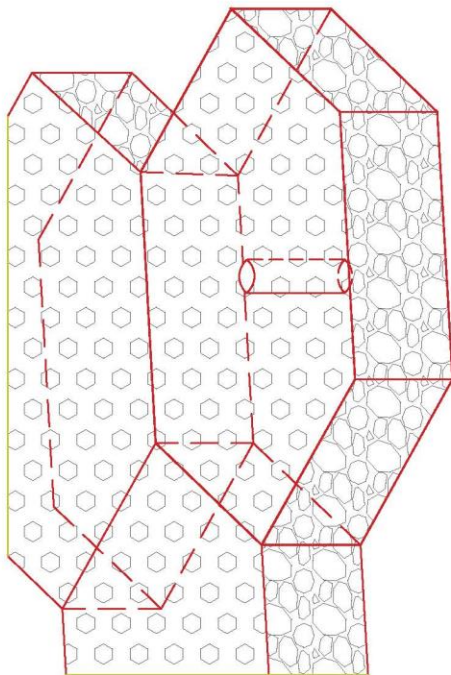


**PLANTA - BLOQUE MODULAR RECTANGULAR**  
ESC. 1/3



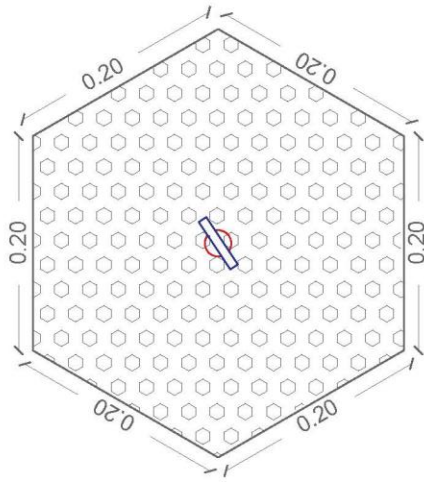
**ELEVACION - BLOQUE MODULAR RECTANGULAR**  
ESC. 1/3

	<b>PROYECTO DE TESIS</b>		
	<b>"BLOQUE MODULAR RECTANGULAR"</b>		
TÍTULO: "DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE PLUVIAL - TRUJILLO 2019"	AUTOR: DAVID OSWALDO MARCIAL EYVAU MILANO DEL PILAR FLORES IRIARDO	FECHA: NOVIEMBRE, 2019	ESCALA: 1/5
UBICACION: TARIAPOTO CUIDAD: SAN MARTIN PROVINCIA: SAN MARTIN REGION: SAN MARTIN			



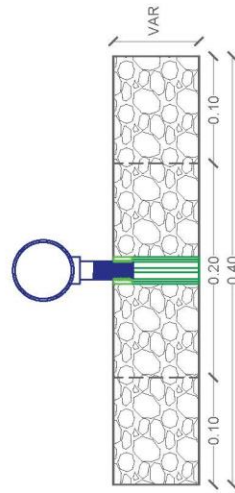
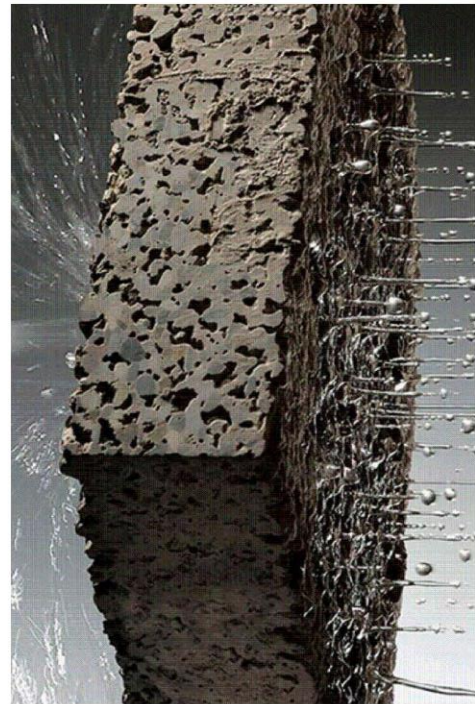
**DETALLE 3D BLOQUE MODULA HEXAGONAL DE FACIL EXTRACCION**

ESC. 1/5



**PLANTA - BLOQUE MODULA HEXAGONAL DE FACIL EXTRACCION**

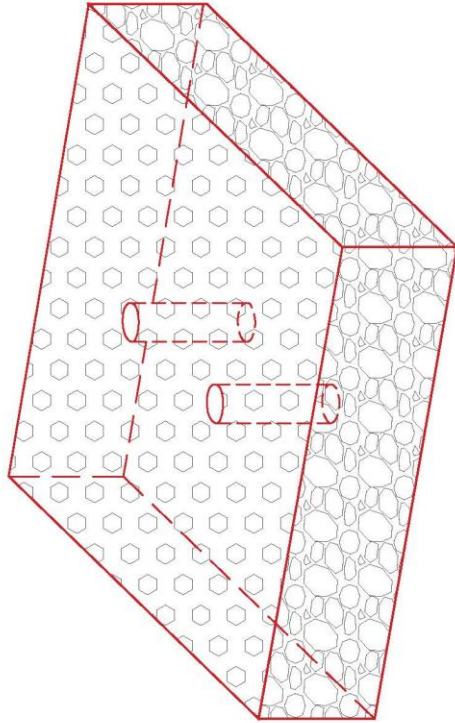
ESC. 1/5



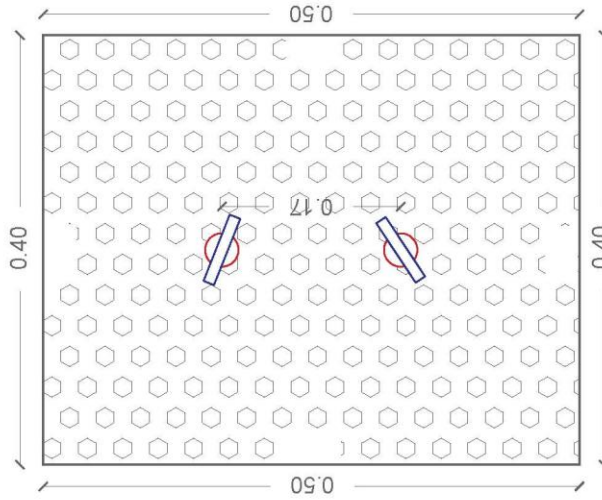
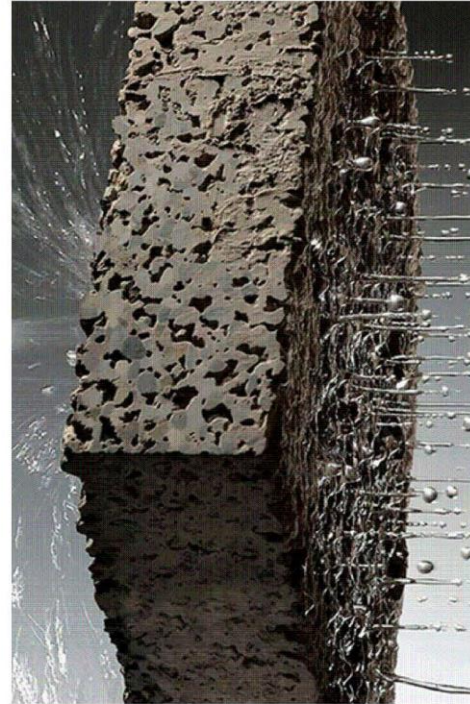
**ELEVACION - BLOQUE MODULA HEXAGONAL DE FACIL EXTRACCION**

ESC. 1/5

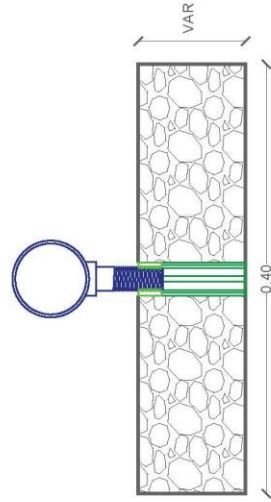
<b>UCV</b>	<b>PROYECTO DE TESIS</b>	
	PLANO: "BLOQUE MODULAR HEXAGONAL DE FACIL EXTRACCION" TITULO: "DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE PLUVIAL, TIBURCIO 2019"	
UNIVERSIDAD CAROLINA DISTRITO PROVINIA REGION	TIBURCIO TIBURCIO SAN MARTIN SAN MARTIN	AUTOR: DAVID OSWALDO GARCIA LEZAU INGENIERO DEL PULS FLORES IRRIBAR FECHA NOVIEMBRE 2019 ESCALA 1:5
		<b>E-03</b>



**PLANTA 3D BLOQUE MODULA RECTANGULAR DE FACIL EXTRACCION**  
ESC. 1/5

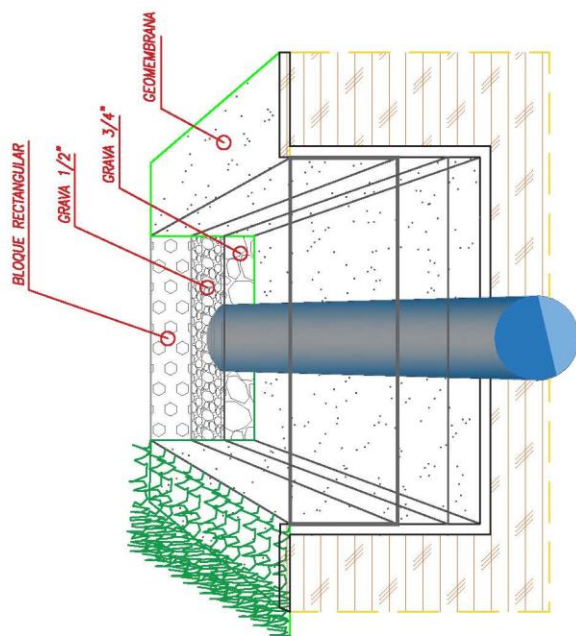
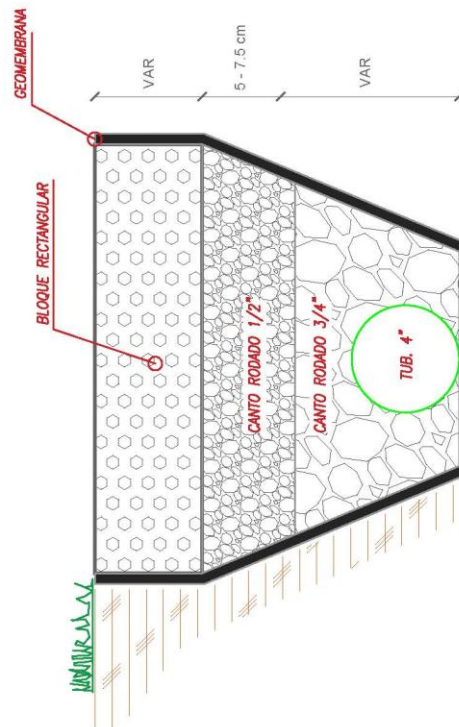
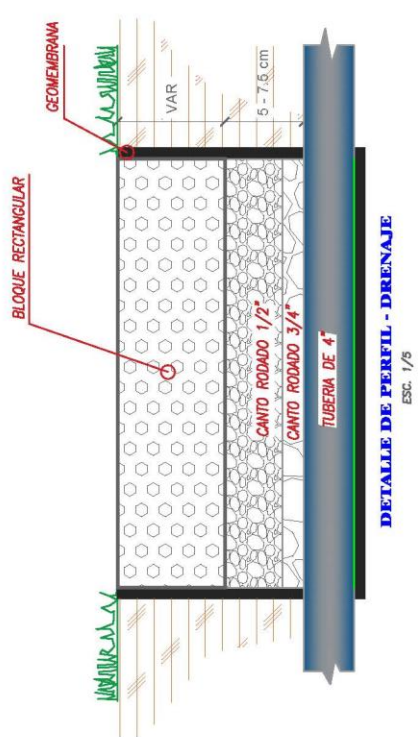


**PLANTA - BLOQUE MODULA RECTANGULAR DE FACIL EXTRACCION**  
ESC. 1/5

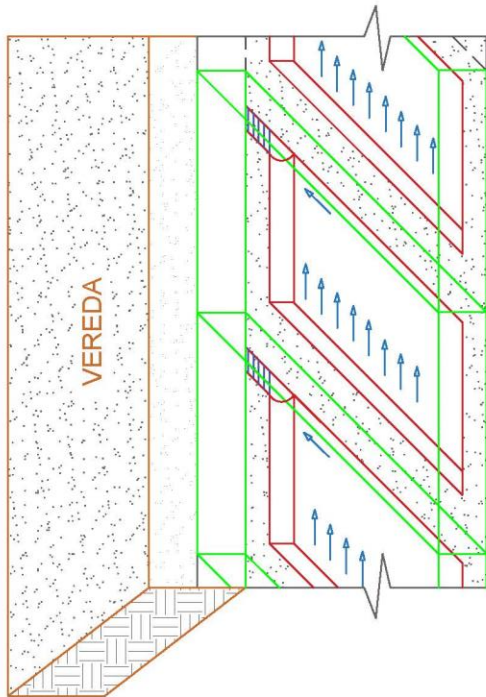


**ELEVACION - BLOQUE MODULA RECTANGULAR DE FACIL EXTRACCION**  
ESC. 1/5

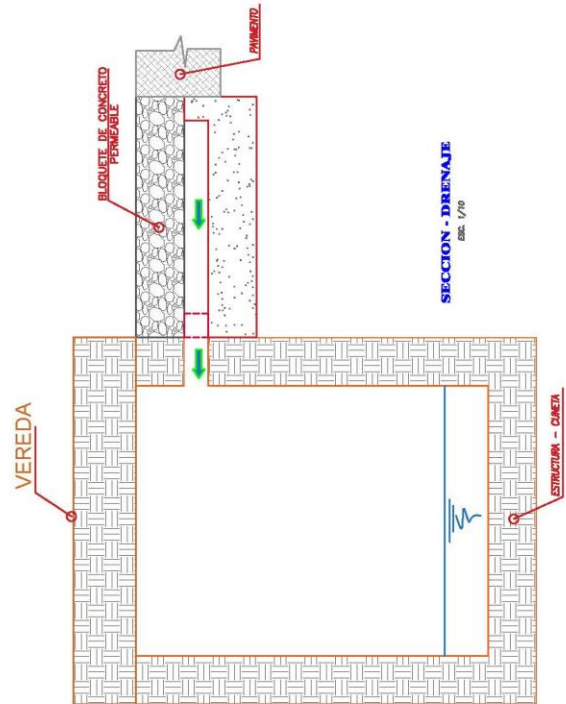
<b>UCV</b>	<b>"PROYECTO DE TESIS"</b>		
	<b>"BLOQUE MODULAR RECTANGULAR DE FACIL EXTRACCION"</b>		
<small>PROYECTO: "DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE PLUVIAL. TIRAMONTO 2019"</small>			
<small>UBICACION: TARAPOTO CUIDAD: SAN MARTIN PROVINCIA: SAN MARTIN REGION: SAN MARTIN</small>		<small>AUTORES: DAVID ORVALLO GARCIA LEYVA MILAGROS DEL PILAR FLOR BERMEO FECHA: NOVIEMBRE 2019 ESCALA: 1/5</small>	
		<b>E-04</b>	



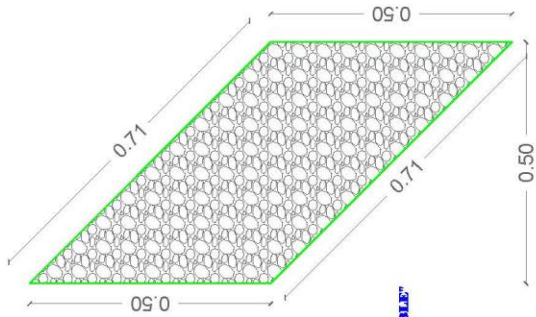
	<b>PROYECTO DE TESIS</b>		TITULO: <b>D-01</b>
	<b>"DRENAJE"</b>		
INSTITUCION: UNIVERSIDAD CAROLINA DE GUAYAMA	AUTOR: DAVID ORLANDO GARCIA BAYARÍ	FECHA: NOVIEMBRE, 2019	ESCALA: 1/5
UBICACION: CIUDAD: SAN MARTIN PROVINCIA: SAN MARTIN REGION: SAN MARTIN	TITULO: DRENAJE	FECHA: NOVIEMBRE, 2019	ESCALA: 1/5



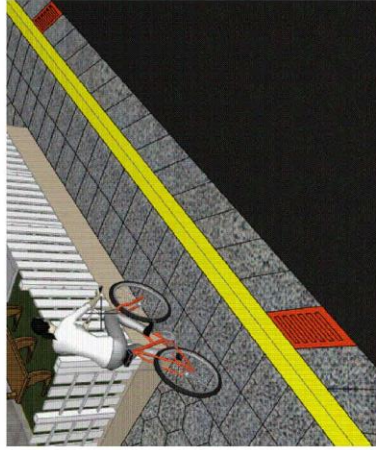
ISOMETRICO - DRENAJE  
Esc. 1/10



SECCION - DRENAJE  
Esc. 1/10



PLANTA "BLOQUE PERMEABLE"  
Esc. 1/10



**UCV**

PROYECTO DE TESIS

"DRENAJE"

LÁMINA

D-02

---

PROYECTO: "DISEÑO DE BLOQUES MODULARES DE CONCRETO PERMEABLE PARA EL DRENAJE FLUVIAL - TARAPOTO 2019"

FECHA: NOVIEMBRE 2019

ESCALA: 1/10

AUTORES: DAVID OSWALDO GARCIA LEIVA  
MILAGROS DEL PILAS FLORES (MINIO)

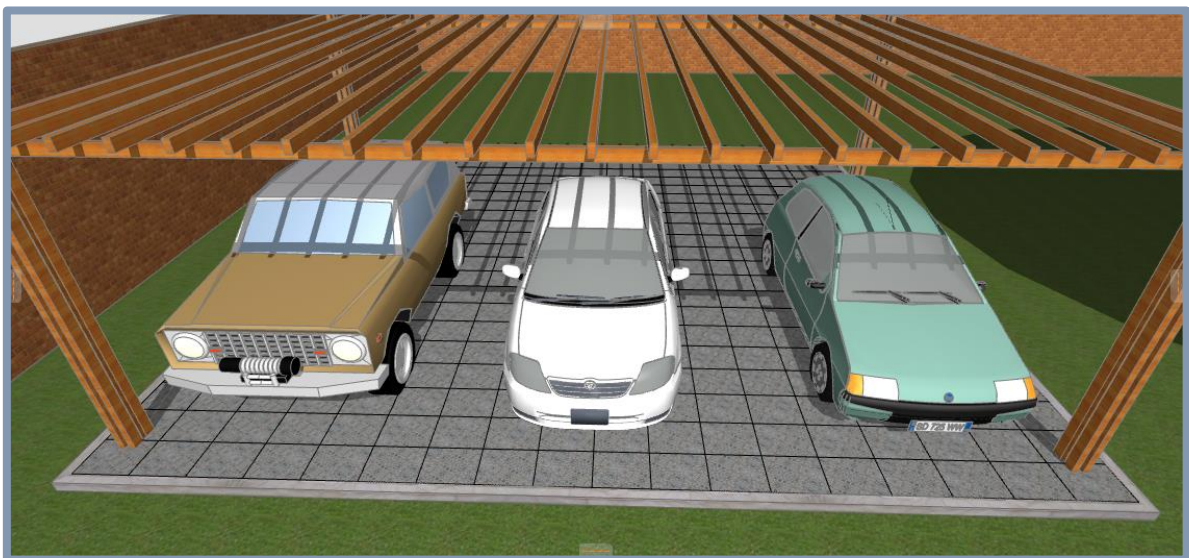
UBICACION: TARAPOTO  
CIUDAD: TARAPOTO  
DISTRITO: SAN MARTIN  
PROVINCIA: SAN MARTIN  
REGION: SAN MARTIN

**Superficies drenantes construídas con bloques modulares prefabricados de concreto permeable:**

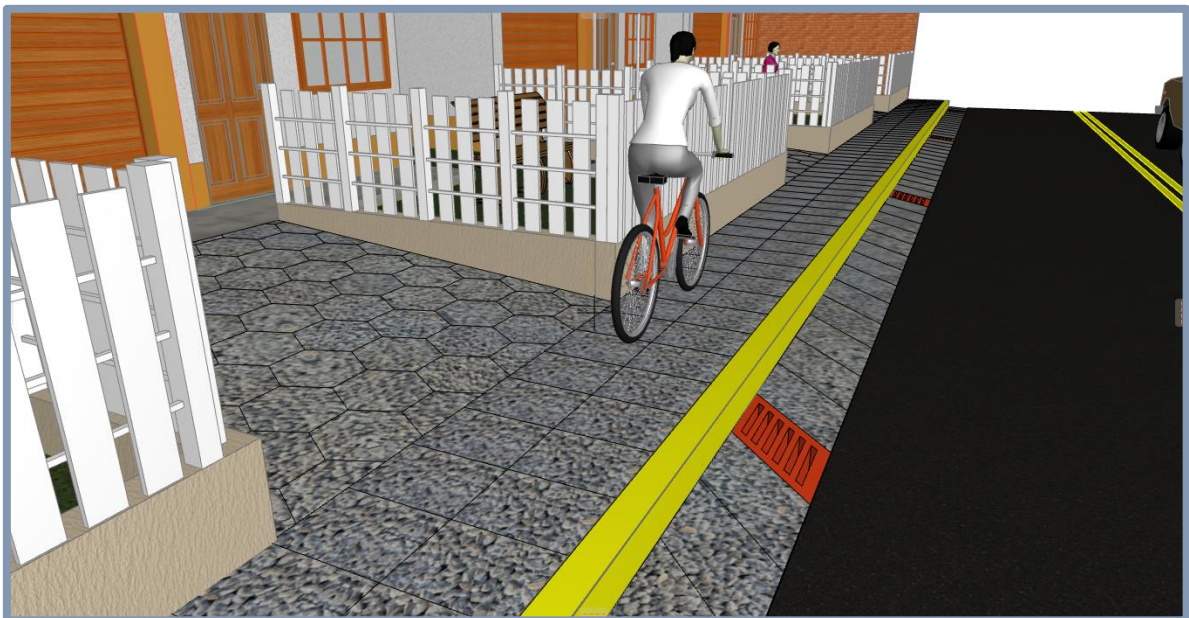
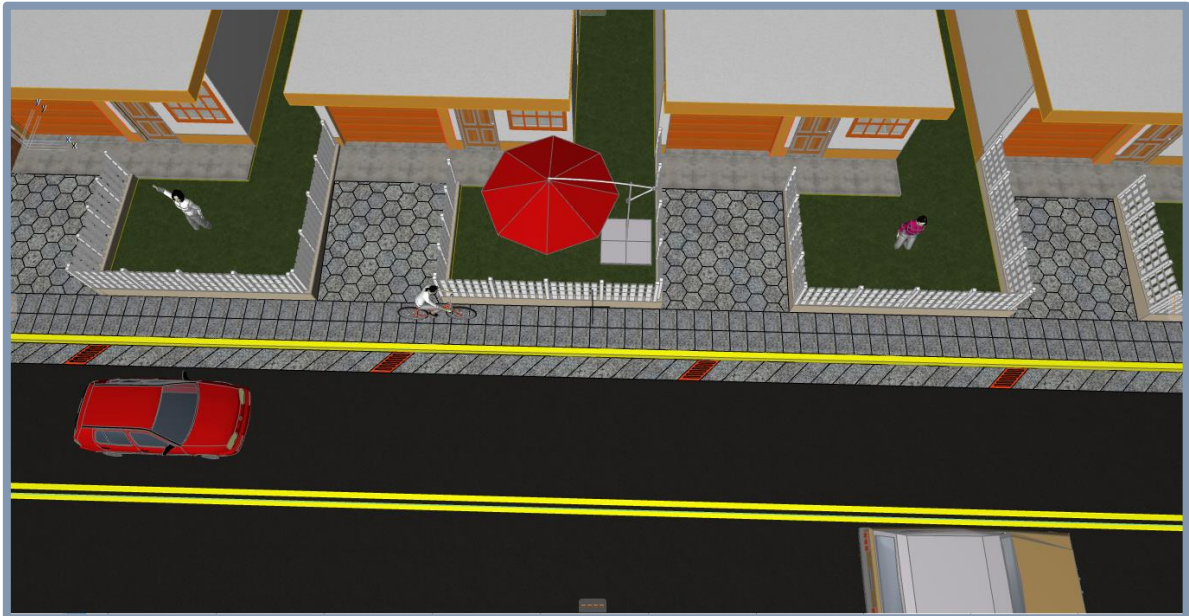
**Patios:**



**Estacionamientos:**



**Pisos, veredas, senderos peatonales, ciclovías y sumideros viales:**



**ANEXO N° 12: FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES MODULARES DE  
CONCRETO PERMEABLE**

Para la producción de los bloques modulares de concreto permeable, se mandaron a fabricar moldes metálicos de forma hexagonal y rectangular, teniendo en cuenta las dimensiones de cada bloque y si estos serán estándar o de fácil extracción.

**Moldes metálicos para la fabricación de bloques modulares de concreto permeable.**



Los moldes tienen un espesor de 10 cm. y, el proceso de compactación de la mezcla, se realizó en dos capas, utilizando un martillo de Proctor estándar. En la capa final, tras realizar la compactación con el martillo, se procedió a rellenar manualmente los espacios vacíos con la mezcla sobrante, compactando y ranurando la superficie con varillas de acero para brindar un acabado uniforme. Los moldes son cubiertos con bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad del concreto permeable durante su fraguado.



**Elaboración, vaciado y compactado de la mezcla de concreto permeable.**



Pasado 24 h. de haber realizado el vaciado, los bloques son desmoldados cuidando el nivel de presión aplicado y curados durante una semana mojándolos con una manguera con agua.

**Desmolde y curado de los bloques modulares de concreto permeable.**

