



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Variación de la permeabilidad del concreto poroso
realizando una gradación del agregado grueso de 3/4", 1/2" y
3/8" en Moyobamba, 2020**

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

AUTORES:

Sinarahua Tuesta, Jonathan (ORCID: 0000-0003-3630-6178)

Rimarachín Olórtegui, Cristhian Janter (ORCID: 0000-0002-6627-4413)

ASESORA:

Mg. Lavado Enríquez, Juana Maribel (ORCID: 0000-0001-9852-4651)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

MOYOBAMBA - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres Robinson Sinarahua Mesía y Leyli Tuesta Casique, por haber sido siempre los principales protagonistas, detrás de cada uno mis logros y metas alcanzadas; por sus palabras y gestos de aliento que me sirvieron de impulso para superar cada uno de los obstáculos que hemos encontrado en este camino al éxito.

Así mismo se lo quiero dedicar a cada uno de mis docentes, en especial a la ingeniera Juana Maribel Lavado Enríquez quienes aportaron de una u otra manera en mi formación como persona y como profesional, que sin mezquindad decidieron compartir sus conocimientos con los demás.

Quiero dedicar a mis amigos y familiares que siempre estuvieron ahí para apoyarme.

Sinarahua Tuesta Jonathan

Esta tesis va dedicada a mis progenitores Casimiro Rimarachín Gonzáles y María Ysabel Olórtegui Hidalgo, ya que ellos siempre fueron mi mayor motivación para seguir adelante, a mis hermanos Lily Raquel Rimarachín Olórtegui y Oscar Leví Rimarachín Olórtegui, que día a día estaban ahí para alentarme y mucho más en los momentos difíciles, a mí mismo, porque pude demostrarme que soy capaz de cumplir las metas que me proponga y que no importa todo lo que tenga que pasar porque al final hay una gran recompensa.

Además, el presente trabajo va dedicado a los docentes que me impulsaron y animaron para llegar hasta aquí, en especial a la ingeniera Juana Maribel Lavado Enríquez por el apoyo incondicional y por la impartición de conocimientos.

Rimarachín Olórtegui Cristhian Janter

Agradecimiento

Agradezco profundamente a Dios por haberme permitido llegar al final de una etapa más de la vida y haber alcanzado un objetivo más, agradezco también a mis padres Leyli Tuesta Casique y Robinson Sinarahua Mesía, quienes dedicaron todo su tiempo, esfuerzo y sacrificio para que yo pudiera alcanzar una meta más, gracias por todo su apoyo, quiero agradecer a mis familiares y amigos por haber estado siempre dispuestos a colaborar de manera desinteresada en este proyecto de vida; así mismo agradezco mucho a la ingeniera Juana Maribel Lavado Enríquez, quien dedicó su tiempo a orientarnos y a apoyarnos para mejorar cada día y entregar un buen producto final.

Sinarahua Tuesta Jonathan

Mi más inmenso agradecimiento al autor y consumidor de la fe, al digno por excelencia, al dador de la vida y dueño de la sabiduría e inteligencia, Dios, por la vida, salud, sabiduría e inteligencia hasta el sol de hoy para así poder cumplir con mis metas, así mismo también agradezco a mis progenitores Casimiro Rimarachín Gonzáles y María Ysabel Olórtegui Hidalgo y hermanos Lily Raquel Rimarachín Olórtegui y Oscar Leví Rimarachín Olórtegui, por los grandes consejos sabios y las buenas palabras de aliento.

También quiero agradecer a todas las personas que han sido parte de mi vida hasta el día de hoy, todos aportaron de alguna manera. Gracias

Rimarachín Olórtegui Cristhian Janter

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento | iv |
| Índice de tablas | viii |
| Índice de figuras..... | ix |
| Resumen | xi |
| Abstract..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 25 |
| 3.1. Tipo Y Diseño De Investigación | 25 |
| 3.2. Variables Y Operacionalización..... | 26 |
| 3.3. Población, Muestra Y Muestreo | 27 |
| 3.4. Técnicas e Instrumentos e Recolección de Datos | 27 |
| 3.5. Procedimientos | 28 |
| 3.6. Método De Análisis De Datos | 29 |
| 3.7. Aspectos éticos | 29 |
| IV. RESULTADOS | 30 |
| V. DISCUSIÓN | 43 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 46 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 47 |
| REFERENCIAS | 48 |
| ANEXOS | 55 |
| Matriz de consistencia | |
| Validación de instrumentos | |
| Ensayo de resistencia a la abrasión | |
| Determinación de contenido a la humedad | |

Análisis granulométrico, peso específico y absorción del agregado grueso, pesos unitarios

Actas

Cálculo del diseño de mezcla

Elaboración de las probetas

Ensayo de asentamiento del concreto poroso

Ensayo de permeabilidad del concreto poroso

Ensayo de rotura de probetas

Certificado de calibración de equipos del laboratorio

Porcentaje Turnitin, menor al 25%

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 01. Rangos Típicos de la Proporciones de los Materiales del Concreto Permeable | 17 |
| Tabla 02. Calidad de drenaje..... | 22 |
| Tabla 03. Valores para el Coeficiente de drenaje Cd..... | 22 |
| Tabla 04. Cronograma de control..... | 25 |
| Tabla 05. Porcentaje de desgaste del agregado grueso | 31 |
| Tabla 06. Contenido de Humedad del agregado grueso | 32 |
| Tabla 07. Características Físicas del agregado grueso de diámetros 1/2" y 3/8" | 33 |
| Tabla 08. Características Físicas del agregado grueso de diámetros 3/4", 1/2" y 3/8" | 34 |
| Tabla 09. Resistencia a la compresión probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 1/2" y 3/8"..... | 35 |
| Tabla 10. Resistencia a la compresión probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8"..... | 35 |
| Tabla 11. Resistencia a la compresión probetas de testigo, con concreto convencional..... | 36 |
| Tabla 12. Determinación del coeficiente de permeabilidad "k" en las probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 1/2" y 3/8"..... | 37 |
| Tabla 13. Determinación del coeficiente de permeabilidad "k" en las probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8"..... | 37 |
| Tabla 14. Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m ³ de Concreto Convencional, (dosificación según CAPECO)..... | 38 |
| Tabla 15. Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m ³ de Concreto Permeable, con agregado grueso de 1/2" y 3/8"..... | 39 |
| Tabla 16. Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m ³ de Concreto Permeable, con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8"..... | 40 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura N° 01. Permeámetro de Carga Variable | 19 |
| Figura N° 02. Partes de pavimento de Concreto Drenantes | 21 |
| Figura N° 03. Esquema de la estructura de pavimento poroso | 41 |
| Figura N° 04. Esquema de la estructura de pavimento poroso..... | 42 |
| Figura N° 05: Hoja de cálculo, porcentaje de desgaste, con máquina de los ángeles..... | 63 |
| Figura N° 06: Pesado y Tarado del agregado, para realizar prueba de abrasión..... | 64 |
| Figura N° 07: Colocación del agregado grueso dentro de la Máquina de los ángeles, junto a la carga abrasiva..... | 64 |
| Figura N° 08: Hoja de cálculo, para determinación de contenido de Humedad..... | 65 |
| Figura N° 09: Pesado y Tarado del agregado grueso para colocarlo en el horno..... | 66 |
| Figura N° 10: Retirada del agregado grueso del horno al día siguiente, para determinar el contenido de humedad..... | 66 |
| Figura N° 11: Hoja de cálculo, para granulometría, peso específico y porcentaje de absorción..... | 67 |
| Figura N° 12: Tamizado del agregado grueso con los tamices ASTM..... | 69 |
| Figura N° 13: Secado superficial de la muestra, para determinar peso específico..... | 69 |
| Figura N° 14: Sumergimiento de la muestra saturada en agua, para determinar peso específico..... | 70 |
| Figura N° 15: Pesado del agregado grueso, para determinar peso unitario suelto..... | 70 |
| Figura N° 16: Compactado del agregado grueso, para determinar peso unitario compactado..... | 71 |
| Figura N° 17: Hoja de cálculo, Diseño de mezcla concreto poroso..... | 72 |
| Figura N° 18: Pesado de los agregados para elaboración de concreto poroso..... | 78 |

| | |
|--|----|
| Figura N° 19: Proceso de mezclado de los materiales para elaboración de concreto poroso..... | 78 |
| Figura N° 20: Testigos de concreto poroso en estado de endurecimiento..... | 79 |
| Figura N° 21: Vaciado de concreto poroso para ensayo de asentamiento, usando el cono de Abrams..... | 80 |
| Figura N° 22: Determinación de cero asentamientos del concreto poroso, usando el cono de Abrams..... | 80 |
| Figura N° 23: Hoja de cálculo, Coeficiente de permeabilidad “k”..... | 81 |
| Figura N° 24: Determinación del diámetro de las probetas de testigo..... | 82 |
| Figura N° 25: Determinación de la altura de las probetas de testigo..... | 82 |
| Figura N° 26: Determinación del peso de las probetas de testigo..... | 83 |
| Figura N° 27: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión..... | 83 |
| Figura N° 28: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión..... | 84 |
| Figura N° 29: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión..... | 84 |
| Figura N° 30: Probetas de concreto poroso después de su prueba de resistencia a compresión..... | 85 |
| Figura N° 31: Probetas de concreto poroso después de su prueba de resistencia a compresión..... | 85 |
| Figura N° 32: Hoja de cálculo, ruptura de probetas de concreto poroso..... | 86 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad principal Realizar el diseño de mezcla para un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8". El modelo de investigación fue de tipo aplicada, de diseño experimental, con un enfoque cuantitativo, se contó con una población de 27 probetas cilíndricas, repartidas en dos grupos experimentales y uno de control; los instrumentos utilizados fueron las fichas normalizadas de cada uno de los ensayos realizados en el laboratorio. Los resultados obtenidos fueron dos diseños de concreto poroso, que pasaron de manera positiva todas y cada una de las pruebas a las que fueron sometidas; determinamos un porcentaje de desgaste del 25.70%, en el ensayo de abrasión con la máquina de los ángeles, al igual que obtuvimos un contenido de humedad del 3.37%, tamaño máximo nominal del agregado grueso, como también los pesos unitarios suelto y compactado, el peso específico; por otra parte determinamos la resistencia a la compresión máxima alcanzada en los 28 días de cada grupo experimental, de los cuales el concreto elaborado en base al agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", obtuvo una resistencia máxima de 181.81 kg/cm² , mientras que el otro diseño con agregado de 1/2" y 3/8", alcanzó una resistencia máxima de 179.62 kg/cm² , así mismo por cada diseño se obtuvo un coeficiente de permeabilidad de 0.25 cm/seg para el primer diseño y 0.22 cm/seg. para el segundo; Concluimos que la gradación del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8", es óptima para la elaboración de concreto permeable ya que se obtiene un balance entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

Palabras claves: Concreto poroso, Permeabilidad, Agregado grueso.

ABSTRACT

The main purpose of this research work was to carry out the mix design for porous concrete, varying the diameter of the coarse aggregate in 3/4 ", 1/2" and 3/8 ". The research model was of an applied type, of experimental design, with a quantitative approach, there was a population of 27 cylindrical test tubes, divided into two experimental groups and one control group; The instruments used were the standardized files for each of the tests carried out in the laboratory. The results obtained were two porous concrete designs, which passed each and every one of the tests to which they were subjected; we determined a wear percentage of 25.70%, in the abrasion test with the angels machine, as well as we obtained a moisture content of 3.37%, nominal maximum size of the coarse aggregate, as well as the loose and compacted unit weights, the specific weight; On the other hand, we determined the maximum compressive strength reached in the 28 days of each experimental group, of which the concrete elaborated based on the thick aggregate of 3/4 ", 1/2" and 3/8 ", obtained a resistance maximum of 181.81 kg / cm², while the other design with addition of 1/2 "and 3/8", reached a maximum resistance of 179.62 kg / cm², likewise for each design a permeability coefficient of 0.25 cm / sec for the first design and 0.22 cm / sec. for the second; We conclude that the gradation of the coarse aggregate in 3/4 ", 1/2" and 3/8 ", is optimal for the elaboration of permeable concrete since a balance is obtained between the compressive strength and the permeability.

Keywords: Porous concrete, Permeability, Coarse aggregate.

I. INTRODUCCIÓN

Últimamente se ha presenciado en todo el mundo un elevado impacto ambiental; trayendo consigo grandes cambios climáticos, generando así la necesidad de buscar una nueva metodología para la construcción sostenible, logrando que se haga cada vez mayor el uso de materiales ecológicos, entre ellos destaca el concreto permeable que tuvo sus inicios en Japón en la década de los 80, desde ese momento se viene aprovechando sus grandes virtudes en muchas obras en Japón y otros países como Estados Unidos, Europa entre otros, sin embargo recientemente se le ha prestado un gran interés, gracias a sus bondades tanto económicas como medioambientales, es un material para pavimentos que se denominan Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS), también el hormigón poroso sobresale debido a la gran facilidad de manejo de las aguas de lluvia, puesto que da al agua la facilidad de discurrir a través de su estructura, logrando de esta manera la recarga de las aguas subterráneas, al mismo tiempo trata de evitar las inundaciones; pero a causa de su gran cantidad de vacíos, muestran propiedades un poco reducidas en contraste con el concreto convencional (impermeable), es por ello que muchas veces el uso de este material se ve limitado, en un término medio la cualidad más significativa del hormigón poroso es la capacidad que tiene para resistir esfuerzos a compresión es de 175 kg/cm^2 (Quispe y Ticona, 2017, p.16).

Por otra parte, sabemos que nuestra nación se encuentra en constante desarrollo económico, por lo que el sector transportes y comunicaciones, tiene a bien preocuparse por mejorar la superficie que comprende nuestro territorio, esto sin hacer de lado a la idea de qué hacer con el agua de escorrentía para ser absorbida por el suelo de manera más eficiente que con los sistemas comunes, materializar este ideal nos direcciona hacia el beneficio económico y social, ya que de esta forma reducimos las dimensiones de los sistemas de drenaje convencionales, lo cual resulta muy rentable y conveniente. Los pavimentos más comunes en nuestro territorio son el rígido o el flexible, por sus propiedades impermeables, el cual genera pérdida de la tracción y consecuentemente perder el control de los autos por la superficie mojada (Aguilar, 2018, p.15).

Además, es acertado decir que: la presencia de agua sobre la carpeta de rodadura de un pavimento o dentro de cada uno de los componentes que constituyen las capas estructurales de los pavimentos y terraplenes ocasionan alteraciones severas en las características térmicas al tener incidencia de los factores climáticos, los cuales vienen a ser la temperatura, la radiación solar, viento y también las eventuales heladas con condiciones de clima muy rígidas, como lo es mayormente en los andes peruanos, que deben ser tomadas minuciosamente en consideración los proyectista y el personal ejecutor, además de centrar puntualmente especial cuidado de la carpeta de rodadura, para evitar que esta retenga líquidos pluviales, ya que esta si se encuentra en el interior de la carpeta y llegase a congelarse, junto a la demanda del tránsito sería un proceso que terminaría con la destrucción total del pavimento a una muy corta edad, sin llegar a cumplir con sus años de servicio proyectados (Manual de carreteras del Ministerio de Transportes, 2014, p.78).

En nuestro caso, Moyobamba se caracteriza por sus variados climas, en los cuales muchas veces tenemos prolongadas temporadas de grandes precipitaciones, temporadas en las cuales nuestro sistema de drenaje se ve seriamente comprometido, debido a su deficiente funcionamiento, el mismo que es causado por la colmatación del sistema de alcantarillado, esto se debe al arrastre de malezas, desechos inorgánicos que arrojan los ciudadanos y material arenoso, ocasionando así el colapso del sistema de alcantarillado de aguas pluviales, provocando a su vez múltiples inundaciones en los diferentes puntos de la ciudad, lo cual hace dificultoso el poder transitar de manera cómoda por las calles de la ciudad, viéndonos así en la necesidad de optar por nuevos métodos que contribuyan de manera eficiente a la evacuación de estas aguas, tomando en cuenta en este caso el concreto permeable, con el cual al aplicar se planea aliviar la demanda del agua pluvial que va hacia el sistema de alcantarillado, así mismo podemos decir que dicha tecnología no se ha estudiado en nuestra localidad.

De las consideraciones expuestas se planteó la siguiente interrogante: ¿En qué medida la variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4 “, 1/2 “y 3/8” influirá en el drenaje de aguas pluviales en la ciudad de Moyobamba?

De la pregunta anterior se desprenden preguntas específicas como ¿Cuáles son las características de los agregados para el diseño de mezcla para un concreto poroso?, ¿Cuál es la relación agua/cemento (a/c) adecuado para el diseño del concreto poroso?, ¿Cuál es resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso?, ¿Cuál es el costo beneficio por metro cúbico de concreto poroso, en comparación del concreto convencional?, ¿Cuál es el esquema de la sección transversal óptimo para un buen comportamiento del pavimento rígido con concreto poroso?, responder cada una de estas preguntas, facilitará llegar a contestar de manera objetiva la principal interrogante planteada.

Así mismo la presente investigación fue importante ya que se aplicó para minimizar el colapso del sistema de drenaje, mismo que apunta a optimizar su rendimiento en la ciudad de Moyobamba, variando la porosidad del concreto para pavimento rígido, además fue importante también en el ámbito económico, ya que el costo de su producción a comparación del concreto convencional es menor y tiene un rendimiento semejante. Esta investigación tuvo su justificación en lo teórico, porque nos brindó teorías relacionadas al tema y comparaciones de autores sobre las consideraciones que se debe tener para el diseño de un concreto poroso; así mismo servirá para la realización de futuras investigaciones. De igual forma encontramos su justificación en lo metodológico, porque servirá como guía para crear un nuevo instrumento de recolección de información en el que se obtendrá datos concernientes a la mejora en la elaboración de concreto poroso, y su aplicación en pavimento rígido. Por otra parte el presente trabajo tuvo su relevancia en la práctica, porque solucionará un problema social mediante la entrega de una propuesta para el esbozo de un hormigón permeable, de la misma manera que permitió conocer los parámetros para el diseño de un concreto poroso en la zona, así como para comprender si la variación de la permeabilidad del concreto, realizando una gradación de los diámetros del agregado grueso y la casi nula utilización del agregado fino mejorará y facilitará la infiltración del agua hacia el terreno natural y si a su vez minimizará el aletargamiento de la estructura de alcantarillado en la ciudad de Moyobamba, de igual manera que ayudo a determinar la confiabilidad de este concreto para los pavimentos de nuestra zona. A su vez, por conveniencia el presente trabajo se justificó, en la optimización del sistema de alcantarillado y evacuación de las

aguas pluviales, misma que brindará comodidad al ciudadano al momento de transitar por la ciudad, así mismo en la baja utilización de los finos durante el proceso de su elaboración. Finalmente encontramos la justificación de relevancia social principalmente en su ejecución ya que esta es directamente proporcional al beneficio de la población, debido a que coadyuvará a la mejora del sistema de drenaje pluvial y a la transitabilidad, brindando un equilibrio óptimo.

En relevancia con los propósitos de la investigación, el objetivo general fue: Realizar el diseño de mezcla para un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8"; que cumpla con propiedades mecánicas e hidráulicas, para su aplicación en pavimentos rígidos y tener un óptimo sistema de drenaje y minimizar su colapso en la ciudad de Moyobamba, 2020; de la misma manera que tuvo como objetivos específicos: Determinar la caracterización de agregados que se utilizaran para el diseño de la mezcla de Concreto Poroso; determinar la relación agua/cemento (a/c); evaluar el comportamiento mecánico que tiene el concreto permeable ante la resistencia a la compresión y a la permeabilidad; determinar el costo del m³ del concreto poroso, en comparación del concreto convencional; determinar el esquema de los componentes estructurales para un pavimento de concreto permeable con un óptimo comportamiento en nuestra zona.

De todo lo ya mencionado podemos plantear la siguiente hipótesis general, el diseño de mezcla de un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8", cumplirá con las propiedades mecánicas e hidráulicas, así mismo mejorará de manera satisfactoria el rendimiento del sistema de drenaje, en la ciudad de Moyobamba, de igual manera especificamos que, Las características del agregado grueso que se utilizará, serán óptimas para el diseño de la mezcla de concreto poroso, la relación agua/cemento (a/c) será óptimo para el diseño de mezcla de concreto poroso, el concreto poroso, pasará de manera óptima las pruebas de resistencia a la compresión y obtendrá un coeficiente de permeabilidad adecuado, el costo para la elaboración por m³ de concreto poroso será menor al costo de elaboración por m³ de concreto convencional, el esquema de la estructura planteada de pavimento poroso, será el adecuado para la ciudad de Moyobamba.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El escrito “Sustainable clean pervious concrete pavement production incorporating palm oil fuel ash as cement replacement”, elaborado en Islamic Azad University, dice que: El objetivo de esta investigación era estudiar el pavimento de hormigón permeable como solución sostenible para controlar las aguas pluviales en su origen, reduciendo el efecto de isla de calor y mejorando la seguridad de la conducción. La sostenibilidad del hormigón permeable puede aumentarse y las emisiones de dióxido de carbono pueden reducirse sustituyendo una enorme cantidad de cemento Portland ordinario por residuos materiales como la ceniza de combustible del aceite de palma. La ceniza combustible de aceite de palma es un material de desecho que se obtiene de la combustión de cáscaras y fibras de palma de aceite en la industria del aceite de palma para producir electricidad, lo que causó problemas ambientales en países como Indonesia y Malasia. La metodología de la investigación fue de un diseño experimental para evaluar la sustitución del hormigón permeable de control, por cenizas de combustible de palma hasta el 40% (en masa) para producir un pavimento de hormigón permeable sostenible y ecológico. La densidad y el contenido de vacío de los especímenes se determinaron en estado fresco y endurecido. Se llevó a cabo una prueba de permeabilidad de la cabeza de caída para investigar la capacidad de filtración de las aguas pluviales. Las resistencias a la compresión y a la tracción se realizaron en muestras de hormigón permeables usando como instrumentos a las fichas de ensayo y a las normas. También se emplearon resistencias al deslizamiento y a la abrasión para evaluar los efectos de las cenizas de combustible de aceite de palma en la seguridad de la conducción y la durabilidad de la superficie del pavimento de hormigón permeable. Los resultados mostraron que el contenido de vacío y la permeabilidad al agua del hormigón permeable aumentaron ligeramente con el aumento de las cenizas de combustible de aceite de palma, mientras que las resistencias a la compresión y a la tracción disminuyeron. Satisfacen el rango típico del hormigón permeable según el Instituto Americano del Hormigón. Se observó un efecto menor de

la ceniza de combustible de aceite de palma sobre la resistencia al derrape, y el aumento de sus niveles de sustitución hizo que disminuyera la resistencia a la abrasión de las mezclas de hormigón permeables. Las concentraciones de metales pesados en los lixiviados del hormigón permeable que contiene un 40% de cenizas de combustible de aceite de palma fueron significativamente inferiores a las recomendadas en la norma. El hormigón permeable que contiene un 20% de cenizas de combustible de aceite de palma presentó la mezcla más óptima tanto técnica como ambientalmente (Khankhaje, Rafieizonooz, Razman, Khan, Mirza, Chin, Salmiati, 2018, p.1476).

Así mismo en el artículo “Treatment of urban storm water using adsorbent porous concrete” elaborado en Isfahan University of Technology, sostiene que: El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de hormigón poroso que contiene zeolita y un filtro de arena para la retención y el tratamiento sostenibles de las aguas pluviales urbanas. Se aplicó el método experimental, debido a que se estudiaron y compararon los tratamientos de hormigón poroso que contenían zeolita y un filtro de arena, y se midieron los parámetros usando como instrumento las normas de la demanda química de oxígeno (DQO), la turbidez, la concentración de plomo, la conductividad eléctrica (CE), los sólidos totales en suspensión (SST) y el pH en los medios de tratamiento del influente y el efluente. Los resultados mostraron que, excepto el EC y el pH, el hormigón poroso que contiene zeolita con filtro de arena mejoró todos los parámetros anteriores de manera significativa. La eficiencia de eliminación de la DQO, la turbiedad, el plomo y los SST fue de más del 70, 90, 98 y 70% para el hormigón poroso que contiene zeolita con un filtro de arena, en comparación con el 11, 37, 35 y 53% para el hormigón poroso de control (Saghaian, Abedi-Koupai, Mostafazadeh-Fard, Behfarnia, 2017, p.1)

Además, en el artículo “Experimental investigation on freeze–thaw durability of Portland cement pervious concrete (PCPC)” elaborada en Central South University, informa que: El objetivo principal de este estudio es evaluar el deterioro característico de PCPC sometido a ataques cíclicos de congelación y descongelación. Se realizaron pruebas experimentales de

laboratorio para evaluar el rendimiento del hormigón permeable al cemento de Portland (PCPC), con especial atención a la durabilidad de la congelación-descongelación. Los aditivos y modificadores como el agente de concentración de aire (AEA), el látex de etileno y acetato de vinilo (EVA) y las fibras de polipropileno (PP) se consideraron en diversas mezclas para estudiar sus influencias en el rendimiento del PCPC. Con el fin de abordar los diferentes comportamientos del PCPC producidos en el campo y en el laboratorio, se compararon los especímenes de campo sacados de secciones de pavimento experimental con los especímenes moldeados en el laboratorio, y se propusieron indicadores de cuantificación apropiados en el estudio para la comparación. Los resultados de la prueba mostraron que incluso con altas porosidades, un contenido adecuado de AEA añadido en la mezcla de PCPC podría mejorar su resistencia y aumentar su durabilidad de congelación-descongelación hasta cierto punto. La mezcla con látex modificado podría lograr una resistencia mucho mayor y una mejor durabilidad de congelación-descongelación debido a la mejora de la unión interfacial en la matriz de cemento. También se observaron mejoras aparentes en la resistencia a la tracción y la durabilidad de congelación-descongelación de la mezcla reforzada por fibras de PP con varias longitudes nominales. Además, el análisis de la relación entre el PCPC producido en el campo y en el laboratorio mostró que el pavimento permeable pavimentado en el campo real solía presentar unas prestaciones mecánicas globales inferiores a las del PCPC producido en el laboratorio, especialmente en cuanto a la durabilidad de congelación-descongelación. Por consiguiente, debe considerarse un coeficiente de reducción cuando se diseñe un pavimento de PCPC y se prevea su rendimiento con los métodos de laboratorio estándar que se utilizan habitualmente para el hormigón ordinario (Wu, Liu, Sun, Yin, 2016, p.63).

Por otra parte, en el artículo “Coarse Aggregate Size Effect on Non-linear and Uncertainty Mechanical Behaviors for Concrete” elaborado en Hunan University, da a conocer que: El objetivo es evaluar las influencias del tamaño del agregado grueso (CA) en las propiedades mecánicas del concreto y sus incertidumbres, para lo cual se realizó una serie de ensayos

de compresión uniaxial y simulaciones según norma. En esta investigación experimental, la muestra matriz de mortero puro y las muestras con un diámetro de 15 mm y 30 mm de agregado de acero esférico simple fueron fabricados y probados por un sistema de prueba de materiales. Basándose en los resultados experimentales, se investigaron los parámetros mecánicos, incluyendo el módulo elástico, la resistencia a la compresión, la tensión en el esfuerzo máximo y la energía de tensión absorbida. Se descubrió que un tamaño mayor de CA da como resultado un módulo elástico más alto y resistencia a la compresión. Mientras tanto, la deformación en la tensión máxima y la energía de deformación absorbida del concreto no son lineales con el tamaño de CA. Y luego, las propiedades mecánicas se analizaron en el aspecto de ITZ que está estrechamente relacionado con el tamaño de CA. Además, se presentaron los resultados de la simulación para analizar la distribución de la tensión de diferentes tamaños de CA en la muestra. En conclusión, el tamaño de CA tiene un efecto significativo sobre la incertidumbre del módulo elástico, la deformación en el esfuerzo máximo y la energía de deformación absorbida, pero tiene poco efecto sobre la resistencia a la compresión. Los hallazgos del estudio actual ayudarán a obtener información sobre los comportamientos mecánicos no lineales e inciertos del concreto (Ping, 2019, p.100).

Para conocer con más detalle el objetivo del proyecto, podemos tomar como base a la tesis “Sustitución experimental del agregado grueso de origen pétreo, por agregado grueso producto de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá, para la elaboración de concreto hidráulico”, redactada en la Universidad Francisco José de Caldas, en el cual menciona que dicho objetivo es la de determinar qué tan viable es una mezcla experimental, para posteriormente, ser sustituido parcial o totalmente de agregado grueso de origen pétreo, a partir del uso de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), generados en el Centro de tratamiento, aprovechamiento y disposición de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de la empresa RECICLADOS INDUSTRIALES DE COLOMBIA SAS en la ciudad de Bogotá D.C. La sustitución en muestras

de concreto hidráulico, después de realizar los ensayos de granulometría, es la del árido grueso de origen natural por árido grueso producto de la trituración de RCD en porcentajes determinados de 50%, 75% y 100%, donde se revisará la resistencia al esfuerzo de la compresión a los 7, 14 y 28 días (Palomino y Maldonado, 2018, p.8).

Por otro lado, en la tesis titulada “Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017”, elaborado en la Universidad Privada del Norte, cuyo objetivo planteado es el de determinar las consecuencias de la gradación de los áridos gruesos en las características físico-mecánicas e hidráulicas en el diseño de un hormigón poroso. En dicha tesis, se pueden apreciar los parámetros más relevantes en este tipo de concretos, como lo son las de soportar esfuerzos a compresión, flexión, y su capacidad de infiltración a través de su estructura. Se seleccionaron 3 graduaciones del árido con los siguientes tamices: de 1/2” (1/2” a 3/8”), de 3/8” (3/8” a N° 4) y N° 4 (N° 4 a N° 8), previamente a esto, se tuvo que tamizar a un árido grueso natural de TMN 1/2”, extraído de la cantera Calderón que se ubica en el sector El Milagro-Huanchaco, provincia de Trujillo-Perú. Después de realizar las pruebas de laboratorio necesarias para determinar las propiedades mecánicas, permeabilidad, contenido de vacíos y densidad de los 3 diseños de mezcla realizado, se llegó a la conclusión, de que el hormigón permeable realizado con la graduación N° 4 mostró una mayor resistencia a la compresión y flexión, soportando cargas 209.68 kg/cm² y 33.81 kg/cm² respectivamente (Pérez, 2017, p.12).

Del mismo modo, en el trabajo de investigación titulada “Influencia del agregado grueso de la cantera del río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - f'c 175 kg/cm²”, realizado en el laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica; el mismo que tuvo como objetivo principal, determinar de manera experimental la influencia del agregado grueso de la cantera del río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito, con f'c 175 kg/cm². En este trabajo de investigación se aplicaron ensayos de resistencia a la compresión

a 24 probetas, elaboradas con áridos grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ", para ello 8 probetas por cada diámetro de agregado y 15 probetas de testigo cilíndricas fueron destinadas para determinar el coeficiente de permeabilidad. Como resultado final se obtuvo que el diseño elaborado con áridos de $\frac{3}{4}$ " es el más idóneo para elaborar hormigón poroso, ya que permitió al grupo de trabajo obtener una capacidad para resistir cargas a compresión de máxima de 145.21 kg/cm², mientras que el coeficiente de permeabilidad fue 1.208 cm/s, de ello se concluye que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos según norma (Paucar y Morales, 2018, p.14).

También, en la tesis titulada "Influencia del tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " y 1" del agregado grueso del río Amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para $f'c = 250$ kg/cm²", tesis realizada con la finalidad de establecer la capacidad máxima del concreto para resistir cargas a compresión, utilizando áridos gruesos de $\frac{1}{2}$ " y 1". Para lo cual se realizó el estudio haciendo uso del material extraído de la cantera del río "Arenera Jaén". Se elaboraron 54 probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron sometidas a ensayos para determinar su resistencia a la compresión, realizados a los 7, 14 y 28 días, cumpliendo con lo establecido en la norma. Finalmente se concluyó que, el tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " es benéfica para mejorar la resistencia del concreto, ya que con ella se alcanzó una resistencia a la compresión a los 28 días de 285.50 kg/cm², resultado mayor a los 255.33 kg/cm² de resistencia obtenidos con tamaño máximo nominal de 1" (Morales, 2017, p.15).

Desde otra perspectiva, podemos analizar la tesis titulada "Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional", elaborado en la Universidad Peruana Unión, la cual se planteó como objetivo investigar la repercusión al incluir agregado grueso reciclado en un concreto convencional. Se elaboraron 192 probetas cilíndricas de concreto (6" x 12"), reemplazando la cantidad de AGN por el 10%, 20%, 30% y 40% de AGR-C y 10% de AGR-CL. Analizaron cuatro resistencias de diseño: $f'c = 140, 175, 210$ y 280 kg/cm² en diferentes periodos de curado (7, 14 y 28 días). También, se propone un concreto

patrón (0% de AGR), con las mismas características para el análisis de las muestras. De acuerdo a ello se obtuvieron los siguientes Resultados:

El concreto elaborado con 10% de agregado grueso reciclado, se comportó relativamente mejor que el concreto patrón, respecto a la resistencia a la compresión, variando de 2.79% a 14.47% en función al concreto patrón para los diferentes agregados reciclados (AGR-C y AGR-CL).

En relación al curado de concreto elaborado de AGR-C, encontramos una variación de 77.67% a 100.643% en función de la resistencia de diseño.

En conclusión, para elaborar un concreto poroso a base de AGR-C, es viable utilizar hasta un 10% de adición según el análisis estadístico “Diseño aleatorio por bloques al azar” (Cubas y Cabrera, 2019, p.22).

Otro punto a tener en cuenta, es la escorrentía y la capacidad de absorción del concreto permeable, entonces como base a esto, podemos citar la tesis titulada “Aplicación de concreto permeable como alternativa para reducir la escorrentía superficial en las vías del distrito El Tambo-Huancayo, 2018”, elaborado en la Universidad Cesar Vallejo, cuyo objetivo es el proponer una opción para aminorar la escorrentía superficial de las lluvias en las vías del distrito El Tambo—Huancayo y, además, se realizó una comparación de la capacidad de absorción del concreto permeable de relación a/c 0.27, 0.28 y 0.34 ante las intensidades promedio de lluvias del distrito El Tambo – Huancayo de manera experimental. Se realizaron 36 probetas para ensayos de compresión y 9 para ensayos de permeabilidad, probetas de concreto con dimensiones de 4” por 8”. Se llegó a la conclusión que el concreto permeable de relación a/c 0.27, 0.28 y 0.34 resisten la intensidad promedio de lluvias del distrito el Tambo-Huancayo. Puesto que estos concretos absorben desde 18.78 l/s hasta 27.48 l/s por m², mientras que la intensidad promedio de lluvias del distrito El Tambo es de 5.18 mm que equivalen a 5.18 l/m², por lo tanto, una opción para reducir la escorrentía superficial de las lluvias es el uso del hormigón poroso, dentro de un modelo de pavimentos rígidos direccionados a pavimentos urbanos especiales (León, 2018, p.7).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Agregado Grueso

Con respecto al material granulado grueso, en el trabajo de investigación realizado, se optó por grava gruesa de la Región, el cual con los estudios necesarios llegaremos a conocer sus propiedades físicas y mecánicas. Podemos definir el agregado grueso según las especificaciones mencionadas en el ASTM C33, como gravilla orgánica triturada de manera natural o mecánica, roca fraccionada, o el conjunto de ambas, que son retenidas en el tamiz Nro. 4 (4.75 mm) cuando se realiza el estudio granulométrico y a su vez tienen un diámetro menor a 3 pulgadas (75mm).

Un dato a tener en cuenta, es que se opta por utilizar diámetros grandes durante la elaboración de un concreto, en base a la rentabilidad económica obtenida, ya que, al cubrir un gran volumen, se necesitan cantidades menores de agua y cemento.

Si queremos lograr óptimos resultados en el momento de utilizar el agregado, existen ciertos requisitos que debemos considerar:

- Las partículas deberán ser limpias, de esquinas de preferencia sesgadas, sólidas, macizas, y de textura áspera.
- Los granos deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo y/o otras sustancias contaminantes.

En lo que respecta al agregado grueso, se recomienda:

- Al momento de realizar la granulometría seleccionada, se opte que sea de preferencia continua, con una gradación de regular a buena y que dicha granulometría permita obtener la máxima densidad del concreto, obteniendo una adecuada trabajabilidad y buena consistencia, en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- No es recomendable que la granulometría seleccionada, contenga más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2", como tampoco deberá tener más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

Un parámetro a considerar, es el porcentaje de partículas indeseables en el agregado grueso, cuyo porcentaje no debe pasar:

| | |
|---|-------------------------|
| Arcilla | 0.25% |
| Partículas deleznales | 5.00% |
| Materiales más finos que pasa la malla N° 200 | 1.00% (ASTM C33, 1999). |

2.2.2. Concreto Poroso

Podemos definir al hormigón poroso, como el material que se caracteriza por tener Slump Cero (un concreto sin asentamiento), que no es más que el resultado de combinar cemento portland, agregado grueso, poca o ninguna cantidad de agregado fino, aditivos y agua. Obteniendo un material resistente con poros continuos, facilitando de esa manera el ingreso del agua a través del concreto. Se pueden destacar las siguientes características del concreto poroso:

- El porcentaje óptimo del contenido de vacíos se encuentra entre 15 y 35%.
- Su capacidad para resistir esfuerzos a compresión debe oscilar entre 2.8 a 28 MPa (400 a 4000 psi).
- Su capacidad de infiltración se encuentra condicionada por el tamaño de agregado y a su densidad, pero por lo general está en el intervalo de 81 a 730 L/min/m² (ACI 522R-10, 2010, p. 2).

Clasificaciones de Pavimentos Porosos

Ayudado de las investigaciones de las diferentes instituciones y autores alrededor de todo el globo terráqueo, se puede clasificar el pavimento poroso de las siguientes maneras:

Según Jorge Rodríguez, se clasifican en:

a. Pavimentos Permeables Discontinuos

Cuya composición está dada por elementos impenetrables por el agua, que, al combinarse con componentes permeables, facilitan el paso uniforme del agua a través de sus estructuras garantizando de esta manera una conveniente infiltración, entre ellas tenemos:

- Césped grava con refuerzo
- Adoquines con ranuras

b. Pavimentos Permeables Continuos

Su composición solo está dada por materiales porosos, que al igual que el anterior, permite el pase uniforme del agua a través de toda su estructura, buscando de tal manera una buena permeabilidad, y son:

- Mezcla bituminosa porosa
- Hormigón poroso (Rodríguez, 2008).

Mismo que según California (2009), los clasifica en:

- Hormigón poroso
- Adoquines permeables
- Estructuras de drenaje subterráneo
- Asfalto poroso (California, 2009).

Componentes Del Concreto Permeable

Materiales Cementantes

En base al Reporte ACI 522R-10 tenemos que, aunque se considere como material aglutinante principalmente al cemento portland en la elaboración del concreto permeable, igual se puede optar por agregar otros componentes, como escoria volante, desperdicio granulado o humo de sílice.

Cabe resaltar también, que, aunque se aumente la resistencia del concreto al añadir más material cementante en la composición, existe el riesgo de perder la capacidad de infiltración, debido a que el porcentaje de vacíos disminuirá (ACI 522R-10, 2010, p.15).

Cemento

Uno de los materiales más importantes del hormigón permeable es el cemento, ya que, como mencionamos anteriormente, de este depende en gran porcentaje la resistencia y permeabilidad del concreto. Aunque por lo general se utiliza el cemento Portland normal, esto no restringe la aplicación de cementos especiales.

Además, como factor principal de la elección del tipo de cemento a utilizar es el curado y el tiempo que esta demora en secar, se deberán tomar medidas para poder minimizar el impacto que esta pueda causar (Falcon y Santos, 2016, p.18).

Cabe resaltar que relación agua/cemento también juega un rol importante, ya que de esta relación depende la resistencia a la compresión, según el reporte ACI 522R, esta correcta relación permite una buena fluidez de la pasta, una correcta relación de vacíos de la mezcla y mejor adhesión entre agregados (ACI 522R, 2010)

Agregados

Se puede definir los agregados, como el conjunto de partículas inorgánicas que se obtienen de manera natural o artificial, cuyos diámetros pueden ser tratados o elaborados y dichas dimensiones cumplen con los parámetros dadas en la Norma Técnica, (Córdova, 2016, p.29).

Por otra parte, Bautista comenta que el agregado grueso es el de mayor uso en el concreto permeable, siendo los diámetros más usados los de 3/4 y 3/8 pulg. (19 y 9.5 mm). Menciona también que el uso del agregado fino es casi nulo, debido a que, a mayor proporción de esta, reduce en gran medida el porcentaje de vacíos, afectando la capacidad de infiltración. Por otra parte, adicionar material de partículas finas se relaciona directamente con el incremento de la capacidad para resistir esfuerzos a compresión a su vez que incrementa la densidad del hormigón poroso (Bautista, 2018, p.12).

Con base del reporte ACI 522R, se tiene en cuenta la importancia de la calidad de los agregados tanto para concreto permeable como convencional. Recordando que dicho agregado debe ser duro, libre de recubrimiento y estar limpio (ACI 522R-10, 2010, p.6).

Sobre lo último mencionado, un factor a tener en cuenta lo obtenemos por parte de Torre, quien hace mención a la presencia de las partículas contaminadas, las cuales disminuyen la resistencia del concreto (Torre, 2004, p. 43).

A su vez también sabemos que los requisitos a cumplir por cualquier agregado son los que se encuentran establecidos en las Norma ASTM C33-07, ASTM D448-07 y la normativa peruana. Tomando esto como base, la descripción de la estructura interna de un concreto poroso, no es más que la adhesión de las partículas de agregado grueso entre sí, por

medio de puentes compuestos por el mortero de arena y conglomerante; la cantidad de puentes formados va en relación del tamaño y gradación del agregado. Al estar en contacto dichas partículas, es necesario ponerlas a prueba con el desgaste de los Ángeles, ya que en este contacto se producen esfuerzos mecánicos.

Con respecto a la prueba del desgaste de los Ángeles, consideramos los datos obtenidos por el instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja que indica emplear agregados con un desgaste de Los Ángeles menor del 22%, absorción menor al 1% y un coeficiente de forma superior a 0.18 (Falcón y Santos, 2016, p. 17).

Por último, debemos tener en cuenta la relación que existe entre el agregado fino y el agregado grueso (F/G), puesto que, con dicha relación podemos evaluar la uniformidad y resistencia del concreto. Por medio de la experimentación, se pudo establecer valores óptimos de la relación entre 0.05 y 0.030, pues valores inferiores a 0.05 impide la formación de puentes y se obtiene una resistencia muy baja, además, “desampara” excesivamente al conglomerante frente a ataques químicos de sustancias trasladadas por el agua o las que son propias de ella. Por otro lado, la relación F/G se encuentran en función de la relación agua/cemento (a/c); en estado fresco. Esta relación, con valores altos de a/c y mayor fluidez del mortero, se produce asentamiento del mortero, la cual a su vez colmata los puentes entre agregados y disminuye la permeabilidad del concreto. (Falcón y Santos, 2016, p.18).

Agua Potable

Los aspectos a tener en cuenta son los mismos tanto para concreto permeable como concreto convencional. Por otro lado, la relación agua/cemento (a/c) es diferente, y en concretos permeables se opta por una relación baja que oscile entre 0.26 a 0.40, debido a que, a mayor cantidad de agua, la pasta será drenada, obstruyendo los poros (Bautista, 2018, p.13).

Aditivos

Se define los aditivos como aquel material que es agregado a la mezcla durante o después del proceso de formación de la pasta de concreto, cuya

finalidad es la de mejorar las características del proceso, tales como hidratación, endurecimiento, hasta la estructura misma del concreto (Córdova, 2016, p.33).

Por otra parte, Sika (2015) dice que el uso de aditivos en concreto permeables, se da por la poca trabajabilidad que estos presentan debido a la baja relación agua/cemento. Bautista, también menciona esta relación, ya que para poder utilizar aditivos reductores de agua debemos tener en cuenta la relación agua/cemento (a/c), además de cumplir con los requisitos de la norma ASTM C449. Un claro ejemplo son los aditivos retardantes, que logran estabilizar el control de la hidratación del concreto y mejoran la trabajabilidad, por lo que son usados normalmente para el tratamiento de mezclas como el concreto permeable, y sobre todo en climas cálidos. Mientras que los aditivos aceleradores se aplican en climas fríos (Bautista, 2018, p.13).

Para lograr una buena dosificación de concreto permeable, el ACI 522R-10 recomienda las siguientes proporciones:

Tabla N° 01: Rangos Típicos de la Proporciones de los Materiales del Concreto Permeable

| COMPONENTES | PROPORCIONES |
|-------------------------------|---|
| Materiales Cementantes | 270 a 415 kg/m ³ (450 a 700 lb/yd ³) |
| Agregados | 1190 a 1480 kg/m ³ (2000 a 2500 lb/yd ³) |
| Relación Agua-Cemento | 0.27 a 0.34 |
| Relación Agregado-Cemento | 4 a 4.5:1 |
| Relación Agregado Fino-Grueso | 0 a 1:1 |

Fuente: ACI 522R-10, 2010 (p. 15)

Aplicaciones

En base al Reporte de ACI 522R (2010), el concreto permeable tiene un gran campo de aplicación debido a la flexibilidad de su uso, para las cuales presentamos algunas:

- Pisos, pavimentos y muros en donde se quieran mejores características de absorción hídrica.
- Estacionamientos o zonas de lavado de autos hechos de pavimento permeable.
- Capas rígidas con drenaje debajo de áreas de centros comerciales.
- Capas de base para las carreteras, calles urbanas, caminos particulares y aeropuertos.

- Capas de superficie de parques, losas deportivas.
- Lechos sedimentarios en plantas para el tratamiento de aguas residuales.
- Terraplenes de puentes.

Propiedades

Cabe resaltar que la principal característica del concreto permeable es su porosidad, el cual depende de sus propiedades, la relación Agua/cemento, nivel de compactación y gradación de agregado (ACI 522R, 2010, p.7).

a. Resistencia a la Compresión

Se puede definir, como la capacidad del concreto de resistir un esfuerzo máximo ocasionado por someterse a una carga puntual (Palacios, 2018, p.22). Otros conceptos que se pueden rescatar son los de la Norma ASTM_C39, el cual según el sistema de unidades puede expresarse en Kg/cm² y MPa para el sistema métrico y en libras por pulgada cuadrada (psi) para el sistema inglés (ASTM_C39, 2002).

El reporte ACI 522R, menciona como resistencia a la compresión de 175 kg/cm² para pavimentos de concreto permeable de tránsito bajo, valor que puede llegar hasta de 285 kg/cm² (ACI 522R, 2010).

b. Resistencia a la Flexión

Se lo define como la capacidad del concreto de resistir un esfuerzo máximo ocasionado por someterse a la tracción, este también es llamado módulo de ruptura. Su cálculo se basa en el peso que soporta una viga con dimensiones conocidas al exponerse a cargas puntuales, dicho cálculo se realiza hasta lograr la ruptura. Para esta investigación, se utilizará la norma ASTM C293 o la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.079 para la realización del ensayo de resistencia a la flexión (Palacios, 2018, p.38).

c. Contenido de Vacíos y Densidad

El porcentaje de vacíos no depende de un único factor, sino que son varios los factores que hacen posible su existencia, tales como la progresión de los áridos, el contenido de material cementante, la relación agua-cemento (a/c) y el esfuerzo de compactación (ACI 522R-10, 2010, p.9).

Pero sobre todos estos mencionados, el más importante que afectan el contenido de vacíos es el tamaño de los agregados, ya que en un concreto permeable, los agregados con menor tamaños son los que afectan directamente la relación de vacíos, debido a que causan obstrucciones reduciendo la permeabilidad (Palacios, 2018, p.17).

d. Tamaño de Poros

Según el ACI 522R-10 (2010): “el tamaño de los poros en el concreto permeable es también uno de los mayores factores que influye en sus propiedades, tales como la permeabilidad y la absorción acústica” (p. 9).

e. Infiltración

Según el ACI 522R-10 (2010) “la capacidad de transportar agua a través de su estructura es la propiedad más importante del concreto poroso, la cual se encuentra relacionada de primera mano con la porosidad y el porcentaje de vacíos” (p. 10).

Las evidencias obtenidas en los diferentes ensayos que se han realizado demuestran que para obtener resultados de infiltración significativos se debe tener como mínimo un porcentaje de vacíos del 15%. Otra de las relaciones que sobre salen en el diseño de concreto poroso es que a mayor diámetro del agregado mayor es su capacidad de infiltración, pero esto ocasiona una baja en su capacidad de resistir esfuerzos axiales a compresión. Debido a ello uno de los más grandes retos al momento de realizar un diseño de mezcla de hormigón poroso es encontrar el equilibrio de una adecuada permeabilidad con una adecuada capacidad de resistir esfuerzos a compresión. La relación entre la altura de agua a infiltrarse y el tiempo en el que lo hace, del hormigón poroso usualmente radica entre los intervalos de 0.2 - 0.54 cm/seg.; así mismo su capacidad de infiltración es medible mediante el uso de un permeámetro de carga inconstante dado por el ACI 522R-10 y cuyo autor es Neithalath (Bautista, 2018, p.18).

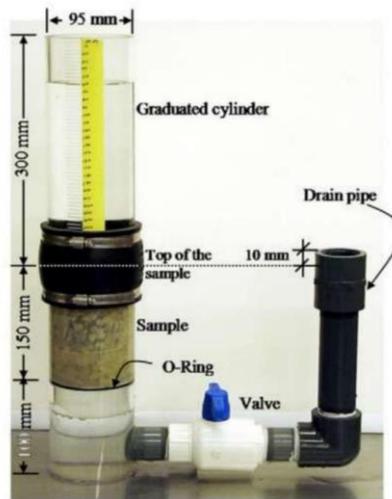


Figura N° 01: Permeámetro de Carga Variable: ACI 522R-10, 2010 (p. 11).

Ventajas Y Desventajas

Las ventajas son:

- Disminuye el caudal reduciendo la probabilidad de inundación en las partes bajas.
- Minimiza la contaminación en el agua que se escurre.
- Su uso no se limita en zonas con poblaciones densas.
- Minimiza la demanda de zanjas profundas para el sistema de alcantarillado habitual, lo que incrementa su rentabilidad.
- Su uso no se limita en zonas donde hay interacción con la capa freática elevada.
- Su uso puede ser dual, como sistema de drenaje y pavimento de tránsito.
- El uso de colectores y aberturas para conducir agua de lluvia se reducen.
- Tienen una resistencia significativa ante un deficiente mantenimiento (OSPINA, 2007, p.48).

Las desventajas son:

- Su capacidad de permeabilidad se ve afectada con el paso del tiempo, a consecuencia de la saturación de los poros con áridos finos, por ello es recomendable realizar mantenimiento basados en inyecciones de agua a presión.

- Debe realizarse de forma periódica el mantenimiento del concreto permeable.
- Su resistencia ante el desgaste es ligeramente menor si la comparamos con el concreto habitual, por lo que se limita a su uso de tránsito liviano (Flores y Pacompia, 2015, p.20).

Resumen Del Sistema

Es un sistema que se compone por un concreto con alto contenido de vacíos en su capa superior, la cual reposa sobre una subcarpeta de material granular. Facilita evacuar el agua de escorrentía de manera directa o indirecta por medio del uso de tuberías hacia el subsuelo. La simplicidad del sistema hace que sea una alternativa altamente rentable en lugares que se requiera un sistema de drenaje complejo. Así mismo el color de la carpeta de rodadura hace a base de concreto poroso, hace que el reflejo de la luz solar y la absorción de calor sea menor, esto debido a que su naturaleza ahuecada permite que el aire circule libremente a través de su estructura, sin modificarla, en comparación de los asfaltos y pavimentos comunes. La casi nula empleabilidad de finos y la selección correcta de áridos gruesos, combinados con material cementante y su uso alternativo de aditivos, nos da como resultado un buen concreto filtrante (Falcón y Santos, 2016, p.40).



Figura N° 02: Partes de pavimento de Concreto Drenantes. Pavimentos de hormigón poroso - Hydromedia, 2013 (p. 4)

De la figura podemos rescatar lo siguiente, el sistema está compuesto por dos capas principales, de las cuales la primera es sub base, la cual puede ser de material granular, el cual ayuda y es muy beneficioso para la infiltración del agua, hacia el terreno natural, y la segunda capa es la

carpeta de rodadura la cual tiene un diseño en hormigón poroso, el cual junto con la sub base granular hacen fácil la infiltración del agua hacia el terreno natural en tiempos de altas precipitaciones, mientras que en tiempos de climas cálidos el sistema al contener vacíos facilita la circulación del aire a través de su estructura reduciendo el efecto de isla de calor lo cual hace que el pavimento no refleje mucho ni se encuentre muy cálido para los conductores, en conclusión este es un sistema muy práctico y rentable en el campo económico.

Drenaje

El drenaje es uno de los agentes que influye de manera significativa a la conducta del esqueleto del pavimento durante su vida de servicio, y sobre todo a su anteproyecto en la fase de diseño. Esta propiedad se puede poner a prueba por medio del coeficiente de drenaje (Cd) el cual tiene dependencia en dos factores:

- Calidad del drenaje

La calidad del drenaje está definida por el tiempo que emplea el agua que se encuentra al interior de la estructura del pavimento, en ser evacuada al subsuelo.

- Exposición a la saturación

Es el tanto por ciento respecto al tiempo anual, durante el cual un pavimento se encuentra expuesto a porcentajes de humedad cercana a la saturación. Este factor tiene una dependencia a la precipitación media anual y la calidad de drenaje. En este caso definimos diferentes condiciones para evaluar la calidad de desecamiento:

Tabla N° 02: Calidad de drenaje

| Calidad de drenaje | Tiempo en que tarde el agua en ser evacuada |
|--------------------|---|
| Excelente | El suelo libera el 50% de agua en 2 horas. |
| Bueno | El suelo libera el 50% de agua en 1 día. |
| Mediano | El suelo libera el 50% de agua libre en 7 días. |
| Malo | El suelo libera el 50% de agua libre en 1 mes. |
| Muy malo | El agua no evacua. |

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

El cuadro describe de manera breve y precisa la calidad de los suelos con los que podemos trabajar sin llegar a tener problemas de drenaje o en todo caso prevenir futuros retrasos por este factor, de él podemos inferir

que un suelo muy malo para fines de pavimento con respecto al drenaje es uno que no evacua el agua de su estructura, mientras que uno medianamente bueno es aquel que evacua el 50% de agua retenida en su interior en 7 días, mientras que uno bueno evacua el 100% de agua en solo 2 días, mientras que uno ideal para este fin según la guía de AASTHO es aquel que evacua en 4 horas todo el agua retenido en su interior.

Al realizar una combinación de todas las variables que se encuentran involucrados para encontrar el coeficiente de drenaje C_d , nos lleva a la obtención de los valores que presentamos en la tabla subsiguiente:

Tabla N° 03: *Valores para el Coeficiente de drenaje C_d*

| CALIDAD DEL DRENAJE | Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | Menos del 1% | 1% - 5% | 5% - 25% | más del 25% |
| EXCELENTE | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| BUENO | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| MEDIANO | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| MALO | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| MUY MALO | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASTHO, 1993.

Es de vital importancia impedir la existencia permanente de H_2O , dado que, en caso de contener dicho elemento, este alterará drásticamente la reacción que pueda dar de manera estructural el pavimento. En caso de quedar atrapada el agua, al interior de la estructura, podría desarrollar efectos adversos como:

- Baja resistencia del material granular.
- Reduce la resistencia subrasante.
- Expulsión de finos.
- Levantamientos diferenciales de suelos expansivos.
- Expansión por congelamiento del suelo (Falcón y Satos, 2016, p.41).

En concordancia con lo expuesto, decimos que de no encontrar una solución eficiente para drenar el agua que se encuentra al interior del pavimento, se producirán fallas irreversibles en la estructura del pavimento, las cuales para reparar de manera eficaz se tendrá que recurrir a técnicas costosas, que involucran mejoramiento del terreno y reemplazo de la base, subbase y la carpeta de rodadura.

2.3. Enfoques Conceptuales

American Concrete Institute (ACI): La American Concrete Institute (ACI) es una organización dirigida a la educación técnica para la sociedad fundada en 1904 y es una de las autoridades líderes mundiales en el manejo y práctica del concreto. Su sede central se ubica en Farmington Halls, Michigan, Estados Unidos.

American Society for Testing and Materials (ASTM): También conocido como Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, es una organización que desarrolla normas técnicas internacionales para una gran variedad de materiales, productos, sistemas y servicios. Su sede central está ubicada en West Conshohocken, Pennsylvania en Estados Unidos.

Agregado: Según la Comisión de Diseño Estructural en Hormigón Armado y Albañilerías (2000), “lo define como árido granular, arena, grava, piedra chancada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un fin aglomerante para formar concreto o mortero” (p.15).

Cemento Portland: según, norma técnica E.060 concreto Armado, lo menciona como, “el resultado alcanzado al pulverizar el Clinker adicionando sulfatos de calcio. Es aceptable agregar otros productos sin llegar a exceder el 1% en peso total, siempre y cuando la normativa vigente lo permita; así mismo podemos decir que la presencia del Clinker es indiscutible en toda mezcla a realizar” (p.14).

Concreto: según, norma técnica E.060 concreto Armado, lo define como, “es el resultado de combinar cualquier tipo de cemento hidráulico, con áridos grueso, áridos finos y agua, así mismo pueden añadirse a la mezcla aditivos, con la finalidad de mejorar la trabajabilidad del concreto resultante, según la circunstancia lo amerite” (p.14).

Análisis granulométrico: Para el Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos R.D. N°10-2014-MTC/14 (2014), “el análisis granulométrico realizado a un suelo tiene por finalidad principal dar a conocer el porcentaje en el que se encuentran sus diferentes elementos que lo constituyen, clasificación que se realiza en función de su tamaño” (p.30).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo Y Diseño De Investigación

El modelo de investigación fue tipo aplicada; este tipo de investigación se centra principalmente en la aplicación de manera próxima ante una problemática, esto por encima de desarrollar un conocimiento universal (Borja, 2016, p.10).

Por otra parte, el proyecto fue de diseño experimental, de la que comprendemos que es aquella exploración en que las suposiciones se verifican a través del manejo intencionado de las variables (Borja, 2016, p.14).

Se contó con una muestra patrón, la cual fue el concreto convencional, de manera paralela se trabajó con 2 grupos experimentales, en el primero se experimentó con una combinación del agregado de 3/8" con el agregado de 1/2", en el segundo se combinaron el agregado de diámetros de 3/4", 1/2" y 3/8", a estos 3 grupos se le realizaron los mismo ensayos, los cuales fueron, rotura de probetas, aplicada para definir la resistencia para soportar los esfuerzos a compresión, que tiene cada grupo y la prueba de permeabilidad, utilizada para conocer el coeficiente de permeabilidad de cada grupo experimental de estudio.

Por otro lado, se tuvo un enfoque cuantitativo ya que establecimos una o más conjeturas, diseñamos una estrategia para realizar evaluaciones, acotamos los diferentes conceptos adheridos en las hipótesis, y se cambiaron las acotaciones en valores numéricos para examinarse al término del proceso, mediante el uso de técnicas estadísticas y presentar los resultados a un mundo más extenso o solidificar las creencias de una teoría previa (Borja, 2016, p.11).

Tabla N° 04: Cronograma de control

| | | | | | | |
|--------|-------------------------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| GC(1): | X1 | O1(7 días) | X1 | O2(14 días) | X1 | O3(28 días) |
| GE(2): | X1(3/8", 1/2") | O1(7 días) | X1(3/8", 1/2") | O2(14 días) | X1(3/8", 1/2") | O3(28 días) |
| GE(3): | X1(3/4",1/2" y 3/8") | O1(7 días) | X1(3/4",1/2" y 3/8") | O2(14 días) | X1(3/4",1/2" y 3/8") | O3(28 días) |

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

GC: Grupo control (concreto convencional)

GE: Grupo experimental

X1: Gradación del agregado grueso de 3/4", 1/2", 3/8".

O1, O2, O3: Medición

3.2. Variables Y Operacionalización

- **Variable Independiente**

Gradación del agregado grueso.

- **Variable Dependiente**

Variación de la permeabilidad del concreto poroso.

- **Matriz de operacionalización**

• **MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN.**

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Escala de medición | Dimensiones | Indicadores |
|---|--|---|---------------------------|-------------------------------|--|
| Gradación del agregado grueso | Consiste en agrupar el agregado grueso en series ordenadas en grados sucesivos, ya sea ascendente o descendente. | Material que será evaluado y caracterizado según la norma técnica peruana, para determinar la influencia que tiene este material en la variación de la permeabilidad del concreto poroso. | Ordinal | Granulometría | <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño máximo nominal. - Contenido de Humedad - Absorción - Peso específico - Abrasión |
| Variación de la permeabilidad del concreto poroso | Es la resultante de la elaboración del concreto poroso alterando el tamaño de los agregados. | Es el resultado del diseño de mezcla, en la que se variará la gradación del agregado grueso, para luego ser evaluada de acuerdo a la norma técnica peruana. | De razón | Resistencia a la compresión | Ensayo de compresión del concreto (ASTM C 39). |
| | | | Intervalo | Coefficiente de permeabilidad | Ensayo de permeabilidad, ACI 522R-10 |

Elaboración propia, 2020

3.3. Población, Muestra Y Muestreo

Población

Según Borja (2016), “se nombra población al grupo de sustantivos con las mismas características las cuales serán objeto de un determinado estudio” (P.30).

La presente investigación tuvo como población a 27 probetas de testigo, siendo 6 probetas para determinar la permeabilidad y las 27 para el conocer su capacidad de resistir esfuerzos a compresión.

Muestra

Alfaro (2012), nos dice que: “Se podría decir que es una fracción de la población sus principales características es ser objetiva y tener las mismas características, de tal forma que los resultados obtenidos puedan atribuirse al resto de la población” (p. 52).

La muestra a tener en cuenta al realizar el estudio fue equivalente a la población que estuvo encargada de darnos la precisión de la permeabilidad del hormigón y el esfuerzo a la compresión a los que fueron sometidas 27 probetas cilíndricas y así conocimos los beneficios que aporta utilizar nuestro concreto poroso, se realizaron 2 grupos experimentales y 1 de control, donde se usó el concreto convencional como grupo de control para poder contrastar entre nuestro concreto poroso experimental y el concreto convencional.

3.4. Técnicas e Instrumentos e Recolección de Datos

Técnicas

Los métodos para la recopilación de los datos son todas aquellas técnicas que utilizamos para recolectar todos los datos que obtendremos durante la realización de la investigación, tanto en trabajos de campo como en trabajos de gabinete (Borja, 2016, p.33).

La técnica usada en este proyecto de investigación fue la observación o análisis documental, cuya realización nos permitió obtener resultados favorables, durante nuestra investigación.

Dentro de las técnicas puestas en práctica tenemos:

- La observación o análisis documental, que permitió inspeccionar y estudiar hechos de la realidad mediante los sentidos y el análisis documental.

Instrumentos

Para Díaz (2018), los instrumentos son aquellos artículos que nos facilitan la recolección de datos utilizados por el investigador, estos pueden ser formularios para encuestas, guías de observación (p.37).

Los instrumentos en el proyecto de investigación fueron las fichas normalizadas, donde se ingresan los resultantes obtenidos en los ensayos de laboratorio, de las cuales se usaron las siguientes:

- Fichas de Análisis Granulométrico de suelos por tamizado. ASTM C33-83
- Fichas del Ensayo de abrasión con máquina de los ángeles. ASTM C131
- Fichas para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso. ASTM D2216 y la Norma Técnica Peruana 339.127
- Fichas de Ensayo de permeabilidad. ACI 522R
- Fichas de Ensayo de resistencia a la compresión ASTM C39

3.5. Procedimientos

Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se siguió el siguiente orden, primero se llevó a cabo el ensayo de abrasión con la máquina de los ángeles apoyados en la norma ASTM C131, así mismo determinamos las características físicas del agregado grueso, mediante la realización del tamizado, seguido se determinó el peso específico seco y el porcentaje de absorción del agregado grueso, según la normativa ASTM C128, paralelo a ello se determinaron, el contenido de humedad, peso unitario suelto y peso unitario compactado, una vez realizadas estas pruebas al agregado se procedió con el diseño de mezcla, en este proceso se determinó la óptima relación de agua/cemento, seguidamente se aplicó a la mezcla el ensayo de cono de Abrams para determinar su porcentaje de asentamiento, según las norma NTP 339.035; al momento de elaborar los 27 testigos de concreto

utilizados durante el estudio, los cuales se dividieron en 2 grupos experimentales y 1 de control, cada grupo fue conformado por 9 probetas, una vez que la mezcla terminó su proceso de fraguado, procedimos con el ensayo de permeabilidad y finalmente siguiendo el calendario de curado se procedió con la rotura de probetas sometidas a cargas de compresión, a los 7 días, 14 días y a los 28 días, para obtener el valor de la capacidad que tiene cada testigo para resistir esfuerzos a compresión, al término de cada ensayo se procedió a realizar el procesamiento de los datos, para finalmente ser ordenados en un solo bloque.

3.6. Método De Análisis De Datos

La estadística descriptiva, tiene como finalidad comparar los datos obtenidos de diversos análisis utilizando gráficos, fórmulas y programas computacionales, tales como Excel y otros relacionados a la investigación (Díaz, 2018, p.37).

Los resultados encontrados durante la aplicación del método de análisis de datos, se obtuvieron mediante distintos ensayos y el uso de hojas de cálculo programadas en el programa Excel, que luego fueron comparados y procesados.

También se contó con un profesional especialista en la línea de investigación para el proyecto a realizar y un técnico especialista en laboratorio y diseño de mezcla de concreto, de esta manera se contó con un excelente procesamiento de los datos.

3.7. Aspectos éticos

Durante la realización de este proyecto los investigadores han venido respetando las normas internacionales ISO 690-1 y ISO 690-2, el proyecto no ha sido plagiado, todo el contenido es veraz y confiable, los datos obtenidos en laboratorio serán totalmente veraces y tendrán la certificación correspondiente.

IV. RESULTADOS

Durante el desarrollo del presente proyecto de investigación, se obtuvieron los resultados según los procedimientos establecidos, en las normas correspondientes.

4.1. Caracterización de agregados que se utilizaran para el diseño de la mezcla de Concreto Poroso.

4.1.1. Coeficiente de desgaste del agregado grueso proveniente de la cantera Río Naranjillo, con la que se trabajó el diseño de mezcla para nuestro concreto permeable.

Tabla N° 05: *Porcentaje de desgaste del agregado grueso*

ABRASIÓN EN TAMAÑOS MEDIANOS DE AGREGADOS GRUESOS

| TAMICES ASTM | | GRADACIONES - Pesos (gr) | | | |
|-------------------------------|----------|--------------------------|--------|---|---|
| Pasante | Retenido | A | B | C | D |
| 1 1/2" | 1" | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | |
| 3/4" | 1/2" | | 2501.1 | | |
| 1/2" | 3/8" | | 2497.2 | | |
| 3/8" | 1/4" | | | | |
| 1/4" | N° 4 | | | | |
| N° 4 | N° 8 | | | | |
| CARGA ABRASIVA | | | 11 | | |
| PARA 500 REVOLUCIONES | | | | | |
| Peso total de la muestra (gr) | | | 4998.3 | | |
| Peso retenido tamiz N° 12. | | | 3714.0 | | |
| Diferencia (gr) | | | 1284.3 | | |
| <i>Desgaste (%)</i> | | | 25.7 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 05 se evidencia, que el porcentaje de desgaste obtenido, en el laboratorio mediante el uso de la máquina de los ángeles y el llenado respectivo de los formatos según la norma ASTM C131-00, es del 25.70%, para ello se utilizó piedra chancada de la Cantera Río Naranjillo, el ensayo fue realizado utilizando los diámetros propuestos según el proyecto de investigación, los cuales son de 3/4", 1/2" y 3/8"; con los que se determinó que la muestra a trabajar fue tipo B, la cual es aquella que pasa el Tamiz de 3/4" y se retiene en el Tamiz de 1/2", de la

misma manera que se utiliza una carga abrasiva de 11 esferas, para unas 500 revoluciones.

El peso total de muestra seca fue de 4998.30 gr.; mismo que al final unos 3714.00 gr. fueron retenido en el Tamiz N° 12; obtenido de esta manera una diferencia entre el peso inicial y el peso final de 1284.30 gr. con los cuales obtuvimos el resultado final que es un porcentaje de desgaste de 25.70%.

4.1.2. Obtención de contenido de humedad natural del agregado.

Tabla N° 06: *Contenido de Humedad del agregado grueso*

| Determinación del % de Humedad Natural | ASTM 2216 - N.T.P. 339.127 | | | |
|--|----------------------------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| LATA | | | | |
| PESO DE LATA grs | 26.99 | 25.53 | 25.46 | 27.05 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs | 175.03 | 176.95 | 177.32 | 175.87 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA grs | 170.25 | 172.02 | 172.39 | 170.97 |
| PESO DEL AGUA grs | 4.78 | 4.93 | 4.93 | 4.90 |
| PESO DEL SUELO SECO grs | 143.26 | 146.49 | 146.93 | 143.92 |
| % DE HUMEDAD | 3.34% | 3.37% | 3.36% | 3.40% |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 3.37% | | | |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 06, podemos evidenciar que durante el desarrollo de los procedimientos realizados para la obtención del porcentaje de humedad según las normas ASTM D2216 y la Norma Técnica Peruana (N.T.P.) 339.127, al agregado grueso extraído de la cantera Río Naranjillo, para lo cual se repartieron en 4 (cuatro) muestras, las cuales se las pesó en estado húmedo y en estado seco luego de haber sido secados en el horno, con ello se obtuvieron el peso del agua, el peso del suelo seco, y mediante operaciones matemáticas el porcentaje de humedad de cada uno de las muestras, finalmente se sacó el contenido de humedad promedio de todas las muestras, obteniendo como resultado final un contenido de humedad del 3.37%.

4.1.3. Características físicas del agregado, de acuerdo a los diámetros elegidos para los diseños de mezcla experimentales de concreto poroso.

Tabla N° 07: *Características Físicas del agregado grueso de diámetros 1/2" y 3/8"*

| Características físicas | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------|-------------|---|---|
| Diámetro nominal máximo. | Peso específico seco (gr/cc) | Absorción (%) | Humedad (%) | Peso unitario suelto (Kg/m ³) | Peso unitario compactado (Kg/m ³) |
| 3/4" | 2.40 | 2.30% | 3.37% | 1305.0 | 1499.0 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 07 se interpreta que, el diámetro máximo nominal del agregado grueso, materia de estudio para el diseño de mezcla de concreto poroso es de 3/4", dato obtenido a través del estudio granulométrico realizado según la Norma ASTM C33 – 83, en el cual se determinó que el agregado para diseño de mezcla usando los diámetros de 1/2" y 3/8", cumplía con el uso 6 (seis) de la tabla de **requisitos granulométricos del agregado grueso**, de la norma ASTM C33 – 83; por otra parte se determinó que el agregado tiene un peso específico seco de 2.40 gr/cc. (gramos entre centímetros cúbicos), ensayo realizado en base a la norma ASTM C 128, así mismo se determinó que el porcentaje de absorción del agregado es de 2.30%, ensayo realizado según la norma ASTM C 128; el porcentaje de humedad fue de 3.37%, determina en base a las normas ASTM 2216 y la Norma Técnica Peruana (N.T.P.); finalmente el peso unitario suelto y el peso unitario compactado fueron determinados en base a la norma ASTM C29, en la cual obtuvimos como resultado un peso unitario suelto de 1305.00 kg/m³ y un peso unitario compactado de 1499.00 kg/m³.

Tabla N° 08: Características Físicas del agregado grueso de diámetros 3/4", 1/2" y 3/8"

| Características físicas | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------|-------------|---|---|
| Diámetro nominal máximo. | Peso específico seco (gr/cc) | Absorción (%) | Humedad (%) | Peso unitario suelto (Kg/m ³) | Peso unitario compact. (Kg/m ³) |
| 1" | 1.04 | 2.25% | 3.37% | 1389.0 | 1544.0 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 08 se interpreta que, el diámetro máximo nominal del agregado grueso, materia de estudio para el diseño de mezcla de concreto poroso es de 1", dato obtenido a través del estudio granulométrico realizado según la Norma ASTM C33 – 83, en el cual se determinó que el agregado para diseño de mezcla usando los diámetros de 3/4", 1/2" y 3/8", cumplía con el uso 5 (cinco) de la tabla de **requisitos granulométricos del agregado grueso**, de la norma ASTM C33 – 83; por otra parte se determinó que el agregado tiene un peso específico seco de 1.04 gr/cc. (gramos entre centímetros cúbicos), ensayo realizado en base a la norma ASTM C 128, así mismo se determinó que el porcentaje de absorción del agregado es de 2.25%, ensayo realizado según la norma ASTM C 128; el porcentaje de humedad fue de 3.37%, determina en base a las normas ASTM 2216 y la Norma Técnica Peruana (N.T.P.); finalmente el peso unitario suelto y el peso unitario compactado fueron determinados en base a la norma ASTM C29, en la cual obtuvimos como resultado un peso unitario suelto de 1389.00 kg/m³ y un peso unitario compactado de 1544.00 kg/m³.

4.2. Determinar la relación agua/cemento (a/c).

La relación de agua cemento se determinó de acuerdo a las diferentes bibliografías consultadas y la experiencia personal obtenida en el laboratorio al momento de realizar los diseños de mezcla, para lo cual optamos por una relación agua/cemento de 0.35, para el diseño elaborado con agregado de 1/2" y 3/8", mientras que para el otro diseño elaborado con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", se optó por una relación agua cemento de 0.30, cabe recalcar que ambas relaciones

abordadas se encuentran dentro del rango propuesto por las bibliografías que nos anteceden y la norma ACI 522R.

4.3. Evaluar el comportamiento mecánico que tiene el concreto permeable ante la resistencia a la compresión y a la permeabilidad.

4.3.1. Resistencia a la compresión

Tabla N° 09: Resistencia a la compresión probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 1/2" y 3/8"

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO PERMEABLE - DIÁMETRO 1/2" Y 3/8" | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EDAD | 7 | 7 | 7 | 14 | 14 | 14 | 28 | 28 | 28 |
| Resistencia f'c = kg/cm ² | 137.38 | 132.06 | 129.79 | 156.90 | 154.59 | 155.97 | 179.62 | 177.19 | 178.60 |
| Resistencia promedio f'c = kg/cm ² | 133.08 | | | 155.82 | | | 178.47 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 09 se interpreta que los testigos de concreto permeable elaborados con agregado grueso de 1/2" y 3/8", a los 7 (siete) días después de su moldeo obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 133.08 kg/cm², mientras que a los 14 (catorce) días fue de 155 kg/cm², así mismo podemos apreciar que la resistencia promedio a los 28 (veintiocho) días fue de 178 kg/cm², de ello podemos inferir que el diseño mezcla cumple con su objetivo, ya que fue diseñada para tener una resistencia a la compresión de 175 kg/cm².

Tabla N° 10: Resistencia a la compresión probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8"

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO PERMEABLE - DIÁMETRO 3/4", 1/2" Y 3/8" | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EDAD | 7 | 7 | 7 | 14 | 14 | 14 | 28 | 28 | 28 |
| Resistencia f'c = kg/cm ² | 139.14 | 139.60 | 143.23 | 156.31 | 163.82 | 164.28 | 180.13 | 181.81 | 178.31 |
| Resistencia promedio f'c = kg/cm ² | 140.65 | | | 161.47 | | | 180.08 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 10 se interpreta que los testigos de concreto poroso elaborados con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", a los 7 (siete) días después de su moldeo obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 140.65 kg/cm², mientras que a los 14 (catorce) días fue de 161.47 kg/cm², así mismo podemos apreciar que

la resistencia promedio a los 28 (veintiocho) días fue de 180.08 kg/cm², de ello podemos inferir que el diseño mezcla cumple con su objetivo, ya que fue diseñada para tener una resistencia a la compresión de 175 kg/cm².

Tabla N° 11: Resistencia a la compresión probetas de testigo, con concreto convencional.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO CONVENCIONAL (MUESTRA PATRÓN) | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EDAD | 7 | 7 | 7 | 14 | 14 | 14 | 28 | 28 | 28 |
| Resistencia f'c = kg/cm ² | 148.00 | 156.68 | 146.86 | 161.66 | 167.78 | 163.94 | 179.31 | 190.00 | 183.29 |
| Resistencia promedio f'c = kg/cm ² | 150.51 | | | 164.46 | | | 184.20 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 11 se interpreta que los testigos de concreto convencional, elaborados con la dosificación dada por CAPECO para un concreto f'c=175 kg/cm², a los 7 (siete) días después de su moldeo obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 150.51 kg/cm², mientras que a los 14 (catorce) días fue de 164.46 kg/cm², así mismo podemos apreciar que la resistencia promedio a los 28 (veintiocho) días fue de 184.20 kg/cm², de ello podemos inferir que el diseño mezcla cumple con su objetivo, ya que fue diseñada para tener una resistencia a la compresión de 175 kg/cm².

En términos generales, podemos decir que los tres diseños de mezcla cumplen con lo previsto en relación a la resistencia a compresión, pero tenemos una leve diferencia en el tiempo que tiene cada concreto para llegar a su resistencia de diseño, el concreto convencional alcanza su resistencia más rápido que los diseños de concreto poroso, pero a su vez cabe recalcar que todos cumplen y superan la resistencia de diseño a los 28 (veintiocho) días.

4.3.2. Permeabilidad del concreto permeable.

Tabla N° 12: *Determinación del coeficiente de permeabilidad “k” en las probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 1/2” y 3/8”*

| Descripción | Coeficiente de Permeabilidad | | | | | | | |
|--|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|---------------|---------------|
| | L (cm) | A (cm ²) | a (cm ²) | h1 (cm) | h2 (cm) | t (seg) | Ln (h1/h2) | k (cm/seg) |
| Concreto permeable - Diámetro de 1/2" y 3/8" | 30 | 176.71 | 176.71 | 30 | 27 | 16.25 | 0.1054 | 0.19 |
| Concreto permeable - Diámetro de 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 14.42 | 0.1054 | 0.22 |
| Concreto permeable - Diámetro de 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 14.21 | 0.1054 | 0.22 |
| Coeficiente de Permeabilidad Promedio k | | | | | | | | 0.21 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 12, se infiere que el coeficiente de permeabilidad obtenido por medio de la norma ACI 522R, al primer diseño de concreto poroso, elaborado únicamente con agregado grueso de 1/2” y 3/8”, y con una relación agua cemento de 0.35, fue de un $k = 0.21 \text{ cm/seg.}$ para lo cual se sometió a este ensayo a tres probetas de testigo y se sacó un resultado promedio; así mismo podemos decir que su coeficiente de permeabilidad se encuentra dentro del rango que nos muestran las investigaciones pasada, las cuales nos dicen que “k” se debe encontrar entre 0.20 cm/seg. y 0.50 cm/seg.

Tabla N° 13: *Determinación del coeficiente de permeabilidad “k” en las probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 3/4”, 1/2” y 3/8”*

| Descripción | Coeficiente de Permeabilidad | | | | | | Ln (h1/h2) | k (cm/seg) |
|---|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|---------|---------------|---------------|
| | L (cm) | A (cm ²) | a (cm ²) | h1 (cm) | h2 (cm) | t (seg) | | |
| Concreto permeable - Diámetro de 3/4",1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 15.27 | 0.1054 | 0.20 |
| Concreto permeable - Diámetro de 3/4",1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 13.21 | 0.1054 | 0.24 |
| Concreto permeable - Diámetro de 3/4",1/2" y 3/8" | 30 | 176.71 | 176.71 | 30 | 27 | 12.84 | 0.1054 | 0.25 |
| Coeficiente de Permeabilidad Promedio k | | | | | | | | 0.23 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 13, se infiere que el coeficiente de permeabilidad obtenido por medio de la norma ACI 522R, al primer diseño de concreto poroso, elaborado con agregado grueso de 3/4”, 1/2” y 3/8”, y con una relación agua cemento de 0.35, fue de un $k = 0.23\text{cm/seg.}$ para lo cual se sometió a este ensayo a tres probetas de testigo y se sacó un resultado promedio; así mismo podemos decir que su coeficiente de permeabilidad se encuentra dentro del rango que nos muestran las investigaciones pasada, las cuales nos dicen que “k” se debe encontrar entre 0.20 cm/seg. y 0.50 cm/seg.

4.4. Determinar el costo del m³ del concreto poroso, en comparación del concreto convencional.

Tabla N° 14: Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m³ de Concreto Convencional, (dosificación según CAPECO).

| Concreto Convencional f'c = 175 kg/cm ² . PAVIMENTO RIGIDO E=0.20 | | | | Costo unitario directo por M3 | | | 530.98 |
|--|--------------------------------------|--------------------|-----------|-------------------------------|------------|-------------|--------|
| Jornal (h) = | 8 | RENDIMIENTO M3/DIA | MO. = 20 | EQ. = | 20 | | |
| Código | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010001 | OPERARIO | H-H | 2 | 0.80 | 80.00 | 64.00 | |
| 0101010002 | OFICIAL | H-H | 1 | 0.40 | 60.00 | 24.00 | |
| 0101010003 | PEON | H-H | 10 | 4.00 | 40.00 | 160.00 | |
| | | | | | | | 248.00 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0201010003 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG.) | BOL. | | 8.430 | 23.00 | 193.89 | |
| 0201010005 | AGUA | M3 | | 0.185 | 2.50 | 0.46 | |
| 0201010017 | PIEDRA CHANCADA DE 1 1/2" | M3 | | 0.550 | 80.00 | 44.00 | |
| 0201010018 | ARENA GRUESA | M3 | | 0.540 | 60.00 | 32.40 | |
| | | | | | | | 270.75 |
| Equipos | | | | | | | |
| 301010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3 | 7.44 | 0.22 | |
| 301010011 | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.5" | H-M | 1 | 0.4 | 10.00 | 4.00 | |
| 301010012 | MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3 | H-M | 1 | 0.4 | 20.00 | 8.00 | |
| | | | | | | | 12.22 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 14, podemos evidenciar que el costo por elaboración de un metro cubico de concreto típico con un f'c = 175 kg/cm² tiene un valor aproximado de S/. 530.98, en nuestra región, este análisis de costos unitarios se realizó de acuerdo a la recolección de datos de obras recientemente ejecutadas en la zona de estudio, de las cuales se extrajo el número de cuadrilla y el rendimiento que se utiliza en nuestra zona, los precios fueron actualizados en base a las cotizaciones actuales; para este trabajo tenemos un costo neto en mano de obra de S/. 248.00, en gasto en materiales de S/. 270.75 y un costo en equipos de S/. 12.22, el cual nos da como costo general S/. 530.98.

Tabla N° 15: Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m³ de Concreto Permeable, con agregado grueso de 1/2" y 3/8".

| Concreto - Permeable f'c = 175 kg/cm ² . EN PAVIMENTO RÍGIDO E=0.20 | | | | | Costo unitario directo por M3: 507.16 | | |
|---|--------------------------------------|-------------|-----------|----------|---|-------------|--------|
| Jornal (h) = | 8 | RENDIMIENTO | M3/DIA | MO. = | 20 | EQ. = | 20 |
| Código | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010001 | OPERARIO | H-H | 2 | 0.80 | 80.00 | 64.00 | |
| 0101010002 | OFICIAL | H-H | 1 | 0.40 | 60.00 | 24.00 | |
| 0101010003 | PEON | H-H | 10 | 4.00 | 40.00 | 160.00 | |
| | | | | | | | 248.00 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0201010003 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG.) | BOL. | | 6.390 | 23.00 | 146.97 | |
| 0201010005 | AGUA | M3 | | 0.082 | 2.50 | 0.21 | |
| 0201010017 | PIEDRA CHANCADA DE 1/2" | M3 | | 1.247 | 80.00 | 99.76 | |
| | | | | | | | 246.94 |
| Equipos | | | | | | | |
| 301010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3 | 7.44 | 0.22 | |
| 301010011 | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.5" | H-M | 1 | 0.40 | 10.00 | 4.00 | |
| 301010012 | MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3 | H-M | 1 | 0.40 | 20.00 | 8.00 | |
| | | | | | | | 12.22 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 15, podemos evidenciar que el costo por elaboración de un metro cubico de concreto poroso elaborado con agregado grueso de 1/2" y 3/8" para f'c = 175 kg/cm² tiene un valor aproximado de S/. 507.16, en nuestra región, este análisis de costos unitarios se realizó de acuerdo a la recolección de datos de obras recientemente ejecutadas en la zona de estudio, de las cuales se extrajo el número de cuadrilla y el rendimiento que se utiliza en nuestra zona, los precios fueron actualizados en base a las cotizaciones actuales; para este trabajo tenemos un costo neto en mano de obra de S/. 248.00, en gasto en materiales de S/. 246.94 y un costo en equipos de S/. 12.22, el cual nos da como costo general S/. 507.16.

Tabla N° 16: Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m³ de Concreto Permeable, con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8".

| Concreto - Permeable f'c = 175 kg/cm ² . EN PAVIMENTO RÍGIDO E=0.20 | | | | | Costo unitario directo por M3: | | 528.26 |
|--|--------------------------------------|-------------|-----------|----------|--------------------------------|-------------|--------|
| Jornal (h) = | 8 | RENDIMIENTO | M3/DIA | MO. = | 20 | EQ. = | 20 |
| Código | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010001 | OPERARIO | H-H | 2 | 0.80 | 80.00 | 64.00 | |
| 0101010002 | OFICIAL | H-H | 1 | 0.40 | 60.00 | 24.00 | |
| 0101010003 | PEON | H-H | 10 | 4.00 | 40.00 | 160.00 | |
| | | | | | | 248.00 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0201010003 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG.) | BOL. | | 7.450 | 23.00 | 171.35 | |
| 0201010005 | AGUA | M3 | | 0.081 | 2.50 | 0.20 | |
| 0201010017 | PIEDRA CHANCADA DE 3/4" | M3 | | 1.206 | 80.00 | 96.48 | |
| | | | | | | 268.03 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 301010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3 | 7.44 | 0.22 | |
| 301010011 | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.5" | H-M | 1 | 0.40 | 10.00 | 4.00 | |
| 301010012 | MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3 | H-M | 1 | 0.40 | 20.00 | 8.00 | |
| | | | | | | 12.22 | |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 16, podemos evidenciar que el costo por elaboración de un metro cubico de concreto poroso elaborado con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" para f'c = 175 kg/cm² tiene un valor aproximado de S/. 528.26, en nuestra región, este análisis de costos unitarios se ejecutó de acuerdo a la recolección de datos de obras recientemente ejecutadas en la zona de estudio, de las cuales se extrajo el número de cuadrilla y el rendimiento que se utiliza en nuestra zona, los precios fueron actualizados en base a las cotizaciones actuales; para este trabajo tenemos un costo neto en mano de obra de S/. 248.00, en gasto en materiales de S/. 268.03 y un costo en equipos de S/. 12.22, el cual nos da como costo general S/. 528.26.

- 4.5. Determinar el esquema de los componentes estructurales para un pavimento de concreto permeable con un óptimo comportamiento en nuestra zona.

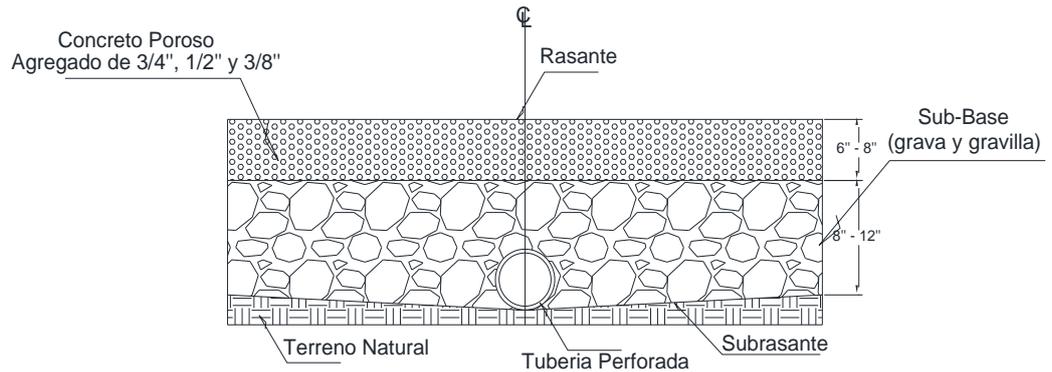


Figura N° 03: Esquema de la estructura de pavimento poroso: Elaboración propia.

De la Figura 3, se interpreta lo siguiente:

El primer esquema estructural para pavimento permeable propuesto por el grupo de trabajo se encuentra compuesta por la carpeta de rodadura, el cual es de concreto poroso, en nuestro caso elaborado únicamente con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", seguido de una sub base granular elaborada a base de grava y gravilla que puede ser de 1 hasta 6 pulgadas, así mismo en la parte interior de la sub base, tenemos una serie de tuberías perforadas colocadas ahí con el objetivo de facilitar el transporte del agua que demora en ser absorbida por el terreno natural, hacia el sistema de drenaje convencional, cabe mencionar que la subrasante cuenta con una leve pendiente que direcciona al agua estancada hacia las tuberías recolectoras.

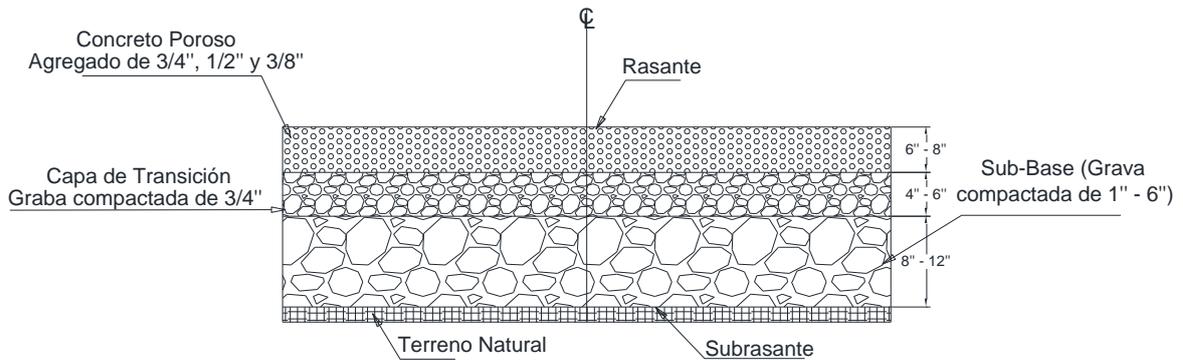


Figura N° 04: Esquema de la estructura de pavimento poroso: Elaboración propia.

De la Figura 4, se interpreta lo siguiente:

El segundo estructural para pavimento permeable propuesto por el grupo de trabajo está compuesta por la carpeta de rodadura, el cual es de concreto poroso, en nuestro caso elaborado únicamente con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", seguido de una capa delgada de grava compactada, la cual realiza la labor de transición, del agua que va desde la carpeta de rodadura hacia la sub base, y posteriormente al terreno natural; mientras que la sub base granular está compuesto por grava y gravilla de diámetros que van desde 1 hasta 6 pulgadas, y finalmente encontramos la sub rasante, que es básicamente el terreno natural sobre el cual reposa toda la estructura del pavimento, cabe mencionar que esta última puede ser sometida a un mejoramiento de terreno, según lo requiera el proyecto.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a las características del agregado grueso optamos por nombrar a Paucar, Yesica y a Morales, Franciss W. (2018), que en su tesis titulada “Influencia del agregado grueso de la cantera del río ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - f'c 175 kg/cm²”, obtuvieron, un porcentaje de desgaste del 21.56%, un contenido de humedad del agregado grueso de 4.14%, un peso específico seco de 2.33 gr/cm³, un porcentaje de absorción de 3.43%, peso unitario suelto de 1307.77 kg/m³ y un peso unitario compactado de 1354.54 kg/m³. Entonces decimos que son resultados relativamente diferentes a los obtenidos con la cantera trabajada en este trabajo, ya que obtuvimos un porcentaje de desgaste del 25.70%, un contenido de humedad del 3.37%, peso específico seco de 2.40 y 1.04 gr/cm³, los porcentajes de absorción fueron de 2.30% y 2.25%, mientras que los pesos unitarios sueltos fueron 1305 kg/m³ y 1389 kg/m³ y los pesos unitarios compactados fueron de 1499 kg/m³ y 1544 kg/m³; cabe recalcar que con el material de ambas canteras se puede elaborar un diseño de mezcla para concreto poroso óptimo.

Así mismo León, Christian A. L. (2018), en su tesis titulada “Aplicación de concreto permeable como alternativa para reducir la escorrentía superficial en las vías del distrito El Tambo-Huancayo, 2018”, utilizó las relaciones agua/cemento de 0.27, 0.28 y 0.34; los cuales se encuentran dentro del rango establecido por literaturas pasadas, las cuales son semejantes a las utilizadas en el presente trabajo de investigación, ya que se utilizaron relaciones agua cemento de 0.30 y 0.35; para lo que finalmente obtuvimos resultados positivos. Por otra parte, al nombrar a Guizado, Agneth y Curi, Elvis (2017), en su tesis titulada “Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noreste del Perú”, quienes obtuvieron una resistencia a la compresión para concreto poroso con agregados de huso 67 (3/8”) libre de finos igual a 180.00 kg/cm² al término de los 28 días de curado. De acuerdo a ello podemos apreciar cierta semejanza en los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación, ya que se obtuvo en el diseño elaborado a base de agregado

grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" una resistencia mayor a los 28 días de 181.81 kg/cm², mientras que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", obtuvo una resistencia máxima de 179.62 kg/cm².

Así también tenemos a Felipe Moujir, Yalil y Castañeda U. Luis F. (2014), en su tesis "Diseño y Aplicación de concreto poroso para pavimentos", quienes han obtenido una fortaleza a la compresión de su diseño de concreto permeable con agregado de 1/2" sin finos de 21.05MPa que es igual a 214.65 kg/cm², para ello podemos observar que nuestro concreto tiene una resistencia menor, ya que el diseño elaborado a base de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" alcanzó una resistencia mayor a los 28 días de 181.81 kg/cm², mientras que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", obtuvo una resistencia máxima de 179.62 kg/cm²; pero aun así cumple con la resistencia requerida para la que fue diseñado.

Mientras que Ore Andrade, Harold O. R. y Partillo Diaz, Miguel A. (2019) en su tesis "Propuesta de diseño de mezcla para un concreto permeable de FC=175 kg/cm² en veredas", adquirieron una resistencia mayor a la compresión con agregado de huso 7 (3/4") sin finos, de 196.13 kg/cm² y con agregado de huso 67 (1/2") libre de finos, una resistencia de 188.44 kg/cm². Mientras que para nosotros el diseño elaborado a base de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" alcanzó una resistencia mayor a los 28 días de 181.81 kg/cm², mismo que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", alcanzó la resistencia máxima de 179.62 kg/cm²; de lo cual podemos decir que nuestro concreto es ligeramente menos resistente.

Citando a Pérez, Johan (2017) en su tesis "Influencia de la Granulometría del Agregado Grueso en las Propiedades Mecánicas e Hidráulicas de un Concreto Permeable, Trujillo 2017", encontramos que obtuvo un coeficiente de permeabilidad de 0.207 cm/seg. en su concreto poroso elaborado a base de agregado grueso de 1/2", y un "k" equivalente a 0.222 cm/seg. para un hormigón poroso elaborado con agregado de 3/8"; mientras que nosotros observamos que el diseño elaborado a base de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" obtuvo un coeficiente de permeabilidad más alto "k" igual a 0.25 cm/seg,

mientras que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", obtuvo coeficiente de permeabilidad mayor "k" igual a 0.22 cm/seg.

Así mismo es importante mencionar que la norma ACI 522R-10, establece un rango en el que se debe encontrar los valores de "k" en un concreto poroso, los cuales son de entre 0.110 y 1.22 cm/seg. en este caso los coeficientes de permeabilidad encontrados en esta tesis, se encuentran dentro del rango.

En este contexto económico podemos nombrar a Paucar, Yesica y a Morales, Franciss W. (2018), que en su tesis titulada "Influencia del agregado grueso de la cantera del río ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - f'c 175 kg/cm²", obtuvieron un costo por metro cúbico de concreto convencional de S/. 394.42, mientras que el costo por elaboración del concreto permeable fue de S/. 291.68; así mismo en este proyecto de investigación se observó que el diseño elaborado a base de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", tiene un costo de elaboración de S/. 528.26, mientras que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", tiene un costo de S/. 507.16, mismo que el concreto convencional tiene un costo de elaboración de S/. 530.98, de los cual decimos que el costo por metro cúbico del concreto permeable es relativamente menor al del convencional.

Así también tenemos a Felipe Moujir, Yalil y Castañeda U. Luis F. (2014), en su tesis "Diseño y Aplicación de concreto poroso para pavimentos", determinaron que el costo de elaboración por metro cubico de concreto convencional es de \$267,396.00, mientras que el costo del concreto permeable sin finos es de \$184,933.00; y nosotros obtuvimos costos de elaboración de concreto poroso de S/. 528.26 y de S/. 507.16, mientras que el costo por elaboración de concreto convencional fue de S/. 530.98, por lo cual reforzamos la hipótesis que nos dice que la elaboración de concreto poroso es más rentable que el concreto convencional.

VI. CONCLUSIONES

Durante la ejecución del presente trabajo de investigación se concluyó que el agregado grueso utilizado, tiene un porcentaje de desgaste del 25.70%, el cual es menor al 50% establecido en la norma C.E. 010 (Pavimentos Urbanos), así mismo concluimos que las otras características físicas que definen al agregado grueso utilizado, fueron adecuadas para el diseño de mezcla, ya que permitieron realizar un buen diseño de mezcla de concreto poroso.

Así mismo concluimos que la relación agua/cemento (a/c) óptima, para la elaboración de un buen Concreto Poroso debe estar entre 0.30 a 0.35; ya que valores superiores a estos disminuyen la capacidad de resistir cargas a compresión y puede afectar su coeficiente de permeabilidad.

Se evaluó el comportamiento mecánico que tiene el concreto permeable ante la resistencia a la compresión, observando que el concreto permeable elaborado con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", tiene una resistencia a la compresión de 181.81 kg/cm² y el concreto permeable elaborado a base de agregado grueso de 1/2" y 3/8", alcanzó una resistencia de 179.62 kg/cm², concluyendo así que ambos diseños son adecuados para el uso en pavimentos de bajo tránsito o pavimentos especiales, como (pasajes peatonales, aceras o veredas y ciclovías).

Con respecto a la permeabilidad se determinó que tanto el primer diseño, como el segundo, pueden cubrir con la demanda de permeabilidad requerida para disminuir y evacuar de manera adecuada el agua producto de la escorrentía en la zona, mejorando de esta manera el funcionamiento del sistema de drenaje. De acuerdo al análisis de precios unitarios, se determinó que la elaboración por metro cúbico de concreto poroso es relativamente más rentable que el metro cúbico de concreto convencional.

Concluimos que la estructura de un pavimento elaborado con concreto poroso, tiene una sección diferente al pavimento elaborado con concreto convencional, el cual reduce los gastos de movimiento de tierra; compuesta así por carpeta de rodadura, una capa de transición, la base y una serie de tuberías perforadas.

VII. RECOMENDACIONES

Para la óptima elaboración de concreto poroso se recomienda tener un buen control de calidad al momento de realizar la mezcla del concreto, de esta manera tendremos un correcto control al momento de agregar los materiales, el uso de los equipos ideales para realizar la mezcla de los materiales, colocar las cantidades indicadas en el diseño, respetando siempre de manera estricta la relación agua/cemento establecida en el diseño de mezcla, para así garantizar que el concreto cumpla con sus propiedades, físicas, mecánicas e hidráulicas. Recomendamos que para determinar la relación entre agua/cemento, siempre se tenga en cuenta los parámetros establecidos en los diferentes trabajos previos y las recomendaciones de la norma ACI 522R.

Se recomienda a futuros investigadores que deseen trabajar temas como el concreto poroso, realizar diseños con mayor resistencia, para así poder implementar este nuevo sistema en pavimentos rígidos de vías principales.

Para lograr resistencias a la compresión mayores a las obtenidas en el presente trabajo de investigación se recomienda incorporar un porcentaje de agregado fino, sin dejar de lado que al añadir agregado fino a la mezcla no debe afectar de manera considerable y negativa el rendimiento de las propiedades hidráulicas del concreto permeable; así mismo de ser el caso también podemos agregar diferentes tipos de aditivos que ayuden a mejorar las características mecánicas de este concreto.

Como último punto, recomendamos que para diseñar un concreto poroso que cumpla con todas las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas se debe respetar y tomar en cuenta lo establecido en la Norma ACI 522R-10, así mismo debemos considerar una adecuada selección del agregado a utilizar durante la elaboración del diseño de mezcla, como también respetar los parámetros de incorporación de los materiales que nos establecen las normas que rigen al concreto poroso.

VIII. REFERENCIAS

ACI-522R-10 (2011) Report on Pervious Concrete - American Concrete Institute.

AGUILAR, Victor. Optimización de concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018. Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38396>

ALFARO, Carlos. Metodología de la investigación científica aplicado a la ingeniería. Tesis (Pregrado).

Lima: Universidad Nacional del Callao, 2012.

Disponible en: https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Inv_estigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO%20RODRIGUEZ_FIEE.pdf

American Concrete Institute (ACI) [Mensaje de un blog]: José Alejandro R.M., (20 de Junio de 2020). Recuperado de <http://vivirhogar.republica.com/general/american-concrete-institute-aci.html>

ASTM_C29 Método de ensaye estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados, Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C29C29M-07-SP.htm>

ASTM_C33 (1999) Standard Specification for Concrete Aggregates - ASTM International.

ASTM_C39, Método de prueba estándar para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón, Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C39C39M-SP.htm>

ASTM_C128 (2004) Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos, Disponible en: <https://www.astm.org/database.cart/historical/c128-04a-sp.htm>

ASTM_C131 (2001) Método de Ensayo Normalizado para la resistencia a la degradación de los áridos gruesos de tamaño pequeño por el método de abrasión e impacto en la máquina Los Ángeles, Disponible en: https://www.academia.edu/37324069/Designaci%C3%B3n_ASTM_C_131_01

ASTM_D2216 (2019) Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D2216>

BAUTISTA, Alessandro J. Diseño De Pavimento Rígido Permeable Para La evacuación De Agua Pluviales Según La Norma Aci 522r-10. Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES, 2018.

Disponible en: http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/usmp/4928/bautista_paj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, Perú. 2016. Disponible

en: https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

CÓRDOVA, 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 (Ingeniero Civil)

Arequipa: Universidad Católica De Santa Maria, 2016.

Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5530>

CORREDOR, Gustavo. Maestría en Vías Terrestres Módulo III, Diseño de Pavimentos I. Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO [en línea] 1993, [fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/aashto-931.pdf>

COSTOS Y PRESUPUESTOS, Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), Disponible en: https://civilyedaro.files.wordpress.com/2014/08/costos_y_presupuestos_en_edificacion_-_capeco_r.pdf

CUBAS, Hervin y CABRERA, Josias. Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional. Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: Universidad Peruana Unión, 2019.

Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2257>

DÍAZ, Paul. Mezclas de biomásas y aglutinantes orgánicos para las mejoras de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/17521>

FALCON, Francy A., SANTOS, Juan M. Diseño De Un Pavimento Rígido Permeable, Con Agregados De La Cantera Chullqui, Para El Drenaje Urbano En Estacionamientos En La Ciudad De Huánuco, Tesis (Ingeniero Civil).

Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan, 2016.

Disponible en: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1289>

FELIPE, Yalil y CASTAÑEDA, Luis F. Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. Tesis (Ingeniero Civil)

Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana, 2014. Recuperado de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%C3%B1o_aplicacion_concreto.pdf?sequence=1

FLORES, Cesar E. y PACOMPIA, Ivan A. Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con adición de Tiras de Plástico para Pavimentos $f'c=175$ kg/cm² en la Ciudad de Puno. Tesis (Ingeniero Civil).

Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2230/FLORES_QUISP_E_CESAR_EDDY_PACOMPIA_CALCINA_IVA_ALEXANDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GUIZADO Barrios, Agneth y CURI Grados, Elvis. Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú. Tesis (Título Profesional).

Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9831>

HAO, Wu *et al.* Experimental investigation on freeze–thaw durability of Portland cement pervious concrete (PCPC). *Construction and Building Materials* [en línea]. agosto de 2016, n.º 117. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020].

Disponible

en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816306857>.

ISSN: 0950-0618

KHANKHAJE, Elnaz *et al.* Sustainable clean pervious concrete pavement production incorporating palm oil fuel ash as cement replacement. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. enero de 2018, n.º 172. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617324666>.

ISSN: 0959-6526

LEÓN, Christian. Aplicación de concreto permeable como alternativa para reducir la escorrentía superficial en las vías del distrito El Tambo-Huancayo, 2018. Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35342>

Manual de carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos, R.D.Nº 10 – 2014 – MTC/14. Obtenido de: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf

MORALES, Denys M. Influencia del tamaño máximo nominal de 1/2" y 1" del agregado grueso del río Amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Tesis (Ingeniero Civil)

Jaén: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017

Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1099/TESIS%20FINAL%2017-05-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Norma Técnica CE. 010 pavimentos Urbanos. Obtenido de: http://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf

NTP 339.127, MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO, Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=21090>

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, usando el

penetrómetro cónico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.130:1999, disponible en: <https://es.scribd.com/document/383246600/NTP-339-129-2014-LL-y-LP>
Norma Técnica E. 060 Concreto Armado (D.S.N° 010-2009-vivienda). Obtenido de: <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

ORE, Harold O. R., PORTILLO, Miguel A. Propuesta de diseño de mezcla para un concreto permeable de $FC=175\text{kg/cm}^2$ en veredas, Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/635423/Ore_AH.pdf?sequence=3&isAllowed=y

PALACIOS, Frank A. Diseño De Concreto Permeable Para Su Aplicación En Pavimentos Como Óptimo Sistema De Drenaje En Distrito De Independencia – Huaraz – Ancash, 2018, Tesis (Ingeniero Civil).

Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26760>

PALOMINO, Álvaro y MALDONADO, Álvaro. Sustitución experimental del agregado grueso de origen pétreo, por agregado grueso producto de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá, para la elaboración de concreto hidráulico. Tesis (Ingeniero Civil).

Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2018.

Disponible en <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7824>

PAUCAR, Yesica y MORALES, Franciss. Influencia del agregado grueso de la cantera del río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - $f'c\ 175\text{kg/cm}^2$. Tesis (Ingeniero Civil).

Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2018.

Disponible en <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1642>

Pavimentos De Hormigón Poroso – Hydromedia, [en línea]. España: Efficient Building™ system, 2013 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.voltimum.es/documentos/pavimentos-hormigon-poroso-hydromediatm?flippage=1&id=18476>

PEREZ, Johan. Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017. Tesis (Ingeniero Civil).

Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2017.

Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12351>

PING, Liu, Ping Coarse Aggregate Size Effect on Non-linear and Uncertainty Mechanical Behaviors for Concrete. *Advances in Materials*. [en línea]. Vol. 8, April 2019, [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020], Disponible en: <http://article.sciencepublishinggroup.com/pdf/10.11648.j.am.20190803.11.pdf>

QUISPE, Ivan y TICONA, Elmer. Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Tesis (Ingeniero Civil). Juliaca: Universidad Peruana Unión, 2017.

Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/947>

Santander: Universidad de Cantabria, 2008 – España.

Disponible en: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/10711;jsessionid=286423305FAD47B01E08844E56DADF2B>

SAGHAIAN, Soheila *et al.* Treatment of urban storm water using adsorbent porous concrete. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management* [en línea]. noviembre de 2018, n.º 171. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jwama.15.00127>. ISSN: 1741-7589

TORRE, Ana. Curso Básico de Tecnología del Concreto. Universidad Nacional de Ingeniería, 2004. 131 pp. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020]. Disponible en https://www.academia.edu/9191423/curso_basico_de_tecnologia_del_concreto_para_ingenieros_civiles

YÁÑEZ, Fernando, Comisión De Diseño Estructural En Hormigón Armado Y Albañilerías Perteneciente A La Corporación De Desarrollo Tecnológico De La Cámara chilena De La Construcción [en línea], Santiago de Chile, 2000 [fecha de consulta 28 de junio 2020]. Disponible en <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/doctec/codigo.pdf>

IX. ANEXOS

• ANEXO N° 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | |
|---|---|--|--|---|
| “Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4”, 1/2” y 3/8” en Moyobamba, 2020” | | | | |
| Formulación del problema | Objetivo | Hipótesis | Variables y dimensiones | Marco metodológico |
| <p>Problema general ¿En qué medida la variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4 “, 1/2 “y 3/8” influirá en el drenaje de aguas pluviales en la ciudad de Moyobamba?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuáles son las características de los agregados para el diseño de</p> | <p>Objetivo general Realizar el diseño de mezcla para un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4”, 1/2” y 3/8”; que cumpla con propiedades mecánicas e hidráulicas en la ciudad de Moyobamba 2020.</p> <p>Objetivos específicos - Determinar la caracterización de agregados que se utilizarán para el diseño de la mezcla de Concreto Poroso.</p> | <p>Hipótesis general El diseño de mezcla de un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4”, 1/2” y 3/8”, cumplirá con las propiedades mecánicas e hidráulicas, así mismo mejorará de manera satisfactoria el rendimiento del sistema de drenaje, en la ciudad de Moyobamba.</p> <p>Hipótesis específicas -Las características del agregado grueso que se utilizará, serán óptimas para el diseño de la</p> | <p>Variable Independiente: Gradación del agregado grueso</p> | <p>Tipo de investigación fue aplicada, con un enfoque cuantitativo.</p> |
| | | | <p>Variable dependiente Variación de la permeabilidad del concreto poroso</p> | <p>Diseño de investigación Diseño de investigación fue experimental.</p> |
| | | | <p>Población La presente investigación tuvo como población a 27 probetas.</p> <p>Muestra La muestra que se tomó para la investigación fue equivalente a la población que son de 27 probetas.</p> <p>Instrumentos Para el instrumento de recolección de datos se usaron las siguientes fichas:</p> | |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| <p>mezcla para un concreto poroso?</p> <p>¿Cuál es la relación agua/cemento (a/c) adecuado para el diseño del concreto poroso?</p> <p>¿Cuál es la resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso?</p> <p>¿Cuál es el costo beneficio por metro cúbico de concreto poroso, en comparación del concreto convencional?</p> <p>¿Cuál es el esquema de la sección transversal óptimo para un buen comportamiento del pavimento rígido con concreto poroso?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la relación agua/cemento (a/c). - Evaluar el comportamiento mecánico y físico que tiene el concreto permeable ante la resistencia a la compresión y a la permeabilidad. - Determinar el costo del m3 del concreto poroso, en comparación del concreto convencional. - Determinar el Esquema de la estructura de pavimento de concreto permeable para un óptimo comportamiento. | <p>mezcla de concreto poroso.</p> <ul style="list-style-type: none"> -La relación agua/cemento (a/c) será óptimo para el diseño de mezcla de concreto poroso. -El concreto poroso, pasará de manera óptima las pruebas de resistencia a la compresión y obtendrá un coeficiente de permeabilidad adecuado. -El costo para la elaboración por m3 de concreto poroso será menor al costo de elaboración por m3 de concreto convencional. -El esquema de la estructura planteada de pavimento poroso, será el adecuado para la ciudad de Moyobamba. | | <ul style="list-style-type: none"> - Fichas de Análisis Granulométrico de suelos por tamizado. ASTM C33 – 83. - Fichas del Ensayo de abrasión con máquina de los ángeles. ASTM C131. - Fichas para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso. ASTM C 128. - Fichas de Ensayo de permeabilidad. ACI 522R - Fichas de Ensayo de resistencia a la compresión. ASTM C39. |
|--|--|--|--|---|

Fuente: Elaboración propia, 2020

• ANEXO N° 02, VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Juana Maribel Lavado Enríquez

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniero civil

Instrumento de evaluación: Fichas de Ensayo para análisis Granulométrico de suelos por tamizado (NTP 400.012), ensayo de abrasión con máquina de los ángeles (NTP 400.020) y para Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristian Janter Rimarachin Olortegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 50 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

J. Maribel Lavado Enríquez
 J. Maribel Lavado Enríquez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 85930

Moyobamba, 8 de Junio del 2020



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Juana Maribel Lavado Enriquez

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniera civil

Instrumento de evaluación: Ensayo de cono de Abrams (NTP 339.035), ensayo de permeabilidad (AASHTO T.215) y el Ensayo de Resistencia a la Compresión (NTP 339.034).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristian Janter Rimarachin Olortegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|---|---|---|---|---|----|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 50 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Moyobamba, 8 de Junio del 2020


 J. Maribel Lavado Enriquez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 85930



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Gustavo Ivanovich Cornejo Saavedra

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniera civil

Instrumento de evaluación: Ensayo de cono de Abrams (NTP 339.035), ensayo de permeabilidad (ASTHO T.215) y el Ensayo de Resistencia a la Compresión (NTP 339.034).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristian Janter Rimarachin Olortegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|---|---|---|---|---|----|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | X | |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | X | |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | X | |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | X | |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | X | |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | X | |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 44 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES ÚTIL Y PUEDE SER APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 44

Gustavo I. Cornejo Saavedra
INGENIERO CIVIL
Reg. C.P. N° 156454

Moyobamba, 10 de Junio del 2020



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Gustavo Ivanovich Cornejo Saavedra

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniero civil

Instrumento de evaluación: Fichas de Ensayo para análisis Granulométrico de suelos por tamizado (NTP 400.012), ensayo de abrasión con máquina de los ángeles (NTP 400.020) y para Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristian Janter Rimarachin Olortegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO | | | | X | |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | X | |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | X | |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | X | |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO. | | | | X | |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | X | |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 44 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VALIDO Y PUEDE SER

APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

44

Gustavo I. Cornejo Saavedra
INGENIERO CIVIL
Reg. C.P. N° 156464

Moyobamba, 10 de Junio del 2020

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Vásquez Mejía Presbítero

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Mg. en Gestión educativa

Instrumento de evaluación: Fichas de Ensayo para análisis Granulométrico de suelos por tamizado (NTP 400.012), ensayo de abrasión con máquina de los ángeles (NTP 400.020) y para Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristhian Janter Rimarachín Olórtegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 50 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido, puede ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Moyobamba, 9 de Junio del 2020

[Firma]
 Mg. Presbítero Vásquez Mejía
 Especialidad: Gestión Educativa
 Csp. 0647918

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Vásquez Mejía Presbítero

Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo

Especialidad: Mg. en Gestión educativa

Instrumento de evaluación: Ensayo de cono de Abrams (NTP 339.035), ensayo de permeabilidad (AASHTO T.215) y el Ensayo de Resistencia a la Compresión (NTP 339.034).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristhian Janter Rimarachín Olórtegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 50 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido, puede ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Moyobamba, 9 de Junio del 2020

Mg. Presbítero Vásquez Mejía
Especialidad: Gestión Educativa
Cepre: 0447918

ANEXO N° 03, ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN



*Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú*

ENSAYO DE ABRASION EN AGREGADO GRUESO

NORMA ASTM C 131-00

TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

LUGAR : MOYOBAMBA **ING. LAB** : ING. P.O.M.G

CANTERA : RIO NARANJILLO **ING. RESPONSABLE** : ING. L.L.M

MUESTRA : GRAVA TRITURADA **FECHA** : 09/10/2020

ABRASION EN TAMAÑOS MEDIANOS DE AGREGADOS GRUESOS

| TAMICES ASTM | | GRADACIONES - Pesos (gr) | | | |
|---------------------------------|----------|----------------------------|-------------|---|---|
| Pasante | Retenido | A | B | C | D |
| 1 1/2" | 1" | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | |
| 3/4" | 1/2" | | 2501.1 | | |
| 1/2" | 3/8" | | 2497.2 | | |
| 3/8" | 1/4" | | | | |
| 1/4" | N° 4 | | | | |
| N° 4 | N° 8 | | | | |
| CARGA ABRASIVA | | | 11 | | |
| PARA 500 REVOLUCIONES | | | | | |
| Peso total de la muestra (gr) | | | 4998.3 | | |
| Peso retenido tamiz N° 12 . | | | 3714.0 | | |
| Diferencia (gr) | | | 1284.3 | | |
| Desgaste (%) | | | 25.7 | | |

OBSERVACIONES: La muestra y datos adjuntos han sido remitidos por el solicitante por lo cual el laboratorio no se responsabiliza de la extracción, colección y transporte de la muestra. Ensayo sido realizados de acuerdo a la norma vigente y homologada a las normas ASTM.

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Figura N° 05: Hoja de cálculo, porcentaje de desgaste, con máquina de los ángeles: Elaboración propia



Figura N° 06: Pesado y Tarado del agregado, para realizar prueba de abrasión: Elaboración propia.

Figura N° 07: Colocación del agregado grueso dentro de la Máquina de los ángeles, junto a la carga abrasiva: Elaboración propia.



ANEXO N° 04, DETERMINACIÓN DE CONTENIDO A LA HUMEDAD



LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

*Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú*

| | | | |
|-------------|---|-----------|-----------------------------------|
| PROYECTO : | "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una graduación del agregado grueso 3/4" 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | | |
| UBICACIÓN : | DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN | | |
| SOLICITA : | Jonathan Sinarahua Tuesta - Cristhian Janter Rimarachin Olortegui | | |
| CANTERAS : | RIO NARANJILLO | | |
| REALIZADO : | Ing. Luis Lopez Mendoza | CIP:75233 | LABORATORIO : LM CECONSE E.I.R.L. |

AGREGADO GRUESO : RIO NARANJILLO

Determinación del % de Humedad Natural

ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

| LATA | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| PESO DE LATA grs | 26.99 | 25.53 | 25.46 | 27.05 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs | 175.03 | 176.95 | 177.32 | 175.87 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA grs | 170.25 | 172.02 | 172.39 | 170.97 |
| PESO DEL AGUA grs | 4.78 | 4.93 | 4.93 | 4.90 |
| PESO DEL SUELO SECO grs | 143.26 | 146.49 | 146.93 | 143.92 |
| % DE HUMEDAD | 3.34% | 3.37% | 3.36% | 3.40% |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 3.37% | | | |

OBSERVACIONES:

N.D.

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis Lopez Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 JEFE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Figura N° 08: Hoja de cálculo, para determinación de contenido de Humedad:
Elaboración propia.



Figura N° 09: Pesado y Tarado del agregado grueso para colocarlo en el horno: Elaboración propia

Figura N° 10: Retirada del agregado grueso del horno al día siguiente, para determinar el contenido de humedad: Elaboración propia



ANEXO N° 05, ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO, PESOS UNITARIOS



Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú

LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

| | | | |
|-------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| PROYECTO : | "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una graduación del agregado grueso 3/4" 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | | |
| UBICACIÓN : | LOCALIDAD DE MOYOBAMBA- DISTRITO DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN | | |
| SOLICITA : | Jonathan Sinarahua Tuesta - Cristhian Janter Rimarachin Olortegui | | |
| CANTERAS : | RIO NARANJILLO | | |
| REALIZADO : | Ing. Luis Lopez Mendoza CIP:75233 | LABORATORIO LM CECONSE E.I.R. | viernes, 9 de octubre de 2020 |

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

| | |
|--------------------------|--------------|
| Peso Inicial Seco, [gr] | 2000.00 |
| Peso Lavado y Seco, [gr] | 1997.85 |
| | 2.15 0% |

| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Porcent.Ret. [%] | Porcent.Ret. Acumulado [%] | Pasante [%] | Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 6 | | Características físicas | |
|--------|---------------|---------------------|------------------|----------------------------|-------------|--|-----|--------------------------------|--------|
| 2" | 50.800 | | | | | | | Diámetro nominal máximo. | 3/4 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | | Módulo de finura. | |
| 1" | 25.400 | | | | | 100 | 100 | | |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 90 | 100 | Peso específico seco (gr/cc) | 2.40 |
| 1/2" | 12.700 | 1157.36 | 57.90 | 57.90 | 42.10 | 20 | 55 | | |
| 3/8" | 9.525 | 559.58 | 28.00 | 85.90 | 14.10 | 0 | 15 | Absorción (%) | 2.30% |
| N° 4 | 4.760 | 261.65 | 13.10 | 99.00 | 1.00 | 0 | 5 | | |
| < N° 4 | 0.000 | 19.26 | 1.00 | 100.00 | 0.00 | | | Humedad (%) | 3.37% |
| | | | | | | | | Peso unitario suelto (Kg/m3) | 1305.0 |
| | | | | | | | | Peso unitario compact. (Kg/m3) | 1499.0 |



2. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (NORMA ASTM C 128)

| DENSIDADES RELATIVAS | | | |
|---|------------------------|-------------|-------------|
| Prueba N° | | 1 | 2 |
| 1. Masa de la muestra ensayada secada al horno | (A) [gr] | 1955.00 | 1955.00 |
| 2. Masa del material saturado superficialmente seco | (B) [gr] | 2000.00 | 2000.00 |
| 3. Masa aparente en agua de la muestra saturada | (C) [gr] | 1186.00 | 1192.00 |
| 5. Densidad relativa Seca | A/(B-C) [gr/cc] | 2.40 | 2.42 |
| 6. Densidad relativa (SSS) | B/(B-C) [gr/cc] | 2.46 | 2.48 |
| 7. Densidad relativa Aparente | A/(A-C) [gr/cc] | 2.54 | 2.56 |

| ABSORCIÓN | | | |
|--|------------------------|--------------|--------------|
| 10. Masa del material saturado superficialmente seco | (B) [gr/cc] | 2000.00 | 2000.00 |
| 11. Masa de la muestra ensayada secada al horno | (A) [gr/cc] | 1955.00 | 1955.00 |
| 12. Porcentaje de absorción | ((S-A)/A)100[%] | 2.30% | 2.30% |

3. PESO UNITARIO (NORMA ASTM C 29)

| Procedimiento | [Kg] | P.U.S. | | P.U.C. | |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | |
| 1. Peso molde + material | [Kg] | 34.900 | 34.900 | 37.790 | 37.790 |
| 2. Peso molde | [Kg] | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 |
| 3. Peso del material | [Kg] | 19.400 | 19.400 | 22.3 | 22.3 |
| 4. Volumen del molde | [m³] | 0.0149 | 0.0149 | 0.0149 | 0.0149 |
| 5. Peso Unitario | [Kg/m³] | 1305.00 | 1305.00 | 1499.00 | 1499.00 |
| 6. Peso Unitario Promedio | [Kg/m³] | 1305.00 | | 1499.00 | |



Luis Lopez Mendoza
ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Figura N° 11: Hoja de cálculo, para granulometría, peso específico y porcentaje de absorción: Elaboración propia.

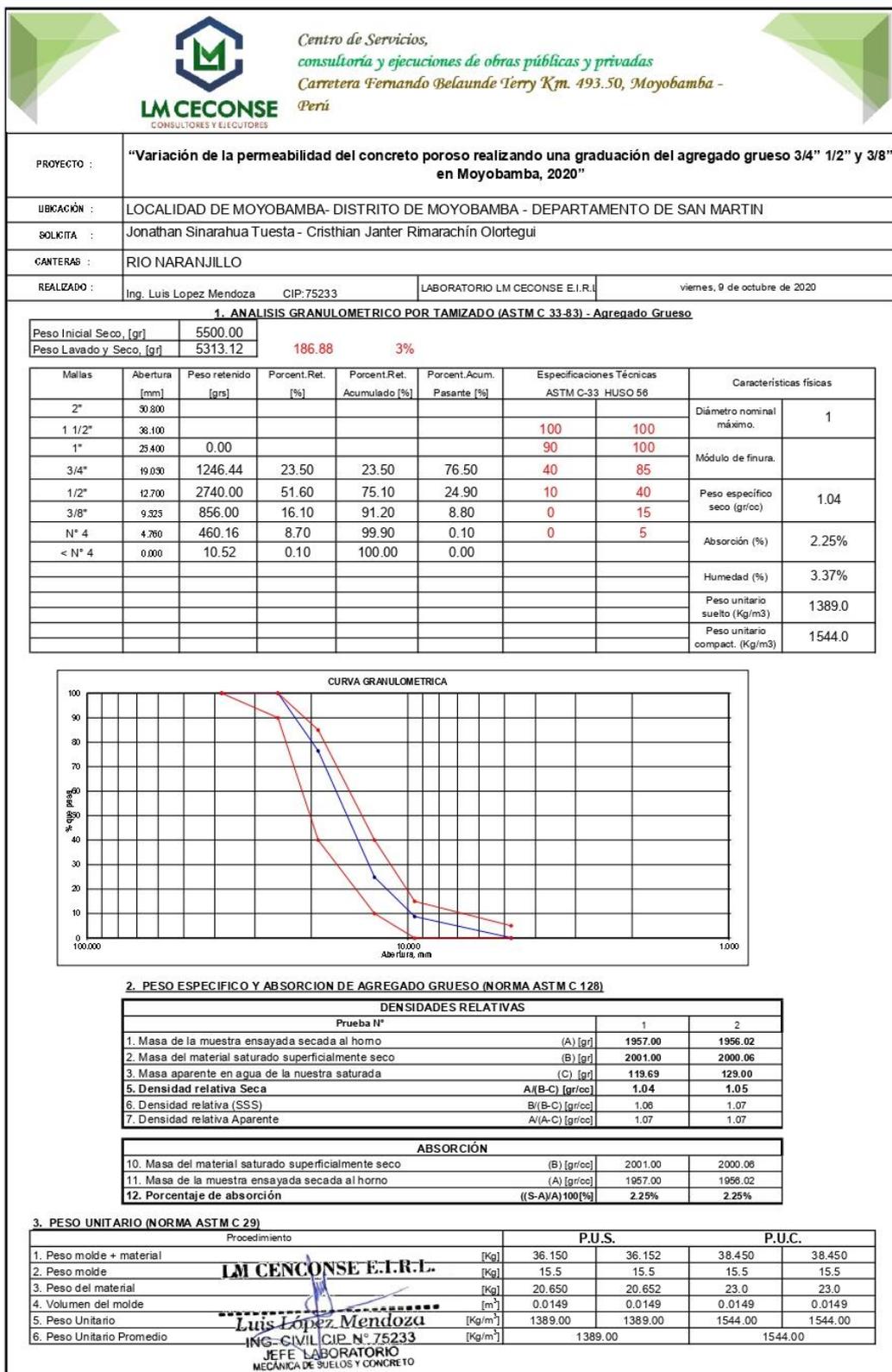


Figura N° 11: Hoja de cálculo, para granulometría, peso específico y porcentaje de absorción: Elaboración propia.



Figura N° 12: Tamizado del agregado grueso con los tamices ASTM: Elaboración propia

Figura N° 13: Secado superficial de la muestra, para determinar peso específico: Elaboración propia





Figura N° 14: Sumergimiento de la muestra saturada en agua, para determinar peso específico: Elaboración propia

Figura N° 15: Pesado del agregado grueso, para determinar peso unitario suelto: Elaboración propia





Figura N° 16: Compactado del agregado grueso, para determinar peso unitario compactado: Elaboración propia



Figura N° 16: Compactado del agregado grueso, para determinar peso unitario compactado: Elaboración propia

ANEXO N° 07, CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA





Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú

LMCECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES



| | | |
|-------------|---|-------------------------------|
| PROYECTO : | "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una graduación del agregado grueso 3/4" 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | |
| UBICACIÓN : | DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN | |
| SOLICITA : | Jonathan Sinarahua Tuesta - Cristhian Janter Rimarachin Olortegui | |
| CANTERAS : | RIO NARANJILLO | |
| REALIZADO : | LMCECONSE E.I.R.L | viernes, 9 de octubre de 2020 |

I Datos del Cemento

| | | |
|---|------------|--------------------------|
| Tipo de cemento: EXTRA FORTE (Pacasmayo) | | |
| $f'c =$ | 175 | kg/cm² |
| Slup Requerido | 1" a 2" | Pulg |
| Densidad Cemento | 3.15 | gr/cm ³ |
| Densidad Agua | 1000 | kg/m ³ |

II Datos de los Agregados (Resultados del Laboratorio)

| Características Físicas de Agregados (Cantera Rio Nueva Cajamarca) | Agregado Fino (Arena grueso) | Agregado Grueso (Piedra Chancada de 1/2") |
|--|------------------------------|---|
| Perfil | | Angular |
| Peso Unitario Suelto en kg/m3 | | 1305.00 |
| Peso Unitario Compactado en kg/m3 | | 1499.00 |
| Densidad en kg/m3 | | 2401.72 |
| Porcentaje de Absorción | | 2.30% |
| Porcentaje de Humedad | | 3.37% |
| Modulo de Fineza | | |
| Tamaño Maximo Nominal en pulg | | 3/4 " |

III Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$)

| Cuando $f'c$ | $f'cr$ |
|--------------|----------|
| Menos de 210 | $f'c+70$ |
| 210 - 350 | $f'c+84$ |
| >350 | $f'c+98$ |

Entonces $f'cr =$ 245.00 kg/cm

III Cálculo del Contenido de Aire

| Tam Máx Nom Ag Grueso | Aire Atrapado |
|-----------------------|---------------|
| 3/8 | 3.0% |
| 1 | 1.5% |
| 1 1/2 | 1.0% |
| 2 | 0.5% |
| 3 | 0.3% |
| 4 | 0.2% |

Entonces %A= 2.00%

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza

ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

LM CENCONSE E.I.R.L.

IV Contenido de Agua

| | |
|--------------|-----------------|
| Asentamiento | Tamaño Agregado |
| 1" a 2" | 3/4 |

| | |
|----------------------|----------|
| De Tabla Cant Agua = | 95.00 lt |
|----------------------|----------|

V Relación Agua Cemento

f'cr= 245 X= 0.35 = a/c

VI Contenido de Cemento

a/c= 0.350
a= 95.00 lt

Entonces C= 271.43 kg

Peso Cemento 42.50 kg

| | |
|-----------|----------------|
| Factor C= | 6.39 bolsas/m3 |
|-----------|----------------|

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

VI Peso de Agregado Grueso

Peso a.g. = b/bo(Peso u.s.c)

De Tabla b/bo= Cruce entre Tam Max Agregado y Modulo de fineza

| | | |
|----------------|---------|------|
| | 3/4 | 0.00 |
| De Tabla b/bo= | 1.000 | |
| Peso u.s.c.= | 1499.00 | |

| | |
|------------------------------|------------|
| Peso a.g.=b/bo(Peso u.s.c) = | 1499.00 kg |
|------------------------------|------------|

VII Volumen Absoluto

Datos calculados

| | | | |
|------------------|--------------|---|----------|
| Aire | = 2.00% | = | 0.020 m3 |
| Agua | = 95.00 lt | = | 0.095 m3 |
| Cemento | = 271.43 kg | = | 0.086 m3 |
| Peso a. grueso | = 1499.00 kg | = | 0.624 m3 |
| | | | ===== |
| | | | 0.825 m3 |
| Volumen del fino | = | | 0.175 m3 |
| Peso a. fino | = | | 0.00 kg |

LM CENCONSE E.I.R.L.

VII Presentación del Diseño en Estado Seco y Corrección Por Humedad de los Agregados

| Corrección = Peso seco x (w%/100+1) | | Corrección | |
|--|--------------|-------------------|----------------------------|
| Aire | = 2.00% | = | 2.00% 0.020 |
| Agua | = 95.00 lt | = | 95.00 lt 0.095 |
| Cemento | = 271.43 kg | = | 271.43 kg 0.086 m3 |
| Peso a. fino | = 0.00 kg | = | 0.00 kg |
| Peso a. grueso | = 1499.00 kg | = | 1549.45 kg 0.645 m3 |
| | | | 1899.40 kg 0.846 m3 |

VIII Aporte de Agua a la Mezcla

(%w - %abs) x Agregado seco

| | | |
|-----------------|---|----------|
| Agregado fino | = | 0.00 lt |
| Agregado grueso | = | 16.48 lt |
| | | ===== |
| | | 16.48 lt |

| | | | | |
|-----------------|---|---------------------------------|---|----------|
| Aporte efectiva | = | Agua calculada - Agua de aporte | = | 78.52 lt |
|-----------------|---|---------------------------------|---|----------|

IX Proporciónamiento del Diseño en kg/m3

6.71 bolsas/m3

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|------------------|---------|-------------------|-----------------|
| 285.00 kg | | 1626.92 KG | 82.44 lt |

X Dosificación en peso

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|----------------|---------|----------------|-----------------|
| 1.00 kg | | 5.71 kg | 12.91 lt |

XI Proporción en metros cubicos (m3)

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|-------------------|---------|-----------------|-----------------|
| 6.71 bolsa | | 1.247 m3 | 82.44 lt |

XI Proporción en un pies cubicos (pie3)

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|-------------------|---------|------------------|-----------------|
| 1.00 bolsa | | 6.89 pie3 | 12.91 lt |

XI Proporción en un balde de 18 litros

1.00 balde= **18.00 lt**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|-------------------|---------|---------------------|-----------------|
| 1.00 bolsa | | 10.84 baldes | 12.91 lt |

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 JEFE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

LM CENCONSE E.I.R.L.

| | | |
|-------------|---|-------------------------------|
| PROYECTO : | "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una graduación del agregado grueso 3/4" 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | |
| UBICACIÓN : | LOCALIDAD DE MOYOBAMBA- DISTRITO DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MA | |
| SOLICITA : | Jonathan Sinarahua Tuesta - Cristhian Janter Rimarachin Olortegui | |
| CANTERAS : | RIO NARANJILLO | |
| REALIZADO : | Ing. Luis Lopez Mendoza CIP:75233 | viernes, 9 de octubre de 2020 |

I Datos del Cemento

| | | |
|---|------------|--------------------------|
| Tipo de cemento: EXTRA FORTE (Pacasmayo) | | |
| $f'c =$ | 175 | kg/cm² |
| Slup Requerido | 1" a 2" | Pulg |
| Densidad Cemento | 3.15 | gr/cm ³ |
| Densidad Agua | 1000 | kg/m ³ |

II Datos de los Agregados (Resultados del Laboratorio)

| Características Físicas de Agregados (Cantera Rio Nueva Cajamarca) | Agregado Fino (Arena grueso) | Agregado Grueso (Piedra Chancada de 1/2") |
|--|------------------------------|---|
| Perfil | | Angular |
| Peso Unitario Suelto en kg/m3 | | 1389.00 |
| Peso Unitario Compactado en kg/m3 | | 1544.00 |
| Densidad en kg/m3 | | 1040.23 |
| Porcentaje de Absorción | | 2.25% |
| Porcentaje de Humedad | | 3.37% |
| Modulo de Fineza | | |
| Tamaño Maximo Nominal en pulg | 1 | " |

III Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$)

| Cuando $f'c$ | $f'cr$ |
|--------------|----------|
| Menos de 210 | $f'c+70$ |
| 210 - 350 | $f'c+84$ |
| >350 | $f'c+98$ |

Entonces $f'cr =$ 245.00 kg/cm

III Cálculo del Contenido de Aire

| Tam Máx Nom Ag Grueso | Aire Atrapado |
|-----------------------|---------------|
| 3/8 | 3.0% |
| 1 | 1.5% |
| 1 1/2 | 1.0% |
| 2 | 0.5% |
| 3 | 0.3% |
| 4 | 0.2% |

Entonces %A= 1.50%

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

IV Contenido de Agua

| Asentamiento | Tamaño Agregado |
|--------------|-----------------|
| 1" a 2" | 1 |

De Tabla Cant Agua = 95.00 lt

V Relación Agua Cemento

f'cr= 245 X= 0.300 = a/c

VI Contenido de Cemento

a/c= 0.300
a= 95.00 lt

Entonces C= 316.67 kg

Peso Cemento 42.50 kg

Factor C= 7.45 bolsas/m3

LM CENCONSE E.I.R.L.
Luis Lopez Mendoza
ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

VI Peso de Agregado Grueso

Peso a.g. = b/bo (Peso u.s.c)

De Tabla b/bo= Cruce entre Tam Max Agregado y Modulo de fineza

| | | |
|----------------|---------|------|
| | 1 | 0.00 |
| De Tabla b/bo= | 1.000 | |
| Peso u.s.c.= | 1544.00 | |

Peso a.g.=b/bo(Peso u.s.c) = 1544.00 kg

VII Volumen Absoluto

Datos calculados

Aire = 1.50% = 0.015 m3
 Agua = 95.00 lt = 0.095 m3
 Cemento = 316.67 kg = 0.101 m3
 Peso a. grueso = 1544.00 kg = 1.484 m3
 =====
 1.695 m3

Volumen del fino = -0.695 m3

Peso a. fino = 0.00 kg

LM CENCONSE E.I.R.L.

VII Presentación del Diseño en Estado Seco y Corrección Por Humedad de los Agregados

| | | | |
|--|--------------|-------------------|----------------------------|
| Corrección = Peso seco x (w%/100+1) | | Corrección | |
| Aire | = 1.50% | = | 1.50% 0.015 |
| Agua | = 95.00 lt | = | 95.00 lt 0.095 |
| Cemento | = 316.67 kg | = | 316.67 kg 0.101 m3 |
| Peso a. fino | = 0.00 kg | = | 0.00 kg |
| Peso a. grueso | = 1544.00 kg | = | 1595.96 kg 1.534 m3 |
| | | | 1989.83 kg 1.745 m3 |

VIII Aporte de Agua a la Mezcla
(%w - %abs) x Agregado seco

| | | |
|-----------------|---|----------|
| Agregado fino | = | 0.00 lt |
| Agregado grueso | = | 17.80 lt |
| | | ===== |
| | | 17.80 lt |

| | | |
|-----------------|-----------------------------------|------------|
| Aporte efectiva | = Agua calculada - Agua de aporte | = 77.20 lt |
|-----------------|-----------------------------------|------------|

IX Proporciónamiento del Diseño en kg/m3

7.82 bolsas/m3

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|-----------|---------|----------------|----------|
| 332.50 kg | | 1675.76 KG | 81.06 lt |

X Dosificación en peso

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|---------|---------|----------------|----------|
| 1.00 kg | | 5.04 kg | 10.88 lt |

XI Proporción en metros cubicos (m3)

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|------------|---------|----------------|----------|
| 7.82 bolsa | | 1.206 m3 | 81.06 lt |

XI Proporción en un pies cubicos (pie3)

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|------------|---------|----------------|----------|
| 1.00 bolsa | | 5.71 pie3 | 10.88 lt |

XI Proporción en un balde de 18 litros

1.00 balde= 18.00 lt

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|------------|---------|----------------|----------|
| 1.00 bolsa | | 8.98 baldes | 10.88 lt |

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza

ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

LM CENCONSE E.I.R.L.

Figura N° 17: Hoja de cálculo, Diseño de mezcla concreto poroso: Elaboración propia.

ANEXO N° 08, ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS



Figura N° 18: Pesado de los agregados para elaboración de concreto poroso: Elaboración propia

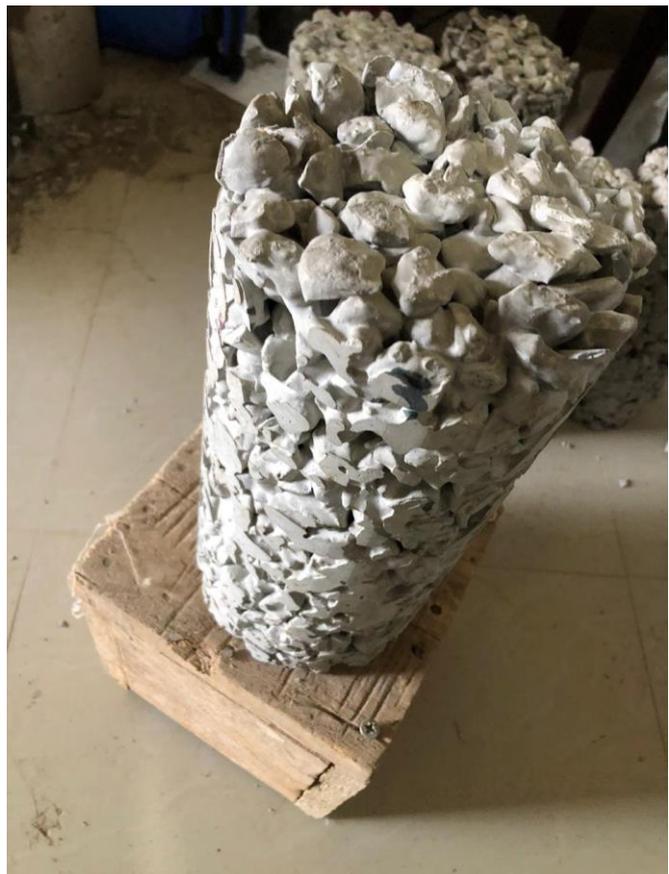
Figura N° 19: Proceso de mezclado de los materiales para elaboración de concreto poroso: Elaboración propia





Figura N° 20: Testigos de concreto poroso en estado de endurecimiento: Elaboración propia

Figura N° 20: Testigos de concreto poroso en estado de endurecimiento: Elaboración propia



ANEXO N° 09, ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO POROSO



Figura N° 21: Vaciado de concreto poroso para ensayo de asentamiento, usando el cono de Abrams: Elaboración propia



Figura N° 22: Determinación de cero asentamientos del concreto poroso, usando el cono de Abrams: Elaboración propia

ANEXO N° 10, ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO



Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD - TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ACI 522-R

ACI : ACI 522-R
 TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".
 SOLICITANTES : JONATHAN SINARAHUA TUESTA, CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI
 LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN
 ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{A}{a} \times \ln \frac{h1}{h2}$$

- k = Coeficiente de Permeabilidad
- L = Longitud de la Muestra
- A = Área de la Muestra
- a = Área de Tubería de Carga
- t = Tiempo que tarda en pasar de h1 hasta h2
- h1 = Altura de agua medida por la parte superior de la muestra
- h2 = Altura de tubería de salida de agua

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 JEFE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

| Coeficiente de Permeabilidad | | | | | | | | |
|--|--------|----------------------|----------------------|---------|---------|---------|------------|------------|
| Descripción | L (cm) | A (cm ²) | a (cm ²) | h1 (cm) | h2 (cm) | t (seg) | Ln (h1/h2) | k (cm/seg) |
| Concreto permeable - Diametro de 3/4", 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 15.27 | 0.1054 | 0.20 |
| Concreto permeable - Diametro de 3/4", 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 13.21 | 0.1054 | 0.24 |
| Concreto permeable - Diametro de 3/4", 1/2" y 3/8" | 30 | 176.71 | 176.71 | 30 | 27 | 12.84 | 0.1054 | 0.25 |
| Coeficiente de Permeabilidad Promedio k | | | | | | | | 0.23 |

| Coeficiente de Permeabilidad | | | | | | | | |
|--|--------|----------------------|----------------------|---------|---------|---------|------------|------------|
| Descripción | L (cm) | A (cm ²) | a (cm ²) | h1 (cm) | h2 (cm) | t (seg) | Ln (h1/h2) | k (cm/seg) |
| Concreto permeable - Diametro de 1/2" y 3/8" | 30 | 176.71 | 176.71 | 30 | 27 | 16.25 | 0.1054 | 0.19 |
| Concreto permeable - Diametro de 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 14.42 | 0.1054 | 0.22 |
| Concreto permeable - Diametro de 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 14.21 | 0.1054 | 0.22 |
| Coeficiente de Permeabilidad Promedio k | | | | | | | | 0.21 |

Figura N° 23: Hoja de cálculo, Coeficiente de permeabilidad "k": Elaboración propia.

ANEXO N° 11, ENSAYO DE ROTURA DE PROBETAS



Figura N° 24: Determinación del diámetro de las probetas de testigo: Elaboración propia

Figura N° 25: Determinación de la altura de las probetas de testigo: Elaboración propia



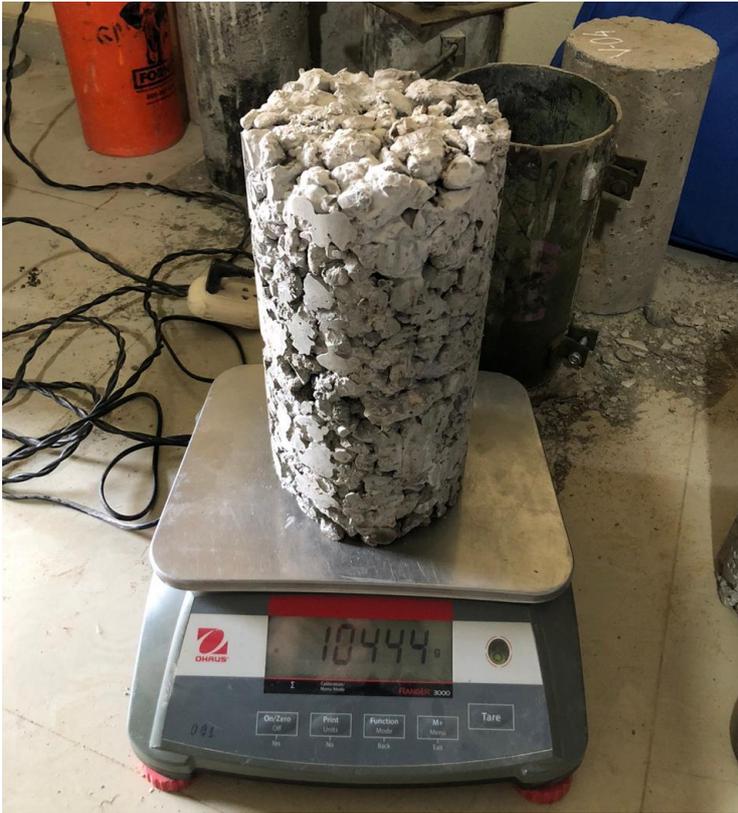


Figura N° 26: Determinación del peso de las probetas de testigo: Elaboración propia

Figura N° 27: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión: Elaboración propia



Figura N° 28: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión: Elaboración propia



Figura N° 29: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión: Elaboración propia

Figura N° 30: Probetas de concreto poroso después de su prueba de resistencia a compresión:
Elaboración propia



Figura N° 31: Probetas de concreto poroso después de su prueba de resistencia a compresión:
Elaboración propia



LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3002

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 22/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F°C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 23,955.15 | 174.37 | 137.38 | 175 | 78.51 | c |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.10 | 30.50 | 1.92 | 23,649.34 | 179.08 | 132.06 | 175 | 75.46 | d |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.00 | 30.50 | 1.94 | 22,935.78 | 176.71 | 129.79 | 175 | 74.17 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

76.04

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

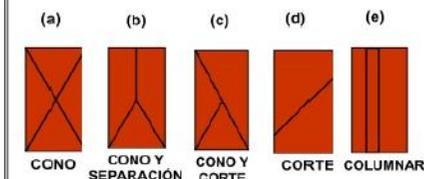
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA





LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

OBRA : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3005

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 29/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F°C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|-------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.00 | 30.00 | 1.89 | 27,726.81 | 176.71 | 156.90 | 175 | 89.66 | c |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.00 | 30.00 | 1.89 | 27,319.06 | 176.71 | 154.59 | 175 | 88.34 | d |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 27,930.68 | 179.08 | 155.97 | 175 | 89.13 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

89.04

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

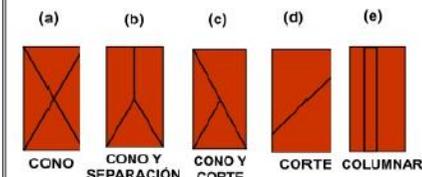
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA





LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

| | | | |
|---------------|---|----------------------|--------------|
| ASTM : | C 39 - 2004 | CERTIFICADO : | Nº 3009 |
| OBRA : | "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020". | REALIZADO : | Ing. P.O.M.G |
| SOLICITANTE : | JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI | SUPERVISADO POR : | ING L.L.M |
| LUGAR : | MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN | LUGAR DE EJECUCIÓN : | LM CECONSE |
| ESTRUCTURA : | CARPETA DE RODADURA | FECHA : | 12/11/2020 |
| RESISTENCIA : | f _c 175 Kg/cm ² | HORA : | 9:30: a.m. |

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F' C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|-------|----------|--------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | | | | | | | | | | |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.60 | 30.00 | 1.89 | 30,071.36 | 167.42 | 179.62 | 175 | 102.64 | c |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.70 | 30.50 | 1.84 | 30,071.36 | 169.72 | 177.19 | 175 | 101.25 | d |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.90 | 30.15 | 2.01 | 31,141.69 | 174.37 | 178.60 | 175 | 102.06 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

101.98

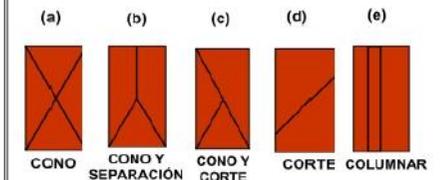
Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.
Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

CERTIFICADO : N° 3003

TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

FECHA : 22/10/2020

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

HORA : 9:30: a.m.

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F ^c DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 14.90 | 30.00 | 2.05 | 24,260.96 | 174.37 | 139.14 | 175 | 79.51 | d |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.00 | 30.40 | 2.00 | 24,668.71 | 176.71 | 139.60 | 175 | 79.77 | b |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 24,974.52 | 174.37 | 143.23 | 175 | 81.85 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 - 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos **80.37**

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

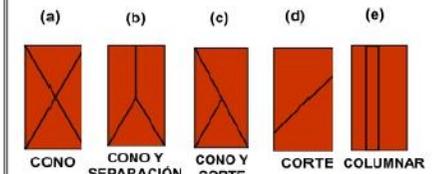
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

OBRA : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3007

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 29/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F' C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|-------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.10 | 29.50 | 1.98 | 27,991.85 | 179.08 | 156.31 | 175 | 89.32 | d |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.00 | 29.50 | 2.00 | 28,950.05 | 176.71 | 163.82 | 175 | 93.61 | d |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 14.90 | 30.10 | 2.01 | 28,644.24 | 174.37 | 164.28 | 175 | 93.87 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 - 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos **92.27**

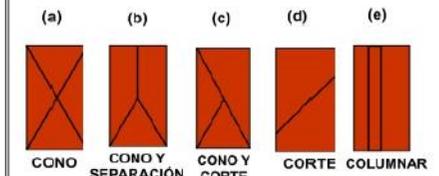
Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.
Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

| | | | |
|---------------|---|----------------------|--------------|
| ASTM : | C 39 - 2004 | CERTIFICADO : | N° 3010 |
| OBRA : | "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020". | REALIZADO : | Ing. P.O.M.G |
| SOLICITANTE : | JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI | SUPERVISADO POR : | ING L.L.M |
| LUGAR : | MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN | LUGAR DE EJECUCIÓN : | LM CECONSE |
| ESTRUCTURA : | CARPETA DE RODADURA | FECHA : | 12/11/2020 |
| RESISTENCIA : | f _c 175 Kg/cm ² | HORA : | 9:30: a.m. |

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F' C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|-------|----------|--------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | | | | | | | | | | |
| 4.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.80 | 30.00 | 2.07 | 30,988.79 | 172.03 | 180.13 | 175 | 102.93 | b |
| 5.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.90 | 30.00 | 2.03 | 31,702.34 | 174.37 | 181.81 | 175 | 103.89 | b |
| 6.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.90 | 30.50 | 2.01 | 31,090.72 | 174.37 | 178.31 | 175 | 101.89 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 - 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

102.91

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

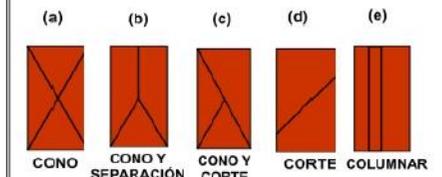
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

CERTIFICADO : N° 3004

TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANter RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

FECHA : 22/10/2020

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

HORA : 9:30: a.m.

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F ^c DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|-----------------------|------------|------------|------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 26,503.57 | 179.08 | 148.00 | 175 | 84.57 | d |
| 2.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 27,319.06 | 174.37 | 156.68 | 175 | 89.53 | b |
| 3.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 26,299.69 | 179.08 | 146.86 | 175 | 83.92 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

86.01

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

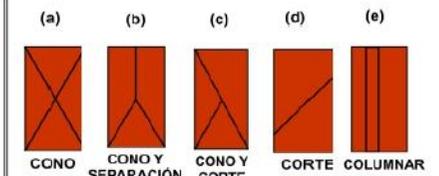
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA





LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

OBRA : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3008

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 29/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F ^c DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|-----------------------|------------|------------|-------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 28,950.05 | 179.08 | 161.66 | 175 | 92.38 | b |
| 2.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 29,255.86 | 174.37 | 167.78 | 175 | 95.88 | c |
| 3.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 29,357.80 | 179.08 | 163.94 | 175 | 93.68 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos 93.98

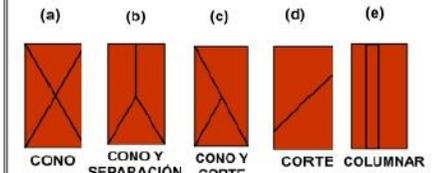
Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.
Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

CERTIFICADO : N° 3011

OBRA : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

FECHA : 12/11/2020

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

HORA : 9:30: a.m.

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F' C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|-----------------------|------------|------------|-------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 7.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 32,110.09 | 179.08 | 179.31 | 175 | 102.46 | d |
| 8.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 33,129.46 | 174.37 | 190.00 | 175 | 108.57 | c |
| 9.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 32,823.65 | 179.08 | 183.29 | 175 | 104.74 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilindricos

105.26

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.
Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA

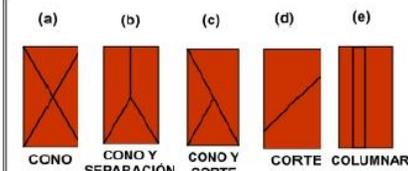


Figura N° 32: Hoja de cálculo, ruptura de probetas de concreto poroso: Elaboración propia.

ANEXO N°12, CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DEL LABORATORIO

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 074 - 2020

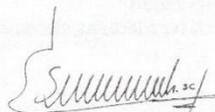
Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

| | | |
|-------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 200008 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Equipo | PRENSA DE CONCRETO | |
| Capacidad | 2000 KN | |
| Marca | A&A INSTRUMENTS | |
| Modelo | STYE-2000 | |
| Número de Serie | 70824 | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Procedencia | CHINA | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Indicación | DIGITAL | |
| Marca | MC | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Modelo | LM-02 | |
| Número de Serie | NO INDICA | |
| Resolución | 0,01 / 0,1 KN (*) | |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-01 | |

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2020-06-02



ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av: San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
MT - LF - 074 - 2020

Página 1 de 3

| | | |
|-------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 200008 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Equipo | PRENSA DE CONCRETO | |
| Capacidad | 2000 kN | |
| Marca | A&A INSTRUMENTS | |
| Modelo | STYE-2000 | |
| Número de Serie | 70824 | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Procedencia | CHINA | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Indicación | DIGITAL | |
| Marca | MC | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Modelo | LM-02 | |
| Número de Serie | NO INDICA | |
| Resolución | 0,01 / 0,1 kN (*) | |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-01 | |

Fecha de Emisión

2020-06-02

Jefe del Laboratorio de Metrología

ELEAZAR CESAR CHAVEZ PARAZ

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 074 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo | | Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia | | | |
|-----------------------|------------|--|------------|------------|---------------------|
| % | F_1 (kN) | F_1 (kN) | F_2 (kN) | F_3 (kN) | $F_{promedio}$ (kN) |
| 10 | 100 | 99,4 | 99,2 | 99,6 | 99,4 |
| 20 | 200 | 199,1 | 198,9 | 199,4 | 199,2 |
| 30 | 300 | 299,3 | 299,1 | 299,4 | 299,2 |
| 40 | 400 | 399,5 | 398,1 | 398,9 | 398,8 |
| 50 | 500 | 500,1 | 498,1 | 498,9 | 499,0 |
| 60 | 600 | 600,6 | 598,3 | 599,8 | 599,6 |
| 70 | 700 | 701,0 | 698,6 | 699,8 | 699,8 |
| 80 | 800 | 800,4 | 797,7 | 799,5 | 799,2 |
| 90 | 900 | 900,4 | 898,3 | 900,5 | 899,8 |
| 100 | 1000 | 1000,5 | 998,6 | 1000,3 | 999,8 |
| Retorno a Cero | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |

| Indicación del Equipo F (kN) | Errores Encontrados en el Sistema de Medición | | | | Incertidumbre U (k=2) (%) |
|---------------------------------|---|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Exactitud q (%) | Repetibilidad b (%) | Reversibilidad v (%) | Resol. Relativa a (%) | |
| 100 | 0,61 | 0,40 | --- | 0,01 | 0,31 |
| 200 | 0,42 | 0,25 | --- | 0,01 | 0,31 |
| 300 | 0,26 | 0,10 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 400 | 0,29 | 0,35 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 500 | 0,20 | 0,40 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 600 | 0,08 | 0,40 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 700 | 0,02 | 0,34 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 800 | 0,10 | 0,34 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 900 | 0,03 | 0,24 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 1000 | 0,02 | 0,19 | --- | 0,00 | 0,31 |

| | |
|---|--------|
| MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) | 0,00 % |
|---|--------|



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 157 - 2020

Página 3 de 4

| | | |
|--------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 200008 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA | Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| Capacidad Máxima | 3000 g | |
| División de escala (d) | 0,01 g | |
| Div. de verificación (e) | 0,1 g | |
| Clase de exactitud | ii | |
| Marca | H.T.WINER | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Modelo | DJ | |
| Número de Serie | HS1503504 | |
| Capacidad mínima | 0,5 g | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Procedencia | CHINA | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-01 | |

Fecha de Emisión

2020-06-03

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
MT - LM - 157 - 2020

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 27,7 °C | 24,4 °C |
| Humedad Relativa | 62 % | 61 % |

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--|--------------------------------|----------------------------|
| PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: 180467001 | PESAS (Clase de Exactitud: E2) | LM-C-198-2019 |
| PESA (Clase de exactitud E2) DM-INACAL: LM-175-2019 | PESA (Clase de Exactitud F1) | M-0808-2019 |

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 157 - 2020

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

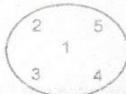
| | | | | | |
|------------------|-------|------------------|----------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | PLATAFORMA | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | NO TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| | | NIVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición Nº | Carga L1 = 1 500,00 g | | | Carga L2 = 3 000,00 g | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------|--------|--------------------------|---------|--------|-------|
| | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | |
| 1 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,00 | 5 | 0 | |
| 2 | 1 500,01 | 6 | 9 | 3 000,00 | 5 | 0 | |
| 3 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 4 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 5 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 6 | 1 500,01 | 6 | 9 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 7 | 1 500,01 | 6 | 9 | 3 000,02 | 7 | 18 | |
| 8 | 1 500,01 | 6 | 9 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 9 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 10 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| Diferencia Máxima | | | 9 | Diferencia Máxima | | | 18 |
| Error Máximo Permissible | | | ± 200 | Error Máximo Permissible | | | ± 300 |



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición
de las
cargas

| Temperatura | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|
| | 24,2 °C | 24,2 °C |

| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero E ₀ | | | | Determinación del Error Corregido E _c | | | | | |
|----------------------------|--|-------|---------|---------------------|--|----------|---------|--------|---------------------|-------|
| | Carga Mínima* | I (g) | ΔL (mg) | E ₀ (mg) | Carga L (g) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | E _c (mg) | |
| 1 | 0,10 g | 0,10 | 6 | -1 | 1 000,00 | 1 000,02 | 6 | 19 | 20 | |
| 2 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 000,03 | 7 | 28 | 29 | |
| 3 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 000,03 | 7 | 28 | 29 | |
| 4 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 000,03 | 7 | 28 | 29 | |
| 5 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 000,01 | 8 | 7 | 8 | |
| * Valor entre 0 y 10e | | | | | Error máximo permisible | | | | | ± 200 |

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 157 - 2020

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final |
| | 24,4 °C | 24,4 °C |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p ** (± mg) |
|----------------|------------|---------|--------|---------|--------------|---------|--------|---------|--------------------|
| | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) | |
| 0,10 | 0,10 | 5 | 0 | 0 | 0,10 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 0,50 | 0,50 | 5 | 0 | 0 | 0,50 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 1,00 | 1,00 | 5 | 0 | 0 | 1,00 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 5,00 | 5,00 | 5 | 0 | 0 | 5,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 10,00 | 10,01 | 6 | 9 | 9 | 10,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 50,00 | 50,01 | 6 | 9 | 9 | 50,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 100,00 | 100,02 | 7 | 18 | 18 | 100,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 500,00 | 500,02 | 7 | 18 | 18 | 500,02 | 7 | 18 | 18 | 100 |
| 1 000,00 | 1 000,02 | 7 | 18 | 18 | 1 000,02 | 7 | 18 | 18 | 200 |
| 2 000,00 | 2 000,03 | 7 | 28 | 28 | 2 000,02 | 7 | 18 | 18 | 200 |
| 3 000,00 | 3 000,03 | 7 | 28 | 28 | 3 000,03 | 7 | 28 | 28 | 300 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
l: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido



Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000128 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0,0000511 \text{ g}^2 + 0,00000000005 R^2)}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá M: F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTF - 010 - 2020

Página 1 de 3

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 200008 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | |
| 4. Instrumento de medición | MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| Fabricante | A&A INSTRUMENTS | |
| Número de Serie | 141002 | |
| Modelo | STMH-3 | |
| Alcance de Indicación | 9999 VUELTAS | |
| Div. de escala / Resolución | 1 VUELTA | |
| Identificación | NO INDICA | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Procedencia | CHINA | |
| Tipo de indicación | DIGITAL | |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-01 | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| 6. Lugar de calibración | LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | |

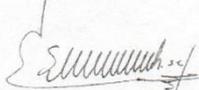
El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-06-02


ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

| Características de las esferas | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------|
| N° | MEDICIÓN DE LAS ESFERAS | |
| | Diámetro (mm) | Peso (g) |
| 1 | 46,75 | 416,2 |
| 3 | 46,76 | 416,7 |
| 4 | 46,75 | 416,9 |
| 5 | 46,75 | 416,3 |
| 6 | 46,76 | 416,7 |
| 7 | 46,74 | 416,8 |
| 8 | 46,75 | 416,7 |
| 9 | 46,75 | 416,5 |
| 10 | 46,74 | 416,5 |
| 11 | 46,73 | 416,6 |
| 12 | 46,73 | 416,7 |

| Características del tambor del equipo | |
|---------------------------------------|--------|
| Diámetro Interior | 712 mm |
| Longitud Interior | 509 mm |

Nota 1.- El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g, el diámetro debe estar entre 46,00 mm y 47,63 mm.

Nota 2.- El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm.

Nota 3.- El rango admisible para el diámetro interior del tambor del equipo es de 711 ± 5 mm.

Nota 4.- El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de 508 ± 5 mm.

11. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



Fin del documento

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LTF - 010 - 2020

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al DM INACAL, tomado como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|---------------------|---------|---------|
| Temperatura | 23,6 °C | 23,4 °C |
| Presión Atmosférica | 62,2 % | 63,4 % |



9. Patrones de referencia

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOP, con los siguientes certificados de calibración:

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|---|---|----------------------------|
| Generador de Funciones LTF C-096-2019 | TACÓMETRO ÓPTICO Incertidumbre del orden de 0,4 rpm | C-IN-0005-19 |
| Cinta Métrica clase I LLA-256-2019 | CINTA MÉTRICA con incertidumbre de medición de 0,9 mm. | L-0930-2019 |
| Magnificador Óptico LLA-080-2018 | | |
| PATRONES DE REFERENCIA DE Dirección de Metrología - INACAL | BALANZA - OHAUS Con clase de exactitud II | MT-LM-065-2019 |

10. Resultados

Determinación del vuelta/tiempo

| Tiempo (seg) | INDICACIÓN DEL PATRÓN | | | Giro de la Máquina (rpm) |
|--------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| | NÚMERO DE VUELTAS | NÚMERO DE VUELTAS | NÚMERO DE VUELTAS | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 120 | 63 | 63 | 63 | 31 |
| 180 | 95 | 95 | 95 | 32 |
| 240 | 126 | 126 | 126 | 31 |
| 300 | 158 | 158 | 158 | 32 |
| 360 | 190 | 190 | 190 | 32 |
| 420 | 221 | 221 | 221 | 31 |
| 480 | 253 | 253 | 253 | 32 |
| 540 | 285 | 285 | 285 | 32 |
| 600 | 316 | 316 | 316 | 31 |
| 660 | 348 | 348 | 348 | 32 |
| 720 | 380 | 380 | 380 | 32 |
| 780 | 411 | 411 | 411 | 31 |
| 840 | 443 | 443 | 443 | 32 |
| 900 | 474 | 474 | 474 | 31 |

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá M: F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 057 - 2020

Página 1 de 6

| | |
|-----------------|--|
| 1. Expediente | 200008 |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN |
| 4. Equipo | HORNO |
| Alcance Máximo | De 0 °C a 300 °C |
| Marca | A&A INSTRUMENTS |
| Modelo | STHX-1A |
| Número de Serie | 15118 |
| Procedencia | CHINA |
| Identificación | NO INDICA |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración equi declarados.

| Descripción | Controlador / Selector | Instrumento de medición |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Alcance | 0 °C a 300 °C | 0 °C a 300 °C |
| División de escala / Resolución | 0,1 °C | 0,1 °C |
| Tipo | DIGITAL | TERMÓMETRO DIGITAL |

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2020-06-01

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología Sello

2020-06-02


ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 633 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 057 - 2020**Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 6

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 24,1 °C | 23,6 °C |
| Humedad Relativa | 59 % | 59 % |

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 minutos minutos.
El controlador se seteo en 110 °C

**9. Patrones de referencia**

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado y/o Informe de calibración |
|---|--|--|
| Dirección de Metrología INACAL LT - 341 - 2018 | TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES | METROLOGIA & TECNICAS SAC MT - LT - 043 - 2019 |
| Dirección de Metrología INACAL LT - 342 - 2018 | | |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf: (511) 540-0642
Cel: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 057 - 2020

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

| Tiempo (min) | Termómetro del equipo (°C) | TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C) | | | | | | | | | | T _{prom} (°C) | máx.-T _m |
|-----------------|----------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|---------------------|
| | | NIVEL SUPERIOR | | | | | NIVEL INFERIOR | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,1 | 108,1 | 108,8 | 111,8 | 111,7 | 111,3 | 110,9 | 112,6 | 110,2 | 4,6 |
| 02 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,5 | 108,3 | 109,1 | 111,7 | 112,0 | 111,4 | 110,8 | 112,9 | 110,4 | 4,8 |
| 04 | 110,0 | 108,2 | 110,0 | 109,4 | 108,2 | 109,0 | 111,6 | 111,6 | 111,3 | 110,6 | 113,0 | 110,3 | 4,9 |
| 06 | 110,0 | 108,2 | 110,0 | 109,5 | 108,3 | 109,1 | 111,8 | 111,9 | 111,3 | 110,7 | 113,1 | 110,4 | 5,0 |
| 08 | 110,0 | 108,3 | 110,1 | 109,6 | 108,4 | 109,3 | 111,8 | 112,1 | 111,8 | 110,7 | 113,3 | 110,5 | 5,1 |
| 10 | 110,0 | 108,3 | 110,1 | 109,6 | 108,4 | 109,2 | 111,9 | 112,1 | 111,3 | 110,8 | 112,9 | 110,5 | 4,7 |
| 12 | 110,0 | 108,0 | 109,7 | 109,4 | 108,2 | 109,0 | 111,6 | 112,0 | 111,5 | 110,9 | 112,8 | 110,3 | 4,9 |
| 14 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,2 | 108,1 | 109,0 | 111,7 | 111,7 | 111,4 | 111,1 | 113,0 | 110,3 | 4,9 |
| 16 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,2 | 108,1 | 109,0 | 111,8 | 111,7 | 111,0 | 110,5 | 112,7 | 110,2 | 4,6 |
| 18 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,0 | 107,9 | 108,9 | 111,6 | 111,4 | 111,1 | 110,5 | 112,7 | 110,1 | 4,8 |
| 20 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,3 | 108,3 | 109,1 | 111,5 | 111,6 | 111,2 | 110,7 | 112,8 | 110,3 | 4,7 |
| 22 | 110,0 | 108,3 | 109,9 | 109,4 | 108,2 | 109,1 | 111,8 | 111,8 | 111,2 | 110,3 | 113,0 | 110,3 | 4,8 |
| 24 | 110,0 | 108,4 | 110,0 | 109,5 | 108,4 | 109,2 | 111,6 | 112,0 | 111,6 | 110,9 | 113,1 | 110,5 | 4,8 |
| 26 | 110,0 | 108,3 | 110,0 | 109,5 | 108,4 | 109,2 | 112,0 | 112,0 | 111,7 | 111,0 | 112,9 | 110,5 | 4,7 |
| 28 | 110,0 | 108,2 | 109,7 | 109,2 | 108,2 | 109,1 | 111,6 | 112,0 | 111,5 | 111,0 | 112,9 | 110,3 | 4,8 |
| 30 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,2 | 107,9 | 108,9 | 111,4 | 111,9 | 111,3 | 110,9 | 112,7 | 110,2 | 4,8 |
| 32 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,1 | 108,0 | 108,8 | 111,8 | 111,6 | 111,2 | 110,7 | 112,9 | 110,2 | 4,9 |
| 34 | 110,0 | 108,2 | 109,8 | 109,1 | 108,1 | 109,0 | 111,6 | 111,4 | 111,3 | 110,7 | 113,0 | 110,2 | 4,9 |
| 36 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,2 | 108,1 | 108,8 | 111,7 | 111,7 | 111,0 | 110,8 | 112,9 | 110,2 | 4,9 |
| 38 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,4 | 108,3 | 109,1 | 111,8 | 111,6 | 111,2 | 110,8 | 112,8 | 110,3 | 4,7 |
| 40 | 110,0 | 108,2 | 110,0 | 109,6 | 108,3 | 109,1 | 111,7 | 111,8 | 111,4 | 110,8 | 113,0 | 110,4 | 4,9 |
| 42 | 110,0 | 108,3 | 110,1 | 109,6 | 108,5 | 109,2 | 111,7 | 112,3 | 112,1 | 110,7 | 113,0 | 110,6 | 4,8 |
| 44 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,4 | 108,4 | 109,3 | 111,5 | 112,0 | 111,9 | 111,0 | 113,2 | 110,5 | 5,1 |
| 46 | 110,0 | 108,1 | 109,8 | 109,3 | 108,2 | 109,0 | 111,7 | 112,0 | 111,7 | 111,0 | 112,9 | 110,4 | 4,9 |
| 48 | 110,0 | 108,2 | 109,7 | 109,1 | 108,1 | 108,9 | 111,7 | 111,7 | 111,3 | 110,8 | 112,9 | 110,2 | 4,8 |
| 50 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,2 | 108,1 | 109,0 | 111,5 | 111,5 | 111,2 | 110,8 | 112,9 | 110,2 | 4,8 |
| 52 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,4 | 108,3 | 109,0 | 111,8 | 111,6 | 110,8 | 110,8 | 113,1 | 110,3 | 5,0 |
| 54 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,3 | 108,1 | 109,0 | 111,4 | 111,7 | 111,0 | 111,0 | 112,9 | 110,2 | 4,9 |
| 56 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,5 | 108,3 | 109,1 | 111,6 | 111,8 | 111,3 | 110,9 | 112,9 | 110,4 | 4,8 |
| 58 | 110,0 | 108,2 | 110,0 | 109,7 | 108,4 | 109,2 | 111,7 | 112,5 | 111,6 | 110,8 | 113,1 | 110,5 | 5,0 |
| 60 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,5 | 108,4 | 109,2 | 111,8 | 112,4 | 111,7 | 110,7 | 113,3 | 110,5 | 5,2 |
| T.PROM | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,3 | 108,3 | 109,0 | 111,7 | 111,8 | 111,4 | 110,8 | 113,0 | 110,3 | |
| T.MAX | 110,0 | 108,4 | 110,1 | 109,7 | 108,5 | 109,3 | 112,0 | 112,5 | 112,1 | 111,1 | 113,3 | | |
| T.MIN | 110,0 | 108,0 | 109,7 | 109,0 | 107,9 | 108,8 | 111,4 | 111,4 | 110,8 | 110,3 | 112,6 | | |
| DTT | 0,0 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 1,1 | 1,3 | 0,8 | 0,7 | | |



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC.: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 057 - 2020**

Página 4 de 6

| PARÁMETRO | VALOR (°C) | INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C) |
|---|---------------|---------------------------------|
| Máxima Temperatura Medida | 113,3 | 0,5 |
| Mínima Temperatura Medida | 107,9 | 0,5 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 1,3 | 0,6 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 4,8 | 0,6 |
| Estabilidad Medida (±) | 0,6 | 0,42 |
| Uniformidad Medida | 5,2 | 0,6 |

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540.0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

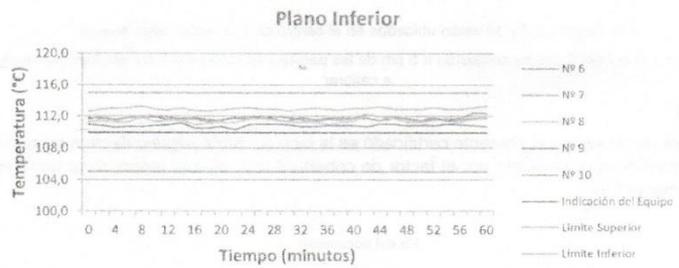
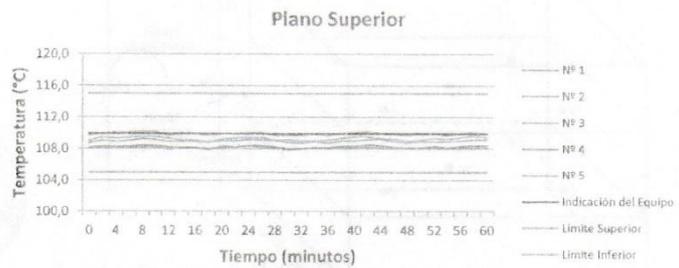
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 057 - 2020

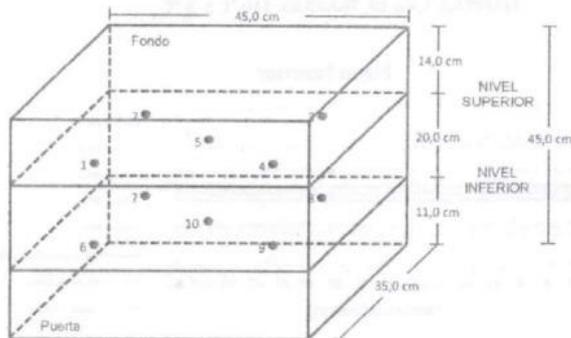
Página 5 de 6

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá M: F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES

Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Título de la Tesis

Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Sinarahua Tuesta, Jonathan (ORCID: 0000-0003-3630-6178)

Rimarachín Olórtegui, Cristhian Janter (ORCID: 0000-0002-6627-4413)

ASESORA:

Mg. Lavado Enríquez, Juana Maribel (ORCID: 0000-0001-9852-4651)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

MOYOBAMBA - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres Robinson Sinarahua Mesía y Leyli Tuesta Casique, por haber sido siempre los principales protagonistas, detrás de cada uno mis logros y metas alcanzadas; por sus palabras y gestos de aliento que me sirvieron de impulso para superar cada uno de los obstáculos que hemos encontrado en este camino al éxito.

Así mismo se lo quiero dedicar a cada uno de mis docentes, en especial a la ingeniera Juana Maribel Lavado Enríquez quienes aportaron de una u otra manera en mi formación como persona y como profesional, que sin mezquindad decidieron compartir sus conocimientos con los demás.

Quiero dedicar a mis amigos y familiares que siempre estuvieron ahí para apoyarme.

Sinarahua Tuesta Jonathan

Esta tesis va dedicada a mis progenitores Casimiro Rimarachín Gonzáles y María Ysabel Olórtegui Hidalgo, ya que ellos siempre fueron mi mayor motivación para seguir adelante, a mis hermanos Lily Raquel Rimarachín Olórtegui y Oscar Leví Rimarachín Olórtegui, que día a día estaban ahí para alentarme y mucho más en los momentos difíciles, a mí mismo, porque pude demostrarme que soy capaz de cumplir las metas que me proponga y que no importa todo lo que tenga que pasar porque al final hay una gran recompensa.

Además, el presente trabajo va dedicado a los docentes que me impulsaron y animaron para llegar hasta aquí, en especial a la ingeniera Juana Maribel Lavado Enríquez por el apoyo incondicional y por la impartición de conocimientos.

Rimarachín Olórtegui Cristhian Janter

Agradecimiento

Agradezco profundamente a Dios por haberme permitido llegar al final de una etapa más de la vida y haber alcanzado un objetivo más, agradezco también a mis padres Leyli Tuesta Casique y Robinson Sinarahua Mesía, quienes dedicaron todo su tiempo, esfuerzo y sacrificio para que yo pudiera alcanzar una meta más, gracias por todo su apoyo, quiero agradecer a mis familiares y amigos por haber estado siempre dispuestos a colaborar de manera desinteresada en este proyecto de vida; así mismo agradezco mucho a la ingeniera Juana Maribel Lavado Enríquez, quien dedicó su tiempo a orientarnos y a apoyarnos para mejorar cada día y entregar un buen producto final.

Sinarahua Tuesta Jonathan

Mi más inmenso agradecimiento al autor y consumidor de la fe, al digno por excelencia, al dador de la vida y dueño de la sabiduría e inteligencia, Dios, por la vida, salud, sabiduría e inteligencia hasta el sol de hoy para así poder cumplir con mis metas, así mismo también agradezco a mis progenitores Casimiro Rimarachín Gonzáles y María Ysabel Olórtegui Hidalgo y hermanos Lily Raquel Rimarachín Olórtegui y Oscar Leví Rimarachín Olórtegui, por los grandes consejos sabios y las buenas palabras de aliento.

También quiero agradecer a todas las personas que han sido parte de mi vida hasta el día de hoy, todos aportaron de alguna manera. Gracias

Rimarachín Olórtegui Cristhian Janter

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento | iv |
| Índice de tablas | viii |
| Índice de figuras..... | ix |
| Resumen | xi |
| Abstract..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 25 |
| 3.1. Tipo Y Diseño De Investigación | 25 |
| 3.2. Variables Y Operacionalización..... | 26 |
| 3.3. Población, Muestra Y Muestreo | 27 |
| 3.4. Técnicas e Instrumentos e Recolección de Datos | 27 |
| 3.5. Procedimientos | 28 |
| 3.6. Método De Análisis De Datos | 29 |
| 3.7. Aspectos éticos | 29 |
| IV. RESULTADOS | 30 |
| V. DISCUSIÓN | 43 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 46 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 47 |
| REFERENCIAS | 48 |
| ANEXOS..... | 55 |
| Matriz de consistencia | |
| Validación de instrumentos | |
| Ensayo de resistencia a la abrasión | |
| Determinación de contenido a la humedad | |

Análisis granulométrico, peso específico y absorción del agregado grueso, pesos unitarios

Actas

Cálculo del diseño de mezcla

Elaboración de las probetas

Ensayo de asentamiento del concreto poroso

Ensayo de permeabilidad del concreto poroso

Ensayo de rotura de probetas

Certificado de calibración de equipos del laboratorio

Porcentaje Turnitin, menor al 25%

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 01. Rangos Típicos de la Proporciones de los Materiales del Concreto Permeable | 17 |
| Tabla 02. Calidad de drenaje..... | 22 |
| Tabla 03. Valores para el Coeficiente de drenaje Cd..... | 22 |
| Tabla 04. Cronograma de control..... | 25 |
| Tabla 05. Porcentaje de desgaste del agregado grueso | 31 |
| Tabla 06. Contenido de Humedad del agregado grueso | 32 |
| Tabla 07. Características Físicas del agregado grueso de diámetros 1/2" y 3/8" | 33 |
| Tabla 08. Características Físicas del agregado grueso de diámetros 3/4", 1/2" y 3/8" | 34 |
| Tabla 09. Resistencia a la compresión probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 1/2" y 3/8"..... | 35 |
| Tabla 10. Resistencia a la compresión probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8"..... | 35 |
| Tabla 11. Resistencia a la compresión probetas de testigo, con concreto convencional..... | 36 |
| Tabla 12. Determinación del coeficiente de permeabilidad "k" en las probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 1/2" y 3/8"..... | 37 |
| Tabla 13. Determinación del coeficiente de permeabilidad "k" en las probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8"..... | 37 |
| Tabla 14. Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m ³ de Concreto Convencional, (dosificación según CAPECO)..... | 38 |
| Tabla 15. Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m ³ de Concreto Permeable, con agregado grueso de 1/2" y 3/8"..... | 39 |
| Tabla 16. Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m ³ de Concreto Permeable, con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8"..... | 40 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura N° 01. Permeámetro de Carga Variable | 19 |
| Figura N° 02. Partes de pavimento de Concreto Drenantes | 21 |
| Figura N° 03. Esquema de la estructura de pavimento poroso | 41 |
| Figura N° 04. Esquema de la estructura de pavimento poroso..... | 42 |
| Figura N° 05: Hoja de cálculo, porcentaje de desgaste, con máquina de los ángeles..... | 63 |
| Figura N° 06: Pesado y Tarado del agregado, para realizar prueba de abrasión..... | 64 |
| Figura N° 07: Colocación del agregado grueso dentro de la Máquina de los ángeles, junto a la carga abrasiva..... | 64 |
| Figura N° 08: Hoja de cálculo, para determinación de contenido de Humedad..... | 65 |
| Figura N° 09: Pesado y Tarado del agregado grueso para colocarlo en el horno..... | 66 |
| Figura N° 10: Retirada del agregado grueso del horno al día siguiente, para determinar el contenido de humedad..... | 66 |
| Figura N° 11: Hoja de cálculo, para granulometría, peso específico y porcentaje de absorción..... | 67 |
| Figura N° 12: Tamizado del agregado grueso con los tamices ASTM..... | 69 |
| Figura N° 13: Secado superficial de la muestra, para determinar peso específico..... | 69 |
| Figura N° 14: Sumergimiento de la muestra saturada en agua, para determinar peso específico..... | 70 |
| Figura N° 15: Pesado del agregado grueso, para determinar peso unitario suelto..... | 70 |
| Figura N° 16: Compactado del agregado grueso, para determinar peso unitario compactado..... | 71 |
| Figura N° 17: Hoja de cálculo, Diseño de mezcla concreto poroso..... | 72 |
| Figura N° 18: Pesado de los agregados para elaboración de concreto poroso..... | 78 |

| | |
|--|----|
| Figura N° 19: Proceso de mezclado de los materiales para elaboración de concreto poroso..... | 78 |
| Figura N° 20: Testigos de concreto poroso en estado de endurecimiento..... | 79 |
| Figura N° 21: Vaciado de concreto poroso para ensayo de asentamiento, usando el cono de Abrams..... | 80 |
| Figura N° 22: Determinación de cero asentamientos del concreto poroso, usando el cono de Abrams..... | 80 |
| Figura N° 23: Hoja de cálculo, Coeficiente de permeabilidad “k”..... | 81 |
| Figura N° 24: Determinación del diámetro de las probetas de testigo..... | 82 |
| Figura N° 25: Determinación de la altura de las probetas de testigo..... | 82 |
| Figura N° 26: Determinación del peso de las probetas de testigo..... | 83 |
| Figura N° 27: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión..... | 83 |
| Figura N° 28: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión..... | 84 |
| Figura N° 29: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión..... | 84 |
| Figura N° 30: Probetas de concreto poroso después de su prueba de resistencia a compresión..... | 85 |
| Figura N° 31: Probetas de concreto poroso después de su prueba de resistencia a compresión..... | 85 |
| Figura N° 32: Hoja de cálculo, ruptura de probetas de concreto poroso..... | 86 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad principal Realizar el diseño de mezcla para un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8". El modelo de investigación fue de tipo aplicada, de diseño experimental, con un enfoque cuantitativo, se contó con una población de 27 probetas cilíndricas, repartidas en dos grupos experimentales y uno de control; los instrumentos utilizados fueron las fichas normalizadas de cada uno de los ensayos realizados en el laboratorio. Los resultados obtenidos fueron dos diseños de concreto poroso, que pasaron de manera positiva todas y cada una de las pruebas a las que fueron sometidas; determinamos un porcentaje de desgaste del 25.70%, en el ensayo de abrasión con la máquina de los ángeles, al igual que obtuvimos un contenido de humedad del 3.37%, tamaño máximo nominal del agregado grueso, como también los pesos unitarios suelto y compactado, el peso específico; por otra parte determinamos la resistencia a la compresión máxima alcanzada en los 28 días de cada grupo experimental, de los cuales el concreto elaborado en base al agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", obtuvo una resistencia máxima de 181.81 kg/cm² , mientras que el otro diseño con agregado de 1/2" y 3/8", alcanzó una resistencia máxima de 179.62 kg/cm² , así mismo por cada diseño se obtuvo un coeficiente de permeabilidad de 0.25 cm/seg para el primer diseño y 0.22 cm/seg. para el segundo; Concluimos que la gradación del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8", es óptima para la elaboración de concreto permeable ya que se obtiene un balance entre la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

Palabras claves: Concreto poroso, Permeabilidad, Agregado grueso.

ABSTRACT

The main purpose of this research work was to carry out the mix design for porous concrete, varying the diameter of the coarse aggregate in 3/4 ", 1/2" and 3/8 ". The research model was of an applied type, of experimental design, with a quantitative approach, there was a population of 27 cylindrical test tubes, divided into two experimental groups and one control group; The instruments used were the standardized files for each of the tests carried out in the laboratory. The results obtained were two porous concrete designs, which passed each and every one of the tests to which they were subjected; we determined a wear percentage of 25.70%, in the abrasion test with the angels machine, as well as we obtained a moisture content of 3.37%, nominal maximum size of the coarse aggregate, as well as the loose and compacted unit weights, the specific weight; On the other hand, we determined the maximum compressive strength reached in the 28 days of each experimental group, of which the concrete elaborated based on the thick aggregate of 3/4 ", 1/2" and 3/8 ", obtained a resistance maximum of 181.81 kg / cm², while the other design with addition of 1/2 "and 3/8", reached a maximum resistance of 179.62 kg / cm², likewise for each design a permeability coefficient of 0.25 cm / sec for the first design and 0.22 cm / sec. for the second; We conclude that the gradation of the coarse aggregate in 3/4 ", 1/2" and 3/8 ", is optimal for the elaboration of permeable concrete since a balance is obtained between the compressive strength and the permeability.

Keywords: pervious concrete

I. INTRODUCCIÓN

Últimamente se ha presenciado en todo el mundo un elevado impacto ambiental; trayendo consigo grandes cambios climáticos, generando así la necesidad de buscar una nueva metodología para la construcción sostenible, logrando que se haga cada vez mayor el uso de materiales ecológicos, entre ellos destaca el concreto permeable que tuvo sus inicios en Japón en la década de los 80, desde ese momento se viene aprovechando sus grandes virtudes en muchas obras en Japón y otros países como Estados Unidos, Europa entre otros, sin embargo recientemente se le ha prestado un gran interés, gracias a sus bondades tanto económicas como medioambientales, es un material para pavimentos que se denominan Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS), también el hormigón poroso sobresale debido a la gran facilidad de manejo de las aguas de lluvia, puesto que da al agua la facilidad de discurrir a través de su estructura, logrando de esta manera la recarga de las aguas subterráneas, al mismo tiempo trata de evitar las inundaciones; pero a causa de su gran cantidad de vacíos, muestran propiedades un poco reducidas en contraste con el concreto convencional (impermeable), es por ello que muchas veces el uso de este material se ve limitado, en un término medio la cualidad más significativa del hormigón poroso es la capacidad que tiene para resistir esfuerzos a compresión es de 175 kg/cm^2 (Quispe y Ticona, 2017, p.16).

Por otra parte, sabemos que nuestra nación se encuentra en constante desarrollo económico, por lo que el sector transportes y comunicaciones, tiene a bien preocuparse por mejorar la superficie que comprende nuestro territorio, esto sin hacer de lado a la idea de qué hacer con el agua de escorrentía para ser absorbida por el suelo de manera más eficiente que con los sistemas comunes, materializar este ideal nos direcciona hacia el beneficio económico y social, ya que de esta forma reducimos las dimensiones de los sistemas de drenaje convencionales, lo cual resulta muy rentable y conveniente. Los pavimentos más comunes en nuestro territorio son el rígido o el flexible, por sus propiedades impermeables, el cual genera pérdida de la tracción y consecuentemente perder el control de los autos por la superficie mojada (Aguilar, 2018, p.15).

Además, es acertado decir que: la presencia de agua sobre la carpeta de rodadura de un pavimento o dentro de cada uno de los componentes que constituyen las capas estructurales de los pavimentos y terraplenes ocasionan alteraciones severas en las características térmicas al tener incidencia de los factores climáticos, los cuales vienen a ser la temperatura, la radiación solar, viento y también las eventuales heladas con condiciones de clima muy rígidas, como lo es mayormente en los andes peruanos, que deben ser tomadas minuciosamente en consideración los proyectista y el personal ejecutor, además de centrar puntualmente especial cuidado de la carpeta de rodadura, para evitar que esta retenga líquidos pluviales, ya que esta si se encuentra en el interior de la carpeta y llegase a congelarse, junto a la demanda del tránsito sería un proceso que terminaría con la destrucción total del pavimento a una muy corta edad, sin llegar a cumplir con sus años de servicio proyectados (Manual de carreteras del Ministerio de Transportes, 2014, p.78).

En nuestro caso, Moyobamba se caracteriza por sus variados climas, en los cuales muchas veces tenemos prolongadas temporadas de grandes precipitaciones, temporadas en las cuales nuestro sistema de drenaje se ve seriamente comprometido, debido a su deficiente funcionamiento, el mismo que es causado por la colmatación del sistema de alcantarillado, esto se debe al arrastre de malezas, desechos inorgánicos que arrojan los ciudadanos y material arenoso, ocasionando así el colapso del sistema de alcantarillado de aguas pluviales , provocando a su vez múltiples inundaciones en los diferentes puntos de la ciudad, lo cual hace dificultoso el poder transitar de manera cómoda por las calles de la ciudad, viéndonos así en la necesidad de optar por nuevos métodos que contribuyan de manera eficiente a la evacuación de estas aguas, tomando en cuenta en este caso el concreto permeable, con el cual al aplicar se planea aliviar la demanda del agua pluvial que va hacia el sistema de alcantarillado, así mismo podemos decir que dicha tecnología no se ha estudiado en nuestra localidad.

De las consideraciones expuestas se planteó la siguiente interrogante: ¿En qué medida la variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4 “, 1/2 “y 3/8” influirá en el drenaje de aguas pluviales en la ciudad de Moyobamba?

De la pregunta anterior se desprenden preguntas específicas como ¿Cuáles son las características de los agregados para el diseño de mezcla para un concreto poroso?, ¿Cuál es la relación agua/cemento (a/c) adecuado para el diseño del concreto poroso?, ¿Cuál es resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso?, ¿Cuál es el costo beneficio por metro cúbico de concreto poroso, en comparación del concreto convencional?, ¿Cuál es el esquema de la sección transversal óptimo para un buen comportamiento del pavimento rígido con concreto poroso?, responder cada una de estas preguntas, facilitará llegar a contestar de manera objetiva la principal interrogante planteada.

Así mismo la presente investigación fue importante ya que se aplicó para minimizar el colapso del sistema de drenaje, mismo que apunta a optimizar su rendimiento en la ciudad de Moyobamba, variando la porosidad del concreto para pavimento rígido, además fue importante también en el ámbito económico, ya que el costo de su producción a comparación del concreto convencional es menor y tiene un rendimiento semejante. Esta investigación tuvo su justificación en lo teórico, porque nos brindó teorías relacionadas al tema y comparaciones de autores sobre las consideraciones que se debe tener para el diseño de un concreto poroso; así mismo servirá para la realización de futuras investigaciones. De igual forma encontramos su justificación en lo metodológico, porque servirá como guía para crear un nuevo instrumento de recolección de información en el que se obtendrá datos concernientes a la mejora en la elaboración de concreto poroso, y su aplicación en pavimento rígido. Por otra parte el presente trabajo tuvo su relevancia en la práctica, porque solucionará un problema social mediante la entrega de una propuesta para el esbozo de un hormigón permeable, de la misma manera que permitió conocer los parámetros para el diseño de un concreto poroso en la zona, así como para comprender si la variación de la permeabilidad del concreto, realizando una gradación de los diámetros del agregado grueso y la casi nula utilización del agregado fino mejorará y facilitará la infiltración del agua hacia el terreno natural y si a su vez minimizará el aletargamiento de la estructura de alcantarillado en la ciudad de Moyobamba, de igual manera que ayudo a determinar la confiabilidad de este concreto para los pavimentos de nuestra zona. A su vez, por conveniencia el presente trabajo se justificó, en la optimización del sistema de alcantarillado y evacuación de las

aguas pluviales, misma que brindará comodidad al ciudadano al momento de transitar por la ciudad, así mismo en la baja utilización de los finos durante el proceso de su elaboración. Finalmente encontramos la justificación de relevancia social principalmente en su ejecución ya que esta es directamente proporcional al beneficio de la población, debido a que coadyuvará a la mejora del sistema de drenaje pluvial y a la transitabilidad, brindando un equilibrio óptimo.

En relevancia con los propósitos de la investigación, el objetivo general fue: Realizar el diseño de mezcla para un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8"; que cumpla con propiedades mecánicas e hidráulicas, para su aplicación en pavimentos rígidos y tener un óptimo sistema de drenaje y minimizar su colapso en la ciudad de Moyobamba, 2020; de la misma manera que tuvo como objetivos específicos: Determinar la caracterización de agregados que se utilizaran para el diseño de la mezcla de Concreto Poroso; determinar la relación agua/cemento (a/c); evaluar el comportamiento mecánico que tiene el concreto permeable ante la resistencia a la compresión y a la permeabilidad; determinar el costo del m³ del concreto poroso, en comparación del concreto convencional; determinar el esquema de los componentes estructurales para un pavimento de concreto permeable con un óptimo comportamiento en nuestra zona.

De todo lo ya mencionado podemos plantear la siguiente hipótesis general, el diseño de mezcla de un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8", cumplirá con las propiedades mecánicas e hidráulicas, así mismo mejorará de manera satisfactoria el rendimiento del sistema de drenaje, en la ciudad de Moyobamba, de igual manera especificamos que, Las características del agregado grueso que se utilizará, serán óptimas para el diseño de la mezcla de concreto poroso, la relación agua/cemento (a/c) será óptimo para el diseño de mezcla de concreto poroso, el concreto poroso, pasará de manera óptima las pruebas de resistencia a la compresión y obtendrá un coeficiente de permeabilidad adecuado, el costo para la elaboración por m³ de concreto poroso será menor al costo de elaboración por m³ de concreto convencional, el esquema de la estructura planteada de pavimento poroso, será el adecuado para la ciudad de Moyobamba.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El escrito “Sustainable clean pervious concrete pavement production incorporating palm oil fuel ash as cement replacement”, elaborado en Islamic Azad University, dice que: El objetivo de esta investigación era estudiar el pavimento de hormigón permeable como solución sostenible para controlar las aguas pluviales en su origen, reduciendo el efecto de isla de calor y mejorando la seguridad de la conducción. La sostenibilidad del hormigón permeable puede aumentarse y las emisiones de dióxido de carbono pueden reducirse sustituyendo una enorme cantidad de cemento Portland ordinario por residuos materiales como la ceniza de combustible del aceite de palma. La ceniza combustible de aceite de palma es un material de desecho que se obtiene de la combustión de cáscaras y fibras de palma de aceite en la industria del aceite de palma para producir electricidad, lo que causó problemas ambientales en países como Indonesia y Malasia. La metodología de la investigación fue de un diseño experimental para evaluar la sustitución del hormigón permeable de control, por cenizas de combustible de palma hasta el 40% (en masa) para producir un pavimento de hormigón permeable sostenible y ecológico. La densidad y el contenido de vacío de los especímenes se determinaron en estado fresco y endurecido. Se llevó a cabo una prueba de permeabilidad de la cabeza de caída para investigar la capacidad de filtración de las aguas pluviales. Las resistencias a la compresión y a la tracción se realizaron en muestras de hormigón permeables usando como instrumentos a las fichas de ensayo y a las normas. También se emplearon resistencias al deslizamiento y a la abrasión para evaluar los efectos de las cenizas de combustible de aceite de palma en la seguridad de la conducción y la durabilidad de la superficie del pavimento de hormigón permeable. Los resultados mostraron que el contenido de vacío y la permeabilidad al agua del hormigón permeable aumentaron ligeramente con el aumento de las cenizas de combustible de aceite de palma, mientras que las resistencias a la compresión y a la tracción disminuyeron. Satisfacen el rango típico del hormigón permeable según el Instituto Americano del Hormigón. Se observó un efecto menor de

la ceniza de combustible de aceite de palma sobre la resistencia al derrape, y el aumento de sus niveles de sustitución hizo que disminuyera la resistencia a la abrasión de las mezclas de hormigón permeables. Las concentraciones de metales pesados en los lixiviados del hormigón permeable que contiene un 40% de cenizas de combustible de aceite de palma fueron significativamente inferiores a las recomendadas en la norma. El hormigón permeable que contiene un 20% de cenizas de combustible de aceite de palma presentó la mezcla más óptima tanto técnica como ambientalmente (Khankhaje, Rafieizonooz, Razman, Khan, Mirza, Chin, Salmiati, 2018, p.1476).

Así mismo en el artículo “Treatment of urban storm water using adsorbent porous concrete” elaborado en Isfahan University of Technology, sostiene que: El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de hormigón poroso que contiene zeolita y un filtro de arena para la retención y el tratamiento sostenibles de las aguas pluviales urbanas. Se aplicó el método experimental, debido a que se estudiaron y compararon los tratamientos de hormigón poroso que contenían zeolita y un filtro de arena, y se midieron los parámetros usando como instrumento las normas de la demanda química de oxígeno (DQO), la turbidez, la concentración de plomo, la conductividad eléctrica (CE), los sólidos totales en suspensión (SST) y el pH en los medios de tratamiento del influente y el efluente. Los resultados mostraron que, excepto el EC y el pH, el hormigón poroso que contiene zeolita con filtro de arena mejoró todos los parámetros anteriores de manera significativa. La eficiencia de eliminación de la DQO, la turbiedad, el plomo y los SST fue de más del 70, 90, 98 y 70% para el hormigón poroso que contiene zeolita con un filtro de arena, en comparación con el 11, 37, 35 y 53% para el hormigón poroso de control (Saghaian, Abedi-Koupai, Mostafazadeh-Fard, Behfarnia, 2017, p.1)

Además, en el artículo “Experimental investigation on freeze–thaw durability of Portland cement pervious concrete (PCPC)” elaborada en Central South University, informa que: El objetivo principal de este estudio es evaluar el deterioro característico de PCPC sometido a ataques cíclicos de congelación y descongelación. Se realizaron pruebas experimentales de

laboratorio para evaluar el rendimiento del hormigón permeable al cemento de Portland (PCPC), con especial atención a la durabilidad de la congelación-descongelación. Los aditivos y modificadores como el agente de concentración de aire (AEA), el látex de etileno y acetato de vinilo (EVA) y las fibras de polipropileno (PP) se consideraron en diversas mezclas para estudiar sus influencias en el rendimiento del PCPC. Con el fin de abordar los diferentes comportamientos del PCPC producidos en el campo y en el laboratorio, se compararon los especímenes de campo sacados de secciones de pavimento experimental con los especímenes moldeados en el laboratorio, y se propusieron indicadores de cuantificación apropiados en el estudio para la comparación. Los resultados de la prueba mostraron que incluso con altas porosidades, un contenido adecuado de AEA añadido en la mezcla de PCPC podría mejorar su resistencia y aumentar su durabilidad de congelación-descongelación hasta cierto punto. La mezcla con látex modificado podría lograr una resistencia mucho mayor y una mejor durabilidad de congelación-descongelación debido a la mejora de la unión interfacial en la matriz de cemento. También se observaron mejoras aparentes en la resistencia a la tracción y la durabilidad de congelación-descongelación de la mezcla reforzada por fibras de PP con varias longitudes nominales. Además, el análisis de la relación entre el PCPC producido en el campo y en el laboratorio mostró que el pavimento permeable pavimentado en el campo real solía presentar unas prestaciones mecánicas globales inferiores a las del PCPC producido en el laboratorio, especialmente en cuanto a la durabilidad de congelación-descongelación. Por consiguiente, debe considerarse un coeficiente de reducción cuando se diseñe un pavimento de PCPC y se prevea su rendimiento con los métodos de laboratorio estándar que se utilizan habitualmente para el hormigón ordinario (Wu, Liu, Sun, Yin, 2016, p.63).

Por otra parte, en el artículo “Coarse Aggregate Size Effect on Non-linear and Uncertainty Mechanical Behaviors for Concrete” elaborado en Hunan University, da a conocer que: El objetivo es evaluar las influencias del tamaño del agregado grueso (CA) en las propiedades mecánicas del concreto y sus incertidumbres, para lo cual se realizó una serie de ensayos

de compresión uniaxial y simulaciones según norma. En esta investigación experimental, la muestra matriz de mortero puro y las muestras con un diámetro de 15 mm y 30 mm de agregado de acero esférico simple fueron fabricados y probados por un sistema de prueba de materiales. Basándose en los resultados experimentales, se investigaron los parámetros mecánicos, incluyendo el módulo elástico, la resistencia a la compresión, la tensión en el esfuerzo máximo y la energía de tensión absorbida. Se descubrió que un tamaño mayor de CA da como resultado un módulo elástico más alto y resistencia a la compresión. Mientras tanto, la deformación en la tensión máxima y la energía de deformación absorbida del concreto no son lineales con el tamaño de CA. Y luego, las propiedades mecánicas se analizaron en el aspecto de ITZ que está estrechamente relacionado con el tamaño de CA. Además, se presentaron los resultados de la simulación para analizar la distribución de la tensión de diferentes tamaños de CA en la muestra. En conclusión, el tamaño de CA tiene un efecto significativo sobre la incertidumbre del módulo elástico, la deformación en el esfuerzo máximo y la energía de deformación absorbida, pero tiene poco efecto sobre la resistencia a la compresión. Los hallazgos del estudio actual ayudarán a obtener información sobre los comportamientos mecánicos no lineales e inciertos del concreto (Ping, 2019, p.100).

Para conocer con más detalle el objetivo del proyecto, podemos tomar como base a la tesis “Sustitución experimental del agregado grueso de origen pétreo, por agregado grueso producto de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá, para la elaboración de concreto hidráulico”, redactada en la Universidad Francisco José de Caldas, en el cual menciona que dicho objetivo es la de determinar qué tan viable es una mezcla experimental, para posteriormente, ser sustituido parcial o totalmente de agregado grueso de origen pétreo, a partir del uso de Residuos de Construcción y Demolición (RCD), generados en el Centro de tratamiento, aprovechamiento y disposición de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de la empresa RECICLADOS INDUSTRIALES DE COLOMBIA SAS en la ciudad de Bogotá D.C. La sustitución en muestras

de concreto hidráulico, después de realizar los ensayos de granulometría, es la del árido grueso de origen natural por árido grueso producto de la trituración de RCD en porcentajes determinados de 50%, 75% y 100%, donde se revisará la resistencia al esfuerzo de la compresión a los 7, 14 y 28 días (Palomino y Maldonado, 2018, p.8).

Por otro lado, en la tesis titulada “Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017”, elaborado en la Universidad Privada del Norte, cuyo objetivo planteado es el de determinar las consecuencias de la gradación de los áridos gruesos en las características físico-mecánicas e hidráulicas en el diseño de un hormigón poroso. En dicha tesis, se pueden apreciar los parámetros más relevantes en este tipo de concretos, como lo son las de soportar esfuerzos a compresión, flexión, y su capacidad de infiltración a través de su estructura. Se seleccionaron 3 graduaciones del árido con los siguientes tamices: de 1/2” (1/2” a 3/8”), de 3/8” (3/8” a N° 4) y N° 4 (N° 4 a N° 8), previamente a esto, se tuvo que tamizar a un árido grueso natural de TMN 1/2”, extraído de la cantera Calderón que se ubica en el sector El Milagro-Huanchaco, provincia de Trujillo-Perú. Después de realizar las pruebas de laboratorio necesarias para determinar las propiedades mecánicas, permeabilidad, contenido de vacíos y densidad de los 3 diseños de mezcla realizado, se llegó a la conclusión, de que el hormigón permeable realizado con la graduación N° 4 mostró una mayor resistencia a la compresión y flexión, soportando cargas 209.68 kg/cm² y 33.81 kg/cm² respectivamente (Pérez, 2017, p.12).

Del mismo modo, en el trabajo de investigación titulada “Influencia del agregado grueso de la cantera del río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - f'c 175 kg/cm²”, realizado en el laboratorio de Ensayo de Materiales y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica; el mismo que tuvo como objetivo principal, determinar de manera experimental la influencia del agregado grueso de la cantera del río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito, con f'c 175 kg/cm². En este trabajo de investigación se aplicaron ensayos de resistencia a la compresión

a 24 probetas, elaboradas con áridos grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ", para ello 8 probetas por cada diámetro de agregado y 15 probetas de testigo cilíndricas fueron destinadas para determinar el coeficiente de permeabilidad. Como resultado final se obtuvo que el diseño elaborado con áridos de $\frac{3}{4}$ " es el más idóneo para elaborar hormigón poroso, ya que permitió al grupo de trabajo obtener una capacidad para resistir cargas a compresión de máxima de 145.21 kg/cm², mientras que el coeficiente de permeabilidad fue 1.208 cm/s, de ello se concluye que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos según norma (Paucar y Morales, 2018, p.14).

También, en la tesis titulada "Influencia del tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " y 1" del agregado grueso del río Amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para $f'c = 250$ kg/cm²", tesis realizada con la finalidad de establecer la capacidad máxima del concreto para resistir cargas a compresión, utilizando áridos gruesos de $\frac{1}{2}$ " y 1". Para lo cual se realizó el estudio haciendo uso del material extraído de la cantera del río "Arenera Jaén". Se elaboraron 54 probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron sometidas a ensayos para determinar su resistencia a la compresión, realizados a los 7, 14 y 28 días, cumpliendo con lo establecido en la norma. Finalmente se concluyó que, el tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " es benéfica para mejorar la resistencia del concreto, ya que con ella se alcanzó una resistencia a la compresión a los 28 días de 285.50 kg/cm², resultado mayor a los 255.33 kg/cm² de resistencia obtenidos con tamaño máximo nominal de 1" (Morales, 2017, p.15).

Desde otra perspectiva, podemos analizar la tesis titulada "Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional", elaborado en la Universidad Peruana Unión, la cual se planteó como objetivo investigar la repercusión al incluir agregado grueso reciclado en un concreto convencional. Se elaboraron 192 probetas cilíndricas de concreto (6" x 12"), reemplazando la cantidad de AGN por el 10%, 20%, 30% y 40% de AGR-C y 10% de AGR-CL. Analizaron cuatro resistencias de diseño: $f'c = 140, 175, 210$ y 280 kg/cm² en diferentes periodos de curado (7, 14 y 28 días). También, se propone un concreto

patrón (0% de AGR), con las mismas características para el análisis de las muestras. De acuerdo a ello se obtuvieron los siguientes Resultados:

El concreto elaborado con 10% de agregado grueso reciclado, se comportó relativamente mejor que el concreto patrón, respecto a la resistencia a la compresión, variando de 2.79% a 14.47% en función al concreto patrón para los diferentes agregados reciclados (AGR-C y AGR-CL).

En relación al curado de concreto elaborado de AGR-C, encontramos una variación de 77.67% a 100.643% en función de la resistencia de diseño.

En conclusión, para elaborar un concreto poroso a base de AGR-C, es viable utilizar hasta un 10% de adición según el análisis estadístico “Diseño aleatorio por bloques al azar” (Cubas y Cabrera, 2019, p.22).

Otro punto a tener en cuenta, es la escorrentía y la capacidad de absorción del concreto permeable, entonces como base a esto, podemos citar la tesis titulada “Aplicación de concreto permeable como alternativa para reducir la escorrentía superficial en las vías del distrito El Tambo-Huancayo, 2018”, elaborado en la Universidad Cesar Vallejo, cuyo objetivo es el proponer una opción para aminorar la escorrentía superficial de las lluvias en las vías del distrito El Tambo—Huancayo y, además, se realizó una comparación de la capacidad de absorción del concreto permeable de relación a/c 0.27, 0.28 y 0.34 ante las intensidades promedio de lluvias del distrito El Tambo – Huancayo de manera experimental. Se realizaron 36 probetas para ensayos de compresión y 9 para ensayos de permeabilidad, probetas de concreto con dimensiones de 4” por 8”. Se llegó a la conclusión que el concreto permeable de relación a/c 0.27, 0.28 y 0.34 resisten la intensidad promedio de lluvias del distrito el Tambo-Huancayo. Puesto que estos concretos absorben desde 18.78 l/s hasta 27.48 l/s por m², mientras que la intensidad promedio de lluvias del distrito El Tambo es de 5.18 mm que equivalen a 5.18 l/m², por lo tanto, una opción para reducir la escorrentía superficial de las lluvias es el uso del hormigón poroso, dentro de un modelo de pavimentos rígidos direccionados a pavimentos urbanos especiales (León, 2018, p.7).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Agregado Grueso

Con respecto al material granulado grueso, en el trabajo de investigación realizado, se optó por grava gruesa de la Región, el cual con los estudios necesarios llegaremos a conocer sus propiedades físicas y mecánicas. Podemos definir el agregado grueso según las especificaciones mencionadas en el ASTM C33, como gravilla orgánica triturada de manera natural o mecánica, roca fraccionada, o el conjunto de ambas, que son retenidas en el tamiz Nro. 4 (4.75 mm) cuando se realiza el estudio granulométrico y a su vez tienen un diámetro menor a 3 pulgadas (75mm).

Un dato a tener en cuenta, es que se opta por utilizar diámetros grandes durante la elaboración de un concreto, en base a la rentabilidad económica obtenida, ya que, al cubrir un gran volumen, se necesitan cantidades menores de agua y cemento.

Si queremos lograr óptimos resultados en el momento de utilizar el agregado, existen ciertos requisitos que debemos considerar:

- Las partículas deberán ser limpias, de esquinas de preferencia sesgadas, sólidas, macizas, y de textura áspera.
- Los granos deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo y/o otras sustancias contaminantes.

En lo que respecta al agregado grueso, se recomienda:

- Al momento de realizar la granulometría seleccionada, se opte que sea de preferencia continua, con una gradación de regular a buena y que dicha granulometría permita obtener la máxima densidad del concreto, obteniendo una adecuada trabajabilidad y buena consistencia, en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- No es recomendable que la granulometría seleccionada, contenga más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2", como tampoco deberá tener más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

Un parámetro a considerar, es el porcentaje de partículas indeseables en el agregado grueso, cuyo porcentaje no debe pasar:

| | |
|---|-------------------------|
| Arcilla | 0.25% |
| Partículas deleznales | 5.00% |
| Materiales más finos que pasa la malla N° 200 | 1.00% (ASTM C33, 1999). |

2.2.2. Concreto Poroso

Podemos definir al hormigón poroso, como el material que se caracteriza por tener Slump Cero (un concreto sin asentamiento), que no es más que el resultado de combinar cemento portland, agregado grueso, poca o ninguna cantidad de agregado fino, aditivos y agua. Obteniendo un material resistente con poros continuos, facilitando de esa manera el ingreso del agua a través del concreto. Se pueden destacar las siguientes características del concreto poroso:

- El porcentaje óptimo del contenido de vacíos se encuentra entre 15 y 35%.
- Su capacidad para resistir esfuerzos a compresión debe oscilar entre 2.8 a 28 MPa (400 a 4000 psi).
- Su capacidad de infiltración se encuentra condicionada por el tamaño de agregado y a su densidad, pero por lo general está en el intervalo de 81 a 730 L/min/m² (ACI 522R-10, 2010, p. 2).

Clasificaciones de Pavimentos Porosos

Ayudado de las investigaciones de las diferentes instituciones y autores alrededor de todo el globo terráqueo, se puede clasificar el pavimento poroso de las siguientes maneras:

Según Jorge Rodríguez, se clasifican en:

a. Pavimentos Permeables Discontinuos

Cuya composición está dada por elementos impenetrables por el agua, que, al combinarse con componentes permeables, facilitan el paso uniforme del agua a través de sus estructuras garantizando de esta manera una conveniente infiltración, entre ellas tenemos:

- Césped grava con refuerzo
- Adoquines con ranuras

b. Pavimentos Permeables Continuos

Su composición solo está dada por materiales porosos, que al igual que el anterior, permite el pase uniforme del agua a través de toda su estructura, buscando de tal manera una buena permeabilidad, y son:

- Mezcla bituminosa porosa
- Hormigón poroso (Rodríguez, 2008).

Mismo que según California (2009), los clasifica en:

- Hormigón poroso
- Adoquines permeables
- Estructuras de drenaje subterráneo
- Asfalto poroso (California, 2009).

Componentes Del Concreto Permeable

Materiales Cementantes

En base al Reporte ACI 522R-10 tenemos que, aunque se considere como material aglutinante principalmente al cemento portland en la elaboración del concreto permeable, igual se puede optar por agregar otros componentes, como escoria volante, desperdicio granulado o humo de sílice.

Cabe resaltar también, que, aunque se aumente la resistencia del concreto al añadir más material cementante en la composición, existe el riesgo de perder la capacidad de infiltración, debido a que el porcentaje de vacíos disminuirá (ACI 522R-10, 2010, p.15).

Cemento

Uno de los materiales más importantes del hormigón permeable es el cemento, ya que, como mencionamos anteriormente, de este depende en gran porcentaje la resistencia y permeabilidad del concreto. Aunque por lo general se utiliza el cemento Portland normal, esto no restringe la aplicación de cementos especiales.

Además, como factor principal de la elección del tipo de cemento a utilizar es el curado y el tiempo que esta demora en secar, se deberán tomar medidas para poder minimizar el impacto que esta pueda causar (Falcon y Santos, 2016, p.18).

Cabe resaltar que relación agua/cemento también juega un rol importante, ya que de esta relación depende la resistencia a la compresión, según el reporte ACI 522R, esta correcta relación permite una buena fluidez de la pasta, una correcta relación de vacíos de la mezcla y mejor adhesión entre agregados (ACI 522R, 2010)

Agregados

Se puede definir los agregados, como el conjunto de partículas inorgánicas que se obtienen de manera natural o artificial, cuyos diámetros pueden ser tratados o elaborados y dichas dimensiones cumplen con los parámetros dadas en la Norma Técnica, (Córdova, 2016, p.29).

Por otra parte, Bautista comenta que el agregado grueso es el de mayor uso en el concreto permeable, siendo los diámetros más usados los de 3/4 y 3/8 pulg. (19 y 9.5 mm). Menciona también que el uso del agregado fino es casi nulo, debido a que, a mayor proporción de esta, reduce en gran medida el porcentaje de vacíos, afectando la capacidad de infiltración. Por otra parte, adicionar material de partículas finas se relaciona directamente con el incremento de la capacidad para resistir esfuerzos a compresión a su vez que incrementa la densidad del hormigón poroso (Bautista, 2018, p.12).

Con base del reporte ACI 522R, se tiene en cuenta la importancia de la calidad de los agregados tanto para concreto permeable como convencional. Recordando que dicho agregado debe ser duro, libre de recubrimiento y estar limpio (ACI 522R-10, 2010, p.6).

Sobre lo último mencionado, un factor a tener en cuenta lo obtenemos por parte de Torre, quien hace mención a la presencia de las partículas contaminadas, las cuales disminuyen la resistencia del concreto (Torre, 2004, p. 43).

A su vez también sabemos que los requisitos a cumplir por cualquier agregado son los que se encuentran establecidos en las Norma ASTM C33-07, ASTM D448-07 y la normativa peruana. Tomando esto como base, la descripción de la estructura interna de un concreto poroso, no es más que la adhesión de las partículas de agregado grueso entre sí, por

medio de puentes compuestos por el mortero de arena y conglomerante; la cantidad de puentes formados va en relación del tamaño y gradación del agregado. Al estar en contacto dichas partículas, es necesario ponerlas a prueba con el desgaste de los Ángeles, ya que en este contacto se producen esfuerzos mecánicos.

Con respecto a la prueba del desgaste de los Ángeles, consideramos los datos obtenidos por el instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja que indica emplear agregados con un desgaste de Los Ángeles menor del 22%, absorción menor al 1% y un coeficiente de forma superior a 0.18 (Falcón y Santos, 2016, p. 17).

Por último, debemos tener en cuenta la relación que existe entre el agregado fino y el agregado grueso (F/G), puesto que, con dicha relación podemos evaluar la uniformidad y resistencia del concreto. Por medio de la experimentación, se pudo establecer valores óptimos de la relación entre 0.05 y 0.030, pues valores inferiores a 0.05 impide la formación de puentes y se obtiene una resistencia muy baja, además, “desampara” excesivamente al conglomerante frente a ataques químicos de sustancias trasladadas por el agua o las que son propias de ella. Por otro lado, la relación F/G se encuentran en función de la relación agua/cemento (a/c); en estado fresco. Esta relación, con valores altos de a/c y mayor fluidez del mortero, se produce asentamiento del mortero, la cual a su vez colmata los puentes entre agregados y disminuye la permeabilidad del concreto. (Falcón y Santos, 2016, p.18).

Agua Potable

Los aspectos a tener en cuenta son los mismos tanto para concreto permeable como concreto convencional. Por otro lado, la relación agua/cemento (a/c) es diferente, y en concretos permeables se opta por una relación baja que oscile entre 0.26 a 0.40, debido a que, a mayor cantidad de agua, la pasta será drenada, obstruyendo los poros (Bautista, 2018, p.13).

Aditivos

Se define los aditivos como aquel material que es agregado a la mezcla durante o después del proceso de formación de la pasta de concreto, cuya

finalidad es la de mejorar las características del proceso, tales como hidratación, endurecimiento, hasta la estructura misma del concreto (Córdova, 2016, p.33).

Por otra parte, Sika (2015) dice que el uso de aditivos en concreto permeables, se da por la poca trabajabilidad que estos presentan debido a la baja relación agua/cemento. Bautista, también menciona esta relación, ya que para poder utilizar aditivos reductores de agua debemos tener en cuenta la relación agua/cemento (a/c), además de cumplir con los requisitos de la norma ASTM C449. Un claro ejemplo son los aditivos retardantes, que logran estabilizar el control de la hidratación del concreto y mejoran la trabajabilidad, por lo que son usados normalmente para el tratamiento de mezclas como el concreto permeable, y sobre todo en climas cálidos. Mientras que los aditivos aceleradores se aplican en climas fríos (Bautista, 2018, p.13).

Para lograr una buena dosificación de concreto permeable, el ACI 522R-10 recomienda las siguientes proporciones:

Tabla N° 01: Rangos Típicos de la Proporciones de los Materiales del Concreto Permeable

| COMPONENTES | PROPORCIONES |
|-------------------------------|---|
| Materiales Cementantes | 270 a 415 kg/m ³ (450 a 700 lb/yd ³) |
| Agregados | 1190 a 1480 kg/m ³ (2000 a 2500 lb/yd ³) |
| Relación Agua-Cemento | 0.27 a 0.34 |
| Relación Agregado-Cemento | 4 a 4.5:1 |
| Relación Agregado Fino-Grueso | 0 a 1:1 |

Fuente: ACI 522R-10, 2010 (p. 15)

Aplicaciones

En base al Reporte de ACI 522R (2010), el concreto permeable tiene un gran campo de aplicación debido a la flexibilidad de su uso, para las cuales presentamos algunas:

- Pisos, pavimentos y muros en donde se quieran mejores características de absorción hídrica.
- Estacionamientos o zonas de lavado de autos hechos de pavimento permeable.
- Capas rígidas con drenaje debajo de áreas de centros comerciales.
- Capas de base para las carreteras, calles urbanas, caminos particulares y aeropuertos.

- Capas de superficie de parques, losas deportivas.
- Lechos sedimentarios en plantas para el tratamiento de aguas residuales.
- Terraplenes de puentes.

Propiedades

Cabe resaltar que la principal característica del concreto permeable es su porosidad, el cual depende de sus propiedades, la relación Agua/cemento, nivel de compactación y gradación de agregado (ACI 522R, 2010, p.7).

a. Resistencia a la Compresión

Se puede definir, como la capacidad del concreto de resistir un esfuerzo máximo ocasionado por someterse a una carga puntual (Palacios, 2018, p.22). Otros conceptos que se pueden rescatar son los de la Norma ASTM_C39, el cual según el sistema de unidades puede expresarse en Kg/cm² y MPa para el sistema métrico y en libras por pulgada cuadrada (psi) para el sistema inglés (ASTM_C39, 2002).

El reporte ACI 522R, menciona como resistencia a la compresión de 175 kg/cm² para pavimentos de concreto permeable de tránsito bajo, valor que puede llegar hasta de 285 kg/cm² (ACI 522R, 2010).

b. Resistencia a la Flexión

Se lo define como la capacidad del concreto de resistir un esfuerzo máximo ocasionado por someterse a la tracción, este también es llamado módulo de ruptura. Su cálculo se basa en el peso que soporta una viga con dimensiones conocidas al exponerse a cargas puntuales, dicho cálculo se realiza hasta lograr la ruptura. Para esta investigación, se utilizará la norma ASTM C293 o la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.079 para la realización del ensayo de resistencia a la flexión (Palacios, 2018, p.38).

c. Contenido de Vacíos y Densidad

El porcentaje de vacíos no depende de un único factor, sino que son varios los factores que hacen posible su existencia, tales como la progresión de los áridos, el contenido de material cementante, la relación agua-cemento (a/c) y el esfuerzo de compactación (ACI 522R-10, 2010, p.9).

Pero sobre todos estos mencionados, el más importante que afectan el contenido de vacíos es el tamaño de los agregados, ya que en un concreto permeable, los agregados con menor tamaños son los que afectan directamente la relación de vacíos, debido a que causan obstrucciones reduciendo la permeabilidad (Palacios, 2018, p.17).

d. Tamaño de Poros

Según el ACI 522R-10 (2010): “el tamaño de los poros en el concreto permeable es también uno de los mayores factores que influye en sus propiedades, tales como la permeabilidad y la absorción acústica” (p. 9).

e. Infiltración

Según el ACI 522R-10 (2010) “la capacidad de transportar agua a través de su estructura es la propiedad más importante del concreto poroso, la cual se encuentra relacionada de primera mano con la porosidad y el porcentaje de vacíos” (p. 10).

Las evidencias obtenidas en los diferentes ensayos que se han realizado demuestran que para obtener resultados de infiltración significativos se debe tener como mínimo un porcentaje de vacíos del 15%. Otra de las relaciones que sobre salen en el diseño de concreto poroso es que a mayor diámetro del agregado mayor es su capacidad de infiltración, pero esto ocasiona una baja en su capacidad de resistir esfuerzos axiales a compresión. Debido a ello uno de los más grandes retos al momento de realizar un diseño de mezcla de hormigón poroso es encontrar el equilibrio de una adecuada permeabilidad con una adecuada capacidad de resistir esfuerzos a compresión. La relación entre la altura de agua a infiltrarse y el tiempo en el que lo hace, del hormigón poroso usualmente radica entre los intervalos de 0.2 - 0.54 cm/seg.; así mismo su capacidad de infiltración es medible mediante el uso de un permeámetro de carga inconstante dado por el ACI 522R-10 y cuyo autor es Neithalath (Bautista, 2018, p.18).

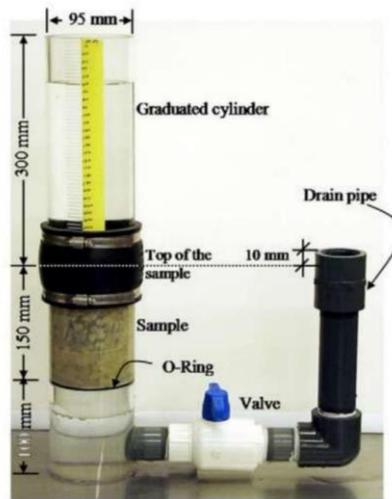


Figura N° 01: Permeámetro de Carga Variable: ACI 522R-10, 2010 (p. 11).

Ventajas Y Desventajas

Las ventajas son:

- Disminuye el caudal reduciendo la probabilidad de inundación en las partes bajas.
- Minimiza la contaminación en el agua que se escurre.
- Su uso no se limita en zonas con poblaciones densas.
- Minimiza la demanda de zanjas profundas para el sistema de alcantarillado habitual, lo que incrementa su rentabilidad.
- Su uso no se limita en zonas donde hay interacción con la capa freática elevada.
- Su uso puede ser dual, como sistema de drenaje y pavimento de tránsito.
- El uso de colectores y aberturas para conducir agua de lluvia se reducen.
- Tienen una resistencia significativa ante un deficiente mantenimiento (OSPINA, 2007, p.48).

Las desventajas son:

- Su capacidad de permeabilidad se ve afectada con el paso del tiempo, a consecuencia de la saturación de los poros con áridos finos, por ello es recomendable realizar mantenimiento basados en inyecciones de agua a presión.

- Debe realizarse de forma periódica el mantenimiento del concreto permeable.
- Su resistencia ante el desgaste es ligeramente menor si la comparamos con el concreto habitual, por lo que se limita a su uso de tránsito liviano (Flores y Pacompia, 2015, p.20).

Resumen Del Sistema

Es un sistema que se compone por un concreto con alto contenido de vacíos en su capa superior, la cual reposa sobre una subcarpeta de material granular. Facilita evacuar el agua de escorrentía de manera directa o indirecta por medio del uso de tuberías hacia el subsuelo. La simplicidad del sistema hace que sea una alternativa altamente rentable en lugares que se requiera un sistema de drenaje complejo. Así mismo el color de la carpeta de rodadura hace a base de concreto poroso, hace que el reflejo de la luz solar y la absorción de calor sea menor, esto debido a que su naturaleza ahuecada permite que el aire circule libremente a través de su estructura, sin modificarla, en comparación de los asfaltos y pavimentos comunes. La casi nula empleabilidad de finos y la selección correcta de áridos gruesos, combinados con material cementante y su uso alternativo de aditivos, nos da como resultado un buen concreto filtrante (Falcón y Santos, 2016, p.40).



Figura N° 02: Partes de pavimento de Concreto Drenantes. Pavimentos de hormigón poroso - Hydromedia, 2013 (p. 4)

De la figura podemos rescatar lo siguiente, el sistema está compuesto por dos capas principales, de las cuales la primera es sub base, la cual puede ser de material granular, el cual ayuda y es muy beneficioso para la infiltración del agua, hacia el terreno natural, y la segunda capa es la

carpeta de rodadura la cual tiene un diseño en hormigón poroso, el cual junto con la sub base granular hacen fácil la infiltración del agua hacia el terreno natural en tiempos de altas precipitaciones, mientras que en tiempos de climas cálidos el sistema al contener vacíos facilita la circulación del aire a través de su estructura reduciendo el efecto de isla de calor lo cual hace que el pavimento no refleje mucho ni se encuentre muy cálido para los conductores, en conclusión este es un sistema muy práctico y rentable en el campo económico.

Drenaje

El drenaje es uno de los agentes que influye de manera significativa a la conducta del esqueleto del pavimento durante su vida de servicio, y sobre todo a su anteproyecto en la fase de diseño. Esta propiedad se puede poner a prueba por medio del coeficiente de drenaje (Cd) el cual tiene dependencia en dos factores:

- Calidad del drenaje

La calidad del drenaje está definida por el tiempo que emplea el agua que se encuentra al interior de la estructura del pavimento, en ser evacuada al subsuelo.

- Exposición a la saturación

Es el tanto por ciento respecto al tiempo anual, durante el cual un pavimento se encuentra expuesto a porcentajes de humedad cercana a la saturación. Este factor tiene una dependencia a la precipitación media anual y la calidad de drenaje. En este caso definimos diferentes condiciones para evaluar la calidad de desecamiento:

Tabla N° 02: Calidad de drenaje

| Calidad de drenaje | Tiempo en que tarde el agua en ser evacuada |
|--------------------|---|
| Excelente | El suelo libera el 50% de agua en 2 horas. |
| Bueno | El suelo libera el 50% de agua en 1 día. |
| Mediano | El suelo libera el 50% de agua libre en 7 días. |
| Malo | El suelo libera el 50% de agua libre en 1 mes. |
| Muy malo | El agua no evacua. |

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

El cuadro describe de manera breve y precisa la calidad de los suelos con los que podemos trabajar sin llegar a tener problemas de drenaje o en todo caso prevenir futuros retrasos por este factor, de él podemos inferir

que un suelo muy malo para fines de pavimento con respecto al drenaje es uno que no evacua el agua de su estructura, mientras que uno medianamente bueno es aquel que evacua el 50% de agua retenida en su interior en 7 días, mientras que uno bueno evacua el 100% de agua en solo 2 días, mientras que uno ideal para este fin según la guía de AASTHO es aquel que evacua en 4 horas todo el agua retenido en su interior.

Al realizar una combinación de todas las variables que se encuentran involucrados para encontrar el coeficiente de drenaje Cd, nos lleva a la obtención de los valores que presentamos en la tabla subsiguiente:

Tabla N° 03: Valores para el Coeficiente de drenaje Cd

| CALIDAD DEL DRENAJE | Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | Menos del 1% | 1% - 5% | 5% - 25% | más del 25% |
| EXCELENTE | 1.25 - 1.20 | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 |
| BUENO | 1.20 - 1.15 | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 |
| MEDIANO | 1.15 - 1.10 | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 |
| MALO | 1.10 - 1.00 | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 |
| MUY MALO | 1.00 - 0.90 | 0.90 - 0.80 | 0.80 - 0.70 | 0.70 |

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASTHO, 1993.

Es de vital importancia impedir la existencia permanente de h₂O, dado que, en caso de contener dicho elemento, este alterará drásticamente la reacción que pueda dar de manera estructural el pavimento. En caso de quedar atrapada el agua, al interior de la estructura, podría desarrollar efectos adversos como:

- Baja resistencia del material granular.
- Reduce la resistencia subrasante.
- Expulsión de finos.
- Levantamientos diferenciales de suelos expansivos.
- Expansión por congelamiento del suelo (Falcón y Satos, 2016, p.41).

En concordancia con lo expuesto, decimos que de no encontrar una solución eficiente para drenar el agua que se encuentra al interior del pavimento, se producirán fallas irreversibles en la estructura del pavimento, las cuales para reparar de manera eficaz se tendrá que recurrir a técnicas costosas, que involucran mejoramiento del terreno y reemplazo de la base, subbase y la carpeta de rodadura.

2.3. Enfoques Conceptuales

American Concrete Institute (ACI): La American Concrete Institute (ACI) es una organización dirigida a la educación técnica para la sociedad fundada en 1904 y es una de las autoridades líderes mundiales en el manejo y práctica del concreto. Su sede central se ubica en Farmington Halls, Michigan, Estados Unidos.

American Society for Testing and Materials (ASTM): También conocido como Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, es una organización que desarrolla normas técnicas internacionales para una gran variedad de materiales, productos, sistemas y servicios. Su sede central está ubicada en West Conshohocken, Pennsylvania en Estados Unidos.

Agregado: Según la Comisión de Diseño Estructural en Hormigón Armado y Albañilerías (2000), “lo define como árido granular, arena, grava, piedra chancada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un fin aglomerante para formar concreto o mortero” (p.15).

Cemento Portland: según, norma técnica E.060 concreto Armado, lo menciona como, “el resultado alcanzado al pulverizar el Clinker adicionando sulfatos de calcio. Es aceptable agregar otros productos sin llegar a exceder el 1% en peso total, siempre y cuando la normativa vigente lo permita; así mismo podemos decir que la presencia del Clinker es indiscutible en toda mezcla a realizar” (p.14).

Concreto: según, norma técnica E.060 concreto Armado, lo define como, “es el resultado de combinar cualquier tipo de cemento hidráulico, con áridos grueso, áridos finos y agua, así mismo pueden añadirse a la mezcla aditivos, con la finalidad de mejorar la trabajabilidad del concreto resultante, según la circunstancia lo amerite” (p.14).

Análisis granulométrico: Para el Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos R.D. N°10-2014-MTC/14 (2014), “el análisis granulométrico realizado a un suelo tiene por finalidad principal dar a conocer el porcentaje en el que se encuentran sus diferentes elementos que lo constituyen, clasificación que se realiza en función de su tamaño” (p.30).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo Y Diseño De Investigación

El modelo de investigación fue tipo aplicada; este tipo de investigación se centra principalmente en la aplicación de manera próxima ante una problemática, esto por encima de desarrollar un conocimiento universal (Borja, 2016, p.10).

Por otra parte, el proyecto fue de diseño experimental, de la que comprendemos que es aquella exploración en que las suposiciones se verifican a través del manejo intencionado de las variables (Borja, 2016, p.14).

Se contó con una muestra patrón, la cual fue el concreto convencional, de manera paralela se trabajó con 2 grupos experimentales, en el primero se experimentó con una combinación del agregado de 3/8" con el agregado de 1/2", en el segundo se combinaron el agregado de diámetros de 3/4", 1/2" y 3/8", a estos 3 grupos se le realizaron los mismo ensayos, los cuales fueron, rotura de probetas, aplicada para definir la resistencia para soportar los esfuerzos a compresión, que tiene cada grupo y la prueba de permeabilidad, utilizada para conocer el coeficiente de permeabilidad de cada grupo experimental de estudio.

Por otro lado, se tuvo un enfoque cuantitativo ya que establecimos una o más conjeturas, diseñamos una estrategia para realizar evaluaciones, acotamos los diferentes conceptos adheridos en las hipótesis, y se cambiaron las acotaciones en valores numéricos para examinarse al término del proceso, mediante el uso de técnicas estadísticas y presentar los resultados a un mundo más extenso o solidificar las creencias de una teoría previa (Borja, 2016, p.11).

Tabla N° 04: Cronograma de control

| | | | | | | |
|--------|-------------------------|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| GC(1): | X1 | O1(7 días) | X1 | O2(14 días) | X1 | O3(28 días) |
| GE(2): | X1(3/8", 1/2") | O1(7 días) | X1(3/8", 1/2") | O2(14 días) | X1(3/8", 1/2") | O3(28 días) |
| GE(3): | X1(3/4",1/2" y 3/8") | O1(7 días) | X1(3/4",1/2" y 3/8") | O2(14 días) | X1(3/4",1/2" y 3/8") | O3(28 días) |

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

GC: Grupo control (concreto convencional)

GE: Grupo experimental

X1: Gradación del agregado grueso de 3/4", 1/2", 3/8".

O1, O2, O3: Medición

3.2. Variables Y Operacionalización

- **Variable Independiente**

Gradación del agregado grueso.

- **Variable Dependiente**

Variación de la permeabilidad del concreto poroso.

- **Matriz de operacionalización**

• **MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN.**

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Escala de medición | Dimensiones | Indicadores |
|---|--|---|---------------------------|-------------------------------|--|
| Gradación del agregado grueso | Consiste en agrupar el agregado grueso en series ordenadas en grados sucesivos, ya sea ascendente o descendente. | Material que será evaluado y caracterizado según la norma técnica peruana, para determinar la influencia que tiene este material en la variación de la permeabilidad del concreto poroso. | Ordinal | Granulometría | <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño máximo nominal. - Contenido de Humedad - Absorción - Peso específico - Abrasión |
| Variación de la permeabilidad del concreto poroso | Es la resultante de la elaboración del concreto poroso alterando el tamaño de los agregados. | Es el resultado del diseño de mezcla, en la que se variará la gradación del agregado grueso, para luego ser evaluada de acuerdo a la norma técnica peruana. | De razón | Resistencia a la compresión | Ensayo de compresión del concreto (ASTM C 39). |
| | | | Intervalo | Coefficiente de permeabilidad | Ensayo de permeabilidad, ACI 522R-10 |

Elaboración propia, 2020

3.3. Población, Muestra Y Muestreo

Población

Según Borja (2016), “se nombra población al grupo de sustantivos con las mismas características las cuales serán objeto de un determinado estudio” (P.30).

La presente investigación tuvo como población a 27 probetas de testigo, siendo 6 probetas para determinar la permeabilidad y las 27 para el conocer su capacidad de resistir esfuerzos a compresión.

Muestra

Alfaro (2012), nos dice que: “Se podría decir que es una fracción de la población sus principales características es ser objetiva y tener las mismas características, de tal forma que los resultados obtenidos puedan atribuirse al resto de la población” (p. 52).

La muestra a tener en cuenta al realizar el estudio fue equivalente a la población que estuvo encargada de darnos la precisión de la permeabilidad del hormigón y el esfuerzo a la compresión a los que fueron sometidas 27 probetas cilíndricas y así conocimos los beneficios que aporta utilizar nuestro concreto poroso, se realizaron 2 grupos experimentales y 1 de control, donde se usó el concreto convencional como grupo de control para poder contrastar entre nuestro concreto poroso experimental y el concreto convencional.

3.4. Técnicas e Instrumentos e Recolección de Datos

Técnicas

Los métodos para la recopilación de los datos son todas aquellas técnicas que utilizamos para recolectar todos los datos que obtendremos durante la realización de la investigación, tanto en trabajos de campo como en trabajos de gabinete (Borja, 2016, p.33).

La técnica usada en este proyecto de investigación fue la observación o análisis documental, cuya realización nos permitió obtener resultados favorables, durante nuestra investigación.

Dentro de las técnicas puestas en práctica tenemos:

- La observación o análisis documental, que permitió inspeccionar y estudiar hechos de la realidad mediante los sentidos y el análisis documental.

Instrumentos

Para Díaz (2018), los instrumentos son aquellos artículos que nos facilitan la recolección de datos utilizados por el investigador, estos pueden ser formularios para encuestas, guías de observación (p.37).

Los instrumentos en el proyecto de investigación fueron las fichas normalizadas, donde se ingresan los resultantes obtenidos en los ensayos de laboratorio, de las cuales se usaron las siguientes:

- Fichas de Análisis Granulométrico de suelos por tamizado. ASTM C33-83
- Fichas del Ensayo de abrasión con máquina de los ángeles. ASTM C131
- Fichas para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso. ASTM D2216 y la Norma Técnica Peruana 339.127
- Fichas de Ensayo de permeabilidad. ACI 522R
- Fichas de Ensayo de resistencia a la compresión ASTM C39

3.5. Procedimientos

Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se siguió el siguiente orden, primero se llevó a cabo el ensayo de abrasión con la máquina de los ángeles apoyados en la norma ASTM C131, así mismo determinamos las características físicas del agregado grueso, mediante la realización del tamizado, seguido se determinó el peso específico seco y el porcentaje de absorción del agregado grueso, según la normativa ASTM C128, paralelo a ello se determinaron, el contenido de humedad, peso unitario suelto y peso unitario compactado, una vez realizadas estas pruebas al agregado se procedió con el diseño de mezcla, en este proceso se determinó la óptima relación de agua/cemento, seguidamente se aplicó a la mezcla el ensayo de cono de Abrams para determinar su porcentaje de asentamiento, según las norma NTP 339.035; al momento de elaborar los 27 testigos de concreto

utilizados durante el estudio, los cuales se dividieron en 2 grupos experimentales y 1 de control, cada grupo fue conformado por 9 probetas, una vez que la mezcla terminó su proceso de fraguado, procedimos con el ensayo de permeabilidad y finalmente siguiendo el calendario de curado se procedió con la rotura de probetas sometidas a cargas de compresión, a los 7 días, 14 días y a los 28 días, para obtener el valor de la capacidad que tiene cada testigo para resistir esfuerzos a compresión, al término de cada ensayo se procedió a realizar el procesamiento de los datos, para finalmente ser ordenados en un solo bloque.

3.6. Método De Análisis De Datos

La estadística descriptiva, tiene como finalidad comparar los datos obtenidos de diversos análisis utilizando gráficos, fórmulas y programas computacionales, tales como Excel y otros relacionados a la investigación (Díaz, 2018, p.37).

Los resultados encontrados durante la aplicación del método de análisis de datos, se obtuvieron mediante distintos ensayos y el uso de hojas de cálculo programadas en el programa Excel, que luego fueron comparados y procesados.

También se contó con un profesional especialista en la línea de investigación para el proyecto a realizar y un técnico especialista en laboratorio y diseño de mezcla de concreto, de esta manera se contó con un excelente procesamiento de los datos.

3.7. Aspectos éticos

Durante la realización de este proyecto los investigadores han venido respetando las normas internacionales ISO 690-1 y ISO 690-2, el proyecto no ha sido plagiado, todo el contenido es veraz y confiable, los datos obtenidos en laboratorio serán totalmente veraces y tendrán la certificación correspondiente.

IV. RESULTADOS

Durante el desarrollo del presente proyecto de investigación, se obtuvieron los resultados según los procedimientos establecidos, en las normas correspondientes.

4.1. Caracterización de agregados que se utilizaran para el diseño de la mezcla de Concreto Poroso.

4.1.1. Coeficiente de desgaste del agregado grueso proveniente de la cantera Río Naranjillo, con la que se trabajó el diseño de mezcla para nuestro concreto permeable.

Tabla N° 05: *Porcentaje de desgaste del agregado grueso*

ABRASIÓN EN TAMAÑOS MEDIANOS DE AGREGADOS GRUESOS

| TAMICES ASTM | | GRADACIONES - Pesos (gr) | | | |
|-------------------------------|----------|--------------------------|--------|---|---|
| Pasante | Retenido | A | B | C | D |
| 1 1/2" | 1" | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | |
| 3/4" | 1/2" | | 2501.1 | | |
| 1/2" | 3/8" | | 2497.2 | | |
| 3/8" | 1/4" | | | | |
| 1/4" | N° 4 | | | | |
| N° 4 | N° 8 | | | | |
| CARGA ABRASIVA | | | 11 | | |
| PARA 500 REVOLUCIONES | | | | | |
| Peso total de la muestra (gr) | | | 4998.3 | | |
| Peso retenido tamiz N° 12. | | | 3714.0 | | |
| Diferencia (gr) | | | 1284.3 | | |
| <i>Desgaste (%)</i> | | | 25.7 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 05 se evidencia, que el porcentaje de desgaste obtenido, en el laboratorio mediante el uso de la máquina de los ángeles y el llenado respectivo de los formatos según la norma ASTM C131-00, es del 25.70%, para ello se utilizó piedra chancada de la Cantera Río Naranjillo, el ensayo fue realizado utilizando los diámetros propuestos según el proyecto de investigación, los cuales son de 3/4", 1/2" y 3/8"; con los que se determinó que la muestra a trabajar fue tipo B, la cual es aquella que pasa el Tamiz de 3/4" y se retiene en el Tamiz de 1/2", de la

misma manera que se utiliza una carga abrasiva de 11 esferas, para unas 500 revoluciones.

El peso total de muestra seca fue de 4998.30 gr.; mismo que al final unos 3714.00 gr. fueron retenido en el Tamiz N° 12; obtenido de esta manera una diferencia entre el peso inicial y el peso final de 1284.30 gr. con los cuales obtuvimos el resultado final que es un porcentaje de desgaste de 25.70%.

4.1.2. Obtención de contenido de humedad natural del agregado.

Tabla N° 06: *Contenido de Humedad del agregado grueso*

| Determinación del % de Humedad Natural | ASTM 2216 - N.T.P. 339.127 | | | |
|--|----------------------------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| LATA | | | | |
| PESO DE LATA grs | 26.99 | 25.53 | 25.46 | 27.05 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs | 175.03 | 176.95 | 177.32 | 175.87 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA grs | 170.25 | 172.02 | 172.39 | 170.97 |
| PESO DEL AGUA grs | 4.78 | 4.93 | 4.93 | 4.90 |
| PESO DEL SUELO SECO grs | 143.26 | 146.49 | 146.93 | 143.92 |
| % DE HUMEDAD | 3.34% | 3.37% | 3.36% | 3.40% |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 3.37% | | | |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 06, podemos evidenciar que durante el desarrollo de los procedimientos realizados para la obtención del porcentaje de humedad según las normas ASTM D2216 y la Norma Técnica Peruana (N.T.P.) 339.127, al agregado grueso extraído de la cantera Río Naranjillo, para lo cual se repartieron en 4 (cuatro) muestras, las cuales se las pesó en estado húmedo y en estado seco luego de haber sido secados en el horno, con ello se obtuvieron el peso del agua, el peso del suelo seco, y mediante operaciones matemáticas el porcentaje de humedad de cada uno de las muestras, finalmente se sacó el contenido de humedad promedio de todas las muestras, obteniendo como resultado final un contenido de humedad del 3.37%.

4.1.3. Características físicas del agregado, de acuerdo a los diámetros elegidos para los diseños de mezcla experimentales de concreto poroso.

Tabla N° 07: *Características Físicas del agregado grueso de diámetros 1/2" y 3/8"*

| Características físicas | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------|-------------|---|---|
| Diámetro nominal máximo. | Peso específico seco (gr/cc) | Absorción (%) | Humedad (%) | Peso unitario suelto (Kg/m ³) | Peso unitario compactado (Kg/m ³) |
| 3/4" | 2.40 | 2.30% | 3.37% | 1305.0 | 1499.0 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 07 se interpreta que, el diámetro máximo nominal del agregado grueso, materia de estudio para el diseño de mezcla de concreto poroso es de 3/4", dato obtenido a través del estudio granulométrico realizado según la Norma ASTM C33 – 83, en el cual se determinó que el agregado para diseño de mezcla usando los diámetros de 1/2" y 3/8", cumplía con el uso 6 (seis) de la tabla de **requisitos granulométricos del agregado grueso**, de la norma ASTM C33 – 83; por otra parte se determinó que el agregado tiene un peso específico seco de 2.40 gr/cc. (gramos entre centímetros cúbicos), ensayo realizado en base a la norma ASTM C 128, así mismo se determinó que el porcentaje de absorción del agregado es de 2.30%, ensayo realizado según la norma ASTM C 128; el porcentaje de humedad fue de 3.37%, determina en base a las normas ASTM 2216 y la Norma Técnica Peruana (N.T.P.); finalmente el peso unitario suelto y el peso unitario compactado fueron determinados en base a la norma ASTM C29, en la cual obtuvimos como resultado un peso unitario suelto de 1305.00 kg/m³ y un peso unitario compactado de 1499.00 kg/m³.

Tabla N° 08: Características Físicas del agregado grueso de diámetros 3/4", 1/2" y 3/8"

| Características físicas | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------|-------------|---|---|
| Diámetro nominal máximo. | Peso específico seco (gr/cc) | Absorción (%) | Humedad (%) | Peso unitario suelto (Kg/m ³) | Peso unitario compact. (Kg/m ³) |
| 1" | 1.04 | 2.25% | 3.37% | 1389.0 | 1544.0 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 08 se interpreta que, el diámetro máximo nominal del agregado grueso, materia de estudio para el diseño de mezcla de concreto poroso es de 1", dato obtenido a través del estudio granulométrico realizado según la Norma ASTM C33 – 83, en el cual se determinó que el agregado para diseño de mezcla usando los diámetros de 3/4", 1/2" y 3/8", cumplía con el uso 5 (cinco) de la tabla de **requisitos granulométricos del agregado grueso**, de la norma ASTM C33 – 83; por otra parte se determinó que el agregado tiene un peso específico seco de 1.04 gr/cc. (gramos entre centímetros cúbicos), ensayo realizado en base a la norma ASTM C 128, así mismo se determinó que el porcentaje de absorción del agregado es de 2.25%, ensayo realizado según la norma ASTM C 128; el porcentaje de humedad fue de 3.37%, determina en base a las normas ASTM 2216 y la Norma Técnica Peruana (N.T.P.); finalmente el peso unitario suelto y el peso unitario compactado fueron determinados en base a la norma ASTM C29, en la cual obtuvimos como resultado un peso unitario suelto de 1389.00 kg/m³ y un peso unitario compactado de 1544.00 kg/m³.

4.2. Determinar la relación agua/cemento (a/c).

La relación de agua cemento se determinó de acuerdo a las diferentes bibliografías consultadas y la experiencia personal obtenida en el laboratorio al momento de realizar los diseños de mezcla, para lo cual optamos por una relación agua/cemento de 0.35, para el diseño elaborado con agregado de 1/2" y 3/8", mientras que para el otro diseño elaborado con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", se optó por una relación agua cemento de 0.30, cabe recalcar que ambas relaciones

abordadas se encuentran dentro del rango propuesto por las bibliografías que nos anteceden y la norma ACI 522R.

4.3. Evaluar el comportamiento mecánico que tiene el concreto permeable ante la resistencia a la compresión y a la permeabilidad.

4.3.1. Resistencia a la compresión

Tabla N° 09: Resistencia a la compresión probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 1/2" y 3/8"

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO PERMEABLE - DIÁMETRO 1/2" Y 3/8" | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EDAD | 7 | 7 | 7 | 14 | 14 | 14 | 28 | 28 | 28 |
| Resistencia f'c = kg/cm ² | 137.38 | 132.06 | 129.79 | 156.90 | 154.59 | 155.97 | 179.62 | 177.19 | 178.60 |
| Resistencia promedio f'c = kg/cm ² | 133.08 | | | 155.82 | | | 178.47 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 09 se interpreta que los testigos de concreto permeable elaborados con agregado grueso de 1/2" y 3/8", a los 7 (siete) días después de su moldeo obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 133.08 kg/cm², mientras que a los 14 (catorce) días fue de 155 kg/cm², así mismo podemos apreciar que la resistencia promedio a los 28 (veintiocho) días fue de 178 kg/cm², de ello podemos inferir que el diseño mezcla cumple con su objetivo, ya que fue diseñada para tener una resistencia a la compresión de 175 kg/cm².

Tabla N° 10: Resistencia a la compresión probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8"

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO PERMEABLE - DIÁMETRO 3/4", 1/2" Y 3/8" | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EDAD | 7 | 7 | 7 | 14 | 14 | 14 | 28 | 28 | 28 |
| Resistencia f'c = kg/cm ² | 139.14 | 139.60 | 143.23 | 156.31 | 163.82 | 164.28 | 180.13 | 181.81 | 178.31 |
| Resistencia promedio f'c = kg/cm ² | 140.65 | | | 161.47 | | | 180.08 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 10 se interpreta que los testigos de concreto poroso elaborados con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", a los 7 (siete) días después de su moldeo obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 140.65 kg/cm², mientras que a los 14 (catorce) días fue de 161.47 kg/cm², así mismo podemos apreciar que

la resistencia promedio a los 28 (veintiocho) días fue de 180.08 kg/cm², de ello podemos inferir que el diseño mezcla cumple con su objetivo, ya que fue diseñada para tener una resistencia a la compresión de 175 kg/cm².

Tabla N° 11: Resistencia a la compresión probetas de testigo, con concreto convencional.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - CONCRETO CONVENCIONAL (MUESTRA PATRÓN) | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EDAD | 7 | 7 | 7 | 14 | 14 | 14 | 28 | 28 | 28 |
| Resistencia f'c = kg/cm ² | 148.00 | 156.68 | 146.86 | 161.66 | 167.78 | 163.94 | 179.31 | 190.00 | 183.29 |
| Resistencia promedio f'c = kg/cm ² | 150.51 | | | 164.46 | | | 184.20 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 11 se interpreta que los testigos de concreto convencional, elaborados con la dosificación dada por CAPECO para un concreto f'c=175 kg/cm², a los 7 (siete) días después de su moldeo obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 150.51 kg/cm², mientras que a los 14 (catorce) días fue de 164.46 kg/cm², así mismo podemos apreciar que la resistencia promedio a los 28 (veintiocho) días fue de 184.20 kg/cm², de ello podemos inferir que el diseño mezcla cumple con su objetivo, ya que fue diseñada para tener una resistencia a la compresión de 175 kg/cm².

En términos generales, podemos decir que los tres diseños de mezcla cumplen con lo previsto en relación a la resistencia a compresión, pero tenemos una leve diferencia en el tiempo que tiene cada concreto para llegar a su resistencia de diseño, el concreto convencional alcanza su resistencia más rápido que los diseños de concreto poroso, pero a su vez cabe recalcar que todos cumplen y superan la resistencia de diseño a los 28 (veintiocho) días.

4.3.2. Permeabilidad del concreto permeable.

Tabla N° 12: *Determinación del coeficiente de permeabilidad “k” en las probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 1/2” y 3/8”*

| Descripción | Coeficiente de Permeabilidad | | | | | | | |
|--|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|---------------|---------------|
| | L (cm) | A (cm ²) | a (cm ²) | h1 (cm) | h2 (cm) | t (seg) | Ln (h1/h2) | k (cm/seg) |
| Concreto permeable - Diámetro de 1/2" y 3/8" | 30 | 176.71 | 176.71 | 30 | 27 | 16.25 | 0.1054 | 0.19 |
| Concreto permeable - Diámetro de 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 14.42 | 0.1054 | 0.22 |
| Concreto permeable - Diámetro de 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 14.21 | 0.1054 | 0.22 |
| Coeficiente de Permeabilidad Promedio k | | | | | | | | 0.21 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 12, se infiere que el coeficiente de permeabilidad obtenido por medio de la norma ACI 522R, al primer diseño de concreto poroso, elaborado únicamente con agregado grueso de 1/2” y 3/8”, y con una relación agua cemento de 0.35, fue de un $k = 0.21 \text{ cm/seg.}$ para lo cual se sometió a este ensayo a tres probetas de testigo y se sacó un resultado promedio; así mismo podemos decir que su coeficiente de permeabilidad se encuentra dentro del rango que nos muestran las investigaciones pasada, las cuales nos dicen que “k” se debe encontrar entre 0.20 cm/seg. y 0.50 cm/seg.

Tabla N° 13: *Determinación del coeficiente de permeabilidad “k” en las probetas de testigo, elaborados con agregado grueso de 3/4”, 1/2” y 3/8”*

| Descripción | Coeficiente de Permeabilidad | | | | | | Ln (h1/h2) | k (cm/seg) |
|---|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|---------|---------------|---------------|
| | L (cm) | A (cm ²) | a (cm ²) | h1 (cm) | h2 (cm) | t (seg) | | |
| Concreto permeable - Diámetro de 3/4",1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 15.27 | 0.1054 | 0.20 |
| Concreto permeable - Diámetro de 3/4",1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 13.21 | 0.1054 | 0.24 |
| Concreto permeable - Diámetro de 3/4",1/2" y 3/8" | 30 | 176.71 | 176.71 | 30 | 27 | 12.84 | 0.1054 | 0.25 |
| Coeficiente de Permeabilidad Promedio k | | | | | | | | 0.23 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 13, se infiere que el coeficiente de permeabilidad obtenido por medio de la norma ACI 522R, al primer diseño de concreto poroso, elaborado con agregado grueso de 3/4”, 1/2” y 3/8”, y con una relación agua cemento de 0.35, fue de un $k = 0.23\text{cm/seg.}$ para lo cual se sometió a este ensayo a tres probetas de testigo y se sacó un resultado promedio; así mismo podemos decir que su coeficiente de permeabilidad se encuentra dentro del rango que nos muestran las investigaciones pasada, las cuales nos dicen que “k” se debe encontrar entre 0.20 cm/seg. y 0.50 cm/seg.

4.4. Determinar el costo del m³ del concreto poroso, en comparación del concreto convencional.

Tabla N° 14: Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m³ de Concreto Convencional, (dosificación según CAPECO).

| Concreto Convencional f'c = 175 kg/cm ² . PAVIMENTO RIGIDO E=0.20 | | | | Costo unitario directo por M ³ | | | 530.98 |
|--|--------------------------------------|---------------------------------|-----------|---|------------|-------------|--------|
| Jornal (h) = | 8 | RENDIMIENTO M ³ /DIA | MO. = 20 | EQ. = | 20 | | |
| Código | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010001 | OPERARIO | H-H | 2 | 0.80 | 80.00 | 64.00 | |
| 0101010002 | OFICIAL | H-H | 1 | 0.40 | 60.00 | 24.00 | |
| 0101010003 | PEON | H-H | 10 | 4.00 | 40.00 | 160.00 | |
| | | | | | | | 248.00 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0201010003 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG.) | BOL. | | 8.430 | 23.00 | 193.89 | |
| 0201010005 | AGUA | M ³ | | 0.185 | 2.50 | 0.46 | |
| 0201010017 | PIEDRA CHANCADA DE 1 1/2" | M ³ | | 0.550 | 80.00 | 44.00 | |
| 0201010018 | ARENA GRUESA | M ³ | | 0.540 | 60.00 | 32.40 | |
| | | | | | | | 270.75 |
| Equipos | | | | | | | |
| 301010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3 | 7.44 | 0.22 | |
| 301010011 | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.5" | H-M | 1 | 0.4 | 10.00 | 4.00 | |
| 301010012 | MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3 | H-M | 1 | 0.4 | 20.00 | 8.00 | |
| | | | | | | | 12.22 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 14, podemos evidenciar que el costo por elaboración de un metro cubico de concreto típico con un f'c = 175 kg/cm² tiene un valor aproximado de S/. 530.98, en nuestra región, este análisis de costos unitarios se realizó de acuerdo a la recolección de datos de obras recientemente ejecutadas en la zona de estudio, de las cuales se extrajo el número de cuadrilla y el rendimiento que se utiliza en nuestra zona, los precios fueron actualizados en base a las cotizaciones actuales; para este trabajo tenemos un costo neto en mano de obra de S/. 248.00, en gasto en materiales de S/. 270.75 y un costo en equipos de S/. 12.22, el cual nos da como costo general S/. 530.98.

Tabla N° 15: Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m³ de Concreto Permeable, con agregado grueso de 1/2" y 3/8".

| Concreto - Permeable f'c = 175 kg/cm ² . EN PAVIMENTO RÍGIDO E=0.20 | | | | | Costo unitario directo por M3: 507.16 | | |
|---|---|-------------|-----------|----------|---|----------------|--------|
| Jornal (h) = | 8 | RENDIMIENTO | M3/DIA | MO. = | 20 | EQ. = | 20 |
| Código | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010001 | OPERARIO | H-H | 2 | 0.80 | 80.00 | 64.00 | |
| 0101010002 | OFICIAL | H-H | 1 | 0.40 | 60.00 | 24.00 | |
| 0101010003 | PEON | H-H | 10 | 4.00 | 40.00 | 160.00 | |
| | | | | | | | 248.00 |
| Materiales | | | | | | | |
| 0201010003 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG.) | BOL. | | 6.390 | 23.00 | 146.97 | |
| 0201010005 | AGUA | M3 | | 0.082 | 2.50 | 0.21 | |
| 0201010017 | PIEDRA CHANCADA DE 1/2" | M3 | | 1.247 | 80.00 | 99.76 | |
| | | | | | | | 246.94 |
| Equipos | | | | | | | |
| 301010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3 | 7.44 | 0.22 | |
| 301010011 | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.5" | H-M | 1 | 0.40 | 10.00 | 4.00 | |
| 301010012 | MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3 | H-M | 1 | 0.40 | 20.00 | 8.00 | |
| | | | | | | | 12.22 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 15, podemos evidenciar que el costo por elaboración de un metro cubico de concreto poroso elaborado con agregado grueso de 1/2" y 3/8" para f'c = 175 kg/cm² tiene un valor aproximado de S/. 507.16, en nuestra región, este análisis de costos unitarios se realizó de acuerdo a la recolección de datos de obras recientemente ejecutadas en la zona de estudio, de las cuales se extrajo el número de cuadrilla y el rendimiento que se utiliza en nuestra zona, los precios fueron actualizados en base a las cotizaciones actuales; para este trabajo tenemos un costo neto en mano de obra de S/. 248.00, en gasto en materiales de S/. 246.94 y un costo en equipos de S/. 12.22, el cual nos da como costo general S/. 507.16.

Tabla N° 16: Análisis de Costos Unitarios para la elaboración de un m³ de Concreto Permeable, con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8".

| Concreto - Permeable f'c = 175 kg/cm ² . EN PAVIMENTO RÍGIDO E=0.20 | | | | | Costo unitario directo por M3: | | 528.26 |
|--|--------------------------------------|-------------|-----------|----------|--------------------------------|-------------|--------|
| Jornal (h) = | 8 | RENDIMIENTO | M3/DIA | MO. = | 20 | EQ. = | 20 |
| Código | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. | |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| 0101010001 | OPERARIO | H-H | 2 | 0.80 | 80.00 | 64.00 | |
| 0101010002 | OFICIAL | H-H | 1 | 0.40 | 60.00 | 24.00 | |
| 0101010003 | PEON | H-H | 10 | 4.00 | 40.00 | 160.00 | |
| | | | | | | 248.00 | |
| Materiales | | | | | | | |
| 0201010003 | CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG.) | BOL. | | 7.450 | 23.00 | 171.35 | |
| 0201010005 | AGUA | M3 | | 0.081 | 2.50 | 0.20 | |
| 0201010017 | PIEDRA CHANCADA DE 3/4" | M3 | | 1.206 | 80.00 | 96.48 | |
| | | | | | | 268.03 | |
| Equipos | | | | | | | |
| 301010001 | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3 | 7.44 | 0.22 | |
| 301010011 | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.5" | H-M | 1 | 0.40 | 10.00 | 4.00 | |
| 301010012 | MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3 | H-M | 1 | 0.40 | 20.00 | 8.00 | |
| | | | | | | 12.22 | |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N° 16, podemos evidenciar que el costo por elaboración de un metro cubico de concreto poroso elaborado con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" para f'c = 175 kg/cm² tiene un valor aproximado de S/. 528.26, en nuestra región, este análisis de costos unitarios se ejecutó de acuerdo a la recolección de datos de obras recientemente ejecutadas en la zona de estudio, de las cuales se extrajo el número de cuadrilla y el rendimiento que se utiliza en nuestra zona, los precios fueron actualizados en base a las cotizaciones actuales; para este trabajo tenemos un costo neto en mano de obra de S/. 248.00, en gasto en materiales de S/. 268.03 y un costo en equipos de S/. 12.22, el cual nos da como costo general S/. 528.26.

- 4.5. Determinar el esquema de los componentes estructurales para un pavimento de concreto permeable con un óptimo comportamiento en nuestra zona.

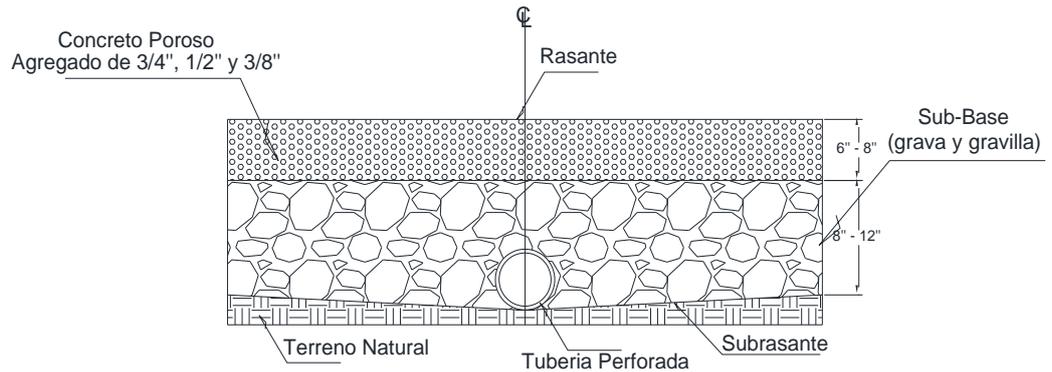


Figura N° 03: Esquema de la estructura de pavimento poroso: Elaboración propia.

De la Figura 3, se interpreta lo siguiente:

El primer esquema estructural para pavimento permeable propuesto por el grupo de trabajo se encuentra compuesta por la carpeta de rodadura, el cual es de concreto poroso, en nuestro caso elaborado únicamente con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", seguido de una sub base granular elaborada a base de grava y gravilla que puede ser de 1 hasta 6 pulgadas, así mismo en la parte interior de la sub base, tenemos una serie de tuberías perforadas colocadas ahí con el objetivo de facilitar el transporte del agua que demora en ser absorbida por el terreno natural, hacia el sistema de drenaje convencional, cabe mencionar que la subrasante cuenta con una leve pendiente que direcciona al agua estancada hacia las tuberías recolectoras.

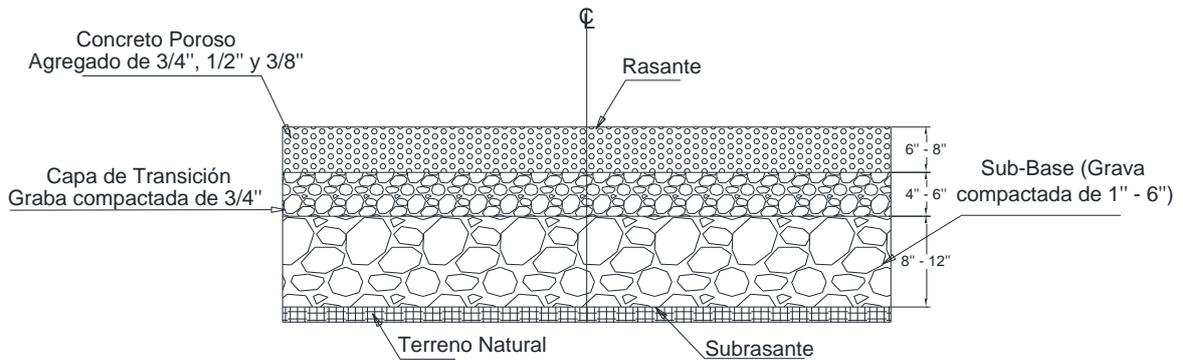


Figura N° 04: Esquema de la estructura de pavimento poroso: Elaboración propia.

De la Figura 4, se interpreta lo siguiente:

El segundo estructural para pavimento permeable propuesto por el grupo de trabajo está compuesta por la carpeta de rodadura, el cual es de concreto poroso, en nuestro caso elaborado únicamente con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", seguido de una capa delgada de grava compactada, la cual realiza la labor de transición, del agua que va desde la carpeta de rodadura hacia la sub base, y posteriormente al terreno natural; mientras que la sub base granular está compuesto por grava y gravilla de diámetros que van desde 1 hasta 6 pulgadas, y finalmente encontramos la sub rasante, que es básicamente el terreno natural sobre el cual reposa toda la estructura del pavimento, cabe mencionar que esta última puede ser sometida a un mejoramiento de terreno, según lo requiera el proyecto.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a las características del agregado grueso optamos por nombrar a Paucar, Yesica y a Morales, Franciss W. (2018), que en su tesis titulada “Influencia del agregado grueso de la cantera del río ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - f'c 175 kg/cm²”, obtuvieron, un porcentaje de desgaste del 21.56%, un contenido de humedad del agregado grueso de 4.14%, un peso específico seco de 2.33 gr/cm³, un porcentaje de absorción de 3.43%, peso unitario suelto de 1307.77 kg/m³ y un peso unitario compactado de 1354.54 kg/m³. Entonces decimos que son resultados relativamente diferentes a los obtenidos con la cantera trabajada en este trabajo, ya que obtuvimos un porcentaje de desgaste del 25.70%, un contenido de humedad del 3.37%, peso específico seco de 2.40 y 1.04 gr/cm³, los porcentajes de absorción fueron de 2.30% y 2.25%, mientras que los pesos unitarios sueltos fueron 1305 kg/m³ y 1389 kg/m³ y los pesos unitarios compactados fueron de 1499 kg/m³ y 1544 kg/m³; cabe recalcar que con el material de ambas canteras se puede elaborar un diseño de mezcla para concreto poroso óptimo.

Así mismo León, Christian A. L. (2018), en su tesis titulada “Aplicación de concreto permeable como alternativa para reducir la escorrentía superficial en las vías del distrito El Tambo-Huancayo, 2018”, utilizó las relaciones agua/cemento de 0.27, 0.28 y 0.34; los cuales se encuentran dentro del rango establecido por literaturas pasadas, las cuales son semejantes a las utilizadas en el presente trabajo de investigación, ya que se utilizaron relaciones agua cemento de 0.30 y 0.35; para lo que finalmente obtuvimos resultados positivos. Por otra parte, al nombrar a Guizado, Agneth y Curi, Elvis (2017), en su tesis titulada “Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noreste del Perú”, quienes obtuvieron una resistencia a la compresión para concreto poroso con agregados de huso 67 (3/8”) libre de finos igual a 180.00 kg/cm² al término de los 28 días de curado. De acuerdo a ello podemos apreciar cierta semejanza en los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación, ya que se obtuvo en el diseño elaborado a base de agregado

grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" una resistencia mayor a los 28 días de 181.81 kg/cm², mientras que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", obtuvo una resistencia máxima de 179.62 kg/cm².

Así también tenemos a Felipe Moujir, Yalil y Castañeda U. Luis F. (2014), en su tesis "Diseño y Aplicación de concreto poroso para pavimentos", quienes han obtenido una fortaleza a la compresión de su diseño de concreto permeable con agregado de 1/2" sin finos de 21.05MPa que es igual a 214.65 kg/cm², para ello podemos observar que nuestro concreto tiene una resistencia menor, ya que el diseño elaborado a base de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" alcanzó una resistencia mayor a los 28 días de 181.81 kg/cm², mientras que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", obtuvo una resistencia máxima de 179.62 kg/cm²; pero aun así cumple con la resistencia requerida para la que fue diseñado.

Mientras que Ore Andrade, Harold O. R. y Partillo Diaz, Miguel A. (2019) en su tesis "Propuesta de diseño de mezcla para un concreto permeable de FC=175 kg/cm² en veredas", adquirieron una resistencia mayor a la compresión con agregado de huso 7 (3/4") sin finos, de 196.13 kg/cm² y con agregado de huso 67 (1/2") libre de finos, una resistencia de 188.44 kg/cm². Mientras que para nosotros el diseño elaborado a base de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" alcanzó una resistencia mayor a los 28 días de 181.81 kg/cm², mismo que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", alcanzó la resistencia máxima de 179.62 kg/cm²; de lo cual podemos decir que nuestro concreto es ligeramente menos resistente.

Citando a Pérez, Johan (2017) en su tesis "Influencia de la Granulometría del Agregado Grueso en las Propiedades Mecánicas e Hidráulicas de un Concreto Permeable, Trujillo 2017", encontramos que obtuvo un coeficiente de permeabilidad de 0.207 cm/seg. en su concreto poroso elaborado a base de agregado grueso de 1/2", y un "k" equivalente a 0.222 cm/seg. para un hormigón poroso elaborado con agregado de 3/8"; mientras que nosotros observamos que el diseño elaborado a base de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" obtuvo un coeficiente de permeabilidad más alto "k" igual a 0.25 cm/seg,

mientras que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", obtuvo coeficiente de permeabilidad mayor "k" igual a 0.22 cm/seg.

Así mismo es importante mencionar que la norma ACI 522R-10, establece un rango en el que se debe encontrar los valores de "k" en un concreto poroso, los cuales son de entre 0.110 y 1.22 cm/seg. en este caso los coeficientes de permeabilidad encontrados en esta tesis, se encuentran dentro del rango.

En este contexto económico podemos nombrar a Paucar, Yesica y a Morales, Franciss W. (2018), que en su tesis titulada "Influencia del agregado grueso de la cantera del río ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - f'c 175 kg/cm²", obtuvieron un costo por metro cúbico de concreto convencional de S/. 394.42, mientras que el costo por elaboración del concreto permeable fue de S/. 291.68; así mismo en este proyecto de investigación se observó que el diseño elaborado a base de agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", tiene un costo de elaboración de S/. 528.26, mientras que el diseño elaborado en base a agregado grueso de 1/2" y 3/8", tiene un costo de S/. 507.16, mismo que el concreto convencional tiene un costo de elaboración de S/. 530.98, de los cual decimos que el costo por metro cúbico del concreto permeable es relativamente menor al del convencional.

Así también tenemos a Felipe Moujir, Yalil y Castañeda U. Luis F. (2014), en su tesis "Diseño y Aplicación de concreto poroso para pavimentos", determinaron que el costo de elaboración por metro cubico de concreto convencional es de \$267,396.00, mientras que el costo del concreto permeable sin finos es de \$184,933.00; y nosotros obtuvimos costos de elaboración de concreto poroso de S/. 528.26 y de S/. 507.16, mientras que el costo por elaboración de concreto convencional fue de S/. 530.98, por lo cual reforzamos la hipótesis que nos dice que la elaboración de concreto poroso es más rentable que el concreto convencional.

VI. CONCLUSIONES

Durante la ejecución del presente trabajo de investigación se concluyó que el agregado grueso utilizado, tiene un porcentaje de desgaste del 25.70%, el cual es menor al 50% establecido en la norma C.E. 010 (Pavimentos Urbanos), así mismo concluimos que las otras características físicas que definen al agregado grueso utilizado, fueron adecuadas para el diseño de mezcla, ya que permitieron realizar un buen diseño de mezcla de concreto poroso.

Así mismo concluimos que la relación agua/cemento (a/c) óptima, para la elaboración de un buen Concreto Poroso debe estar entre 0.30 a 0.35; ya que valores superiores a estos disminuyen la capacidad de resistir cargas a compresión y puede afectar su coeficiente de permeabilidad.

Se evaluó el comportamiento mecánico que tiene el concreto permeable ante la resistencia a la compresión, observando que el concreto permeable elaborado con agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8", tiene una resistencia a la compresión de 181.81 kg/cm² y el concreto permeable elaborado a base de agregado grueso de 1/2" y 3/8", alcanzó una resistencia de 179.62 kg/cm², concluyendo así que ambos diseños son adecuados para el uso en pavimentos de bajo tránsito o pavimentos especiales, como (pasajes peatonales, aceras o veredas y ciclovías).

Con respecto a la permeabilidad se determinó que tanto el primer diseño, como el segundo, pueden cubrir con la demanda de permeabilidad requerida para disminuir y evacuar de manera adecuada el agua producto de la escorrentía en la zona, mejorando de esta manera el funcionamiento del sistema de drenaje. De acuerdo al análisis de precios unitarios, se determinó que la elaboración por metro cúbico de concreto poroso es relativamente más rentable que el metro cúbico de concreto convencional.

Concluimos que la estructura de un pavimento elaborado con concreto poroso, tiene una sección diferente al pavimento elaborado con concreto convencional, el cual reduce los gastos de movimiento de tierra; compuesta así por carpeta de rodadura, una capa de transición, la base y una serie de tuberías perforadas.

VII. RECOMENDACIONES

Para la óptima elaboración de concreto poroso se recomienda tener un buen control de calidad al momento de realizar la mezcla del concreto, de esta manera tendremos un correcto control al momento de agregar los materiales, el uso de los equipos ideales para realizar la mezcla de los materiales, colocar las cantidades indicadas en el diseño, respetando siempre de manera estricta la relación agua/cemento establecida en el diseño de mezcla, para así garantizar que el concreto cumpla con sus propiedades, físicas, mecánicas e hidráulicas. Recomendamos que para determinar la relación entre agua/cemento, siempre se tenga en cuenta los parámetros establecidos en los diferentes trabajos previos y las recomendaciones de la norma ACI 522R.

Se recomienda a futuros investigadores que deseen trabajar temas como el concreto poroso, realizar diseños con mayor resistencia, para así poder implementar este nuevo sistema en pavimentos rígidos de vías principales.

Para lograr resistencias a la compresión mayores a las obtenidas en el presente trabajo de investigación se recomienda incorporar un porcentaje de agregado fino, sin dejar de lado que al añadir agregado fino a la mezcla no debe afectar de manera considerable y negativa el rendimiento de las propiedades hidráulicas del concreto permeable; así mismo de ser el caso también podemos agregar diferentes tipos de aditivos que ayuden a mejorar las características mecánicas de este concreto.

Como último punto, recomendamos que para diseñar un concreto poroso que cumpla con todas las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas se debe respetar y tomar en cuenta lo establecido en la Norma ACI 522R-10, así mismo debemos considerar una adecuada selección del agregado a utilizar durante la elaboración del diseño de mezcla, como también respetar los parámetros de incorporación de los materiales que nos establecen las normas que rigen al concreto poroso.

VIII. REFERENCIAS

ACI-522R-10 (2011) Report on Pervious Concrete - American Concrete Institute.

AGUILAR, Victor. Optimización de concreto permeable para el mejoramiento sostenible del pavimento de drenaje pluvial en la avenida Sánchez Cerro – Piura 2018. Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38396>

ALFARO, Carlos. Metodología de la investigación científica aplicado a la ingeniería. Tesis (Pregrado).

Lima: Universidad Nacional del Callao, 2012.

Disponible en: https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Inv_estigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO%20RODRIGUEZ_FIEE.pdf

American Concrete Institute (ACI) [Mensaje de un blog]: José Alejandro R.M., (20 de Junio de 2020). Recuperado de <http://vivirhogar.republica.com/general/american-concrete-institute-aci.html>

ASTM_C29 Método de ensaye estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados, Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C29C29M-07-SP.htm>

ASTM_C33 (1999) Standard Specification for Concrete Aggregates - ASTM International.

ASTM_C39, Método de prueba estándar para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón, Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C39C39M-SP.htm>

ASTM_C128 (2004) Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados finos, Disponible en: <https://www.astm.org/database.cart/historical/c128-04a-sp.htm>

ASTM_C131 (2001) Método de Ensayo Normalizado para la resistencia a la degradación de los áridos gruesos de tamaño pequeño por el método de abrasión e impacto en la máquina Los Ángeles, Disponible en: https://www.academia.edu/37324069/Designaci%C3%B3n_ASTM_C_131_01

ASTM_D2216 (2019) Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass, Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D2216>

BAUTISTA, Alessandro J. Diseño De Pavimento Rígido Permeable Para La evacuación De Agua Pluviales Según La Norma Aci 522r-10. Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES, 2018.

Disponible en: http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/usmp/4928/bautista_paj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, Perú. 2016. Disponible

en: https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

CÓRDOVA, 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 (Ingeniero Civil)

Arequipa: Universidad Católica De Santa Maria, 2016.

Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5530>

CORREDOR, Gustavo. Maestría en Vías Terrestres Módulo III, Diseño de Pavimentos I. Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO [en línea] 1993, [fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/aashto-931.pdf>

COSTOS Y PRESUPUESTOS, Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), Disponible en: https://civilyedaro.files.wordpress.com/2014/08/costos_y_presupuestos_en_edificacion_-_capeco_r.pdf

CUBAS, Hervin y CABRERA, Josias. Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional. Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: Universidad Peruana Unión, 2019.

Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2257>

DÍAZ, Paul. Mezclas de biomásas y aglutinantes orgánicos para las mejoras de las propiedades energéticas en la elaboración de briquetas, Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/17521>

FALCON, Francy A., SANTOS, Juan M. Diseño De Un Pavimento Rígido Permeable, Con Agregados De La Cantera Chullqui, Para El Drenaje Urbano En Estacionamientos En La Ciudad De Huánuco, Tesis (Ingeniero Civil).

Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan, 2016.

Disponible en: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1289>

FELIPE, Yalil y CASTAÑEDA, Luis F. Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. Tesis (Ingeniero Civil)

Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana, 2014. Recuperado de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%C3%B1o_aplicacion_concreto.pdf?sequence=1

FLORES, Cesar E. y PACOMPIA, Ivan A. Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con adición de Tiras de Plástico para Pavimentos $f'c=175$ kg/cm² en la Ciudad de Puno. Tesis (Ingeniero Civil).

Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2230/FLORES_QUISP_E_CESAR_EDDY_PACOMPIA_CALCINA_IVA_ALEXANDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GUIZADO Barrios, Agneth y CURI Grados, Elvis. Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú. Tesis (Título Profesional).

Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9831>

HAO, Wu *et al.* Experimental investigation on freeze–thaw durability of Portland cement pervious concrete (PCPC). *Construction and Building Materials* [en línea]. agosto de 2016, n.º 117. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020].

Disponible

en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816306857>.

ISSN: 0950-0618

KHANKHAJE, Elnaz *et al.* Sustainable clean pervious concrete pavement production incorporating palm oil fuel ash as cement replacement. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. enero de 2018, n.º 172. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617324666>.

ISSN: 0959-6526

LEÓN, Christian. Aplicación de concreto permeable como alternativa para reducir la escorrentía superficial en las vías del distrito El Tambo-Huancayo, 2018. Tesis (Ingeniero Civil).

Lima: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35342>

Manual de carreteras, suelos geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos, R.D.Nº 10 – 2014 – MTC/14. Obtenido de: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf

MORALES, Denys M. Influencia del tamaño máximo nominal de 1/2" y 1" del agregado grueso del río Amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Tesis (Ingeniero Civil)

Jaén: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017

Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1099/TESIS%20FINAL%2017-05-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Norma Técnica CE. 010 pavimentos Urbanos. Obtenido de: http://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf

NTP 339.127, MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO, Disponible en: <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=21090>

NTP 339.129:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, usando el

penetrómetro cónico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.130:1999, disponible en: <https://es.scribd.com/document/383246600/NTP-339-129-2014-LL-y-LP>
Norma Técnica E. 060 Concreto Armado (D.S.N° 010-2009-vivienda). Obtenido de: <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

ORE, Harold O. R., PORTILLO, Miguel A. Propuesta de diseño de mezcla para un concreto permeable de $FC=175\text{kg/cm}^2$ en veredas, Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/635423/Ore_AH.pdf?sequence=3&isAllowed=y

PALACIOS, Frank A. Diseño De Concreto Permeable Para Su Aplicación En Pavimentos Como Óptimo Sistema De Drenaje En Distrito De Independencia – Huaraz – Ancash, 2018, Tesis (Ingeniero Civil).

Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26760>

PALOMINO, Álvaro y MALDONADO, Álvaro. Sustitución experimental del agregado grueso de origen pétreo, por agregado grueso producto de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá, para la elaboración de concreto hidráulico. Tesis (Ingeniero Civil).

Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2018.

Disponible en <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7824>

PAUCAR, Yesica y MORALES, Franciss. Influencia del agregado grueso de la cantera del río Ichu en el concreto permeable para pavimentos de bajo tránsito - $f'c\ 175\text{kg/cm}^2$. Tesis (Ingeniero Civil).

Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2018.

Disponible en <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1642>

Pavimentos De Hormigón Poroso – Hydromedia, [en línea]. España: Efficient Building™ system, 2013 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.voltimum.es/documentos/pavimentos-hormigon-poroso-hydromediatm?flippage=1&id=18476>

PEREZ, Johan. Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017. Tesis (Ingeniero Civil).

Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2017.

Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12351>

PING, Liu, Ping Coarse Aggregate Size Effect on Non-linear and Uncertainty Mechanical Behaviors for Concrete. *Advances in Materials*. [en línea]. Vol. 8, April 2019, [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020], Disponible en: <http://article.sciencepublishinggroup.com/pdf/10.11648.j.am.20190803.11.pdf>

QUISPE, Ivan y TICONA, Elmer. Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Tesis (Ingeniero Civil). Juliaca: Universidad Peruana Unión, 2017.

Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/947>

Santander: Universidad de Cantabria, 2008 – España.

Disponible en: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/10711;jsessionid=286423305FAD47B01E08844E56DADF2B>

SAGHAIAN, Soheila *et al.* Treatment of urban storm water using adsorbent porous concrete. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management* [en línea]. noviembre de 2018, n.º 171. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jwama.15.00127>. ISSN: 1741-7589

TORRE, Ana. Curso Básico de Tecnología del Concreto. Universidad Nacional de Ingeniería, 2004. 131 pp. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020]. Disponible en https://www.academia.edu/9191423/curso_basico_de_tecnologia_del_concreto_para_ingenieros_civiles

YÁÑEZ, Fernando, Comisión De Diseño Estructural En Hormigón Armado Y Albañilerías Perteneciente A La Corporación De Desarrollo Tecnológico De La Cámara chilena De La Construcción [en línea], Santiago de Chile, 2000 [fecha de consulta 28 de junio 2020]. Disponible en <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/doctec/codigo.pdf>

IX. ANEXOS

• ANEXO N° 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | |
|--|---|---|--|---|
| "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | | | | |
| Formulación del problema | Objetivo | Hipótesis | Variables y dimensiones | Marco metodológico |
| <p>Problema general ¿En qué medida la variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una gradación del agregado grueso de 3/4", 1/2" y 3/8" influirá en el drenaje de aguas pluviales en la ciudad de Moyobamba?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuáles son las características de los agregados para el diseño de</p> | <p>Objetivo general Realizar el diseño de mezcla para un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8"; que cumpla con propiedades mecánicas e hidráulicas en la ciudad de Moyobamba 2020.</p> <p>Objetivos específicos - Determinar la caracterización de agregados que se utilizarán para el diseño de la mezcla de Concreto Poroso.</p> | <p>Hipótesis general El diseño de mezcla de un concreto poroso, variando el diámetro del agregado grueso en 3/4", 1/2" y 3/8", cumplirá con las propiedades mecánicas e hidráulicas, así mismo mejorará de manera satisfactoria el rendimiento del sistema de drenaje, en la ciudad de Moyobamba.</p> <p>Hipótesis específicas - Las características del agregado grueso que se utilizará, serán óptimas para el diseño de la</p> | <p>Variable Independiente: Gradación del agregado grueso</p> | <p>Tipo de investigación fue aplicada, con un enfoque cuantitativo.</p> |
| | | | <p>Variable dependiente Variación de la permeabilidad del concreto poroso</p> | <p>Diseño de investigación Diseño de investigación fue experimental.</p> |
| | | | <p>Población La presente investigación tuvo como población a 27 probetas.</p> <p>Muestra La muestra que se tomó para la investigación fue equivalente a la población que son de 27 probetas.</p> <p>Instrumentos Para el instrumento de recolección de datos se usaron las siguientes fichas:</p> | |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| <p>mezcla para un concreto poroso?</p> <p>¿Cuál es la relación agua/cemento (a/c) adecuado para el diseño del concreto poroso?</p> <p>¿Cuál es la resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso?</p> <p>¿Cuál es el costo beneficio por metro cúbico de concreto poroso, en comparación del concreto convencional?</p> <p>¿Cuál es el esquema de la sección transversal óptimo para un buen comportamiento del pavimento rígido con concreto poroso?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la relación agua/cemento (a/c). - Evaluar el comportamiento mecánico y físico que tiene el concreto permeable ante la resistencia a la compresión y a la permeabilidad. - Determinar el costo del m3 del concreto poroso, en comparación del concreto convencional. - Determinar el Esquema de la estructura de pavimento de concreto permeable para un óptimo comportamiento. | <p>mezcla de concreto poroso.</p> <ul style="list-style-type: none"> -La relación agua/cemento (a/c) será óptimo para el diseño de mezcla de concreto poroso. -El concreto poroso, pasará de manera óptima las pruebas de resistencia a la compresión y obtendrá un coeficiente de permeabilidad adecuado. -El costo para la elaboración por m3 de concreto poroso será menor al costo de elaboración por m3 de concreto convencional. -El esquema de la estructura planteada de pavimento poroso, será el adecuado para la ciudad de Moyobamba. | | <ul style="list-style-type: none"> - Fichas de Análisis Granulométrico de suelos por tamizado. ASTM C33 – 83. - Fichas del Ensayo de abrasión con máquina de los ángeles. ASTM C131. - Fichas para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso. ASTM C 128. - Fichas de Ensayo de permeabilidad. ACI 522R - Fichas de Ensayo de resistencia a la compresión. ASTM C39. |
|--|--|--|--|---|

Fuente: Elaboración propia, 2020

• ANEXO N° 02, VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Juana Maribel Lavado Enríquez

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniero civil

Instrumento de evaluación: Fichas de Ensayo para análisis Granulométrico de suelos por tamizado (NTP 400.012), ensayo de abrasión con máquina de los ángeles (NTP 400.020) y para Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristian Janter Rimarachin Olortegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 50 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

J. Maribel Lavado Enríquez
 J. Maribel Lavado Enríquez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 85930

Moyobamba, 8 de Junio del 2020



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Juana Maribel Lavado Enriquez

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniera civil

Instrumento de evaluación: Ensayo de cono de Abrams (NTP 339.035), ensayo de permeabilidad (AASHTO T.215) y el Ensayo de Resistencia a la Compresión (NTP 339.034).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristian Janter Rimarachin Olortegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|----|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 50 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Moyobamba, 8 de Junio del 2020


 J. Maribel Lavado Enriquez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 85930



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Gustavo Ivanovich Cornejo Saavedra

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniera civil

Instrumento de evaluación: Ensayo de cono de Abrams (NTP 339.035), ensayo de permeabilidad (ASTHO T.215) y el Ensayo de Resistencia a la Compresión (NTP 339.034).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristian Janter Rimarachin Olortegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|----|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | X | |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | X | |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | X | |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | X | |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | X | |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | X | |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 44 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES ÚTIL Y PUEDE SER APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 44

Gustavo I. Cornejo Saavedra
INGENIERO CIVIL
Reg. C.P. N° 156454

Moyobamba, 10 de Junio del 2020



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Gustavo Ivanovich Cornejo Saavedra

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniero civil

Instrumento de evaluación: Fichas de Ensayo para análisis Granulométrico de suelos por tamizado (NTP 400.012), ensayo de abrasión con máquina de los ángeles (NTP 400.020) y para Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristian Janter Rimarachin Olortegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO | | | | X | |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | X | |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | X | |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | X | |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO. | | | | X | |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | X | |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 44 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VALIDO Y PUEDE SERAPLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

44

Gustavo I. Cornejo Saavedra
INGENIERO CIVIL
Reg. C.P. N° 156464

Moyobamba, 10 de Junio del 2020

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Vásquez Mejía Presbítero

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Mg. en Gestión educativa

Instrumento de evaluación: Fichas de Ensayo para análisis Granulométrico de suelos por tamizado (NTP 400.012), ensayo de abrasión con máquina de los ángeles (NTP 400.020) y para Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristhian Janter Rimarachín Olórtegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 50 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido, puede ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Moyobamba, 9 de Junio del 2020

[Firma]
 Mg. Presbítero Vásquez Mejía
 Especialidad: Gestión Educativa
 Csp. 0647918

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Vásquez Mejía Presbítero

Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo

Especialidad: Mg. en Gestión educativa

Instrumento de evaluación: Ensayo de cono de Abrams (NTP 339.035), ensayo de permeabilidad (AASHTO T.215) y el Ensayo de Resistencia a la Compresión (NTP 339.034).

Autores de los instrumentos: Jonathan Sinarahua Tuesta y Cristhian Janter Rimarachín Olórtegui.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS | INDICADORES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales. | | | | | X |
| OBJETIVIDAD | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales. | | | | | X |
| ACTUALIDAD | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| ORGANIZACIÓN | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. | | | | | X |
| SUFICIENCIA | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores. | | | | | X |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. | | | | | X |
| CONSISTENCIA | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación. | | | | | X |
| COHERENCIA | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO. | | | | | X |
| METODOLOGÍA | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación. | | | | | X |
| PERTINENCIA | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento. | | | | | X |
| PUNTAJE TOTAL | | | | | | 50 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido, puede ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Moyobamba, 9 de Junio del 2020

Mg. Presbítero Vásquez Mejía
Especialidad: Gestión Educativa
Cepre: 0447918

ANEXO N° 03, ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN



*Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú*

ENSAYO DE ABRASION EN AGREGADO GRUESO

NORMA ASTM C 131-00

TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

LUGAR : MOYOBAMBA **ING. LAB** : ING. P.O.M.G

CANTERA : RIO NARANJILLO **ING. RESPONSABLE** : ING. L.L.M

MUESTRA : GRAVA TRITURADA **FECHA** : 09/10/2020

ABRASION EN TAMAÑOS MEDIANOS DE AGREGADOS GRUESOS

| TAMICES ASTM | | GRADACIONES - Pesos (gr) | | | |
|---------------------------------|----------|----------------------------|-------------|---|---|
| Pasante | Retenido | A | B | C | D |
| 1 1/2" | 1" | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | |
| 3/4" | 1/2" | | 2501.1 | | |
| 1/2" | 3/8" | | 2497.2 | | |
| 3/8" | 1/4" | | | | |
| 1/4" | N° 4 | | | | |
| N° 4 | N° 8 | | | | |
| CARGA ABRASIVA | | | 11 | | |
| PARA 500 REVOLUCIONES | | | | | |
| Peso total de la muestra (gr) | | | 4998.3 | | |
| Peso retenido tamiz N° 12 . | | | 3714.0 | | |
| Diferencia (gr) | | | 1284.3 | | |
| Desgaste (%) | | | 25.7 | | |

OBSERVACIONES: La muestra y datos adjuntos han sido remitidos por el solicitante por lo cual el laboratorio no se responsabiliza de la extracción, colección y transporte de la muestra. Ensayo sido realizados de acuerdo a la norma vigente y homologada a las normas ASTM.

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Figura N° 05: Hoja de cálculo, porcentaje de desgaste, con máquina de los ángeles: Elaboración propia



Figura N° 06: Pesado y Tarado del agregado, para realizar prueba de abrasión: Elaboración propia.

Figura N° 07: Colocación del agregado grueso dentro de la Máquina de los ángeles, junto a la carga abrasiva: Elaboración propia.



ANEXO N° 04, DETERMINACIÓN DE CONTENIDO A LA HUMEDAD



LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

*Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú*

| | | | |
|-------------|---|-----------|-----------------------------------|
| PROYECTO : | "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una graduación del agregado grueso 3/4" 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | | |
| UBICACIÓN : | DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN | | |
| SOLICITA : | Jonathan Sinarahua Tuesta - Cristhian Janter Rimarachin Olortegui | | |
| CANTERAS : | RIO NARANJILLO | | |
| REALIZADO : | Ing. Luis Lopez Mendoza | CIP:75233 | LABORATORIO : LM CECONSE E.I.R.L. |

AGREGADO GRUESO : RIO NARANJILLO

Determinación del % de Humedad Natural

ASTM 2216 - N.T.P. 339.127

| LATA | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| PESO DE LATA grs | 26.99 | 25.53 | 25.46 | 27.05 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs | 175.03 | 176.95 | 177.32 | 175.87 |
| PESO DEL SUELO SECO + LATA grs | 170.25 | 172.02 | 172.39 | 170.97 |
| PESO DEL AGUA grs | 4.78 | 4.93 | 4.93 | 4.90 |
| PESO DEL SUELO SECO grs | 143.26 | 146.49 | 146.93 | 143.92 |
| % DE HUMEDAD | 3.34% | 3.37% | 3.36% | 3.40% |
| PROMEDIO % DE HUMEDAD | 3.37% | | | |

OBSERVACIONES:

N.D.

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis Lopez Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 JEFE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Figura N° 08: Hoja de cálculo, para determinación de contenido de Humedad:
Elaboración propia.



Figura N° 09: Pesado y Tarado del agregado grueso para colocarlo en el horno: Elaboración propia

Figura N° 10: Retirada del agregado grueso del horno al día siguiente, para determinar el contenido de humedad: Elaboración propia



ANEXO N° 05, ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO, PESOS UNITARIOS



Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú

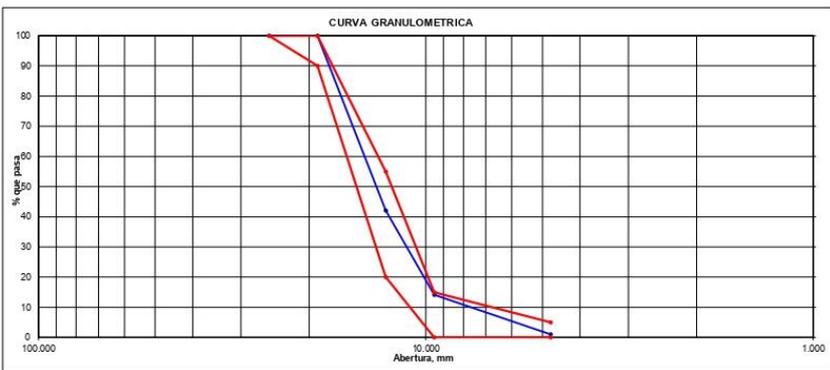
LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

| | | | |
|-------------|---|-------------------------------|-------------------------------|
| PROYECTO : | "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una graduación del agregado grueso 3/4" 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | | |
| UBICACIÓN : | LOCALIDAD DE MOYOBAMBA- DISTRITO DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN | | |
| SOLICITA : | Jonathan Sinarahua Tuesta - Cristhian Janter Rimarachin Olortegui | | |
| CANTERAS : | RIO NARANJILLO | | |
| REALIZADO : | Ing. Luis Lopez Mendoza CIP:75233 | LABORATORIO LM CECONSE E.I.R. | viernes, 9 de octubre de 2020 |

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

| | |
|--------------------------|--------------|
| Peso Inicial Seco, [gr] | 2000.00 |
| Peso Lavado y Seco, [gr] | 1997.85 |
| | 2.15 0% |

| Mallas | Abertura [mm] | Peso retenido [grs] | Porcent.Ret. [%] | Porcent.Ret. Acumulado [%] | Pasante [%] | Especificaciones Técnicas ASTM C-33 HUSO 6 | | Características físicas | |
|--------|---------------|---------------------|------------------|----------------------------|-------------|--|-----|--------------------------------|--------|
| 2" | 50.800 | | | | | | | Diámetro nominal máximo. | 3/4 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | | Módulo de finura. | |
| 1" | 25.400 | | | | | 100 | 100 | | |
| 3/4" | 19.050 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 90 | 100 | Peso específico seco (gr/cc) | 2.40 |
| 1/2" | 12.700 | 1157.36 | 57.90 | 57.90 | 42.10 | 20 | 55 | | |
| 3/8" | 9.525 | 559.58 | 28.00 | 85.90 | 14.10 | 0 | 15 | Absorción (%) | 2.30% |
| N° 4 | 4.760 | 261.65 | 13.10 | 99.00 | 1.00 | 0 | 5 | | |
| < N° 4 | 0.000 | 19.26 | 1.00 | 100.00 | 0.00 | | | Humedad (%) | 3.37% |
| | | | | | | | | Peso unitario suelto (Kg/m3) | 1305.0 |
| | | | | | | | | Peso unitario compact. (Kg/m3) | 1499.0 |



2. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO (NORMA ASTM C 128)

| DENSIDADES RELATIVAS | | | |
|---|------------------------|-------------|-------------|
| Prueba N° | | 1 | 2 |
| 1. Masa de la muestra ensayada secada al horno | (A) [gr] | 1955.00 | 1955.00 |
| 2. Masa del material saturado superficialmente seco | (B) [gr] | 2000.00 | 2000.00 |
| 3. Masa aparente en agua de la muestra saturada | (C) [gr] | 1186.00 | 1192.00 |
| 5. Densidad relativa Seca | A/(B-C) [gr/cc] | 2.40 | 2.42 |
| 6. Densidad relativa (SSS) | B/(B-C) [gr/cc] | 2.46 | 2.48 |
| 7. Densidad relativa Aparente | A/(A-C) [gr/cc] | 2.54 | 2.56 |

| ABSORCIÓN | | | |
|--|------------------------|--------------|--------------|
| 10. Masa del material saturado superficialmente seco | (B) [gr/cc] | 2000.00 | 2000.00 |
| 11. Masa de la muestra ensayada secada al horno | (A) [gr/cc] | 1955.00 | 1955.00 |
| 12. Porcentaje de absorción | ((S-A)/A)100[%] | 2.30% | 2.30% |

3. PESO UNITARIO (NORMA ASTM C 29)

| Procedimiento | [Kg] | P.U.S. | | P.U.C. | |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | |
| 1. Peso molde + material | [Kg] | 34.900 | 34.900 | 37.790 | 37.790 |
| 2. Peso molde | [Kg] | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 |
| 3. Peso del material | [Kg] | 19.400 | 19.400 | 22.3 | 22.3 |
| 4. Volumen del molde | [m³] | 0.0149 | 0.0149 | 0.0149 | 0.0149 |
| 5. Peso Unitario | [Kg/m³] | 1305.00 | 1305.00 | 1499.00 | 1499.00 |
| 6. Peso Unitario Promedio | [Kg/m³] | 1305.00 | | 1499.00 | |



Luis Lopez Mendoza
ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Figura N° 11: Hoja de cálculo, para granulometría, peso específico y porcentaje de absorción: Elaboración propia.

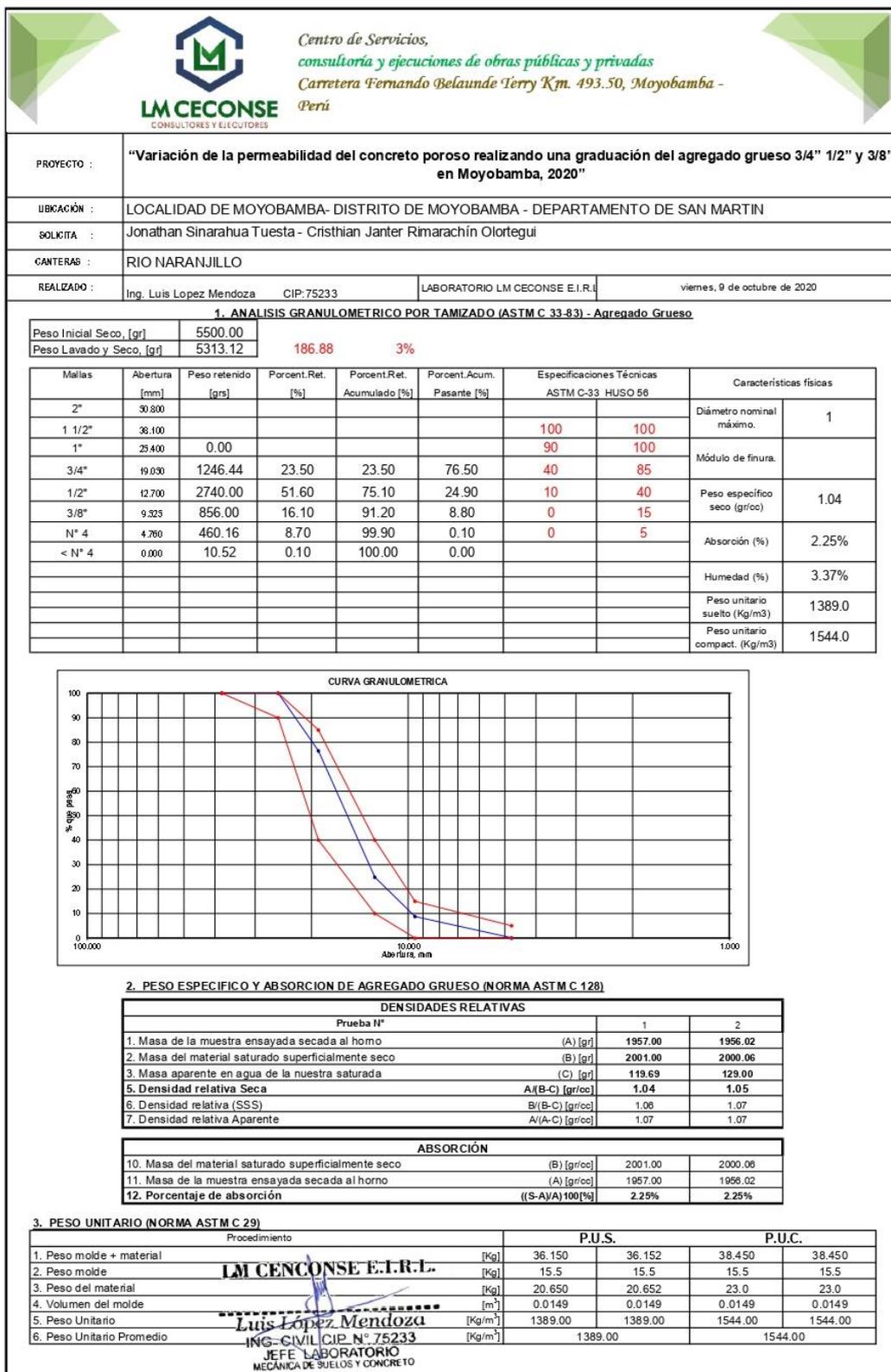


Figura N° 11: Hoja de cálculo, para granulometría, peso específico y porcentaje de absorción: Elaboración propia.



Figura N° 12: Tamizado del agregado grueso con los tamices ASTM: Elaboración propia

Figura N° 13: Secado superficial de la muestra, para determinar peso específico: Elaboración propia





Figura N° 14: Sumergimiento de la muestra saturada en agua, para determinar peso específico: Elaboración propia

Figura N° 15: Pesado del agregado grueso, para determinar peso unitario suelto: Elaboración propia





Figura N° 16: Compactado del agregado grueso, para determinar peso unitario compactado: Elaboración propia



Figura N° 16: Compactado del agregado grueso, para determinar peso unitario compactado: Elaboración propia

ANEXO N° 06, ACTAS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Acta de Sustentación de Tesis

Siendo las 14:45 horas del 09 de diciembre de 2020, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulado: "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020", Presentado por el / los autor(es) CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLRTEGUI, JONATHAN SINARAHUA TUESTA estudiante(s) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

| Autor | Dictamen |
|--------------------------------------|------------|
| CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLRTEGUI | Excelencia |

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado:

Firmado digitalmente por: TAREVALOLA18 el 23 Dic
2020 18:40:02

TANIA ARÉVALO LAZO
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: PROJASPR el 23 Dic 2020
17:52:15

PEDRO RAMÓN PATAZCA ROJAS
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: JLAVADOE el 23 Dic 2020
17:10:40

JUANA MARIBEL LAVADO ENRÍQUEZ
VOCAL (ASESOR)

Código documento Trilca: 95007





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Acta de Sustentación de Tesis

Siendo las 14:45 horas del 09 de diciembre de 2020, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulado: "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020", Presentado por el / los autor(es) CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI, JONATHAN SINARAHUA TUESTA estudiante(s) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

| Autor | Dictamen |
|---------------------------|-----------------|
| JONATHAN SINARAHUA TUESTA | Excelencia |

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado:

Firmado digitalmente por: TAREVALOLA16 el 23 Dic 2020 18:40:02

TANIA ARÉVALO LAZO
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: PROJASPR el 23 Dic 2020 17:52:15

PEDRO RAMON PATAZCA ROJAS
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: JLAVADOE el 23 Dic 2020 17:10:40

JUANA MARIBEL LAVADO ENRIQUEZ
VOCAL (ASESOR)

Código documento Trilca: 95007





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Yo (Nosotros), RIMARACHIN OLORTEGUI CRISTHIAN JANTER, SINARAHUA TUESTA JONATHAN identificado con DNI N° 46013440, 72760696, (respectivamente) estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, autorizo (autorizamos) (), no autorizo (autorizamos) () la divulgación y comunicación pública de mi (nuestro) Tesis: "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

.....
.....

Moyobamba 23 de diciembre de 2020

| Apellidos y Nombres del Autor | Firma |
|--|---|
| RIMARACHIN OLORTEGUI CRISTHIAN JANTER DNI: 46013440 ORCID: 0000-0002-6627-4413 | Firmado digitalmente por: CJRIMARACHINR el 23 Dic 2020 19:06:04 |
| SINARAHUA TUESTA JONATHAN DNI: 72760696 ORCID: 0000-0003-3630-6178 | Firmado digitalmente por: JSINARAHUAS el 23 Dic 2020 18:24:18 |

Código documento Tesis: 95608





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LAVADO ENRIQUEZ JUANA MARIBEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020", del (los) autor (autores) RIMARACHIN OLORTEGUI CRISTHIAN JANTER, SINARAHUA TUESTA JONATHAN, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Moyobamba, 23 de diciembre de 2020

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| LAVADO ENRIQUEZ JUANA MARIBEL DNI: 32971325 ORCID 0000-0001-9852-4651 | Firmado digitalmente por: JLAVADOE el 23 Dic 2020 17:10:41 |

Código documento Títulos: 95009





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI, JONATHAN SINARAHUA TUESTA estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Apellidos y Nombres del Autor | Firma |
|---|---|
| CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI DNI: 46013440 ORCID 0000-0002-6627-4413 | Firmado digitalmente por: CJIMARACHIN el 23 Dic 2020 19:06:06 |
| JONATHAN SINARAHUA TUESTA DNI: 72760696 ORCID 0000-0003-3630-6178 | Firmado digitalmente por: JSINARAHUAS el 23 Dic 2020 18:24:19 |

Código documento Trilce: 95010





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Dictamen para Sustentación

Moyobamba, 23 de diciembre de 2020

El jurado encargado de evaluar el informe de investigación presentado por el estudiante CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI, JONATHAN SINARAHUA TUESTA de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL, cuyo título es "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020", damos fe de que hemos revisado el documento antes mencionado, luego que el estudiante ha levantado todas las observaciones realizadas por el jurado, y por lo tanto está APTA para su defensa en la respectiva sustentación.

Firmado digitalmente por: TAREVALOLA16 el 23 Dic
2020 18:46:03

TANIA ARÉVALO LAZO
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: PROJASPR el 23 Dic 2020
17:52:18

PEDRO RAMÓN PATAZCA ROJAS
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: JLAVADOE el 23 Dic 2020
17:10:42

JUANA MARIBEL LAVADO ENRIQUEZ
VOCAL (ASESOR)

Código documento Tréce: 95011



ANEXO N° 07, CÁLCULO DEL DISEÑO DE MEZCLA





Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú

LMCECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES



| | | |
|-------------|---|-------------------------------|
| PROYECTO : | "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una graduación del agregado grueso 3/4" 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | |
| UBICACIÓN : | DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN | |
| SOLICITA : | Jonathan Sinarahua Tuesta - Cristhian Janter Rimarachin Olortegui | |
| CANTERAS : | RIO NARANJILLO | |
| REALIZADO : | LMCECONSE E.I.R.L | viernes, 9 de octubre de 2020 |

I Datos del Cemento

| | | |
|---|------------|-----------|
| Tipo de cemento: EXTRA FORTE (Pacasmayo) | | |
| $f'c =$ | 175 | kg/cm^2 |
| Slup Requerido | 1" a 2" | Pulg |
| Densidad Cemento | 3.15 | gr/cm^3 |
| Densidad Agua | 1000 | kg/m^3 |

II Datos de los Agregados (Resultados del Laboratorio)

| Características Físicas de Agregados (Cantera Rio Nueva Cajamarca) | Agregado Fino (Arena grueso) | Agregado Grueso (Piedra Chancada de 1/2") |
|--|------------------------------|---|
| Perfil | | Angular |
| Peso Unitario Suelto en kg/m^3 | | 1305.00 |
| Peso Unitario Compactado en kg/m^3 | | 1499.00 |
| Densidad en kg/m^3 | | 2401.72 |
| Porcentaje de Absorción | | 2.30% |
| Porcentaje de Humedad | | 3.37% |
| Modulo de Fineza | | |
| Tamaño Maximo Nominal en pulg | | 3/4 " |

III Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$)

| Cuando $f'c$ | $f'cr$ |
|--------------|----------|
| Menos de 210 | $f'c+70$ |
| 210 - 350 | $f'c+84$ |
| >350 | $f'c+98$ |

Entonces $f'cr =$ 245.00 kg/cm^2

III Cálculo del Contenido de Aire

| Tam Máx Nom Ag Grueso | Aire Atrapado |
|-----------------------|---------------|
| 3/8 | 3.0% |
| 1 | 1.5% |
| 1 1/2 | 1.0% |
| 2 | 0.5% |
| 3 | 0.3% |
| 4 | 0.2% |

Entonces %A= 2.00%

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza

ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

LM CENCONSE E.I.R.L.

IV Contenido de Agua

| | |
|--------------|-----------------|
| Asentamiento | Tamaño Agregado |
| 1" a 2" | 3/4 |

| | |
|----------------------|----------|
| De Tabla Cant Agua = | 95.00 lt |
|----------------------|----------|

V Relación Agua Cemento

f'cr= 245 X= 0.35 = a/c

VI Contenido de Cemento

a/c= 0.350
a= 95.00 lt

Entonces C= 271.43 kg

Peso Cemento 42.50 kg

| | |
|-----------|----------------|
| Factor C= | 6.39 bolsas/m3 |
|-----------|----------------|

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

VI Peso de Agregado Grueso

Peso a.g. = b/bo(Peso u.s.c)

De Tabla b/bo= Cruce entre Tam Max Agregado y Modulo de fineza

| | | |
|----------------|---------|------|
| | 3/4 | 0.00 |
| De Tabla b/bo= | 1.000 | |
| Peso u.s.c.= | 1499.00 | |

| | |
|------------------------------|------------|
| Peso a.g.=b/bo(Peso u.s.c) = | 1499.00 kg |
|------------------------------|------------|

VII Volumen Absoluto

Datos calculados

| | | | |
|------------------|--------------|---|----------|
| Aire | = 2.00% | = | 0.020 m3 |
| Agua | = 95.00 lt | = | 0.095 m3 |
| Cemento | = 271.43 kg | = | 0.086 m3 |
| Peso a. grueso | = 1499.00 kg | = | 0.624 m3 |
| | | | ===== |
| | | | 0.825 m3 |
| Volumen del fino | = | | 0.175 m3 |
| Peso a. fino | = | | 0.00 kg |

LM CENCONSE E.I.R.L.

VII Presentación del Diseño en Estado Seco y Corrección Por Humedad de los Agregados

| Corrección = Peso seco x (w%/100+1) | | Corrección | |
|--|--------------|-------------------|----------------------------|
| Aire | = 2.00% | = | 2.00% 0.020 |
| Agua | = 95.00 lt | = | 95.00 lt 0.095 |
| Cemento | = 271.43 kg | = | 271.43 kg 0.086 m3 |
| Peso a. fino | = 0.00 kg | = | 0.00 kg |
| Peso a. grueso | = 1499.00 kg | = | 1549.45 kg 0.645 m3 |
| | | | 1899.40 kg 0.846 m3 |

VIII Aporte de Agua a la Mezcla

(%w - %abs) x Agregado seco

| | | |
|-----------------|---|----------|
| Agregado fino | = | 0.00 lt |
| Agregado grueso | = | 16.48 lt |
| | | ===== |
| | | 16.48 lt |

| | | | | |
|-----------------|---|---------------------------------|---|----------|
| Aporte efectiva | = | Agua calculada - Agua de aporte | = | 78.52 lt |
|-----------------|---|---------------------------------|---|----------|

IX Proporcionamiento del Diseño en kg/m3

6.71 bolsas/m3

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|------------------|---------|-------------------|-----------------|
| 285.00 kg | | 1626.92 KG | 82.44 lt |

X Dosificación en peso

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|----------------|---------|----------------|-----------------|
| 1.00 kg | | 5.71 kg | 12.91 lt |

XI Proporción en metros cubicos (m3)

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|-------------------|---------|-----------------|-----------------|
| 6.71 bolsa | | 1.247 m3 | 82.44 lt |

XI Proporción en un pies cubicos (pie3)

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|-------------------|---------|------------------|-----------------|
| 1.00 bolsa | | 6.89 pie3 | 12.91 lt |

XI Proporción en un balde de 18 litros

1.00 balde= **18.00 lt**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 1/2" | Agua |
|-------------------|---------|---------------------|-----------------|
| 1.00 bolsa | | 10.84 baldes | 12.91 lt |

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 JEFE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

LM CENCONSE E.I.R.L.

| | | |
|-------------|---|-------------------------------|
| PROYECTO : | "Variación de la permeabilidad del concreto poroso realizando una graduación del agregado grueso 3/4" 1/2" y 3/8" en Moyobamba, 2020" | |
| UBICACIÓN : | LOCALIDAD DE MOYOBAMBA- DISTRITO DE MOYOBAMBA - DEPARTAMENTO DE SAN MA | |
| SOLICITA : | Jonathan Sinarahua Tuesta - Cristhian Janter Rimarachin Olortegui | |
| CANTERAS : | RIO NARANJILLO | |
| REALIZADO : | Ing. Luis Lopez Mendoza CIP:75233 | viernes, 9 de octubre de 2020 |

I Datos del Cemento

| | | |
|---|------------|--------------------------|
| Tipo de cemento: EXTRA FORTE (Pacasmayo) | | |
| $f'c =$ | 175 | kg/cm² |
| Slup Requerido | 1" a 2" | Pulg |
| Densidad Cemento | 3.15 | gr/cm ³ |
| Densidad Agua | 1000 | kg/m ³ |

II Datos de los Agregados (Resultados del Laboratorio)

| Características Físicas de Agregados (Cantera Rio Nueva Cajamarca) | Agregado Fino (Arena grueso) | Agregado Grueso (Piedra Chancada de 1/2") |
|--|------------------------------|---|
| Perfil | | Angular |
| Peso Unitario Suelto en kg/m3 | | 1389.00 |
| Peso Unitario Compactado en kg/m3 | | 1544.00 |
| Densidad en kg/m3 | | 1040.23 |
| Porcentaje de Absorción | | 2.25% |
| Porcentaje de Humedad | | 3.37% |
| Modulo de Fineza | | |
| Tamaño Maximo Nominal en pulg | 1 | " |

III Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida ($f'cr$)

| Cuando $f'c$ | $f'cr$ |
|--------------|----------|
| Menos de 210 | $f'c+70$ |
| 210 - 350 | $f'c+84$ |
| >350 | $f'c+98$ |

Entonces $f'cr =$ 245.00 kg/cm

III Cálculo del Contenido de Aire

| Tam Máx Nom Ag Grueso | Aire Atrapado |
|-----------------------|---------------|
| 3/8 | 3.0% |
| 1 | 1.5% |
| 1 1/2 | 1.0% |
| 2 | 0.5% |
| 3 | 0.3% |
| 4 | 0.2% |

Entonces %A= 1.50%

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

IV Contenido de Agua

| Asentamiento | Tamaño Agregado |
|--------------|-----------------|
| 1" a 2" | 1 |

| | |
|----------------------|----------|
| De Tabla Cant Agua = | 95.00 lt |
|----------------------|----------|

V Relación Agua Cemento

f'cr= 245 X= 0.300 = a/c

VI Contenido de Cemento

a/c= 0.300
a= 95.00 lt

Entonces C= 316.67 kg

Peso Cemento 42.50 kg

| | |
|-----------|----------------|
| Factor C= | 7.45 bolsas/m3 |
|-----------|----------------|

LM CENCONSE E.I.R.L.

 Luis Lopez Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 JEFE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

VI Peso de Agregado Grueso

Peso a.g. = b/bo (Peso u.s.c)

De Tabla b/bo= Cruce entre Tam Max Agregado y Modulo de fineza

| | | |
|----------------|---------|------|
| | 1 | 0.00 |
| De Tabla b/bo= | 1.000 | |
| Peso u.s.c.= | 1544.00 | |

| | |
|------------------------------|------------|
| Peso a.g.=b/bo(Peso u.s.c) = | 1544.00 kg |
|------------------------------|------------|

VII Volumen Absoluto

Datos calculados

Aire = 1.50% = 0.015 m3
 Agua = 95.00 lt = 0.095 m3
 Cemento = 316.67 kg = 0.101 m3
 Peso a. grueso = 1544.00 kg = 1.484 m3
 =====
 1.695 m3

| | |
|--------------------|-----------|
| Volumen del fino = | -0.695 m3 |
|--------------------|-----------|

Peso a. fino = 0.00 kg

LM CENCONSE E.I.R.L.

VII Presentación del Diseño en Estado Seco y Corrección Por Humedad de los Agregados

| | | | |
|--|--------------|-------------------|----------------------------|
| Corrección = Peso seco x (w%/100+1) | | Corrección | |
| Aire | = 1.50% | = | 1.50% 0.015 |
| Agua | = 95.00 lt | = | 95.00 lt 0.095 |
| Cemento | = 316.67 kg | = | 316.67 kg 0.101 m3 |
| Peso a. fino | = 0.00 kg | = | 0.00 kg |
| Peso a. grueso | = 1544.00 kg | = | 1595.96 kg 1.534 m3 |
| | | | 1989.83 kg 1.745 m3 |

VIII Aporte de Agua a la Mezcla
(%w - %abs) x Agregado seco

| | | |
|-----------------|---|----------|
| Agregado fino | = | 0.00 lt |
| Agregado grueso | = | 17.80 lt |
| | | ===== |
| | | 17.80 lt |

| | | |
|-----------------|-----------------------------------|------------|
| Aporte efectiva | = Agua calculada - Agua de aporte | = 77.20 lt |
|-----------------|-----------------------------------|------------|

IX Proporciónamiento del Diseño en kg/m3

7.82 bolsas/m3

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|-----------|---------|----------------|----------|
| 332.50 kg | | 1675.76 KG | 81.06 lt |

X Dosificación en peso

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|---------|---------|----------------|----------|
| 1.00 kg | | 5.04 kg | 10.88 lt |

XI Proporción en metros cubicos (m3)

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|------------|---------|----------------|----------|
| 7.82 bolsa | | 1.206 m3 | 81.06 lt |

XI Proporción en un pies cubicos (pie3)

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|------------|---------|----------------|----------|
| 1.00 bolsa | | 5.71 pie3 | 10.88 lt |

XI Proporción en un balde de 18 litros

1.00 balde= 18.00 lt

| Cemento | A. Fino | A. Grueso 3/4" | Agua |
|------------|---------|----------------|----------|
| 1.00 bolsa | | 8.98 baldes | 10.88 lt |

LM CENCONSE E.I.R.L.



 Luis López Mendoza
 ING CIVIL CIP N° 75233
 JEFE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

LM CENCONSE E.I.R.L.

Figura N° 17: Hoja de cálculo, Diseño de mezcla concreto poroso: Elaboración propia.

ANEXO N° 08, ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS



Figura N° 18: Pesado de los agregados para elaboración de concreto poroso: Elaboración propia

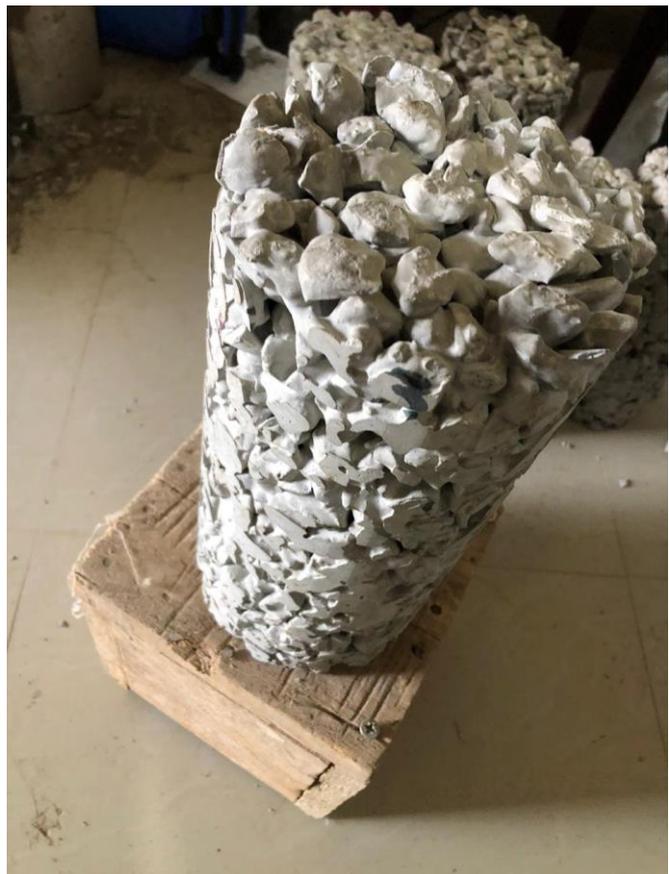
Figura N° 19: Proceso de mezclado de los materiales para elaboración de concreto poroso: Elaboración propia





Figura N° 20: Testigos de concreto poroso en estado de endurecimiento: Elaboración propia

Figura N° 20: Testigos de concreto poroso en estado de endurecimiento: Elaboración propia



ANEXO N° 09, ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO POROSO



Figura N° 21: Vaciado de concreto poroso para ensayo de asentamiento, usando el cono de Abrams: Elaboración propia



Figura N° 22: Determinación de cero asentamientos del concreto poroso, usando el cono de Abrams: Elaboración propia

ANEXO N° 10, ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO



Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD - TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ACI 522-R

ACI : ACI 522-R
 TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".
 SOLICITANTES : JONATHAN SINARAHUA TUESTA, CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI
 LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN
 ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{A}{a} \times \ln \frac{h1}{h2}$$

- k = Coeficiente de Permeabilidad
- L = Longitud de la Muestra
- A = Área de la Muestra
- a = Área de Tubería de Carga
- t = Tiempo que tarda en pasar de h1 hasta h2
- h1 = Altura de agua medida por la parte superior de la muestra
- h2 = Altura de tubería de salida de agua

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
 ING. CIVIL CIP N° 75233
 JEFE LABORATORIO
 MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

| Coeficiente de Permeabilidad | | | | | | | | |
|--|--------|----------------------|----------------------|---------|---------|---------|------------|------------|
| Descripción | L (cm) | A (cm ²) | a (cm ²) | h1 (cm) | h2 (cm) | t (seg) | Ln (h1/h2) | k (cm/seg) |
| Concreto permeable - Diametro de 3/4", 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 15.27 | 0.1054 | 0.20 |
| Concreto permeable - Diametro de 3/4", 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 13.21 | 0.1054 | 0.24 |
| Concreto permeable - Diametro de 3/4", 1/2" y 3/8" | 30 | 176.71 | 176.71 | 30 | 27 | 12.84 | 0.1054 | 0.25 |
| Coeficiente de Permeabilidad Promedio k | | | | | | | | 0.23 |

| Coeficiente de Permeabilidad | | | | | | | | |
|--|--------|----------------------|----------------------|---------|---------|---------|------------|------------|
| Descripción | L (cm) | A (cm ²) | a (cm ²) | h1 (cm) | h2 (cm) | t (seg) | Ln (h1/h2) | k (cm/seg) |
| Concreto permeable - Diametro de 1/2" y 3/8" | 30 | 176.71 | 176.71 | 30 | 27 | 16.25 | 0.1054 | 0.19 |
| Concreto permeable - Diametro de 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 14.42 | 0.1054 | 0.22 |
| Concreto permeable - Diametro de 1/2" y 3/8" | 30 | 174.37 | 176.71 | 30 | 27 | 14.21 | 0.1054 | 0.22 |
| Coeficiente de Permeabilidad Promedio k | | | | | | | | 0.21 |

Figura N° 23: Hoja de cálculo, Coeficiente de permeabilidad "k": Elaboración propia.

ANEXO N° 11, ENSAYO DE ROTURA DE PROBETAS



Figura N° 24: Determinación del diámetro de las probetas de testigo: Elaboración propia

Figura N° 25: Determinación de la altura de las probetas de testigo: Elaboración propia



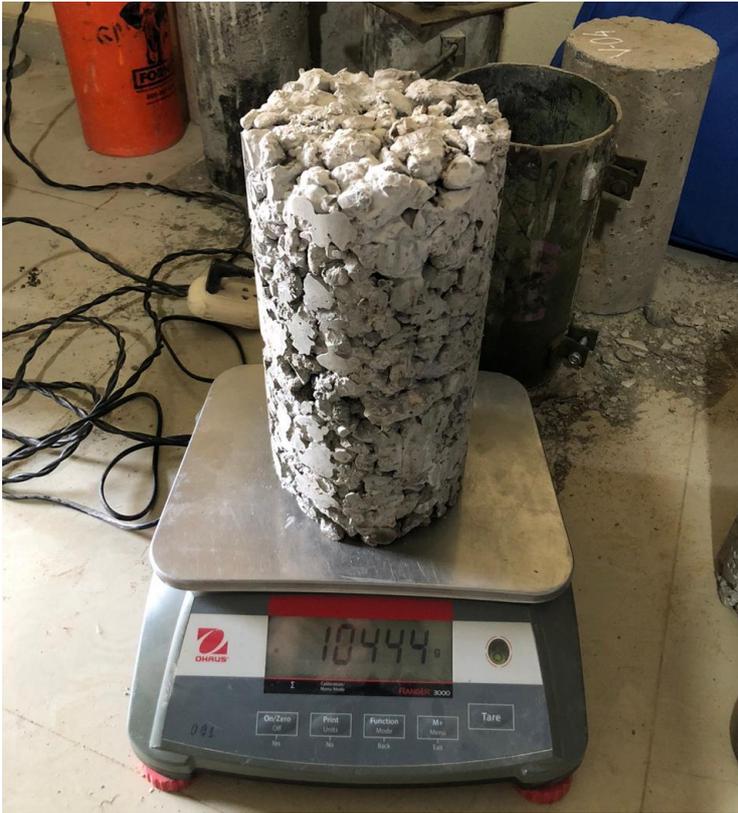


Figura N° 26: Determinación del peso de las probetas de testigo: Elaboración propia

Figura N° 27: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión: Elaboración propia



Figura N° 28: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión: Elaboración propia



Figura N° 29: Proceso de colocación de las probetas de concreto poroso en la prensa para determinar la R. a la compresión: Elaboración propia

Figura N° 30: Probetas de concreto poroso después de su prueba de resistencia a compresión:
Elaboración propia



Figura N° 31: Probetas de concreto poroso después de su prueba de resistencia a compresión:
Elaboración propia



LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3002

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 22/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F ^o C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|-------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 23,955.15 | 174.37 | 137.38 | 175 | 78.51 | c |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.10 | 30.50 | 1.92 | 23,649.34 | 179.08 | 132.06 | 175 | 75.46 | d |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.00 | 30.50 | 1.94 | 22,935.78 | 176.71 | 129.79 | 175 | 74.17 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

76.04

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

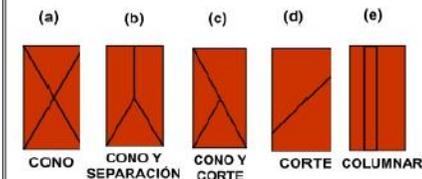
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA





LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

OBRA : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3005

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 29/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F ^c DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|-------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.00 | 30.00 | 1.89 | 27,726.81 | 176.71 | 156.90 | 175 | 89.66 | c |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.00 | 30.00 | 1.89 | 27,319.06 | 176.71 | 154.59 | 175 | 88.34 | d |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 27,930.68 | 179.08 | 155.97 | 175 | 89.13 | d |

OBSERVACIONES:

- Las roturas de los especimenes de concreto han sido verificados en prensa de velocidad constante 1.33 mm/min.
- Cilindros sometidos a las pruebas con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilindricos

89.04

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

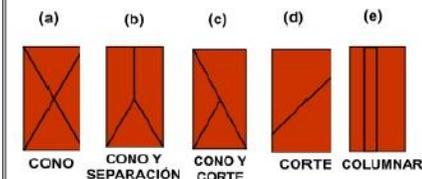
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA





LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

| | | | |
|---------------|---|----------------------|--------------|
| ASTM : | C 39 - 2004 | CERTIFICADO : | Nº 3009 |
| OBRA : | "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020". | REALIZADO : | Ing. P.O.M.G |
| SOLICITANTE : | JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI | SUPERVISADO POR : | ING L.L.M |
| LUGAR : | MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN | LUGAR DE EJECUCIÓN : | LM CECONSE |
| ESTRUCTURA : | CARPETA DE RODADURA | FECHA : | 12/11/2020 |
| RESISTENCIA : | f _c 175 Kg/cm ² | HORA : | 9:30: a.m. |

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F' C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|-------|----------|--------|----------|-----------|--------|-------------|-------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | | | | | | | | | | |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.60 | 30.00 | 1.89 | 30,071.36 | 167.42 | 179.62 | 175 | 102.64 | c |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.70 | 30.50 | 1.84 | 30,071.36 | 169.72 | 177.19 | 175 | 101.25 | d |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.90 | 30.15 | 2.01 | 31,141.69 | 174.37 | 178.60 | 175 | 102.06 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

101.98

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

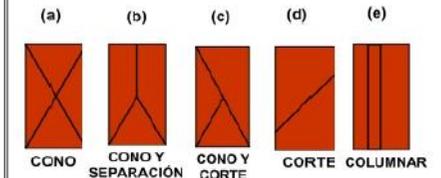
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

CERTIFICADO : N° 3003

TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

FECHA : 22/10/2020

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

HORA : 9:30: a.m.

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F ^c DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 14.90 | 30.00 | 2.05 | 24,260.96 | 174.37 | 139.14 | 175 | 79.51 | d |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.00 | 30.40 | 2.00 | 24,668.71 | 176.71 | 139.60 | 175 | 79.77 | b |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 24,974.52 | 174.37 | 143.23 | 175 | 81.85 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 - 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos **80.37**

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

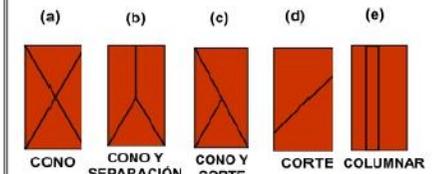
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

OBRA : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3007

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 29/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F' C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|-------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.10 | 29.50 | 1.98 | 27,991.85 | 179.08 | 156.31 | 175 | 89.32 | d |
| 2.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.00 | 29.50 | 2.00 | 28,950.05 | 176.71 | 163.82 | 175 | 93.61 | d |
| 3.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 14.90 | 30.10 | 2.01 | 28,644.24 | 174.37 | 164.28 | 175 | 93.87 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 - 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos **92.27**

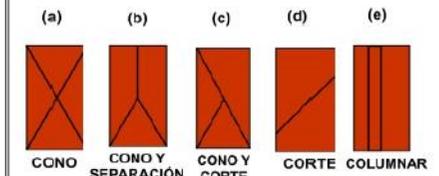
Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.
Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

| | | | |
|---------------|---|----------------------|--------------|
| ASTM : | C 39 - 2004 | CERTIFICADO : | N° 3010 |
| OBRA : | "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020". | REALIZADO : | Ing. P.O.M.G |
| SOLICITANTE : | JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI | SUPERVISADO POR : | ING L.L.M |
| LUGAR : | MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN | LUGAR DE EJECUCIÓN : | LM CECONSE |
| ESTRUCTURA : | CARPETA DE RODADURA | FECHA : | 12/11/2020 |
| RESISTENCIA : | f _c 175 Kg/cm ² | HORA : | 9:30: a.m. |

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F'c DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|--|------------|------------|-------|----------|--------|----------|-----------|--------|-------------|------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | | | | | | | | | | |
| 4.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.80 | 30.00 | 2.07 | 30,988.79 | 172.03 | 180.13 | 175 | 102.93 | b |
| 5.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.90 | 30.00 | 2.03 | 31,702.34 | 174.37 | 181.81 | 175 | 103.89 | b |
| 6.00 | CONCRETO PERMEABLE DIAMETRO DE 3/4", 1/2" y 3/8" | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.90 | 30.50 | 2.01 | 31,090.72 | 174.37 | 178.31 | 175 | 101.89 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 - 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

102.91

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

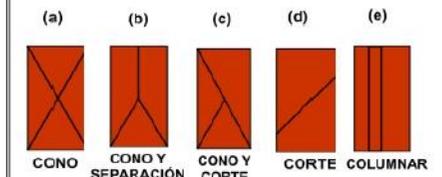
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

TESIS : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANter RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3004

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 22/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F ^c DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|-----------------------|------------|------------|------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 26,503.57 | 179.08 | 148.00 | 175 | 84.57 | d |
| 2.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 27,319.06 | 174.37 | 156.68 | 175 | 89.53 | b |
| 3.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 22/10/2020 | 7.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 26,299.69 | 179.08 | 146.86 | 175 | 83.92 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

86.01

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

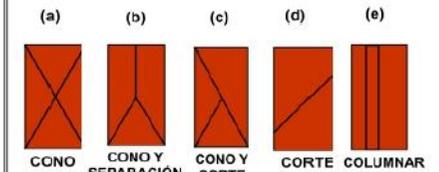
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING. CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA





LM CECONSE
CONSULTORES Y EJECUTORES

Centro de Servicios,
consultoría y ejecuciones de obras públicas y privadas
Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 493.50, Moyobamba -
Perú



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

OBRA : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

CERTIFICADO : N° 3008

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

FECHA : 29/10/2020

HORA : 9:30: a.m.

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F ^c DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|-----------------------|------------|------------|-------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 1.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 28,950.05 | 179.08 | 161.66 | 175 | 92.38 | b |
| 2.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 29,255.86 | 174.37 | 167.78 | 175 | 95.88 | c |
| 3.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 29/10/2020 | 14.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 29,357.80 | 179.08 | 163.94 | 175 | 93.68 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos 93.98

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

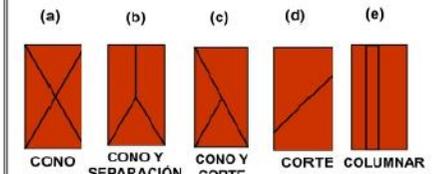
APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.

Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39 - 2004

CERTIFICADO : N° 3011

OBRA : "VARIACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO REALIZANDO UNA GRADACIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE 3/4", 1/2" Y 3/8" EN MOYOBAMBA, 2020".

REALIZADO : Ing. P.O.M.G

SUPERVISADO POR : ING L.L.M

SOLICITANTE : JONATHAN SINARAHUA TUESTA y CRISTHIAN JANTER RIMARACHIN OLORTEGUI

LUGAR DE EJECUCIÓN : LM CECONSE

LUGAR : MOYOBAMBA - MOYOBAMBA - SAN MARTIN

FECHA : 12/11/2020

ESTRUCTURA : CARPETA DE RODADURA

HORA : 9:30: a.m.

RESISTENCIA : f_c 175 Kg/cm²

| N° | DESCRIPCION | FECHA DE | FECHA DE | EDAD | DIAMETRO | ALTURA | DENSIDAD | CARGA | AREA | RESISTENCIA | F' C DISEÑO | % OBTENIDO | Tipo de |
|------|-----------------------|------------|------------|-------|----------|--------|-----------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------|------------|---------|
| | | MOLDEO | ROTURA | DIAS | (cm) | (cm) | (kg/m ³) | Kg-f | (cm ²) | (kg/cm ²) | (kg/cm ²) | % | Rotura |
| 7.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 32,110.09 | 179.08 | 179.31 | 175 | 102.46 | d |
| 8.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 14.90 | 30.50 | 1.99 | 33,129.46 | 174.37 | 190.00 | 175 | 108.57 | c |
| 9.00 | CONCRETO CONVENCIONAL | 15/10/2020 | 12/11/2020 | 28.00 | 15.10 | 30.50 | 1.93 | 32,823.65 | 179.08 | 183.29 | 175 | 104.74 | d |

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 con cabeceo
- El porcentaje a los 7 días deberán estar entre 70 – 85%
- El porcentaje a los 14 días deberán estar entre 85 - 95%
- El porcentaje a los 28 días deberá estar >100%
- El promedio de los testigos cilíndricos

105.26

Muestra identificada y entregada por el solicitante, ensayo realizado según norma vigente.

APROBADO

INGENIERO RESPONSABLE

LM CENCONSE E.I.R.L.
Luis López Mendoza
ING CIVIL CIP N° 75233
JEFE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TIPO DE FRACTURA

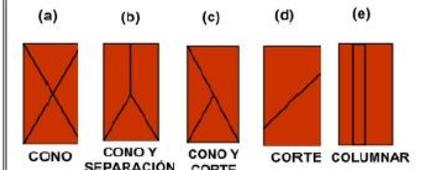


Figura N° 32: Hoja de cálculo, ruptura de probetas de concreto poroso: Elaboración propia.

ANEXO N°12, CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DEL LABORATORIO

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 074 - 2020

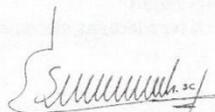
Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

| | | |
|-------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 200008 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Equipo | PRENSA DE CONCRETO | |
| Capacidad | 2000 KN | |
| Marca | A&A INSTRUMENTS | |
| Modelo | STYE-2000 | |
| Número de Serie | 70824 | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Procedencia | CHINA | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Indicación | DIGITAL | |
| Marca | MC | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Modelo | LM-02 | |
| Número de Serie | NO INDICA | |
| Resolución | 0,01 / 0,1 KN (*) | |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-01 | |

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2020-06-02



ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av: San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
MT - LF - 074 - 2020

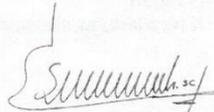
Página 1 de 3

| | | |
|-------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 200008 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 4. Equipo | PRENSA DE CONCRETO | |
| Capacidad | 2000 kN | |
| Marca | A&A INSTRUMENTS | |
| Modelo | STYE-2000 | |
| Número de Serie | 70824 | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Procedencia | CHINA | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Indicación | DIGITAL | |
| Marca | MC | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Modelo | LM-02 | |
| Número de Serie | NO INDICA | |
| Resolución | 0,01 / 0,1 kN (*) | |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-01 | |

Fecha de Emisión

2020-06-02

Jefe del Laboratorio de Metrología



ELEAZAR CESAR CHAVEZ PARAZ

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 074 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

| Indicación del Equipo | | Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia | | | |
|-----------------------|------------|--|------------|------------|---------------------|
| % | F_1 (kN) | F_1 (kN) | F_2 (kN) | F_3 (kN) | $F_{promedio}$ (kN) |
| 10 | 100 | 99,4 | 99,2 | 99,6 | 99,4 |
| 20 | 200 | 199,1 | 198,9 | 199,4 | 199,2 |
| 30 | 300 | 299,3 | 299,1 | 299,4 | 299,2 |
| 40 | 400 | 399,5 | 398,1 | 398,9 | 398,8 |
| 50 | 500 | 500,1 | 498,1 | 498,9 | 499,0 |
| 60 | 600 | 600,6 | 598,3 | 599,8 | 599,6 |
| 70 | 700 | 701,0 | 698,6 | 699,8 | 699,8 |
| 80 | 800 | 800,4 | 797,7 | 799,5 | 799,2 |
| 90 | 900 | 900,4 | 898,3 | 900,5 | 899,8 |
| 100 | 1000 | 1000,5 | 998,6 | 1000,3 | 999,8 |
| Retorno a Cero | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |

| Indicación del Equipo F (kN) | Errores Encontrados en el Sistema de Medición | | | | Incertidumbre U (k=2) (%) |
|---------------------------------|---|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Exactitud q (%) | Repetibilidad b (%) | Reversibilidad v (%) | Resol. Relativa a (%) | |
| 100 | 0,61 | 0,40 | --- | 0,01 | 0,31 |
| 200 | 0,42 | 0,25 | --- | 0,01 | 0,31 |
| 300 | 0,26 | 0,10 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 400 | 0,29 | 0,35 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 500 | 0,20 | 0,40 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 600 | 0,08 | 0,40 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 700 | 0,02 | 0,34 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 800 | 0,10 | 0,34 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 900 | 0,03 | 0,24 | --- | 0,00 | 0,31 |
| 1000 | 0,02 | 0,19 | --- | 0,00 | 0,31 |

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) 0,00 %



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Área de Metrología
Laboratorio de Masas**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
MT - LM - 157 - 2020

Página 3 de 4

| | | |
|--------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 200008 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | |
| 4. Equipo de medición | BALANZA ELECTRÓNICA | Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| Capacidad Máxima | 3000 g | |
| División de escala (d) | 0,01 g | |
| Div. de verificación (e) | 0,1 g | |
| Clase de exactitud | ii | |
| Marca | H.T.WINER | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Modelo | DJ | |
| Número de Serie | HS1503504 | |
| Capacidad mínima | 0,5 g | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Procedencia | CHINA | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-01 | |

Fecha de Emisión

2020-06-03

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Masas**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**
MT - LM - 157 - 2020

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 27,7 °C | 24,4 °C |
| Humedad Relativa | 62 % | 61 % |

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--|--------------------------------|----------------------------|
| PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: 180467001 | PESAS (Clase de Exactitud: E2) | LM-C-198-2019 |
| PESA (Clase de exactitud E2) DM-INACAL: LM-175-2019 | PESA (Clase de Exactitud F1) | M-0808-2019 |

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá M: F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

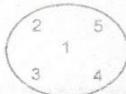
| | | | | | |
|------------------|-------|------------------|----------|--------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | PLATAFORMA | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | SISTEMA DE TRABA | NO TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| | | NIVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición Nº | Carga L1 = 1 500,00 g | | | Carga L2 = 3 000,00 g | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------|--------|--------------------------|---------|--------|-------|
| | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | |
| 1 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,00 | 5 | 0 | |
| 2 | 1 500,01 | 6 | 9 | 3 000,00 | 5 | 0 | |
| 3 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 4 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 5 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 6 | 1 500,01 | 6 | 9 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 7 | 1 500,01 | 6 | 9 | 3 000,02 | 7 | 18 | |
| 8 | 1 500,01 | 6 | 9 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 9 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| 10 | 1 500,00 | 5 | 0 | 3 000,01 | 6 | 9 | |
| Diferencia Máxima | | | 9 | Diferencia Máxima | | | 18 |
| Error Máximo Permissible | | | ± 200 | Error Máximo Permissible | | | ± 300 |



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición
de las
cargas

| Temperatura | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|
| | 24,2 °C | 24,2 °C |

| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero E ₀ | | | | Determinación del Error Corregido E _c | | | | | |
|----------------------------|--|-------|---------|---------------------|--|----------|---------|--------|---------------------|-------|
| | Carga Mínima* | I (g) | ΔL (mg) | E ₀ (mg) | Carga L (g) | I (g) | ΔL (mg) | E (mg) | E _c (mg) | |
| 1 | 0,10 g | 0,10 | 6 | -1 | 1 000,00 | 1 000,02 | 6 | 19 | 20 | |
| 2 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 000,03 | 7 | 28 | 29 | |
| 3 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 000,03 | 7 | 28 | 29 | |
| 4 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 000,03 | 7 | 28 | 29 | |
| 5 | | 0,10 | 6 | -1 | | 1 000,01 | 8 | 7 | 8 | |
| * Valor entre 0 y 10e | | | | | Error máximo permisible | | | | | ± 200 |

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 157 - 2020

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final |
| | 24,4 °C | 24,4 °C |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p.**(± mg) |
|----------------|------------|--------|-------|--------|--------------|--------|-------|--------|-------------------|
| | l(g) | ΔL(mg) | E(mg) | Ec(mg) | l(g) | ΔL(mg) | E(mg) | Ec(mg) | |
| 0,10 | 0,10 | 5 | 0 | 0 | 0,10 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 0,50 | 0,50 | 5 | 0 | 0 | 0,50 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 1,00 | 1,00 | 5 | 0 | 0 | 1,00 | 5 | 0 | 0 | 100 |
| 5,00 | 5,00 | 5 | 0 | 0 | 5,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 10,00 | 10,01 | 6 | 9 | 9 | 10,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 50,00 | 50,01 | 6 | 9 | 9 | 50,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 100,00 | 100,02 | 7 | 18 | 18 | 100,01 | 6 | 9 | 9 | 100 |
| 500,00 | 500,02 | 7 | 18 | 18 | 500,02 | 7 | 18 | 18 | 100 |
| 1 000,00 | 1 000,02 | 7 | 18 | 18 | 1 000,02 | 7 | 18 | 18 | 200 |
| 2 000,00 | 2 000,03 | 7 | 28 | 28 | 2 000,02 | 7 | 18 | 18 | 200 |
| 3 000,00 | 3 000,03 | 7 | 28 | 28 | 3 000,03 | 7 | 28 | 28 | 300 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido



Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000128 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0,0000511 \text{ g}^2 + 0,00000000005 R^2)}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá M: F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTF - 010 - 2020

Página 1 de 3

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| 1. Expediente | 200008 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. | |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | |
| 4. Instrumento de medición | MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| Fabricante | A&A INSTRUMENTS | |
| Número de Serie | 141002 | |
| Modelo | STMH-3 | |
| Alcance de Indicación | 9999 VUELTAS | |
| Div. de escala / Resolución | 1 VUELTA | |
| Identificación | NO INDICA | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. |
| Procedencia | CHINA | |
| Tipo de indicación | DIGITAL | |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-01 | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| 6. Lugar de calibración | LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN | |

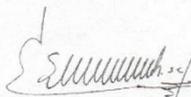
El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-06-02


ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTF - 010 - 2020

Página 3 de 3

| Características de las esferas | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------|
| N° | MEDICIÓN DE LAS ESFERAS | |
| | Diámetro (mm) | Peso (g) |
| 1 | 46,75 | 416,2 |
| 3 | 46,76 | 416,7 |
| 4 | 46,75 | 416,9 |
| 5 | 46,75 | 416,3 |
| 6 | 46,76 | 416,7 |
| 7 | 46,74 | 416,8 |
| 8 | 46,75 | 416,7 |
| 9 | 46,75 | 416,5 |
| 10 | 46,74 | 416,5 |
| 11 | 46,73 | 416,6 |
| 12 | 46,73 | 416,7 |

| Características del tambor del equipo | |
|---------------------------------------|--------|
| Diámetro Interior | 712 mm |
| Longitud Interior | 509 mm |

Nota 1.- El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g, el diámetro debe estar entre 46,00 mm y 47,63 mm.

Nota 2.- El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm.

Nota 3.- El rango admisible para el diámetro interior del tambor del equipo es de 711 ± 5 mm.

Nota 4.- El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de 508 ± 5 mm.

11. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



Fin del documento

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LTF - 010 - 2020**

Área de Metrología

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al DM INACAL, tomado como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|---------------------|---------|---------|
| Temperatura | 23,6 °C | 23,4 °C |
| Presión Atmosférica | 62,2 % | 63,4 % |

**9. Patrones de referencia**

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOP, con los siguientes certificados de calibración:

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|---|---|----------------------------|
| Generador de Funciones LTF C-096-2019 | TACÓMETRO ÓPTICO Incertidumbre del orden de 0,4 rpm | C-IN-0005-19 |
| Cinta Métrica clase I LLA-256-2019 | CINTA MÉTRICA con incertidumbre de medición de 0,9 mm. | L-0930-2019 |
| Magnificador Óptico LLA-080-2018 | | |
| PATRONES DE REFERENCIA DE Dirección de Metrología - INACAL | BALANZA - OHAUS Con clase de exactitud II | MT-LM-065-2019 |

10. Resultados

Determinación del vuelta/tiempo

| Tiempo (seg) | INDICACIÓN DEL PATRÓN | | | Giro de la Máquina (rpm) |
|--------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| | NÚMERO DE VUELTAS | NÚMERO DE VUELTAS | NÚMERO DE VUELTAS | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 120 | 63 | 63 | 63 | 31 |
| 180 | 95 | 95 | 95 | 32 |
| 240 | 126 | 126 | 126 | 31 |
| 300 | 158 | 158 | 158 | 32 |
| 360 | 190 | 190 | 190 | 32 |
| 420 | 221 | 221 | 221 | 31 |
| 480 | 253 | 253 | 253 | 32 |
| 540 | 285 | 285 | 285 | 32 |
| 600 | 316 | 316 | 316 | 31 |
| 660 | 348 | 348 | 348 | 32 |
| 720 | 380 | 380 | 380 | 32 |
| 780 | 411 | 411 | 411 | 31 |
| 840 | 443 | 443 | 443 | 32 |
| 900 | 474 | 474 | 474 | 31 |

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá M: F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Telf.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 057 - 2020

Página 1 de 6

| | |
|-----------------|--|
| 1. Expediente | 200008 |
| 2. Solicitante | LM CECONSE E.I.R.L. |
| 3. Dirección | Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN |
| 4. Equipo | HORNO |
| Alcance Máximo | De 0 °C a 300 °C |
| Marca | A&A INSTRUMENTS |
| Modelo | STHX-1A |
| Número de Serie | 15118 |
| Procedencia | CHINA |
| Identificación | NO INDICA |
| Ubicación | LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración equi declarados.

| Descripción | Controlador / Selector | Instrumento de medición |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Alcance | 0 °C a 300 °C | 0 °C a 300 °C |
| División de escala / Resolución | 0,1 °C | 0,1 °C |
| Tipo | DIGITAL | TERMÓMETRO DIGITAL |

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2020-06-01

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología Sello

2020-06-02


ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 633 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 057 - 2020

Página 2 de 6

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Car. Fernando Belaunde Terry N° s/n, Moyobamba - Moyobamba - SAN MARTÍN

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 24,1 °C | 23,6 °C |
| Humedad Relativa | 59 % | 59 % |

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 minutos minutos.
El controlador se seteo en 110 °C

**9. Patrones de referencia**

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado y/o Informe de calibración |
|---|--|--|
| Dirección de Metrología INACAL LT - 341 - 2018 | TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES | METROLOGIA & TECNICAS SAC MT - LT - 043 - 2019 |
| Dirección de Metrología INACAL LT - 342 - 2018 | | |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 057 - 2020

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

| Tiempo (min) | Termómetro del equipo (°C) | TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C) | | | | | | | | | | T _{prom} (°C) | máx.-T _m |
|-----------------|----------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|---------------------|
| | | NIVEL SUPERIOR | | | | | NIVEL INFERIOR | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,1 | 108,1 | 108,8 | 111,8 | 111,7 | 111,3 | 110,9 | 112,6 | 110,2 | 4,6 |
| 02 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,5 | 108,3 | 109,1 | 111,7 | 112,0 | 111,4 | 110,8 | 112,9 | 110,4 | 4,8 |
| 04 | 110,0 | 108,2 | 110,0 | 109,4 | 108,2 | 109,0 | 111,6 | 111,6 | 111,3 | 110,6 | 113,0 | 110,3 | 4,9 |
| 06 | 110,0 | 108,2 | 110,0 | 109,5 | 108,3 | 109,1 | 111,8 | 111,9 | 111,3 | 110,7 | 113,1 | 110,4 | 5,0 |
| 08 | 110,0 | 108,3 | 110,1 | 109,6 | 108,4 | 109,3 | 111,8 | 112,1 | 111,8 | 110,7 | 113,3 | 110,5 | 5,1 |
| 10 | 110,0 | 108,3 | 110,1 | 109,6 | 108,4 | 109,2 | 111,9 | 112,1 | 111,3 | 110,8 | 112,9 | 110,5 | 4,7 |
| 12 | 110,0 | 108,0 | 109,7 | 109,4 | 108,2 | 109,0 | 111,6 | 112,0 | 111,5 | 110,9 | 112,8 | 110,3 | 4,9 |
| 14 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,2 | 108,1 | 109,0 | 111,7 | 111,7 | 111,4 | 111,1 | 113,0 | 110,3 | 4,9 |
| 16 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,2 | 108,1 | 109,0 | 111,8 | 111,7 | 111,0 | 110,5 | 112,7 | 110,2 | 4,6 |
| 18 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,0 | 107,9 | 108,9 | 111,6 | 111,4 | 111,1 | 110,5 | 112,7 | 110,1 | 4,8 |
| 20 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,3 | 108,3 | 109,1 | 111,5 | 111,6 | 111,2 | 110,7 | 112,8 | 110,3 | 4,7 |
| 22 | 110,0 | 108,3 | 109,9 | 109,4 | 108,2 | 109,1 | 111,8 | 111,8 | 111,2 | 110,3 | 113,0 | 110,3 | 4,8 |
| 24 | 110,0 | 108,4 | 110,0 | 109,5 | 108,4 | 109,2 | 111,6 | 112,0 | 111,6 | 110,9 | 113,1 | 110,5 | 4,8 |
| 26 | 110,0 | 108,3 | 110,0 | 109,5 | 108,4 | 109,2 | 112,0 | 112,0 | 111,7 | 111,0 | 112,9 | 110,5 | 4,7 |
| 28 | 110,0 | 108,2 | 109,7 | 109,2 | 108,2 | 109,1 | 111,6 | 112,0 | 111,5 | 111,0 | 112,9 | 110,3 | 4,8 |
| 30 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,2 | 107,9 | 108,9 | 111,4 | 111,9 | 111,3 | 110,9 | 112,7 | 110,2 | 4,8 |
| 32 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,1 | 108,0 | 108,8 | 111,8 | 111,6 | 111,2 | 110,7 | 112,9 | 110,2 | 4,9 |
| 34 | 110,0 | 108,2 | 109,8 | 109,1 | 108,1 | 109,0 | 111,6 | 111,4 | 111,3 | 110,7 | 113,0 | 110,2 | 4,9 |
| 36 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,2 | 108,1 | 108,8 | 111,7 | 111,7 | 111,0 | 110,8 | 112,9 | 110,2 | 4,9 |
| 38 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,4 | 108,3 | 109,1 | 111,8 | 111,6 | 111,2 | 110,8 | 112,8 | 110,3 | 4,7 |
| 40 | 110,0 | 108,2 | 110,0 | 109,6 | 108,3 | 109,1 | 111,7 | 111,8 | 111,4 | 110,8 | 113,0 | 110,4 | 4,9 |
| 42 | 110,0 | 108,3 | 110,1 | 109,6 | 108,5 | 109,2 | 111,7 | 112,3 | 112,1 | 110,7 | 113,0 | 110,6 | 4,8 |
| 44 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,4 | 108,4 | 109,3 | 111,5 | 112,0 | 111,9 | 111,0 | 113,2 | 110,5 | 5,1 |
| 46 | 110,0 | 108,1 | 109,8 | 109,3 | 108,2 | 109,0 | 111,7 | 112,0 | 111,7 | 111,0 | 112,9 | 110,4 | 4,9 |
| 48 | 110,0 | 108,2 | 109,7 | 109,1 | 108,1 | 108,9 | 111,7 | 111,7 | 111,3 | 110,8 | 112,9 | 110,2 | 4,8 |
| 50 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,2 | 108,1 | 109,0 | 111,5 | 111,5 | 111,2 | 110,8 | 112,9 | 110,2 | 4,8 |
| 52 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,4 | 108,3 | 109,0 | 111,8 | 111,6 | 110,8 | 110,8 | 113,1 | 110,3 | 5,0 |
| 54 | 110,0 | 108,1 | 109,7 | 109,3 | 108,1 | 109,0 | 111,4 | 111,7 | 111,0 | 111,0 | 112,9 | 110,2 | 4,9 |
| 56 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,5 | 108,3 | 109,1 | 111,6 | 111,8 | 111,3 | 110,9 | 112,9 | 110,4 | 4,8 |
| 58 | 110,0 | 108,2 | 110,0 | 109,7 | 108,4 | 109,2 | 111,7 | 112,5 | 111,6 | 110,8 | 113,1 | 110,5 | 5,0 |
| 60 | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,5 | 108,4 | 109,2 | 111,8 | 112,4 | 111,7 | 110,7 | 113,3 | 110,5 | 5,2 |
| T.PROM | 110,0 | 108,2 | 109,9 | 109,3 | 108,3 | 109,0 | 111,7 | 111,8 | 111,4 | 110,8 | 113,0 | 110,3 | |
| T.MAX | 110,0 | 108,4 | 110,1 | 109,7 | 108,5 | 109,3 | 112,0 | 112,5 | 112,1 | 111,1 | 113,3 | | |
| T.MIN | 110,0 | 108,0 | 109,7 | 109,0 | 107,9 | 108,8 | 111,4 | 111,4 | 110,8 | 110,3 | 112,6 | | |
| DTT | 0,0 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 1,1 | 1,3 | 0,8 | 0,7 | | |



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 057 - 2020**

Página 4 de 6

| PARÁMETRO | VALOR (°C) | INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C) |
|---|---------------|---------------------------------|
| Máxima Temperatura Medida | 113,3 | 0,5 |
| Mínima Temperatura Medida | 107,9 | 0,5 |
| Desviación de Temperatura en el Tiempo | 1,3 | 0,6 |
| Desviación de Temperatura en el Espacio | 4,8 | 0,6 |
| Estabilidad Medida (±) | 0,6 | 0,42 |
| Uniformidad Medida | 5,2 | 0,6 |

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

Tel.: (511) 540.0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282

RPC: 940037490

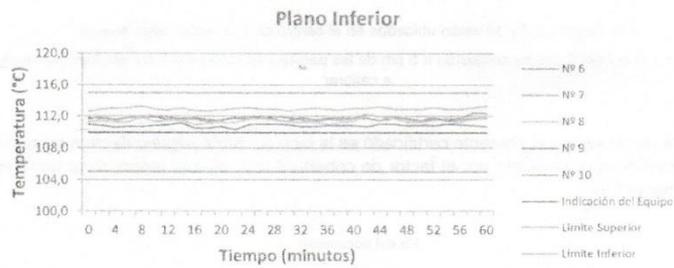
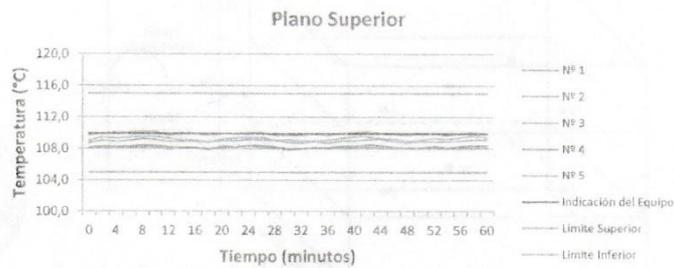
email: metrologia@metrologiatecnicas.com

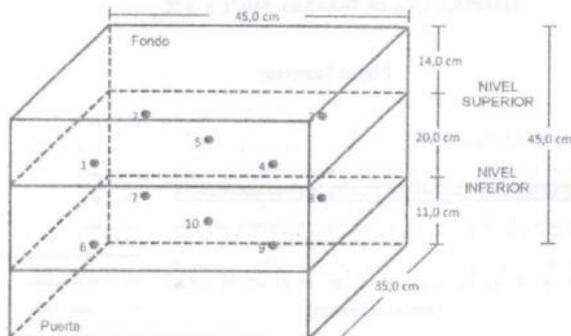
ventas@metrologiatecnicas.com

calidad@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES

Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento