UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE CONCRETO POROSO ADICIONADO CON FIBRAS DE VIDRIO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE HUANCACHUPA CON RESPECTO A UN CONCRETO POROSO DE AGREGADO FINO - HUÁNUCO 2018.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

TESISTA:
Dayvis Clark, ESCALANTE SERRANO

ASESOR:
Ing. ANTONIO DOMINGUEZ MAGINO

HUÁNUCO – PERÚ
2019

DEDICATORIA

A Dios por el infinito amor que tengo hacia él y que gracias a su bendición esto es posible, a mis padres Geremias y Edith estupendas fuentes de mi inspiración y superación, a mis hermanos Rocky, Jefferson, Lenin y Johana quienes con su forma de ser generan en mí el impulso para salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Antonio Dominguez Magino, por su apoyo incondicional como asesor de tesis, por haberme brindado de sus conocimientos y experiencias como ingeniero civil.

A mi gloriosa universidad Hermilio Valdizan.

A mi amada facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

A los docentes de la escuela académico profesional de ingeniería civil quienes me brindaron de sus conocimientos para hacerle frente a la carrera.

Al patriarca de mi familia mi abuelo Pablo Serrano Chamorro también mi amigo, por sus experiencias y sabios consejos que desde ya sigue apostando en mi superación.

A mi abuelita Jacoba de Escalante por sus buenos deseos y darme la oportunidad de conocer sus experiencias del porque superarme día a día.

A Sandra Ramos Evaristo por ser una maravillosa persona de un corazón noble, por el regalo que me da la vida al compartir a su lado un amor del bueno.

A Raúl Francisco Gamarra Ricapa un gran profesor, por brindar sus conocimientos con una gran vocación de enseñanza y ser un buen amigo.

A Mayki Rovin Serrano Baldeon un grandioso tío, por mostrarme con el ejemplo lo importante de la universidad de la vida y estoy completamente seguro que desde el cielo sonríe por la bendición que Dios me brinda.

A toda mi estimada familia por siempre confiar en mí.

A todas las maravillosas personas que Dios puso en mi camino en este sendero de la vida, que son motivo de inspiración para salir adelante.

A esta grandiosa vida porque nunca dejara de enseñarme y del cual siempre estaré agradecido.

RESUMEN

En esta tesis se realizó un análisis comparativo de resistencia a compresión y permeabilidad de concreto poroso adicionada fibra de vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%) con respecto a un concreto poroso de agregado fino (7.5%,10% y 12.5%); con agregados de la cantera de Huancachupa. Esta investigación se ajusta a ser de tipo aplicativo, a tener un nivel de estudio explicativo y a emplear el diseño de experimentos. La hipótesis para esta investigación se validó mediante la distribución t de student.

Para lograr este estudio se elaboraron 60 probetas en total: 30 para ensayo de resistencia a compresión, donde 15 probetas son adicionando fibras de vidrio teniendo tres porcentajes distintos contando con 5 por cada porcentaje y 15 probetas son adicionando arena teniendo tres porcentajes distintos contando con 5 por cada porcentaje y para ensayo de permeabilidad se tienen: 30 probetas donde 15 probetas son adicionando fibras de vidrio teniendo tres porcentajes distintos contando con 5 por cada porcentaje y 15 probetas son adicionando arena teniendo tres porcentajes distintos contando con 5 por cada porcentaje.

Para obtener los diseños de mezclas en esta investigación se realizaron ensayos de prueba, con el fin de obtener el diseño adecuado que cumpla con las características de un concreto permeable. Se realizó 6 diseños de mezclas, 3 diseños para la adición de fibra de vidrio 1 por cada porcentaje distinto y 3 diseños para la adición de arena 1 por cada porcentaje distinto, de concreto permeable con un contenido de vacíos del 15%, con una relación agua cemento de 0.35, con Slump igual a 0, con porcentaje de pasta de 28% y con agregado grueso de huso N° 8, según la norma ACI 211.3R – 02. Para comparar su resistencia a la compresión y permeabilidad fueron ensayadas a los 28 días de curado.

Finalmente, de la comparación de resultados, se concluye que la resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no incrementa comparado con las probetas de concreto poroso con el uso de agregado fino. También se concluye que la permeabilidad promedio de las probetas de concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no se reduce comparado con las probetas de concreto poroso con el uso de agregado fino.

SUMMARY

In this thesis a comparative analysis of resistance to compression and permeability of porous concrete added fiberglass (0.025%, 0.075% and 0.125%) with respect to a porous concrete of fine aggregate (7.5%, 10% and 12.5%) was performed. ; with aggregates from the Huancachupa quarry. This research is adjusted to be of application type, to have an explanatory level of study and to use the design of experiments. The hypothesis for this investigation was validated by the student's t distribution.

To achieve this study, 60 samples were prepared in total: 30 for compression resistance test, where 15 samples are adding glass fibers having three different percentages, with 5 for each percentage and 15 samples are adding sand having three different percentages with 5 For each percentage and for permeability test we have: 30 samples where 15 samples are adding glass fibers having three different percentages counting with 5 for each percentage and 15 samples are adding sand having three different percentages counting 5 for each percentage.

To obtain the designs of mixtures in this investigation, test trials were carried out, in order to obtain the adequate design that meets the characteristics of a permeable concrete. Six mix designs were made, 3 designs for the addition of glass fiber 1 for each different percentage and 3 designs for the addition of sand 1 for each different percentage of permeable concrete with a vacuum content of 15%, with a ratio cement water of 0.35, with Slump equal to 0, with percentage of 28% paste and with coarse aggregate of spindle No. 8, according to the ACI 211.3R - 02 standard. To compare their resistance to compression and permeability they were tested at 28 days of curing.

Finally, from the comparison of results, it is concluded that the average compressive strength of the porous concrete specimens with the use of glass fiber does not increase compared to the porous concrete specimens with the use of fine aggregate. It is also concluded that the average permeability of porous concrete specimens with the use of fiberglass is not reduced compared to porous concrete specimens with the use of fine aggregate.

INDICE GENERAL

RESUMEN IV
SUMMARY V
INDICE GENERAL VI
INDICE DE FIGURAS IX
INDICE DE TABLAS XI
INDICE DE GRÁFICAS XIII
INTRODUCCIÓN XIV
1 MARCO TEÓRICO 16
1.1 ANTECEDENTES 16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 17
1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA 17
1.4 LIMITACIONES 18
1.5 OBJETIVOS 18
1.5.1 OBJETIVO GENERAL 18
1.5.2 OBJETIVO ESPECIFICO 18
1.6 HIPOTESIS 19
1.6.1 HIPÓTESIS NULA 19
1.6.2 HIPÓTESIS ALTERNA 19
1.7 SISTEMA DE VARIABLES 19
1.7.1 VARIABLES INDEPENDIENTES 19
1.7.2 VARIABLES DEPENDIENTES 19
1.7.3 VARIABLES INTERVINIENTES 19
1.8 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES 20
1.9 UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA 21
1.9.1 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/ POBLACIÓN: 21
1.9.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA: 21
1.10 REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS 22
1.11 CONCEPTOS FUNDAMENTALES: 24
1.11.1 CONCRETO PERMEABLE: 24
1.11.2 AGREGADOS: 28
1.11.3 FIBRA DE VIDRIO: 29

1.11.3.1 PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO 30
1.11.3.2 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO 31
1.11.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE VIDRIO 32
1.11.3.4 TIPOS DE FIBRA DE VIDRIO: 33
1.12 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS 34
1.12.1 CONCRETO POROSO 34
1.12.2 AGREGADO FINO 34
1.12.3 FIBRA DE VIDRIO 34
1.12.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 35
1.12.5 PERMEABILIDAD 35
2 MARCO METODOLOGICO 37
2.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN 37
2.1.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 37
2.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 38
2.2.1 FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 38
2.3 MATERIALES USADOS EN LA INVESTIGACIÓN 38
2.3.1 AGREGADOS 38
2.3.2 CEMENTO 39
2.3.3 FIBRA DE VIDRIO 40
2.3.4 AGUA 41
2.4 ELABORACIÓN Y ENSAYOS DE PROBETAS 41
2.4.1 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES 41
2.4.2 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POROSO 50
2.4.2.1 DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRA DE VIDRIO 58
2.4.2.2 DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADO FINO 69
2.5 ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS DE CONCRETO POROSO. 70
2.5.1 MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS: 70
2.5.2 PROCEDIMIENTO: 73
2.6 REFRENTADO DE CILINDROS DE CONCRETO POROSO (CAPPING) .. 78
2.7 ENSAYOS DE CONCRETO POROSO 79
2.7.1 ENSAYOS DE CONCRETO POROSO EN ESTADO FRESCO 79
2.7.1.1 ASENTAMIENTO (SLUMP) 79
2.7.2 ENSAYOS DE CONCRETO POROSO EN ESTADO ENDURECIDO 79

2.7.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION 79
2.7.2.2 PERMEABILIDAD 80
2.8 RESULTADOS DE ENSAYOS 81
2.8.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE PRUEBA 81
2.8.1.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE PRUEBA: 84
2.8.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION 87
2.8.2.1 GRAFICA DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION: 88
2.8.3 PERMEABILIDAD 91
2.8.3.1 GRAFICA DE RESULTADOS DE PERMEABILIDAD: 92
3 ANÁLISIS DE RESULTADOS 96
3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO: 96
3.1.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO – RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS 96
3.1.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PERMEABILIDAD A LOS 28 DÍAS 98
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL 101
3.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS 101
3.2.1.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO POROSO ADICIONADO CON FIBRAS DE VIDRIO CON RESPECTO AL CONCRETO POROSO ADICIONADO CON AGREGADO FINO 103
3.2.1.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS DE PERMEABILIDAD A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO POROSO ADICIONADO CON FIBRAS DE VIDRIO CON RESPECTO AL CONCRETO POROSO ADICIONADO CON AGREGADO FINO 105
CONCLUSIONES 110
RECOMENDACIONES 112
LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN 113
BIBLIOGRAFÍA 114
ANEXOS 117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: El concreto permeable. 25
Figura 2: Configuraciones de la fibra de vidrio. 30
Figura 3: Ubicación geográfica cantera de Huancachupa 38
Figura 4: Muestras adecuadamente colocadas y rotuladas en laboratorio. 39
Figura 5: Peso unitario agregado grueso. 42
Figura 6: Peso unitario agregado fino. 42
Figura 7: Ensayo de granulometría. 43
Figura 8: Muestras de agregado grueso y fino. 43
Figura 9: Muestra de agregado fino Húmedo. 46
Figura 10: Secado en el horno de la muestra. 46
Figura 11: Peso específico de agregado fino 47
Figura 12: Peso específico y absorción del agregado grueso. 47
Figura 13: Absorción del agregado fino. 47
Figura 14: Ensayo de abrasión 48
Figura 15: Tamizado de agregado grueso. 48
Figura 16: Relación entre el volumen de pasta y el contenido de vacíos para agregado grueso Huso N°8 (3/8"). 52
Figura 17: Materiales para concreto poroso con fibra de vidrio 71
Figura 18: Materiales para concreto poroso con arena. 71
Figura 19: Pesado de fibra de vidrio 71
Figura 20: Porcentajes de fibra de vidrio que se usaran en el concreto poroso 71
Figura 21: Balanza con capacidad de 30kg. 72
Figura 22: Balanza con capacidad de 8 kg. 72
Figura 23: Materiales, equipos y herramientas utilizados para la elaboración de concreto poroso. 73
Figura 24: Pesado de los materiales a utilizar. 73
Figura 25: Se tenía que humedecer la mezcladora. 73
Figura 26: Limpieza interna de los moldes con petróleo 74
Figura 27: Vaciado de agregado grueso a la mezcladora. 74
Figura 28: Vaciado de fibra de vidrio a la mezcladora. 75
Figura 29: Vaciado de arena a la mezcladora 75
Figura 30: Vaciado de cemento a la mezcladora. 75
Figura 31: Vaciado de agua a la mezcladora 75
Figura 32: Golpes para evitar que se pegue la mezcla. 75
Figura 33: Mezclado de concreto poroso en la carretilla. 75
Figura 34: Procedimiento para calcular el asentamiento. 76
Figura 35: Obtención de Slump igual a cero. 76
Figura 36: Consistencia de la mezcla. 76
Figura 37: Compactado de concreto. 76
Figura 38: Ligeros golpes para evitar burbujas de aire. 77
Figura 39: Enrasado de concreto poroso. 77

Figura 40: Probetas de concreto poroso con fibra de vidrio. 77
Figura 41: Probetas de concreto poroso con arena..... 77
Figura 42: Rotulado y desencofrado de probetas..... 78
Figura 43: Curado de probetas..... 78
Figura 44: Probetas refrentadas. 78
Figura 45: Obtención de Slump igual a 0 cm..... 79
Figura 46: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto poroso, generalmente se obtuvo el tipo de falla IV. 80
Figura 47: Ensayo de permeabilidad del concreto poroso. 81
Figura 48: Tabla de valores críticos de la distribución t de Student 102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Operacionalización de variables 20
Tabla 2: Valores frecuentemente utilizados de la distribución normal para Z.....21
Tabla 3: Muestras de concreto poroso a los 28 días 22
Tabla 4:Las propiedades mecánicas de la fibra de vidrio. 33
Tabla 5: Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos 38
Tabla 6: Datos Técnicos de la Fibra de Vidrio 40
Tabla 7: Peso unitario suelto seco del agregado fino. 42
Tabla 8:Peso unitario seco compactado del agregado fino.....42
Tabla 9:Peso unitario suelto seco del agregado grueso 43
Tabla 10:Peso unitario seco compactado del agregado grueso.....43
Tabla 11:Análisis granulométrico del agregado grueso. 44
Tabla 12:Análisis granulométrico del agregado fino. 45
Tabla 13:Contenido de humedad del agregado fino. 46
Tabla 14:Contenido de humedad del agregado grueso 46
Tabla 15:Peso específico y absorción del agregado fino. 47
Tabla 16:Peso específico y absorción del agregado grueso.....48
Tabla 17:Abrasión del agregado grueso.....49
Tabla 18: Características de los materiales.....49
Tabla 19:Valores de b/bo Para Agregados de T.M.N. de Huso 8 (3/8") y Huso 67(3/4") 51
Tabla 20:Características de los agregados utilizados en el diseño de mezcla.....58
Tabla 21: Volumen teórico de materiales por m3 de concreto 61
Tabla 22: Volumen de diseño de materiales por m3 de concreto 63
Tabla 23: Datos reajustados para el Diseño de Mezcla.....63
Tabla 24: Volumen teórico de materiales por m3 de concreto 67
Tabla 25: Diseño de mezcla con 0.025% de fibra de vidrio 68
Tabla 26: Diseño de mezcla con 0.075% de fibra de vidrio 69
Tabla 27:Diseño de mezcla con 0.125% de fibra de vidrio 69
Tabla 28: Diseño de mezcla con 7.5% de arena 69
Tabla 29:Diseño de mezcla con 10% de arena 70
Tabla 30:Diseño de mezcla con 12.5% de arena 70
Tabla 31 : Compactación de probetas cilíndricas. 72
Tabla 32: Denominación de las doce mezclas de prueba.....82
Tabla 33: Resultados de la mezclas de prueba 83
Tabla 34: Resultados de ensayos de resistencia a compresión del concreto poroso con fibra de vidrio.....87
Tabla 35: Resultados de ensayos de resistencia a compresión del concreto poroso con agregado fino 87
Tabla 36: Resultados de Ensayo a Permeabilidad: Concreto Poroso con Fibra de Vidrio.....91
Tabla 37:Resultados de Ensayo a Permeabilidad: Concreto Poroso con Agregado Fino 91
Tabla 38: Resultados Estadísticos de la resistencia a la Compresión de las probetas de Concreto Poroso adicionado Fibra de Vidrio 96

Tabla 39: Resultados Estadísticos de la resistencia a la Compresión de las probetas de Concreto Poroso adicionado Agregado Fino 97
Tabla 40: Resultados Estadísticos de la Permeabilidad de las probetas de Concreto Poroso adicionado Fibra de Vidrio.....98
Tabla 41: Resultados Estadísticos de la Permeabilidad de las probetas de Concreto Poroso adicionado Agregado Fino 99
Tabla 42: Parámetros Estadísticos de la Resistencia a la Compresión a los 28 días para probetas de concreto poroso con Fibra de vidrio y Agregado fino. 103
Tabla 43: Parámetros Estadísticos de la Permeabilidad a los 28 días para probetas de concreto poroso con Fibra de vidrio y Agregado fino.....105

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1:Curva de distribución granulométrica del agregado grueso. 44
Gráfica 2:Curva de distribución granulométrica del agregado fino. 45
Gráfica 3: Resistencia a la compresión 7 días - ensayo de prueba con fibra de vidrio 1-2-3.....85
Gráfica 4: Resistencia a la compresión 7 días - ensayo de prueba con fibra de vidrio 4-5-6.....85
Gráfica 5: Resistencia a la compresión a los 7 días - Ensayo de prueba con arena 1-2-3 Fuente: Elaboración propia 86
Gráfica 6: Resistencia a la compresión a los 7 días - Ensayo de prueba con arena 4-5-6.....86
Gráfica 7:Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.025%.....88
Gráfica 8: Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.075%.....88
Gráfica 9: Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.125%.....89
Gráfica 10:Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado agregado fino 7.5% 89
Gráfica 11:Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado agregado fino 10% 90
Gráfica 12:Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado agregado fino 12.5% 90
Gráfica 13: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.025% 92
Gráfica 14: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.075% 92
Gráfica 15: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.125% 93
Gráfica 16: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado agregado fino 7.5% 93
Gráfica 17: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado agregado fino 10% 94
Gráfica 18: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado agregado fino 12.5% 94
Gráfica 19: Resistencia a la Compresión promedio a los 28 días de las probetas de Concreto Poroso adicionado Fibra de Vidrio. 96
Gráfica 20: Resistencia a la Compresión promedio a los 28 días de las probetas de Concreto Poroso adicionado Agregado Fino. 97
Gráfica 21: Coeficiente de Permeabilidad promedio a los 28 días de las probetas de Concreto Poroso adicionado Fibra de Vidrio. 99
Gráfica 22: Coeficiente de Permeabilidad promedio a los 28 días de las probetas de Concreto Poroso adicionado Agregado Fino. 100

INTRODUCCIÓN

El concreto poroso es un concreto especial con alto grado de porosidad y cuya característica principal es permitir el paso del agua a través de su estructura porosa, por lo cual se considera como un material de construcción sostenible, por su buen manejo de las aguas pluviales. Podemos mencionar que, debido a su propiedad de infiltración y buen control de las aguas pluviales, el concreto permeable ha sido usado en una amplia variedad de aplicaciones, la más resaltante es su uso en pavimentos, también puede ser usado en vías de bajo volumen de tránsito, estacionamientos, veredas o aceras, vías peatonales y ciclovías; y a la vez ser usado como sistema de drenaje. Sabemos que la ausencia o disminución de material fino le proporciona a este concreto su característica de permeabilidad, sin embargo, al mismo tiempo se castigan las resistencias obtenidas, generando que exista distintas investigaciones donde se enfoquen en mejorar su resistencia sin afectar su permeabilidad.

En los últimos años, el uso de fibras como refuerzo del concreto ha tenido un auge importante en los diseños y la producción de la mezcla. La fibra de vidrio está siendo ocupado en más y más aplicaciones debido a la combinación de propiedades obtenidas. Una característica tener una resistencia a la tracción mayor a otro tipo de fibra y que posee un peso muy bajo, ya que se puede obtener el comportamiento deseado para una aplicación sin tener un producto terminado muy pesado y caro. La tendencia global apunta a la reducción de costo, peso, volumen, etc., las aplicaciones de la fibra de vidrio son tan variadas y es tan versátil el material que en este contexto, esta tesis pretende encontrar una solución al problema de la resistencia a compresión de un concreto poroso, así como de su permeabilidad a través del uso de la adición de fibra de vidrio como refuerzo en el concreto poroso como muestra de que es posible poder comparar la resistencia a compresión y así como su permeabilidad con respecto a un concreto poroso con finos, pudiéndose analizar y comparar resultados en ambos casos.

Capítulo I Marco Teórico

1 MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

(Jose Mauricio, 2017), en su proyecto menciona que el concreto permeable es una la mezcla de cemento hidráulico, agua y agregado grueso; aunque se pueden también incluir aditivos o un pequeño porcentaje de agregado fino para mejorar ciertas características de este. Las características más importantes de este concreto, son la resistencia y la permeabilidad. Son utilizadas más comúnmente en pavimentos, accesos, aceras, etc. (p. 2).

(Guizado Barrios & Curi Grados, 2017)**,** en su tesis afirman que, el concreto permeable es un material compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. Estos ingredientes permiten obtener un material resistente con poros interconectados de aberturas entre 2 y 8 mm que permiten que el agua infiltre fácilmente. El contenido de vacíos que permite que el agua fluya está en el rango de 15 y 35% con una resistencia a la compresión típica de 28 a 280 kg/cm. La permeabilidad se encuentra aproximadamente entre 81 y 730 L/min/m y depende del tamaño de los agregados y la densidad de la mezcla, según el ACI 522R-10. (p. 16).

(Garcìa Chambilla, 2017)**,** El efecto que tiene la incorporación de fibras de vidrio en la resistencia a la compresión y el costo de producción del Concreto Normal f´c=210kg/cm2 a los 7, 14 y 28 días respectivamente incorporando fibras de vidrio en porcentajes de 0.025%, 0.075% y 0.125%, genera resultados que indican que la resistencia a la compresión incrementa en 6.65%, 2.26% y 1.26% incorporando fibra de vidrio en 0.025%, 0.075% y 0.125% respectivamente, y el costo de producción disminuye en 2.94% con 0.025% de fibra de Vidrio. (p. 10).

(Sanchez Abanto, 2017) En su tesis evalúa el comportamiento del concreto permeable al adicionarle tres dosificaciones de fibra de vidrio, con un diseño

de mezcla del concreto permeable con 15% de vacíos según la norma ACI 211.3R – 02. Evaluado con cuatro muestras en total, establecido tres tratamientos de fibra de vidrio (0.05%,0.10% y 0.15%) más un patrón (0.00% de fibra de vidrio). Se calculó la permeabilidad y resistencia a compresión del concreto permeable con tres porcentajes de fibra de vidrio adicionada. Realizando los ensayos a compresión axial según la norma ASTM C 39, así como para el ensayo de infiltración del concreto según la norma ASTM C 1701. Se confirma que los resultados obtenidos muestran que la fibra de vidrio si modifica las propiedades del concreto permeable, elevando la resistencia a compresión del concreto permeable de manera muy significativa, por otro lado, la permeabilidad de este concreto disminuye a medida que se le añade una mayor cantidad de fibra de vidrio. (p. x).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En cuánto cambiara la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto poroso con el uso de fibras de vidrio comparado concreto poroso con el uso de agregado fino?

1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

Utilizar el concreto permeable en pavimentos hace que sea necesario poder producir un concreto permeable que cumpla con las normas de este tipo de concreto, una forma de tratar de mejorar su resistencia a compresión seria con la adición de fibra de vidrio, para lo cual se debe tener en cuenta los criterios básicos de composición, dosificación y elaboración de concreto permeable. Por lo que, se considera importante realizar esta investigación, para que la información generada sea útil para el logro de un concreto permeable con mejor resistencia a la compresión y adecuada permeabilidad.

1.4 LIMITACIONES

La investigación se limita a poder analizar el agregado fino comparado con el uso de fibra de vidrio en la aplicación del concreto poroso, empleando proporciones del 7.5%, 10% y 12.5% de agregado fino respecto al peso del agregado total y 0.025%, 0.075% y 0.125% de fibra de vidrio como una relación del peso total de diseño de concreto poroso.

Se tendrá un diseño de mezcla de concreto poroso, con un contenido de vacíos del 15%, con una relación agua cemento de 0.35, con Slump igual a 0, con porcentaje de pasta de 28% y con agregado grueso de huso N° 8.

En la investigación se tuvo en cuenta la Guía para la Selección de Proporciones para Concretos con Cero Slump - ACI 211.3R y el procedimiento de diseño que brinda el Reporte en Concreto Permeable - ACI 522R-10, en la cual brinda el método de diseño, consideraciones y tablas empíricas necesarias para el proporcionamiento de materiales.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto poroso con el uso de fibras de vidrio con respecto a un concreto poroso con el uso de agregado fino.

1.5.2 OBJETIVO ESPECIFICO

Comparar la resistencia a la compresión del concreto poroso con el uso de fibras de vidrio con respecto a un concreto poroso con el uso de agregado fino.

Comparar la permeabilidad del concreto poroso con el uso de fibras de vidrio con respecto a un concreto poroso con el uso de agregado fino.

1.6 HIPOTESIS

1.6.1 HIPÓTESIS NULA

La resistencia a la compresión del concreto poroso con el uso de fibra de vidrio incrementa y su permeabilidad se reduce comparado con el concreto poroso con el uso de agregado fino.

1.6.2 HIPÓTESIS ALTERNA

La resistencia a la compresión del concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no incrementa y su permeabilidad no se reduce comparado con el concreto poroso con el uso de agregado fino.

1.7 SISTEMA DE VARIABLES

1.7.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Concreto poroso con fino y con fibras de vidrio.

1.7.2 VARIABLES DEPENDIENTES

Permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto poroso.

1.7.3 VARIABLES INTERVINIENTES

- Relación de agua – cemento.
- Porcentaje de pasta.
- Porcentaje de vacíos.
- Revenimiento.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso.

1.8 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Tabla 1 : Operacionalización de variables

Variables	Tipo de Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Resistencia a la compresión y Permeabilidad del concreto poroso	Variable Dependiente	Coeficiente de permeabilidad	k	cm/s
		Resistencia a la compresión	f`c	Kg/cm2
Concreto poroso con fino y con Fibra de Vidrio	Variables Independientes	Dosificación	Porcentaje de fino	%
		Dosificación	Porcentaje de fibra de vidrio	%
Relación de agua - cemento	Variables Intervinientes	Relación agua - cemento	a/c	Adimensional
Porcentaje de Pasta		Porcentaje de Pasta	Porcentaje	%
Porcentaje de Vacíos		Porcentaje de Vacíos	Porcentaje	%
Revenimiento		Consistencia	Slump Huso	pulg
Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Granulometría	Masa unitaria	pulg

Fuente: Elaboración propia

1.9 UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA

1.9.1 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO/ POBLACIÓN:

El universo y población de la investigación es ilimitado, conformado por todos los concretos permeables del mundo.

1.9.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA:

El tamaño de la muestra muchas veces se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación (Borja, M. 2012, p.31) por lo que propone la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2}$$

n: Tamaño de la muestra

p: posibilidad de ocurrencia de un evento, p = 0.5

q: posibilidad de no ocurrencia de un evento, q=1-p q = 0.5

e: Error estimado de la población aceptable, e = 10% = 0.1

Z: nivel de confianza, Z = 1.65 (90%)

Tabla 2: Valores frecuentemente utilizados de la distribución normal para Z.

α	$Z_{\alpha/2}$(2 colas)	β	Z_{β}(1 cola)
0.1	1.65	0.2	0.84
0.05	1.96	0.1	1.28
0.01	2.58	0.05	1.65

Fuente: Recuperado de http://riem.facmed.unam.mx/node/132

Calculamos el tamaño de muestra, considerando un nivel de confianza del 90% y un error de estimación igual a 0.10.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} = \frac{1.65^2 * 0.5 * 0.5}{0.10^2} = 68.1$$

Por tanto, se considera trabajar con un tamaño de muestra igual a 60.

Tabla 3: Muestras de concreto poroso a los 28 días

Variable Independiente	Variables Dependientes		Muestras
Descripción	Resistencia a la compresión	Permeabilidad	n
Arena 7.5%	5	5	10
Arena 10.0%	5	5	10
Arena 12.5%	5	5	10
Fibra de Vidrio 0.025%	5	5	10
Fibra de Vidrio 0.075%	5	5	10
Fibra de Vidrio 0.125%	5	5	10
		Total de muestra	60

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se tendrá 60 muestras experimentales.

1.10 REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

(Jose Mauricio, 2017)**,** Concluye que las mezclas de concretos permeables alcanzan resistencias menores que las de los concretos convencionales utilizando el mismo cemento, esto sucede debido a su configuración de estructura abierta que produce vacíos en el material, los cuales son ocupados por la combinación de agregado fino y cemento en los concretos convencionales. De la misma manera que con los concretos convencionales, el concreto permeable obtiene alrededor del 70 % de la resistencia a los 7 días y de un aproximado del 90 % a los 14 días; esto era de esperarse, ya que este comportamiento es más bien el reflejo de la influencia del cemento utilizado. Por tanto, nos recomienda, realizar más pruebas con la metodología de diseño para concretos permeable propuesta, variando los materiales, relaciones A/C, porcentaje de vacíos y porcentaje de agregado fino. Esto para comprobar si la metodología es válida con estas variaciones, e inclusive se pueden realizar pruebas con fibras de vidrios y así mejorar sus características mecánicas sin disminuciones en la permeabilidad, además de los aditivos que se deben utilizar cuando se coloca una gran cantidad de material por el cuidado que se debe tener con la cantidad de agua en la mezcla. También se recomienda realizar pruebas de permeabilidad a los cilindros en el laboratorio utilizando un permeámetro

de carga constante para determinar si existen diferencias, en cuyo caso se debería determinar el porcentaje y cuál sería el más fiable.

(Guizado Barrios & Curi Grados, 2017)**,** Concluyen que el módulo de rotura en las mezclas de concreto permeable realizadas en esta investigación varían entre el 16% y el 22% de la resistencia a la compresión. En concreto convencional esta relación es entre 13% y 15% para resistencias entre 175 y 250 kg/cm2. La diferencia se debe a que el módulo de rotura del concreto permeable depende del contenido de vacíos al cual fue diseñado. Se sugiere diseñar con % vacíos menores a 21.5% para obtener como mínimo MR de 34 kg/cm2. Por lo que se puede concluir que la presencia de finos brinda una mayor cohesión a la pasta que llena los intersticios del agregado grueso, brindándole a las partículas una mayor superficie específica de contacto, lo que le permite a la mezcla comportarse mejor frente a los esfuerzos de compresión y flexión. Por otro lado, la permeabilidad promedio de una muestra con finos en comparación a una muestra sin finos para agregado anguloso de Huso 8, disminuye en aproximadamente 27%. Nos recomienda lo siguiente, ya que el contenido de vacíos depende de distintas variables como la granulometría y la forma del agregado, es importante antes de realizar mezclas definitivas, hacer mezclas de prueba para alcanzar el porcentaje de vacíos que se ha estimado en el diseño. Se recomienda realizar pruebas de pavimentos especiales y vías locales de concreto permeable con el objetivo de verificar los requerimientos técnicos en cuanto a la colocación y mantenimiento in situ.

(Garcìa Chambilla, 2017)**,** Concluye que Incorporando fibras de vidrio en porcentajes de 0.025%, 0.075% y 0.125%, la resistencia a la compresión es superior al concreto normal, en todos los grupos de control y el costo de producción disminuye. La incorporación de 0.025%, 0.075% y 0.125% fibra de vidrio en el concreto normal f´c 210 kg/cm2 incrementa la resistencia a la compresión en 6.65%, 2.26% y 1.26% respectivamente, por ende, mejora la resistencia a la compresión, aceptándose la hipótesis general planteada.

La incorporación de 0.025% fibra de vidrio en el concreto normal f´c 210 kg/cm2 disminuye el costo de producción en 2.94%. Por lo tanto, nos recomienda, incorporar fibra de vidrio al concreto hasta 0.025 % con respecto al peso de los materiales ya que la resistencia a la compresión disminuye mientras mayor sea la cantidad de fibra de vidrio. Para un adecuado proceso de mezclado del concreto con fibras de vidrio incorporado, se recomienda la siguiente secuencia: vaciar en la mezcladora agua efectiva, cemento, agregado grueso y fino, finalmente las fibras de vidrio, para así obtener una mejor distribución de la fibra en la mezcla. De lo expresado se aprecia el uso de fibras de vidrio para incrementar la resistencia del concreto, esto conlleva a tener en cuenta el uso de fibra de vidrio en la mejora de la resistencia del concreto permeable.

(Sanchez Abanto, 2017) Concluye que se confirma que los resultados obtenidos muestran que la fibra de vidrio si modifica las propiedades del concreto permeable, elevando la resistencia a compresión del concreto permeable de manera muy significativa, por otro lado, la permeabilidad de este concreto disminuye a medida que se le añade una mayor cantidad de fibra de vidrio. (p. x). Entonces nos recomienda que en vista de que existen pocas investigaciones sobre el concreto permeable en el país, se recomienda analizar las siguientes variables: relaciones agua/cemento, tipo y forma del agregado grueso, porcentaje de vacíos, así como distintos niveles de compactación. De este modo, se poseerán mejores resultados para una mezcla ideal de concreto permeable.

1.11 CONCEPTOS FUNDAMENTALES:

1.11.1 CONCRETO PERMEABLE:

El concreto permeable, también conocido como concreto poroso, de granulometría discontinua o de alta porosidad, consiste principalmente en cemento Portland normal, agregado grueso de tamaño uniforme, agua y,

en ocasiones, un poco de finos. La combinación forma una aglomeración de agregados gruesos rodeados por una delgada capa de pasta de cemento endurecida en sus puntos de contacto (Morales Ortuño, 2008).

Esta configuración produce grandes huecos entre el agregado grueso, que deja que el agua se filtre en mayor cantidad que en el concreto convencional (Morales Ortuño, 2008).

Figura 1. El concreto permeable.
Fuente: National Ready Mixed Concrete Association

Las diversas propiedades del concreto permeable dependen principalmente de su porosidad (porcentaje de vacíos), que a su vez depende del contenido de cemento, relación agua cemento, el nivel de compactación, y la gradación del agregado y su calidad. El tamaño de los poros en el material también afecta las propiedades de resistencia. Aunque el concreto permeable se ha utilizado para la pavimentación por más de 20 años en los Estados Unidos, sólo unas pocas investigaciones se han realizado para determinar su rendimiento. (Ghafoori & Dutta, 1995)

a) Propiedades en estado fresco:

- **Trabajabilidad**

De acuerdo al comité ACI 309R, la trabajabildad es aquella propiedad del mortero o del concreto recién mezclado que determina la facilidad y

homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado (Guizado Barrios & Curi Grados, 2017).

- **Temperatura de la mezcla**

Para la Norma NTE E.060 de Concreto Armado, el cuales el Código Oficial para el diseño y construcción en concreto armado en el Perú, establece en el acápite 5.11.2 que la temperatura del concreto al ser colocado no deberá ser tan alta como para causar dificultades debidas a pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías; por lo que no deberá ser mayor de 32ºC (Guizado Barrios & Curi Grados, 2017).

- **Contenido de Vacíos y Densidad**

La densidad y el contenido de vacíos en estado fresco se determina mediante ensayos estandarizados y utilizando formulas dadas en el ASTM 1688. Se calcula la masa medida del concreto consolidado, el volumen del recipiente y la masa total de los materiales en la mezcla (Guizado Barrios & Curi Grados, 2017).

b) Propiedades en estado endurecido:

Es aquella que está en la etapa de endurecimiento, es decir, En condiciones normales un concreto después que termina fraguar, comienza el endurecimiento que lleva un ritmo rápido en los primeros días hasta llegar al primer mes, para después aumentar más lentamente hasta llegar al año donde prácticamente se estabiliza (Guizado Barrios & Curi Grados, 2017).

- **Resistencia a la Compresión**

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Se determina de acuerdo a la norma ASTM C39 (Guizado Barrios & Curi Grados, 2017).

- **Resistencia a la flexión**

La resistencia a flexión o el módulo de ruptura (rotura) se usa en el diseño de pavimentos u otras losas (pisos, placas) sobre el terreno. La resistencia a compresión, la cual es más fácil de medir que la resistencia a flexión, se puede usar como un índice de resistencia a flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados. Se determina de acuerdo a la norma ASTM C78 (Guizado Barrios & Curi Grados, 2017).

- **Contenido de Vacíos y Densidad**

La densidad y el contenido de vacíos en estado endurecido se determina mediante ensayos estandarizados y utilizando formulas dadas en el ASTM 1754 (Guizado Barrios & Curi Grados, 2017).

- **Permeabilidad**

La permeabilidad es una propiedad que permite la filtración de un fluido, a través de los espacios interconectados en el concreto. Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de la matriz. Un concreto, cuanto más poroso sea, será más permeable y tendrá una posibilidad de absorción capilar más importante. Por lo tanto, la capacidad de filtración del concreto permeable está directamente relacionada con el contenido de huecos de aire. Las pruebas han demostrado que se requiere un contenido mínimo

de huecos de aire de aproximadamente 15% para lograr una filtración significativa (Meininger, 1988).

La permeabilidad en el concreto permeable se puede medir mediante un permeámetro de carga variable propuesto por el ACI 522R (Neithalath, 2004).

1.11.2 AGREGADOS:

Generalmente se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregado y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados:

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011 (Rivva, 2014).

a. Clasificación de los agregados

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

- **Por su naturaleza.**

- **El agregado fino**, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas (Rivva, 2014).

- **El agregado grueso**, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava (Rivva, 2014).

- **Por su densidad,** se pueden clasificar en agregado de peso específico normal comprendidos entre 2.50 gr/cm3 a 2.75 gr/cm3, ligeros con pesos específicos menores a 2.5 gr/cm3, y agregado pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75 gr/cm3 (Rivva, 2014).

- **Por su origen, forma y textura superficial.** (Rivva, 2014) En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:
  Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
  Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
  Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
  Redondeada: Bordes casi eliminados.
  Muy Redondeada: Sin caras ni borde.

1.11.3 FIBRA DE VIDRIO:

La fibra de vidrio es un material estructural de ingeniería considerado como compuesto. Estos materiales incluyen alguna combinación de dos o más componentes de los tipos de materiales fundamentales. La resistencia de fibras de vidrio de diámetro pequeño está combinada con la ductilidad de la matriz polimérica. La combinación de estos dos componentes proporciona un producto superior a cualquiera de los componentes solos (Morales Ortuño, 2008).

La fibra de vidrio (o polímero reforzado con fibras de vidrio) es un ejemplo excelente de un compuesto artificial reforzado con fibras. El refuerzo de fibras se encuentra por lo regular en una de las tres configuraciones primarias: alineada en una sola dirección, cortada aleatoriamente, o trenzada en un tejido que es laminado con la matriz (Morales Ortuño, 2008).

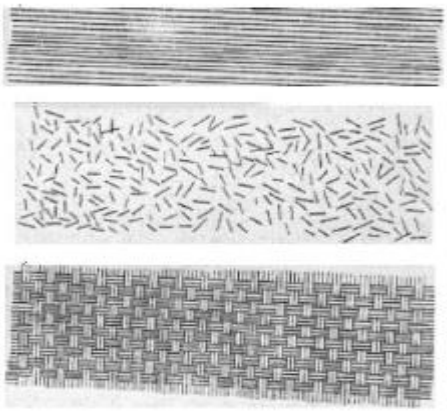


Figura 2. Configuraciones de la fibra de vidrio.
Fuente: Morales (2008).

En la figura 2 se ilustran tres configuraciones de fibra de vidrio comunes. La primera y segunda parte muestran el uso de fibras continuas y fibras discretas cortadas, respectivamente. La tercera parte muestra la configuración de la tela tejida la cual se usa para fabricar estructuras laminadas (Morales Ortuño, 2008).

1.11.3.1 PROCESOS DE OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO

Es un material en forma de fibras, las cuales son obtenidas del vidrio por distintos procedimientos, algunos de los procesos más usados son:

- Estirado del vidrio por centrifugación, al caer éste sobre un disco dotado de un movimiento muy rápido de rotación, se obtiene la fibra llamada lana de vidrio (Morales Ortuño, 2008).

- Estirado mecánico del vidrio fundido por hileras de diámetro variable y su enrollamiento sobre tambores que giran a gran velocidad, se obtiene seda de vidrio (Morales Ortuño, 2008).

La fibra de vidrio ha constituido una auténtica revolución en la técnica del aislamiento térmico. Aparte de sus propiedades de aislamiento es incombustible e imputrescible, de fácil colocación y de poco peso (Morales Ortuño, 2008).

1.11.3.2 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio se puede encontrar clasificada de acuerdo al espaciamiento y la orientación de las fibras.

- **Mat (Mantas)**

Son hilos cortados, entrelazados desordenadamente, aglomerados y prensados, constituyendo una manta que tiene muy buen poder de absorción de las resinas de poliéster. Se suministra en rollos de 1 m a 1.25 m de ancho y en diferentes pesos (200 gr/m2, 300 gr/m2, 450 gr/m2 ó 600 gr/m2), (Morales Ortuño, 2008).

Hay que puntualizar que este tipo de fibra de vidrio se adapta mejor a las formas complicadas, pero tienen el inconveniente de que son menos resistentes que los tejidos. Se enfatiza que la resistencia que ofrecen estas fibras cortadas al azar es igual en todas las direcciones. (García,S 2011).

- **Tejidos**

Cabos, más o menos gruesos, de un número elevado de hilos que se entrecruzan perpendicularmente. Se emplea como material de mayor refuerzo y se coloca entre dos capas de MAT. (Follis, et al., 2010).

- **Mechas**

Son un conjunto de hilos muy largos y paralelos los cuales constituyen un cabo enrollado en forma de bobina, que se emplea para la construcción de cilindros, tuberías o depósitos, por enrollamiento sobre molde giratorio. (Follis, et al., 2010).

- **Vendas de tejido**

De diferentes pesos y anchos entre los principales de 10-15-20 cm., las cuales se emplea en el recubrimiento de tuberías. (Follis, et al., 2010).

- **Hilos cortados**

Este tipo de fibra tiene longitudes alrededor de 30 cm., la cual se emplea para la preparación de "premix" (mezcla de resina con hilos.) Se utilizan en la fabricación de piezas moldeadas mediante prensa en caliente, (Follis, et al., 2010).

1.11.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE VIDRIO

Según Olivares et al. (2003), las principales características de las fibras de vidrio son las siguientes:

- Buenas resistencias mecánicas.
- Buen aislante eléctrico.
- Baja densidad.
- Incombustibilidad.
- Estabilidad dimensional.
- Imputrescibilidad
- Buena flexibilidad
- Bajo costo.

- Buena resistencia a agentes químicos.
- Baja rigidez.
- Menor resistencia a la fatiga que otras fibras.
- Alta dureza.

Tabla 4:Las propiedades mecánicas de la fibra de vidrio.

Descripción	Vidrio E	Vidrio D	Vidrio R
Densidad (g/cm3)	2.6	2.14	2.56
Resistencia a la tensión (Mpa)	3400	2500	4400
Módulo elástico (Mpa)	72	55	86
Resistencia a la ruptura (%)	4.5	4.5	5.2

Fuente: Muñoz (2007)

1.11.3.4 TIPOS DE FIBRA DE VIDRIO:

Tipo E: Es el tipo de fibra más empleado, se caracteriza por sus propiedades dieléctricas, representa el 90% de refuerzo para composites. Se aplica en tejidos para decoración en locales públicos, aislante (Olivares et al., 2003).

Tipo R: Se caracteriza porque tiene muy buenas prestaciones mecánicas, demandándose en los sectores de aviación, espacial y armamento. Se aplica como refuerzo en palas de helicópteros, componentes en aeronáutica (Olivares et al., 2003).

Tipo D: Su principal característica es su excelente poder dieléctrico, de ello su aplicación en radares, ventanas electromagnéticas. Se aplica para radares, ventanas electromagnéticas (Olivares et al., 2003).

1.12 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

1.12.1 CONCRETO POROSO

El concreto permeable es un concreto hidráulico de asentamiento cero, integrado por componentes que son el cemento portland, agua, aire y agregado grueso, con poco o despreciando al agregado fino. La combinación de los componentes forma una aglomeración de agregado grueso rodeados por una delgada capa de pasta cementante, endurecida en sus puntos de contacto. La estructura del concreto permeable se caracteriza por la existencia de poros entre el agregado grueso que van en tamaño desde 0,08 hasta 0,32 pulgadas (de 2 a 8 mm), que permite el paso del agua por medio de él (ACI 522.R-10) (Navas & Fernández, 2011).

1.12.2 AGREGADO FINO

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm. Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, se define como agregado fino, a la parte del agregado pétreo total que pasa el tamiz # 4 (Rivva, 2014).

1.12.3 FIBRA DE VIDRIO

Las fibras de vidrio están elaboradas con las mismas materias primas que el vidrio: sílice, cal, alúmina y magnesita, a las cuales se le añaden ciertos óxidos en porcentajes muy estrictos, según los tipos de fibras que se quieran obtener (Morales Ortuño, 2008).

1.12.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión (propiedad mecánica del concreto permeable en estado endurecido), es la prueba más común del concreto convencional, que se encuentra relacionada con muchas de sus características como es el caso del módulo de elasticidad. Sin embargo, al no existir otro método de prueba de resistencia a la compresión específico para concreto permeable, ésta se obtuvo bajo lo establecido en la norma NTP 339.034 y a ASTM C 39 (Rivva, 2014).

1.12.5 PERMEABILIDAD

La permeabilidad es la capacidad que tiene material para que lo atraviesen fluidos, aire o luz, sin perder la figura de su estructura interna. El hecho de que algún material sea permeable indica que se estructura es porosa o contiene un porcentaje de vacíos que están interconectados y que le permite la absorción de otros elementos (Subramanian, 2009).

Capítulo II Marco Metodológico

2 MARCO METODOLOGICO

Esta investigación se basa principalmente en el estudio del concreto permeable, a través del análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad con fibra de vidrio y agregado fino, procurando realizar un análisis comparativo de sus resultados.

2.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Es del tipo aplicativo porque busca conocer para hacer, para actuar, para modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal; también es una investigación sustantiva-explicativa, porque está orientada al descubrimiento de los factores causales que han podido inducir o afectar la ocurrencia de un fenómeno. (Sánchez H. y Reyes C. 2006).

La presente investigación se ajusta a un nivel de comparación de hipótesis causales. (Sánchez H. y Reyes C. 2006).

2.1.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el método experimental es frecuente hacer experimentos o pruebas con la intención de resolver un problema o comprobar una hipótesis. Así mismo en este método se usa el diseño de experimentos, que es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. (Gutierrez & De la Vara , 2008).

2.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.2.1 FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 5: Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Serán físicas y electrónicas.	1. Se utilizará la técnica de la recolección de datos. 2. La Observación	1. Equipos y herramientas para medir la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto poroso. 2. Cámara fotográfica. 3. Memorias portátiles de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

2.3 MATERIALES USADOS EN LA INVESTIGACIÓN

2.3.1 AGREGADOS

El agregado fino y grueso es obtenido de la cantera Huancachupa, ubicada a orillas del rio Huancachupa, en el distrito de Huánuco, en las coordenadas geográficas: Zona 18L, Coordenada Este 363074.00m E y Coordenada Norte 8896832.00m S.

Figura 3: Ubicación geográfica cantera de Huancachupa.

Fuente: Google Earth,2019.

Agregado Fino: El agregado fino utilizado para la presente investigación fue extraído de la cantera Huancachupa, el agregado fino (arena) también es procedente de la trituración del material aluvial, con las características de que se obtienen de sus ensayos.

Agregado Grueso: Se utilizaron los agregados provenientes de la cantera Huancachupa, se ha obtenido agregado grueso de TMN: 3/8", de perfil angular que es un material de tipo aluvial y obtenido por trituración, con las características de que se obtienen de sus ensayos.

Figura 4: Muestras adecuadamente colocadas y rotuladas en laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 CEMENTO

En la investigación se emplea el cemento Portland tipo I (Cemento Andino), que cumple con las normas NTP 334.009 y ASTM C-150 con peso específico del cemento en condiciones normales igual a 3.15 gr/cm.

Es importante controlar la cantidad de material cementante agregada a la mezcla, debido a que una mayor dosis de cementante generará un concreto más resistente, pero ocasionará una disminución en el

porcentaje de vacíos interconectados dentro del concreto, perdiendo su capacidad de infiltración.

Para la correcta dosificación de material cementante es recomendable utilizar una cantidad que oscile entre los 270 a 415 kg/m^3, según los requisitos de resistencia y permeabilidad (ACI 522.R. 2010).

2.3.3 FIBRA DE VIDRIO

La norma ASTM C 1116, define las fibras como filamentos finos y elongados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que pueda ser distribuido a través de una mezcla de concreto fresco. A su vez, ACI 544 considera como fibras para el concreto, los filamentos discontinuos de acero, fibras sintéticas, de vidrio y naturales.

Según (Garcìa Chambilla, 2017)**,** indica que la incorporación de 0.025%, 0.075% y 0.125% fibra de vidrio en el concreto normal incrementa la resistencia a la compresión en 6.65%, 2.26% y 1.26% respectivamente, por ende, mejora la resistencia a la compresión, de la misma manera Zapata y Arango (2013) indican que con incorporación de fibras de vidrio mayores a 1% la resistencia disminuye.

Tabla 6: Datos Técnicos de la Fibra de Vidrio

Propiedades de la Fibra de Vidrio	
Tipo	R
Color	Blanco
Olor	Inodoro
Cambio de estado	Vidrio: Temperatura de reblandecimiento aprox.450ºC.
Punto de fusión	No aplicable
Longitud de la Fibra	50 mm
Resistencia a la tensión	U: ≥180 N/5 cm T: ≥172 N/5 cm

Fuente: Recuperado de httpswww.regarsa.comdocsficha-tecnica-mat-200550.pdf

Por lo que los porcentajes adoptados de la fibra de vidrio que se consideraron en la presente investigación son 0.025%, 0.075% y 0.125%, como una relación del peso total de diseño de concreto poroso, los cuales fueron determinados de acuerdo a las conclusiones y recomendaciones de los antecedentes de investigación.

2.3.4 AGUA

El agua utilizada en la elaboración de la mezcla del concreto permeable, fue agua potable de la Universidad Nacional de Hermilio Valdizan, la cual cumple con la norma NTP 339.088 / ASTM D 1293.

2.4 ELABORACIÓN Y ENSAYOS DE PROBETAS

2.4.1 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Los ensayos mencionados a continuación se realizaron basándose en el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000 del MTC), estos se hicieron tanto para el agregado fino como para el agregado grueso con algunas distinciones según indica el manual.
Para obtener las características de los agregados gruesos y finos se realizaron los siguientes ensayos:

Peso Unitario Suelto y Compactado:

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

Figura 5: Peso unitario agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Peso unitario agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Peso unitario suelto seco del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO FINO (ASTM C29, NTP 400.017)			
MUESTRA:	ARENA GRUESA		
I. PESO UNITARIO SUELTO	1°	2°	3°
Peso de la Muestra + Recipiente …(1) (gr)	6133	6143	6153
Peso del Recipiente …(2) (gr)	1783	1783	1783
Peso de la Muestra (1-2) …(3) (gr)	4350	4360	4370
Volumen del Recipiente …(4) (m3)	0.00280	0.00280	0.00280
P.U.S. (3/4)/1000 (kg/m3) =	1552	1555	1559
Promedio P.U.S. Seco (kg/m3) =		1555	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8:Peso unitario seco compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO (ASTM C29, NTP 400.017)			
MUESTRA:	ARENA GRUESA		
II. PESO UNITARIO COMPACTO	1°	2°	3°
Peso de la Muestra + Recipiente …(1) (gr)	6523	6553	6583
Peso del Recipiente …(2) (gr)	1783	1783	1783
Peso de la Muestra (1-2) …(3) (gr)	4740	4770	4800
Volumen del Recipiente …(4) (m3)	0.00280	0.00280	0.00280
P.U.C. (3/4)/1000 (kg/m3) =	1690.7	1701.4	1712.1
Promedio P.U.S. Compactado (kg/m3) =		1701.4	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9:Peso unitario suelto seco del agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C29, NTP 400.017)			
MUESTRA:	PIEDRA CHANCADA T.M.N 3/8"		
I. PESO UNITARIO SUELTO	1°	2°	3°
Peso de la Muestra + Recipiente …(1) (gr)	24118.7	24168.7	24148.7
Peso del Recipiente …(2) (gr)	5838.7	5838.7	5838.7
Peso de la Muestra (1-2) …(3) (gr)	18280	18330	18310
Volumen del Recipiente …(4) (m3)	0.01410	0.01410	0.01410
P.U.S. (3/4)/1000 (kg/m3) =	1296.9	1300.4	1299.0
Promedio P.U.S. Seco (kg/m3) =		1298.7	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10:Peso unitario seco compactado del agregado grueso.

PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C29, NTP 400.017)			
MUESTRA:	PIEDRA CHANCADA T.M.N 3/8"		
II. PESO UNITARIO COMPACTO	1°	2°	3°
Peso de la Muestra + Recipiente …(1) (gr)	26238.7	25948.7	26048.7
Peso del Recipiente …(2) (gr)	5838.7	5838.7	5838.7
Peso de la Muestra (1-2) …(3) (gr)	20400	20110	20210
Volumen del Recipiente …(4) (m3)	0.01410	0.01410	0.01410
P.U.C. (3/4)/1000 (kg/m3) =	1447.3	1426.7	1433.8
Promedio P.U.S. Compactado (kg/m3) =		1435.9	

Fuente: Elaboración propia

Análisis Granulométrico: El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 204 – 2000; ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C136.

Figura 7: Ensayo de granulometría.

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Muestras de agregado grueso y fino.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11:Análisis granulométrico del agregado grueso.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)

Peso seco inicial =	5000	gr	Modulo de Finura (MF) =	4.817
Peso menor Nº 200 =	14.63	gr		
Tamiz No.	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa
3/8"	738.90	14.78	14.78	85.22
1/4"	1919.30	38.39	53.16	46.84
# 4	1267.80	25.36	78.52	21.48
# 8	681.50	13.63	92.15	7.85
# 30	252.00	5.04	97.19	2.81
# 50	106.30	2.13	99.32	0.68
# 100	19.57	0.39	99.71	0.29
CAZ	14.63	0.29	-	
Total	5000.00	100	534.8	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1:Curva de distribución granulométrica del agregado grueso.

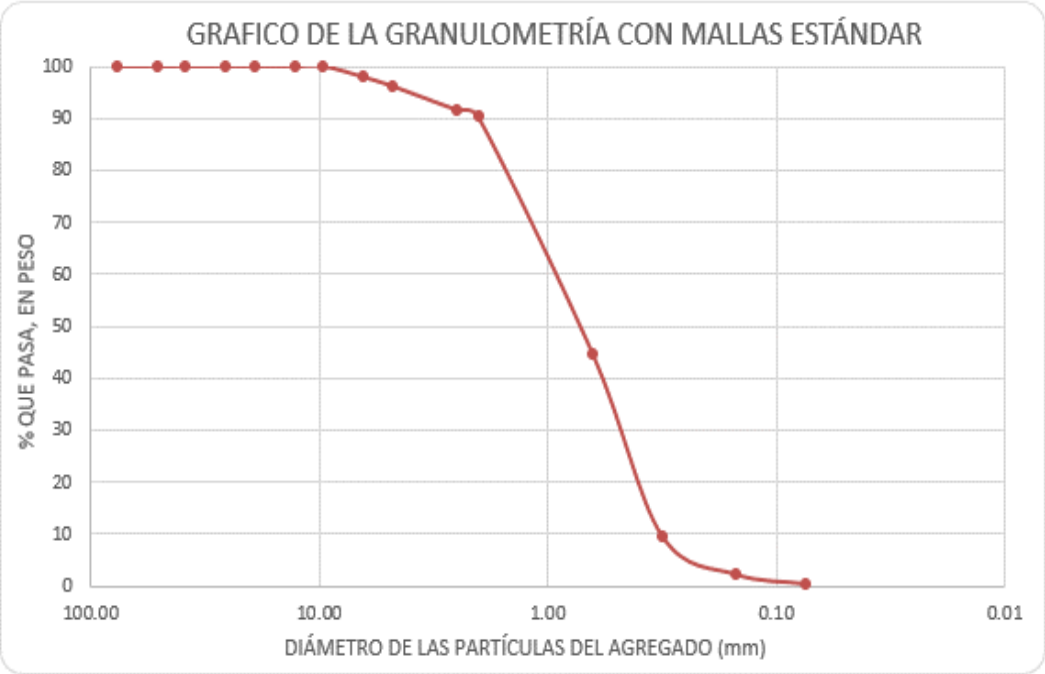
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12:Análisis granulométrico del agregado fino.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012)

Peso seco inicial =	5000	gr	Modulo de Finura (MF) =	2.562
Peso menor Nº 200 =	14.63	gr		
Tamiz No.	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
# 4	110.00	3.85	3.85	96.15
# 8	130.00	4.55	8.39	91.61
# 16	277.30	9.70	18.09	81.91
# 30	1072.00	37.48	55.57	44.43
# 50	997.20	34.87	90.44	9.56
# 100	215.10	7.52	97.96	2.04
CAZ	58.40	2.04	-	
Total	2860.00	100	274.3	

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 2:Curva de distribución granulométrica del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

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

Figura 9: Muestra de agregado fino Húmedo.
Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Secado en el horno de la muestra.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13:Contenido de humedad del agregado fino.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (ASTM C70)			
MUESTRA:	ARENA GRUESA		
ENSAYO	1°	2°	3°
Peso de la Tara ... (1) (gr)	0	0	0
Peso de laTara + Muestra Humeda ...(2) (gr)	2000.00	2000.00	2000
Peso de la Tara + Muestra Seca ... (3) (gr)	1967.80	1964.10	1963.9
Peso del Agua Contenida (2-3) ...(4) (gr)	32.20	35.90	36.10
Peso de la Muestra Seca (3-1) … (5) (gr)	1967.80	1964.10	1963.90
Contenido de Humedad (4/5)*100 (%)	1.64	1.83	1.84
Contenido de Humedad Promedio (%)		1.8	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14:Contenido de humedad del agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C71)			
MUESTRA:	PIEDRA CHANCADA T.M.N 3/8"		
ENSAYO	1°	2°	3°
Peso de la Tara ... (1) (gr)	0	0	0
Peso de la Tara + Muestra Húmeda ...(2) (gr)	3000.00	3000.00	3000
Peso de la Tara + Muestra Seca ... (3) (gr)	2989.00	2989.00	2990
Peso del Agua Contenida (2-3) ...(4) (gr)	11.00	11.00	10.00
Peso de la Muestra Seca (3-1) … (5) (gr)	2989.00	2989.00	2990.00
Contenido de Humedad (4/5)*100 (%)	0.368	0.368	0.334
Contenido de Humedad Promedio (%)		0.357	

Fuente: Elaboración propia

Peso Específico y Absorción de Agregados: El método de ensayo de gravedad específica o densidad relativa, cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso, no incluyendo el volumen de vacíos entre las partículas. Se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 205 – 2000; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C128 y de acuerdo al EM 2000, MTC E 206 – 2000; PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS, el cual está basado en la norma ASTM C127.

Figura 11: Peso específico de agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Peso específico y absorción del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Absorción del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15:Peso específico y absorción del agregado fino.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C128, NTP 400.022)	
MUESTRA: ARENA GRUESA	
I. DATOS	1°
Peso de la Arena Seca (A) (gr)	344.72
Peso de la fiola + Agua hasta marca (B) (gr)	648.40
Peso de la fiola + Arena sss + Agua hasta marca (C) (gr)	865.20
Peso de la Arena sss (S) (gr)	350.00
II. RESULTADOS	
Densidad muestra seca ((A/(B+S-C)) (gr/cm3) =	2.59
Densidad muestra sss ((S/(B+S-C)) (gr/cm3) =	2.63
Densidad aparente ((A/(B+A-C)) (gr/cm3) =	2.69
Porcentaje de Absorsión ((S-A)/A)*100 (%) =	1.53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16:Peso específico y absorción del agregado grueso

GRAVEDAD ESPECIFICA DE AGREGADO GRUESO (N.T.P. 400.021 ASTM C-127)	
MUESTRA: PIEDRA CHANCADA T.M.N 3/8"	
I. DATOS	1°
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (B) (gr)	1996.30
Peso de la Canastilla dentro del Agua (gr)	0.00
Peso de la Muestra Saturada + Peso de la Canastilla dentro del Agua (gr)	1996.30
Peso de la Muestra Saturada Sumergida (C) (gr)	1249.00
Peso de la Tara ….(5) (gr)	0.00
Pes de la Tara + Mustra Seca ...(6) (gr)	1979.60
Peso de la Muestra Seca (6-5) (A) (gr)	1979.60
II. RESULTADOS	
Gravedad Especifica Seca ((A/(B-C)) (gr/cm3) =	2.65
Gravedad Especifico Saturada (S.S.S) ((A/B(B-C)) (gr/cm3) =	2.67
Peso Especifico Aparente ((A/(A-C)) (gr/cm3) =	2.71
Porcentaje de Absorsión ((B-A)/A)*100 (%) =	0.84

Fuente: Elaboración propia

Abrasión los ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½"): Ensayo que permite determinar la resistencia que presenta el agregado grueso frente al desgaste abrasivo empleando por la Máquina de los Ángeles. Se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 207 – 2000; ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5mm (1 ½"), el cual está basado en la norma ASTM C131.

Figura 14: Ensayo de abrasión.
Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Tamizado de agregado grueso.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 17:Abrasión del agregado grueso

ABRASIÒN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C131 / NTP 400.019)

TAMIZ		RETENIDO EN TAMIZ		ENSAYO
#	(mm)	#	(mm)	1°
1 ½"	37.5	1"	25.4	0
1"	25.4	3/4"	19	0
3/4"	19	1/2"	12.7	0
1/2"	12.7	3/8"	9.51	738.9
3/8"	9.51	1/4"	6.35	1919.3
1/4"	6.35	Nº 4	4.76	1267.8
Nº 4	4.76	Nº 8	2.36	1074
		Sumatoria:		5000

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO	1°
Peso de muestra Seca (gr) …(A)	5000
Wo=Peso muestra Seca + recipiente (gr)	4080
Recipiente (gr)	0
Wf =Peso de muestra seca final (gr)	4080
ABRASIÓN (%) =(A-Wf) /A*100	18.40
Resistencia a la abrasión prom. (%) =	18.40

Fuente: Elaboración propia

Características de los Agregados: Finalmente, se obtuvieron las propiedades de los agregados que se muestran en la Tabla N°15 para que permitan realizar el diseño de mezclas según el Método ACI 211.

Tabla 18: Características de los materiales

CARACTERÍSTICAS	FINO	GRUESO	UNIDAD
Peso Específico de Masa	2.59	2.65	gr/cm3
Peso Específico de Masa Saturada Con Superficie Seca	2.63	2.67	gr/cm3
Peso Unitario Suelto Seco	1.555	1.299	gr/cm3
Peso Unitario Compactado Seco	1.701	1.436	gr/cm3
Contenido de Humedad	1.77	0.36	%
Absorción	1.53	0.84	%
Módulo de Finura	2.562	4.817	-
Tamaño Máximo Nominal	-	3/8	Pulg.
Partículas < Tamiz N° 200	0.23	0.29	%
Abrasión del agregado grueso	-	30.04	%

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO POROSO

Luego de conocer las propiedades inherentes a cada uno de los componentes del concreto poroso, se procede a obtener el diseño de mezcla y para esto se tuvo en cuenta la Guía para la Selección de Proporciones para Concretos con Cero Slump (Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete, ACI 211.3R) y el procedimiento de diseño que brinda el Reporte en Concreto Permeable (Report on Pervious Concrete, ACI 522R-10), en la cual brinda el método de diseño, consideraciones y tablas empíricas necesarias para el proporcionamiento de materiales.

Se realizará los siguientes procedimientos que se utilizaran tanto en el diseño de mezcla de concreto poroso con agregado fino, así como concreto poroso con fibra de vidrio. A continuación, se describe el cálculo de materiales para el diseño de mezcla.

CALCULO DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO POROSO:

A. CALCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

El peso unitario seco compactado del agregado grueso determinado de acuerdo con la norma ASTM C29 puede usarse en el proporcionamiento del concreto permeable, según las pruebas de peso unitario seco compactado de agregado grueso (b/bo) hecho por la National Agregates Association – National Ready Mixed Concrete Association (NAA – NRMCA).

Donde:

b/b_o = volumen seco compactado de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

b = volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

b_o = volumen de agregado grueso por unidad de volumen de agregado grueso.

El valor b/b_o automáticamente se compensa por los efectos de las diferentes formas de las partículas de los agregados, la graduación o tamaño, y el peso específico. Además, para un rango de agregados de tamaño máximo nominal normalmente usados para concreto permeable (3/8" a 3/4") los valores b/b_o son muy similares (ACI 211.3R, 1998). La tabla 18 muestra los valores de b/b_o para agregado grueso de tamaños No. 8 (3/8") y No. 67 (3/4") para un contenido de agregado fino de 0%, 10% y 20% del total de agregado.

Tabla 19:Valores de b/bo Para Agregados de T.M.N. de Huso 8 (3/8") y Huso 67(3/4")

% Arena	b/bo			
	Compactación Ligera		Bien Compactado	
	Huso 8 (3/8")	Huso 67 (3/4")	Huso 8 (3/8")	Huso 67 (3/4")
0	0.92	0.92	0.99	0.99
10	0.84	0.85	0.93	0.93
20	0.78	0.78	0.85	0.86

Fuente: Meininger, 1988

Para obtener el peso del agregado grueso, que desde ahora se le conocerá como (AG), se calcula de la siguiente manera:

$$Peso_{AG}(Kg) = Peso\ unitario_{AG}\left(\frac{Kg}{m3}\right) * \frac{b}{bo} * 1m3 \ldots \ (Ec.\ 1)$$

Se obtiene el volumen absoluto del agregado grueso dividiendo el peso de la ecuación Ec.1 entre el peso específico "p.e." seco del agregado grueso.

$$Volumen_{AG}(m3) = \frac{Peso_{AG}(Kg)}{p,e._{AG} * 1000Kg/m3} \ldots (Ec.\ 2)$$

Para el caso de esta investigación se trabajará con un tamaño máximo nominal de agregado de Huso 8 para un concreto bien compactado.

B. CALCULO DE VOLUMEN DE PASTA

El procedimiento de proporcionamiento para concreto permeable está basado en el volumen de pasta necesario para mantener unidas las partículas de agregado, mientras se mantiene la estructura de vacíos necesaria como se muestra en la figura 16; se ingresa a la figura y se obtiene el volumen de pasta de cemento para 1m3 de concreto. Por lo tanto, una vez que se determina el volumen de pasta de la figura 16, se pueden determinar el peso del cemento y el peso del agua.

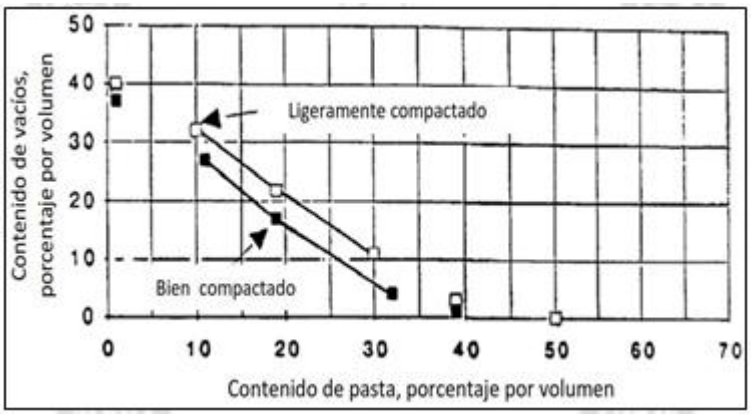


Figura 16: Relación entre el volumen de pasta y el contenido de vacíos para agregado grueso Huso N°8 (3/8").

Fuente: ACI 522R-10

El porcentaje de vacíos teórico, es el considerado dentro de nuestro estudio, que es de 15% para un concreto bien compactado.

C. CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

El cemento Portland que satisface las normas ASTM C150, C595, ó C1157, se usa como el aglomerante principal.

Teniendo el volumen de la pasta de cemento hallado en el cálculo anterior; se puede despejar el peso del cemento en función del volumen de pasta, el peso específico del cemento y la relación w/c.

Una mayor dosis de cemento generará un concreto más resistente, pero demasiado cemento disminuirá el porcentaje de vacíos interconectados en el concreto, perdiendo este su capacidad de infiltración

$$Vol.\,de\,la\,pasta\,Vp(m3) = Volumen\,de\,cemento + Volumen\,de\,agua \ldots\ (Ec.\ 3)$$

$$Vol.\ de\,la\,pasta\,Vp(m3) = \frac{Peso_{cemento}}{Peso\ especif._{cemento} * 1000kg/m3} + \frac{Peso_{agua}}{1000kg/m3} \ldots (Ec.\ 4)$$

Reemplazando el peso del agua = w/c * Peso del cemento "c" y despejando la variable peso del cemento "c", se tiene la siguiente ecuación:

$$Peso_{cemento}(Kg) = \frac{Volumen\,de\,la\,pasta\,Vp\,(m3)}{\frac{1}{3.15} + w/c} * 1000\frac{kg}{m3} \ldots\ (Ec.\ 5)$$

$$Volumen_{\ cemento}(m3) = \frac{Peso\ Cemento(Kg)}{Peso\ especifico\ Cemento(\frac{kg}{m3})} \ldots\ (Ec.\ 6)$$

Obtenido el peso del cemento con la ecuación 5, se procede al cálculo del peso del agua.

D. CALCULO DEL CONTENIDO DE AGUA

La calidad del agua para el concreto permeable está gobernada por los mismos requisitos que para el concreto convencional, en el ACI 301.

Se tiene de dato la relación agua/cemento w/c=0.35 (el mínimo recomendado por el ACI211.3R-02) y el peso del cemento hallado en la Ec. 5; por lo que el peso de agua "w" se obtiene con la siguiente ecuación.

$$Peso_{agua}\mathrm{W}\left(\frac{Kg}{m3}\right) = Peso_{cemento}\left(\frac{kg}{m3}\right) * \left(\frac{w}{c}\right) \ldots (Ec.\ 7)$$

$$Volumen_{\ Agua}(m3) = \frac{Peso\ Agua(Kg)}{Peso\ especifico\ Agua(\frac{kg}{m3})} \ldots (Ec.\ 8)$$

E. CALCULO DEL CONTENIDO DE ARENA

Se tiene como dato la relación arena/Agregado Global "a/A" (a/A= 7.5%, 10% y 12.5%) y el volumen del agregado grueso "g" hallada en la Ec.2; por lo tanto, el volumen de la arena "a" se despeja como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Volumen_{arena}(m^3) = Volumen_{AG}(m^3) * \left(\frac{a}{A}\right) / \left(1 - \frac{a}{A}\right) \ldots (Ec.\ 9)$$

$$Peso_{arena}(kg) = Volumen_{arena}(m^3) * Peso\ Específico_{arena}(kg/m3) \ldots (Ec.\ 10)$$

F. CALCULO DE AJUSTES DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO DEBIDO A LA HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

El Contenido de Humedad, se refiere a la condición actual del agregado que por motivo de exposición al ambiente ha podido perder o ganar agua; el porcentaje de Absorción es la capacidad que tiene el agregado de absorber agua, entonces si al contenido de humedad (condición presente en el vaciado) se le resta el porcentaje de absorción (capacidad de absorber agua), estamos conociendo la cantidad de agua que el agregado va absorber durante el vaciado, por la tanto, se sabe de la cantidad de agua que debemos retirar o adicionar del seco para corregirlo. En ese sentido, se realiza una corrección por humedad, ya que se asume que los agregados estarán es estado saturado durante de la mezcla, de modo que

no cedan ni capten el agua de mezclado. Las correcciones por humedad y absorción son las siguientes:

$$Peso\ humedo_{AG}(kg/m3) = Peso_{AG}(kg/m^3) * \left(1 + \frac{wo}{100}\right) \ \ldots (Ec.\ 11)$$

$$Peso\ humedo_{Arena}(kg/m3) = Peso_{arena}(kg/m^3) * \left(1 + \frac{wo}{100}\right) \ \ldots (Ec.\ 12)$$

$$Peso\ correg_{Agua}(kg/m3) = Peso_{arena}\left(\frac{wa - wo}{100}\right) + Peso_{AG}\left(\frac{wa - wo}{100}\right) + Peso_{agua} \ \ldots (Ec.\ 13)$$

Denominación:

Wa=Peso de AG saturada ; Wo =Peso AG húmeda;

+(Wa-Wo) =Agua cedida; Wa =Peso de arena saturada;

Wo=Peso de arena húmeda; -(Wa-Wo) =Agua captada

G. CALCULO DE VERIFICACIÓN DEL VOLUMEN A 1M3 DE CONCRETO POROSO

Luego de seguir los cálculos anteriores, se han obtenido los volúmenes del agregado grueso, cemento, agua y arena. Entonces se verifica que se cumpla con el volumen total a 1m3 de concreto poroso y para verificar esto se calcula el volumen de vacíos de teórico realizando la diferencia de 1m3 menos la suma de volúmenes antes mencionados:

$$Vol\ Vacíos\ = 1 - \left[Vol_{AG} + Vol_{cemento} + Vol_{agua} + Vol_{arena}\right] \ldots (Ec.\ 14)$$

Con esta ecuación verificamos si existe exceso de vacíos con respecto al volumen de vacíos teórico y por ende se puede verificar si cumple o no con el volumen a 1m3 de concreto poroso.

H. CALCULO PARA VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE EXCESO DE VACÍOS

De existir exceso de vacíos en la ecuación 14, podemos decir que no cumple con el volumen de vacíos teórico, entonces con dicho volumen de exceso de vacíos, realizaremos un reajuste para hacer que cumpla el volumen a 1m3 de concreto poroso.

Guizado y Curi (2017), nos sugiere realizar dos opciones para compensar el volumen de exceso de vacíos, los cuales son los siguientes:

1.- Aumentar la cantidad de pasta (cemento más agua) y agregados en la misma proporción que estaban inicialmente, tal que pueda llenar el exceso de vacíos que se incrementaba para mantener el volumen de vacíos teórico inicial.

2.- Aumentar solo la cantidad de pasta (cemento más agua), tal que pueda llenar el contenido de vacíos que se incrementaba para mantener el volumen de vacíos teórico inicial.

Se eligió la propuesta (1) para que el contenido de pasta en la mezcla no sea elevado y no ocasione una disminución de los vacíos interconectados no afectando la permeabilidad, además de no correr el riesgo de tener un alto calor de hidratación al momento de vaciar el concreto debido a que la propuesta (2) se enfoca en aumentar la cantidad de pasta (cemento más agua).

Basado en la propuesta (1) en esta investigación se decidió optar por aumentar en la misma proporción que estaban inicialmente, únicamente el volumen de agregado grueso, volumen de cemento y el volumen de agua, tal que pueda llenar el exceso de vacíos que se incrementaba para mantener el volumen de vacíos teórico inicial.

El volumen del agregado fino que es la arena, no llega a ser parte de esta proporción porque se considera como una de las variables independientes

en esta investigación, pero si llega a ser parte de la verificación por 1m3 de concreto poroso, tanto para el diseño de mezcla con agregado fino como para el diseño de mezcla con fibra de vidrio.

I. DOSIFICACIÓN DE MEZCLA CON FIBRA DE VIDRIO O AGREGADO FINO

Con Fibra de Vidrio:

Consiste en añadir fibra de vidrio con porcentajes considerados en la presente investigación las cuales son 0.025%, 0.075% y 0.125% con respecto al peso total de diseño de concreto poroso.

Con agregado fino:

Consiste en añadir arena con porcentajes considerados en la presente investigación las cuales son 7.5%, 10% y 12.5% con respecto al peso del agregado total.

Conocido los procedimientos para el diseño de mezclas descritos anteriormente, se procedió a calcular las proporciones de los materiales y a la posterior elaboración de las mezclas de prueba la que luego obtener a un diseño de mezclas definitivas.

De acuerdo a nuestro interés de estudio, se elaboraron mezclas con contenidos de arena del 7.5%, 10% y 12.5% y fibra de vidrio con 0.025%, 0.075% y 0.125% adicionados a la mezcla compuesto por: piedra chancada de Huso 8 , cemento Portland Tipo I y relación agua/cemento 0.35

Enseguida se pasa a explicar los diseños de mezclas con fibra de vidrio y luego con agregado fino, para esto solo se realizará un diseño de mezcla

con fibra de vidrio y luego con agregado fino, ya que los demás diseños de mezcla son similares con la diferencia de la variación en la adición de sus porcentajes.

Tabla 20:Características de los agregados utilizados en el diseño de mezcla

Agregado	T.M.N.	M.F.	PU Compactado	PU Suelto	Pe Seco	Wa(%)	Wo(%)
Agregado Grueso	3/8"	4.817	1.436 gr/cm3	1.299 gr/cm3	2.650 gr/cm3	0.84%	0.36%
Arena	-	2.562	1.701 gr/cm3	1.555 gr/cm3	2.590 gr/cm3	1.53%	1.77%

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.1 DISEÑO DE MEZCLA CON FIBRA DE VIDRIO

Pare esto se utilizarán los datos de la tabla 20:

CALCULO DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO POROSO CON 0.025% DE FIBRA DE VIDRIO

A. CALCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Numero de Huso: HUSO N° 8

Porcentaje de Arena del total del agregado: 0.0%

Nivel de compactación: BIEN COMPACTADO

Entonces de la tabla Nª 18 obtenemos:

b/bo = 0.99

$$Peso_{AG}(Kg) = Peso\ unitario_{AG}\left(\frac{Kg}{m3}\right) * \frac{b}{bo} * 1m3 \ldots \ (Ec.\ 1)$$

PESO DE AG = 1421.64 Kg

Se obtiene el volumen absoluto del agregado grueso dividiendo el peso de la ecuación Ec.1 entre el peso específico "p.e" seco del agregado grueso.

$$Volumen_{AG}(m3) = \frac{Peso_{AG}(Kg)}{p,e._{AG} * 1000Kg/m3} \ldots (Ec.\ 2)$$

VOLUMEN AG = 0.54 m3

B. CALCULO DE VOLUMEN DE PASTA

Teniendo como datos el porcentaje de vacíos teórico y el tipo de compactación; se ingresa a la figura y se obtiene el volumen de pasta de cemento para 1m3 de concreto.

De la figura numero 4 obtenemos el siguiente dato la cual se fue modificando con respecto al as muestras de prueba.

%Vacíos = 15%

%Volumen de pasta = 26.0%

C. CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Relación agua cemento: w/c = 0.35

$$Peso_{cemento}(Kg) = \frac{Volumen\ de\ la\ pasta\ Vp\ (m3)}{\frac{1}{3.15} + w/c} * 1000\frac{kg}{m3} \ldots\ (Ec.\ 5)$$

Peso cemento = 389.54 Kg

$$Volumen_{\ cemento}(m3) = \frac{Peso\ Cemento(Kg)}{Peso\ especifico\ Cemento(\frac{kg}{m3})} \ldots\ (Ec.\ 6)$$

Volumen cemento = 0.12 m3

D. CALCULO DE CONTENIDO DE AGUA

Se tiene de dato la relación agua/cemento "w/c" y se halló en la Ec.5 el peso del cemento; por lo que el peso de agua "w" se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Peso_{agua}\mathrm{W}\left(\frac{Kg}{m3}\right) = Peso_{cemento}\left(\frac{kg}{m3}\right) * \left(\frac{w}{c}\right) \ldots\ (Ec.\ 7)$$

Peso del agua = 136.34 Kg

$$Volumen_{Agua}(m3) = \frac{Peso\ Agua(Kg)}{Peso\ especifico\ Agua(\frac{kg}{m3})} \ldots (Ec.\ 8)$$

Volumen Agua = 0.14 m3

E. CALCULO DEL CONTENIDO DE ARENA

Se tiene como dato la relación arena/Agregado total "a/A" y el volumen del agregado grueso "AG" hallada en la Ec.2; por lo tanto, el volumen de la arena "a" se despeja como se muestra en la siguiente ecuación:

arena/Agregado total = 0.000 Agregado total = AG + arena

$$Volumen_{arena}(m^3) = Volumen_{AG}(m^3) * \left(\frac{a}{A}\right) / \left(1 - \frac{a}{A}\right) \ldots (Ec.\ 9)$$

Volumen de arena = 0.000 m3

$$Peso_{arena}(kg) = Volumen_{arena}(m^3) * Peso\ unitario_{arena}(kg/m3) \ldots (Ec.\ 10)$$

Peso Arena = 0.00 Kg

F. CALCULO DE AJUSTES DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO DEBIDO A LA HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Los agregados presentan porosidades donde pueden captar agua en su interior. Además, debido a un factor externo como el ambiente, presentan una humedad natural. En ese sentido, se realiza una corrección por humedad, ya que se asume que los agregados estarán es estado saturado durante de la mezcla, de modo que no cedan ni capten el agua de mezclado.

Las correcciones por humedad son las siguientes:

$$Peso\ humedo_{AG}(kg/m3) = Peso_{AG}(kg/m^3) * \left(1 + \frac{wo}{100}\right) \ldots (Ec.\ 11)$$

$$Peso\ humedo_{AG}(kg/m3) = \ 1426.76\ \text{Kg/m3}$$

$$Peso\ humedo_{Arena}(kg/m3) = Peso_{arena}(kg/m^3) * \left(1 + \frac{wo}{100}\right) \ \ldots (Ec.\ 12)$$

$$Peso\ humedo_{Arena}(kg/m3) = 0.0\ \ \text{Kg/m3}$$

$$Peso\ correg_{Agua}(kg/m3) = Peso_{arena}\left(\frac{wa - wo}{100}\right) + Peso_{AG}\left(\frac{wa - wo}{100}\right) + Peso_{agua} \ \ldots (Ec.\ 13)$$

$$Peso\ humedo_{Agua}(kg/m3) = 143.16\ \text{Kg/m3}$$

Denominación:

Wa=Peso de AG saturada ; Wo =Peso AG húmeda;

+(Wa-Wo) =Agua cedida; Wa =Peso de arena saturada;

Wo=Peso de arena húmeda; -(Wa-Wo) =Agua captada

G. CALCULO DE VERIFICACIÓN DEL VOLUMEN A 1M3 DE CONCRETO POROSO

Luego de seguir los cálculos anteriores, se han obtenido los volúmenes del agregado grueso, cemento, agua y arena. Entonces se verifica que se cumpla con el volumen total a 1m3 de concreto poroso y para verificar esto se calcula el volumen de vacíos de teórico realizando la diferencia de 1m3 menos la suma de volúmenes antes mencionados:

Tabla 21: Volumen teórico de materiales por m3 de concreto

Material	Volumen
Vol 15 %vacíos =	0.150 m3
Vol AG=	0.536 m3
Vol Cemento=	0.124 m3
Vol Agua=	0.136 m3
Vol Arena=	0.000 m3
TOTAL=	0.946 m3

Fuente: Elaboración propia

Podemos decir que el porcentaje de Volumen de pasta se obtendría de la siguiente forma:

% V pasta= (Vol. Cemento +Vol. Agua) *100= 26%

Entonces el Volumen de agregado grueso es: Vol. AG = 0.54 m3

$$Vol\ Vacíos\ = 1 - \left[Vol_{AG} + Vol_{cemento} + Vol_{agua} + Vol_{arena}\right] \ldots (Ec.\ 14)$$

$Vol\ vacios\ =$ 0.20 m3

Con esta ecuación verificamos si existe exceso de vacíos con respecto al volumen de vacíos teórico y por ende se puede verificar si cumple o no con el volumen a 1m3 de concreto poroso.

Podemos apreciar que $Vol\ vacios\ de\ teorico \neq$ Vol vacios

A esta diferencia le llamaremos

$Vol\ 1 = Vol\ vacios\ de\ teorico - Vol\ vacios =$ 0.054 m3

Por lo tanto, el total de volumen es diferente a 1m3 de concreto poroso

H. CALCULO PARA VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE EXCESO DE VACÍOS

De existir exceso de vacíos en la ecuación 14, podemos decir que no cumple con el volumen de vacíos teórico, entonces con dicho volumen de exceso de vacíos, realizaremos un reajuste para hacer que cumpla el volumen a 1m3 de concreto poroso.

Al Vol. 1 tendríamos que repartir proporcionalmente y podemos obtener los volúmenes de diseño de la siguiente forma:

Vol. diseño AG =$Vol\ AG + Vol\ AG * Vol\ 1/(Vol\ AG\ +\ Vol\ cemento\ +\ Vol\ agua) =$ 0.573 m3

Vol. diseño Cemento =

$Vol\ Cemento + Vol\ Cemento * Vol\ 1/(Vol\ AG\ +\ Vol\ cemento\ +\ Vol\ agua) =$

0.132 m3

Vol. diseño Agua =

$Vol\ Agua + Vol\ Agua * Vol\ 1/(Vol\ AG\ +\ Vol\ cemento\ +\ Vol\ agua) =$

0.146 m3

Tabla 22: Volumen de diseño de materiales por m3 de concreto

Material	Volumen
Vol 15 %vacíos =	0.150 m3
Vol AG=	0.573 m3
Vol Cemento=	0.132 m3
Vol Agua=	0.146 m3
Vol Arena=	0.000 m3
TOTAL=	1.000 m3

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el total de volumen es igual a 1m3 de concreto poroso Podemos decir que el porcentaje de Volumen de pasta se obtendría de la siguiente forma:

% V pasta= (Vol. Cemento +Vol. Agua) *100= 28%

Entonces el Volumen de agregado grueso es: Vol. AG = 0.57 m3

Entonces el nuevo diseño seria:

Tabla 23: Datos reajustados para el Diseño de Mezcla

Descripción	Teórico	Reajustado
%Vol pasta	26%	**28%**
Vol AG	0.54 m3	**0.57 m3**

Fuente: Elaboración propia

Con estos nuevos resultados podremos obtener un adecuado diseño de mezcla, entonces realizamos los mismos procedimientos respetando los datos obtenidos el % Vol. pasta y el Vol. AG.

CALCULO DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO POROSO REAJUSTADO CON 0.025% FIBRA DE VIDRIO

A. CALCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Numero de Huso: HUSO N° 8
Porcentaje de Arena del total del agregado: 0.0%
Nivel de compactación: BIEN COMPACTADO
Entonces de la tabla Nª 18 obtenemos:

b/bo = 0.99

$$Peso_{AG}(Kg) = Peso\ unitario_{AG}\left(\frac{Kg}{m3}\right) * \frac{b}{bo} * 1m3 \ldots \ (Ec.\ 1)$$

PESO DE AG = 1517.19 Kg

Se obtiene el volumen absoluto del agregado grueso dividiendo el peso de la ecuación Ec.1 entre el peso específico "p.e" seco del agregado grueso.

$$Volumen_{AG}(m3) = \frac{Peso_{AG}(Kg)}{p,e._{AG} * 1000Kg/m3} \ldots (Ec.\ 2)$$

VOLUMEN AG = **0.57 m3**

B. CALCULO DE VOLUMEN DE PASTA

Teniendo como datos el porcentaje de vacíos teórico y el tipo de compactación; se ingresa a la figura y se obtiene el volumen de pasta de cemento para 1m3 de concreto.

De la figura numero 4 obtenemos el siguiente dato la cual se fue modificando con respecto al as muestras de prueba.

%Vacíos = 15%

%Volumen de pasta = **28.0%**

C. CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Relación agua cemento: w/c = 0.35

$$Peso_{cemento}(Kg) = \frac{Volumen\ de\ la\ pasta\ Vp\ (m3)}{\frac{1}{3.15} + w/c} * 1000\frac{kg}{m3} \ldots\ (Ec.\ 5)$$

Peso cemento = 415.72 Kg

$$Volumen_{\ cemento}(m3) = \frac{Peso\ Cemento(Kg)}{Peso\ especifico\ Cemento(\frac{kg}{m3})} \ldots\ (Ec.\ 6)$$

Volumen cemento = 0.13 m3

D. CALCULO DE CONTENIDO DE AGUA

Se tiene de dato la relación agua/cemento "w/c" y se halló en la Ec.5 el peso del cemento; por lo que el peso de agua "w" se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Peso_{agua}\mathrm{W}\left(\frac{Kg}{m3}\right) = Peso_{cemento}\left(\frac{kg}{m3}\right) * \left(\frac{w}{c}\right) \ldots\ (Ec.\ 7)$$

Peso del agua = 145.50 Kg

$$Volumen_{\ Agua}(m3) = \frac{Peso\ Agua(Kg)}{Peso\ especifico\ Agua(\frac{kg}{m3})} \ldots\ (Ec.\ 8)$$

Volumen Agua = 0.15 m3

E. CALCULO DEL CONTENIDO DE ARENA

Se tiene como dato la relación arena/Agregado total "a/A" y el volumen del agregado grueso" AG" hallada en la Ec.2; por lo tanto, el volumen de la

arena "a" se despeja como se muestra en la siguiente ecuación:

arena/Agregado total = 0.000 Agregado total = AG + arena

$$Volumen_{arena}(m^3) = Volumen_{AG}(m^3) * \left(\frac{a}{A}\right) / \left(1 - \frac{a}{A}\right) \ldots (Ec.\ 9)$$

Volumen de arena = 0.000 m3

$$Peso_{arena}(kg) = Volumen_{arena}(m^3) * Peso\ unitario_{arena}(kg/m3) \ldots (Ec.\ 10)$$

Peso Arena = 0.00 Kg

F. CALCULO DE AJUSTES DE LA CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO DEBIDO A LA HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Los agregados presentan porosidades donde pueden captar agua en su interior. Además, debido a un factor externo como el ambiente, presentan una humedad natural. En ese sentido, se realiza una corrección por humedad, ya que se asume que los agregados estarán es estado saturado durante de la mezcla, de modo que no cedan ni capten el agua de mezclado.

Las correcciones por humedad son las siguientes:

$$Peso\ humedo_{AG}(kg/m3) = Peso_{AG}(kg/m^3) * \left(1 + \frac{wo}{100}\right) \ldots (Ec.\ 11)$$

$Peso\ humedo_{AG}(kg/m3) =$ 1522.65 Kg/m3

$$Peso\ humedo_{Arena}(kg/m3) = Peso_{arena}(kg/m^3) * \left(1 + \frac{wo}{100}\right) \ldots (Ec.\ 12)$$

$Peso\ humedo_{Arena}(kg/m3) =$ 0 Kg/m3

$$Peso\ correg_{Agua}(kg/m3) = Peso_{arena}\left(\frac{wa - wo}{100}\right) + Peso_{AG}\left(\frac{wa - wo}{100}\right) + Peso_{agua} \ldots (Ec.\ 13)$$

$Peso\ humedo_{Agua}(kg/m3)$ =152.78 Kg/m3

Denominación:

Wa=Peso de AG saturada ; Wo =Peso AG húmeda;

+(Wa-Wo) =Agua cedida; Wa =Peso de arena saturada;

Wo=Peso de arena húmeda; -(Wa-Wo) =Agua captada

G. CALCULO DE VERIFICACIÓN DEL VOLUMEN A 1M3 DE CONCRETO POROSO

Luego de seguir los cálculos anteriores, se han obtenido los volúmenes del agregado grueso, cemento, agua y arena. Entonces se verifica que se cumpla con el volumen total a 1m3 de concreto poroso y para verificar esto se calcula el volumen de vacíos de teórico realizando la diferencia de 1m3 menos la suma de volúmenes antes mencionados:

Tabla 24: Volumen teórico de materiales por m3 de concreto

Material	Volumen
Vol 15 %vacíos =	0.150 m3
Vol AG=	0.573 m3
Vol Cemento=	0.132 m3
Vol Agua=	0.146 m3
Vol Arena=	0.000 m3
TOTAL=	1.000 m3

Fuente: Elaboración propia

Podemos decir que el porcentaje de Volumen de pasta se obtendría de la siguiente forma:

% V pasta= (Vol. Cemento +Vol. Agua) *100= 28%

Entonces el Volumen de agregado grueso es: Vol. AG = 0.57 m3

$$Vol\ Vacíos\ = 1 - \left[Vol_{AG} + Vol_{cemento} + Vol_{agua} + Vol_{arena}\right] \ldots (Ec.\ 14)$$

$Vol\ vacios\ =$ 0.15 m3

Con esta ecuación verificamos si existe exceso de vacíos con respecto al volumen de vacíos teórico y por ende se puede verificar si cumple o no con el volumen a 1m3 de concreto poroso.

Podemos apreciar que: $Vol\ vacios\ de\ teorico =$ Vol. vacíos

Por lo tanto, el total de volumen es igual a 1m3 de concreto poroso

H. CALCULO PARA VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE EXCESO DE VACÍOS

Podemos verificar que el total de volumen es igual a 1m3 de concreto poroso entonces no se requiere realizar el reajuste de exceso de vacíos. De esta verificación pasamos a obtener nuestro diseño de mezcla.

I. DOSIFICACION DE MEZCLA CON FIBRA DE VIDRIO

Datos:

Dimensiones de un Cilindro: H= 0.30 m; D= 0.15 m; V= 0.0053 m3

10% desperdicio en volumen por Cilindro: V= 0.0058 m3

Tabla 25: Diseño de mezcla con 0.025% de fibra de vidrio

VALORES DE DISEÑO	Para: 1 probeta 0.0058 m3	Para: 1 m3	% en peso
Agregado Grueso	8.88 Kg	1522.7 Kg	72.81%
Cemento	2.42 Kg	415.7 Kg	19.88%
Agua	0.89 Lt	152.8 Lt	7.31%
Arena	0.00 Kg	0.0 Kg	0.00%
Total	12.19 Kg	2091.2 Kg	100%
Fibra de Vidrio	3.05 g	0.52 Kg	0.025%

Fuente: Elaboración propia

Ahora obtendremos de la misma forma el diseño de mezcla para los porcentajes restantes.

Tabla 26: Diseño de mezcla con 0.075% de fibra de vidrio

VALORES DE DISEÑO	Para: 1 probeta 0.0058 m3	Para: 1 m3	% en peso
Agregado Grueso	8.88 Kg	1522.7 Kg	72.81%
Cemento	2.42 Kg	415.7 Kg	19.88%
Agua	0.89 Lt	152.8 Lt	7.31%
Arena	0.00 Kg	0.0 Kg	0.00%
Total	12.19 Kg	2091.2 Kg	100%
Fibra de Vidrio	9.15 g	1.57 Kg	0.075%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27:Diseño de mezcla con 0.125% de fibra de vidrio

VALORES DE DISEÑO	Para: 1 probeta 0.0058 m3	Para: 1 m3	% en peso
Agregado Grueso	8.88 Kg	1522.7 Kg	72.81%
Cemento	2.42 Kg	415.7 Kg	19.88%
Agua	0.89 Lt	152.8 Lt	7.31%
Arena	0.00 Kg	0.0 Kg	0.00%
Total	12.19 Kg	2091.2 Kg	100%
Fibra de Vidrio	15.24 g	2.61 Kg	0.125%

Fuente: Elaboración propia

2.4.2.2 DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADO FINO

De la misma forma como se obtuvo el diseño de mezcla con fibra de vidrio, se obtendrá el diseño de mezcla con agregado fino que en este caso representa la arena con 7.5%,10% y 12.5% del peso total del agregado.

Tabla 28: Diseño de mezcla con 7.5% de arena

VALORES DE DISEÑO	Para: 1 probeta 0.0058 m3	Para: 1 m3	% en peso
Agregado Grueso	8.21 Kg	1408.7 Kg	67.50%
Cemento	2.44 Kg	417.6 Kg	20.01%
Agua	0.89 Lt	152.6 Lt	7.31%
Arena	0.63 Kg	108.1 Kg	5.18%
Total	12.17 Kg	2087.1 Kg	100%
Fibra de Vidrio	0.00 g	0.00 Kg	0.000%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29:Diseño de mezcla con 10% de arena

VALORES DE DISEÑO	Para: 1 probeta 0.0058 m3	Para: 1 m3	% en peso
Agregado Grueso	8.02 Kg	1375.0 Kg	65.88%
Cemento	2.42 Kg	415.0 Kg	19.88%
Agua	0.88 Lt	151.5 Lt	7.26%
Arena	0.85 Kg	145.5 Kg	6.97%
Total	12.17 Kg	2087.0 Kg	100%
Fibra de Vidrio	0.00 g	0.00 Kg	0.000%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30:Diseño de mezcla con 12.5% de arena

VALORES DE DISEÑO	Para: 1 probeta 0.0058 m3	Para: 1 m3	% en peso
Agregado Grueso	7.82 Kg	1340.4 Kg	64.23%
Cemento	2.41 Kg	412.6 Kg	19.77%
Agua	0.88 Lt	150.4 Lt	7.21%
Arena	1.07 Kg	183.5 Kg	8.79%
Total	12.17 Kg	2086.9 Kg	100%
Fibra de Vidrio	0.00 g	0.00 Kg	0.000%

Fuente: Elaboración propia

2.5 ELABORACIÓN Y CURADO DE PROBETAS DE CONCRETO POROSO

La elaboración y curado de las probetas se realizó en el Centro Especializado de Geotecnia, Pavimentos y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán – Huánuco. Se utilizó el procedimiento establecido en la norma MTC E702-2000 que se rige al ASTM C192; con los siguientes pasos:

2.5.1 MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

- Se usó fibra de vidrio; agregado grueso (piedra chancada), cemento portland tipo I y agua, para probetas de concreto poroso con fibra de vidrio. (ver figura 17)

- Se usó agregado fino (arena); agregado grueso (piedra chancada), cemento portland tipo I y agua, para probetas de concreto poroso con arena. (ver figura 18)

Figura 17: Materiales para concreto poroso con fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Materiales para concreto poroso con arena

Fuente: Elaboración propia

- Moldes para contener concreto poroso que servirá como ensayo de la resistencia a la compresión. (ver figura 23)
- Fibra de vidrio.

Figura 19: Pesado de fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Porcentajes de fibra de vidrio que se usaran en el concreto poroso

Fuente: Elaboración propia

- Moldes para contener concreto poroso que servirá como ensayo de permeabilidad. (ver figura 23)

- Martillo Proctor, utilizaremos esta herramienta para la compactación del concreto poroso de acuerdo a las dimensiones de la probeta. (ver tabla 31 y figura 37)

Tabla 31 : Compactación de probetas cilíndricas.

Dimensión de Probetas	Tipo de Martillo	Número de Capas	Número de Golpes por Capa
6"x12"	Próctor	3	17
4"x8"	Próctor	2	8

Fuente: (Guizado Barrios & Curi Grados, 2017)

- Se usó mezcladora mecánica de concreto y carretilla (Ver Figura 23)

- Se usaron balanzas.

Figura 21: Balanza con capacidad de 30kg

Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Balanza con capacidad de 8 kg

Fuente: Elaboración propia

- La varilla compactadora es de acero estructural, cilíndrica y el extremo compactador debe ser hemisférico con radio igual al radio de la varilla. Tiene un diámetro de 16mm (5/8"), y aproximadamente 600mm (24") de longitud. (Ver Figura 23).

- Se usaron cono de Abrams, recipientes, palas, espátulas, mazo de goma, regla, elementos de división (plancha metálica), wincha. (Ver figura 23).

Figura 23: Materiales, equipos y herramientas utilizados para la elaboración de concreto poroso.
Fuente: Elaboración propia

2.5.2 PROCEDIMIENTO:

- De acuerdo a los valores obtenidos en el diseño de mezcla, se procedió a pesar cada uno de los elementos que conforman el concreto poroso, además de alistar las herramientas a utilizar. (Ver Figura 24)
- Cuando empieza la rotación de la mezcladora se introduce algo de agua para humedecer su interior para evitar posible pérdida de agua del diseño de mezcla y se limpia con trapo húmedo. (Ver Figura 25)

Figura 24: Pesado de los materiales a utilizar.
Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Se tenía que humedecer la mezcladora.
Fuente: Elaboración propia

- Los moldes se cubrieron de una capa interna de petróleo para que el concreto no se pegara a las paredes del molde. (Ver Figura 26)

- Para el concreto poroso que contiene fibra de vidrio, se realizó el mezclado en el siguiente orden, primero se vaciaron agregado grueso, fibra de vidrio y el agua de absorción, se dejó mezclar por 1 minutos, luego el cemento y el resto del agua y se dejó mezclar durante 2 minutos, se dejó en reposos durante 1 minutos para evitar el falso fraguado del cemento. Posterior al reposo, se reinició el mezclado y se mezcló durante 3 minutos finales (Aire, Mendoza, & Daniel, 2012). (Ver Figuras 27,28,30 y 31)

Figura 26: Limpieza interna de los moldes con petróleo

Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Vaciado de agregado grueso a la mezcladora.

Fuente: Elaboración propia

- Para el concreto poroso que contiene arena, se realizó el mezclado en el siguiente orden, primero se vaciaron agregado grueso, arena y el agua de absorción, se dejó mezclar por 1 minutos, luego el cemento y el resto del agua y se dejó mezclar durante 2 minutos, se dejó en reposos durante 1 minutos para evitar el falso fraguado del cemento. Posterior al reposo, se reinició el mezclado y se mezcló durante 3 minutos finales (Aire, Mendoza, & Daniel, 2012). (Ver Figuras 27,29,30 y 31)

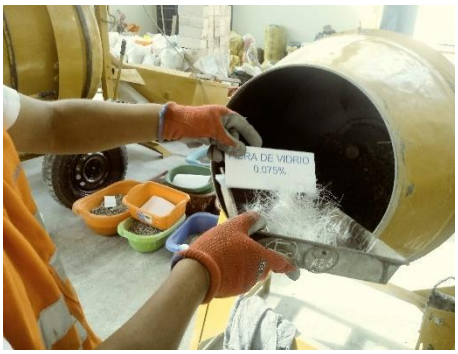


Figura 28: Vaciado de fibra de vidrio a la mezcladora.

Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Vaciado de arena a la mezcladora.

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Vaciado de cemento a la mezcladora.

Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Vaciado de agua a la mezcladora.

Fuente: Elaboración propia

- Durante el mezclado se aplica pequeños golpes a la mezcladora con el martillo de goma, para evitar que la mezcla se pegue a la mezcladora. (Ver Figura 32).

- Terminado el tiempo de mezclado, se vacía el concreto en la carretilla para luego mezclar a mano y cuidar la consistencia del concreto. (Ver Figura 33).

Figura 32: Golpes para evitar que se pegue la mezcla.

Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Mezclado de concreto poroso en la carretilla.

Fuente: Elaboración propia

- De acuerdo a las especificaciones del ACI 522R-10 y por tratarse de una mezcla seca el Slump para este tipo de concreto es cero, entonces se calcula el asentamiento de mezcla de acuerdo a la norma MTC E705. (Ver Figuras 34 y 35).

Figura 34: Procedimiento para calcular el asentamiento.

Fuente: Elaboración propia

Figura 35: Obtención de Slump igual a cero.

Fuente: Elaboración propia

- Al compactar con el martillo Proctor de acuerdo a la tabla 30, también se considera golpear a los lados del molde ligeramente de 25 veces por capa con el mazo de goma para liberar las burbujas de aire. En la última capa, se agregó la cantidad de hormigón suficiente para que el molde quedara lleno después de la compactación. También se puede ver la consistencia del concreto poroso. (Ver Figuras 36,37,38 y 39).

Figura 36: Consistencia de la mezcla.

Fuente: Elaboración propia

Figura 37: Compactado de concreto.

Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Ligeros golpes para evitar burbujas de aire.

Fuente: Elaboración propia

Figura 39: Enrasado de concreto poroso.

Fuente: Elaboración propia

- Muestras de concreto poroso con fibra de vidrio y con arena. (Ver Figuras 40 y 41)

Figura 40: Probetas de concreto poroso con fibra de vidrio.

Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Probetas de concreto poroso con arena.

Fuente: Elaboración propia

- Después de 24 horas se procedió a desencofrar las probetas de sus moldes, luego éstas se introdujeron en la piscina del laboratorio para completar su etapa de curado. (Ver Figura 42 y 43)

Figura 42: Rotulado y desencofrado de probetas.
Fuente: Elaboración propia

Figura 43: Curado de probetas.
Fuente: Elaboración propia

2.6 REFRENTADO DE CILINDROS DE CONCRETO POROSO (CAPPING)

El procedimiento para el refrentado de cilindros de concreto poroso (Capping) con yeso de alta resistencia, se realizó de acuerdo al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC E 703 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 339.037

Figura 44: Probetas refrentadas.
Fuente: Elaboración propia

2.7 ENSAYOS DE CONCRETO POROSO

2.7.1 ENSAYOS DE CONCRETO POROSO EN ESTADO FRESCO

2.7.1.1 ASENTAMIENTO (SLUMP)

El asentamiento del concreto poroso (Slump), se realizó de acuerdo al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC E 705 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 339.035; resultando el Slump cero ya que es característica especial de este tipo de concretos.

Figura 45: Obtención de Slump igual a 0 cm.
Fuente: Elaboración propia

2.7.2 ENSAYOS DE CONCRETO POROSO EN ESTADO ENDURECIDO

2.7.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION

La resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto poroso de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, se realizó de acuerdo al manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC E 704 y la Norma Técnica Peruana NTP N° 339.034.

Los cilindros se secaron a temperatura ambiente, luego se refrentaron después fueron medidos su diámetro superior e inferior dos veces para obtener un diámetro promedio y su altura, después se llevaron los cilindros a la máquina universal, colocados de manera vertical, a estos se le adicionaron unas bandas de neopreno en la parte inferior y superior.

Por último, se empezó a operar la máquina y el tablero electrónico midió la fuerza aplicada cuando se produjo la ruptura del cilindro. Este ensayo se realizó para los 28 días de edad de concreto poroso.

Figura 46: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto poroso, generalmente se obtuvo el tipo de falla IV.

Fuente: Elaboración propia

2.7.2.2 PERMEABILIDAD

La permeabilidad se determinó de acuerdo a la norma ACI 522R-10 en especímenes cilíndricos de concreto poroso de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto. Para ello se utilizó un permeámetro de carga variable de acuerdo con la ley de Darcy.

Este ensayo se realizó a los 28 días de edad del concreto poroso, lo que nos permite conocer la segunda propiedad muy importante para nuestra investigación, el coeficiente de permeabilidad.

Figura 47: Ensayo de permeabilidad del concreto poroso.

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del coeficiente permeabilidad fue realizado utilizando la ley de Darcy.

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

Dónde:

k: Coeficiente de permeabilidad (cm/s).

L: Longitud de la muestra (cm).

A: Área de la muestra (cm2).

a: Área de la tubería de carga (cm2).

t: Tiempo en demora en pasar de h1 a h2(s).

h1: Altura de la columna de agua medida del nivel de referencia (cm).

h2: Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (cm).

2.8 RESULTADOS DE ENSAYOS

En las siguientes tablas se resumen los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto poroso.

2.8.1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE PRUEBA

Para comprobar las propiedades en estado plástico de la mezcla, se elaboraron mezclas de prueba para comprobar el diseño de la mezcla

teórica, así como disminuir incertidumbres y variables para evitarlos en la etapa de las mezclas formales de diseño, así como definir la variable de relación agua/cemento (w/c).

Tabla 32: Denominación de las doce mezclas de prueba

FVEP-1	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 26%, sin arena, relación FV/peso total concreto 0.025%.
FVEP-2	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 26%, sin arena, relación FV/peso total concreto 0.075%.
FVEP-3	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 26%, sin arena, relación FV/peso total concreto 0.125%.
AEP-1	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 26%, relación arena/peso total agregado 7.5%, sin Fibra de Vidrio.
AEP-2	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 26%, relación arena/peso total agregado 10%, sin Fibra de Vidrio.
AEP-3	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 26%, relación arena/peso total agregado 12.5%, sin Fibra de Vidrio.
FVEP-4	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 28%, sin arena, relación FV/peso total concreto 0.025%.
FVEP-5	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 28%, sin arena, relación FV/peso total concreto 0.075%.
FVEP-6	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 28%, sin arena, relación FV/peso total concreto 0.125%.
AEP-4	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 28%, relación arena/peso total agregado 7.5%, sin Fibra de Vidrio.
AEP-5	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 28%, relación arena/peso total agregado 10%, sin Fibra de Vidrio.
AEP-6	Con 15% de vacíos, agregado N°8 anguloso, w/c=0.35, %pasta de 28%, relación arena/peso total agregado 12.5%, sin Fibra de Vidrio.

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron doce mezclas para verificar la apariencia de la mezcla, trabajabilidad, facilidad de colocación, contenido óptimo de pasta. Se realizaron ajustes en el contenido de la pasta. Además, se midió, en

estado endurecido, la resistencia a comprensión a los 7 días. La descripción de FVEP-1 se lee de la siguiente manera, Fibra de Vidrio ensayo de prueba 1; AEP-1 se lee de la siguiente manera, arena Ensayo de prueba 1.

Tabla 33: Resultados de la mezclas de prueba

Mezcla	Cemento (Kg)	Agua (Lt)	AG (Kg)	Arena (Kg)	FV (Kg)	Slump (cm)	F'c a los 7 días(Kg/cm2)	F'c Promedio a los 7 dias(Kg/cm2)
FVEP-1	393.6	145.2	1561.9	0.0	0.53	0	113.76 115.25 109.38	112.80
FVEP-2	393.6	145.2	1561.9	0.0	1.58	0	116.10 117.56 119.36	117.67
FVEP-3	393.6	145.2	1561.9	0.0	2.63	0	117.21 120.35 116.90	118.15
AEP-1	386.0	141.8	1464.8	108.1	0.00	0	115.34 118.50 119.92	117.92
AEP-2	383.8	140.8	1430.5	145.5	0.00	0	121.42 123.10 122.80	122.44
AEP-3	392.3	143.5	1376.5	183.5	0.00	0	130.22 135.22 131.40	132.28
FVEP-4	415.7	152.8	1522.7	0.0	0.52	0	126.01 128.70 125.45	126.72
FVEP-5	415.7	152.8	1522.7	0.0	1.57	0	128.61 130.40 127.90	128.97
FVEP-6	415.7	152.8	1522.7	0.0	2.61	0	129.83 131.50 132.80	131.38
AEP-4	417.6	152.6	1408.7	108.1	0.00	0	127.76 135.40 132.70	131.95
AEP-5	415.0	151.5	1375.0	145.5	0.00	0	134.49 139.50 136.48	136.82
AEP-6	412.6	150.4	1340.4	183.5	0.00	0	145.10 147.30 142.20	144.87

Fuente: Elaboración propia

2.8.1.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE PRUEBA:

Se hicieron las mezclas de prueba para poder encontrar según la norma un concreto permeable con características adecuadas para mejorar su resistencia del concreto permeable, es así como se llega a poder obtener el diseño de mezcla adecuado y poder realizar los ensayos de compresión y permeabilidad.

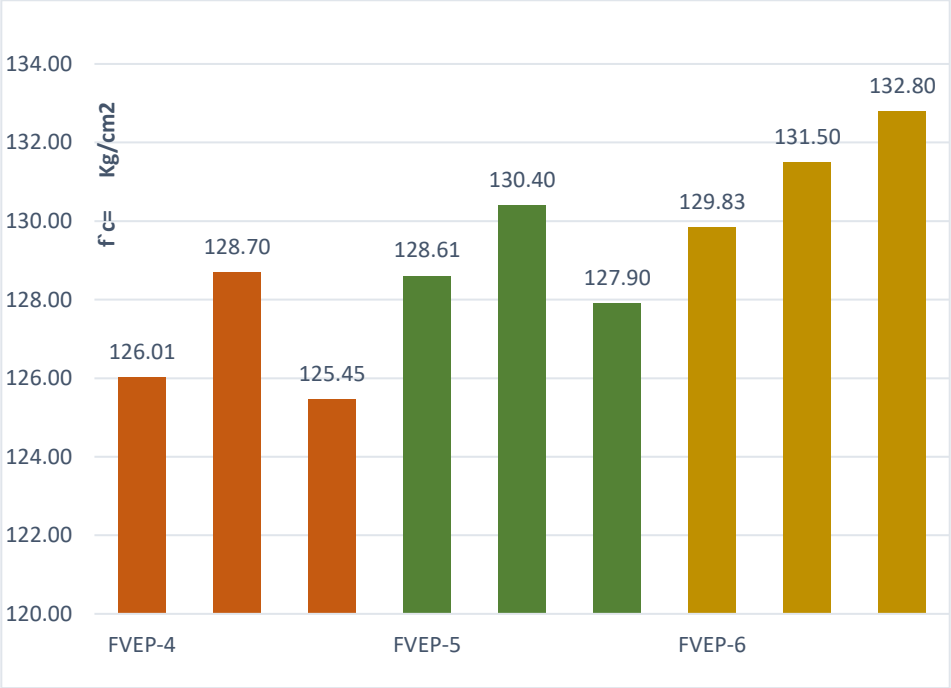
Estos ensayos se realizan a los 28 días porque lo que se quiere es tener su resistencia ultima ya que a los 28 días consigue su máxima resistencia, nada garantiza que tener los resultados a los 7 o 14 días es el adecuado, porque el comportamiento del concreto permeable a demostrado ser distinto al concreto convencional, entonces es por ello que se realiza los ensayos para obtener sus resultados a los 28 días.

Se puede verificar, que los valores de los ensayos de prueba de resistencia a la compresión realizados a los 7 días varían entre sí. Esto se debe al cambio de porcentaje de pasta siendo más favorable las mezclas que contienen 28% de pasta en comparación de 26% de pasta, esta variación de porcentaje de pasta fue necesario por los valores obtenidos con el porcentaje de 26%, ya que se conoce por teoría que una forma de incrementar la resistencia del concreto permeable es haciendo variar la relación agua cemento o el porcentaje de pasta como se dio en este caso , es así que se opta por el diseño de mezcla que contiene 28% de pasta teniendo así un diseño de mezcla adecuado para nuestras mezclas definitivas.

Mezcla FVEP-1,2,3,4,5 y 6

El concreto poroso que contiene fibra de vidrio en cuanto a los resultados de su resistencia a la compresión fue incrementando con valores no tan alejados, podemos decir que se obtiene mejor resistencia a la compresión con el diseño de mezcla 4,5 y 6 en comparación con 1,2 y 3. Como podemos ver en las gráficas siguientes.

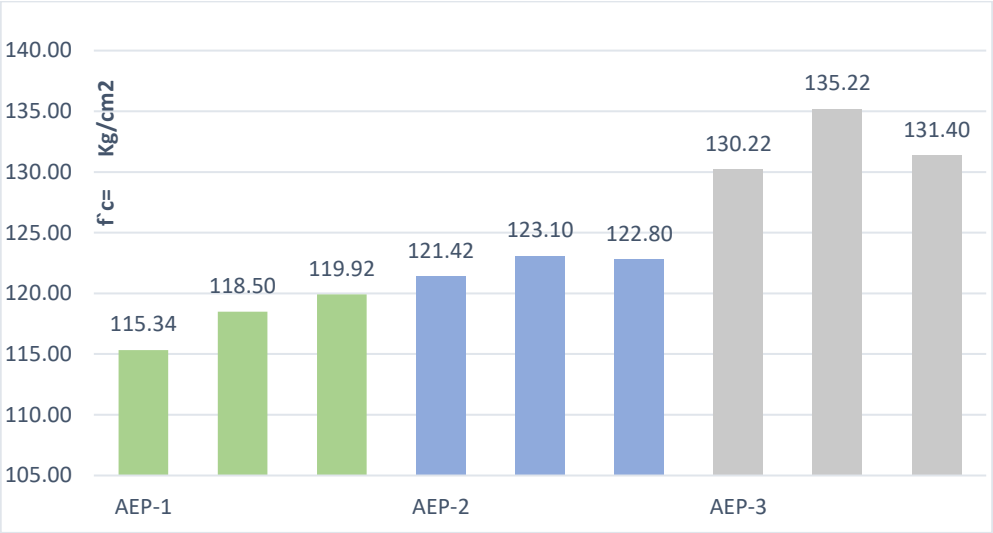
Gráfica 3: Resistencia a la compresión 7 días - ensayo de prueba con fibra de vidrio 1-2-3
Fuente: Elaboración propia



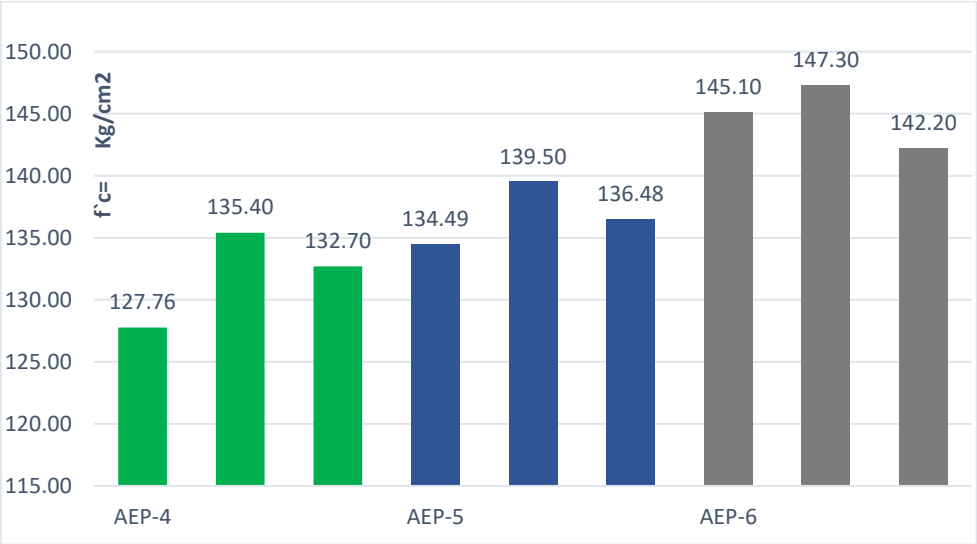
Gráfica 4: Resistencia a la compresión 7 días - ensayo de prueba con fibra de vidrio 4-5-6
Fuente: Elaboración propia

Mezcla AEP-1,2,3,4,5 y 6

El concreto poroso que contiene arena en cuanto a los resultados de su resistencia a la compresión fue incrementando con valores no tan alejados podemos decir que se obtiene mejor resistencia a la compresión con el diseño de mezcla 4,5 y 6 en comparación con 1,2 y 3. Como podemos ver en las gráficas siguientes.



Gráfica 5: Resistencia a la compresión a los 7 días - Ensayo de prueba con arena 1-2-3
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 6: Resistencia a la compresión a los 7 días - Ensayo de prueba con arena 4-5-6
Fuente: Elaboración propia

2.8.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION

Tabla 34: Resultados de ensayos de resistencia a compresión del concreto poroso con fibra de vidrio

N°	Identificación	Tipo	Edad (días)	Dimensiones del Cilindro				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (kg/cm2)
				Diámetro Superior		Diámetro Inferior			
				D1 (cm)	D2 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)		
1	CFV1 - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.025%	28	15.1	15.2	15.2	15.3	31430	173.21
2	CFV1 - 2		28	15.2	15.1	15.1	15.1	32150	178.94
3	CFV1 - 3		28	15.1	15.1	15.2	15.0	31330	174.95
4	CFV1 - 4		28	15.0	15.0	15.1	15.0	31320	176.65
5	CFV1 - 5		28	15.0	15.2	15.1	15.1	30680	171.32
6	CFV2 - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.075%	28	15	15	15.1	15	32220	181.72
7	CFV2 - 2		28	15.0	15.1	15.0	15.0	31350	176.82
8	CFV2 - 3		28	15.1	15.0	15.1	15.1	31780	178.05
9	CFV2 - 4		28	15.1	15.2	15	15	31980	179.18
10	CFV2 - 5		28	15.0	15.0	15.1	15.0	31440	177.32
11	CFV3 - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.125%	28	15.1	15.1	15.0	15.1	32600	182.65
12	CFV3 - 2		28	15	15	15.1	15.2	32370	181.36
13	CFV3 - 3		28	15.1	15.1	15.2	15.2	32330	179.35
14	CFV3 - 4		28	15.0	15.1	15.1	15.2	31760	177.35
15	CFV3 - 5		28	15.2	15.1	15.2	15	32500	180.89

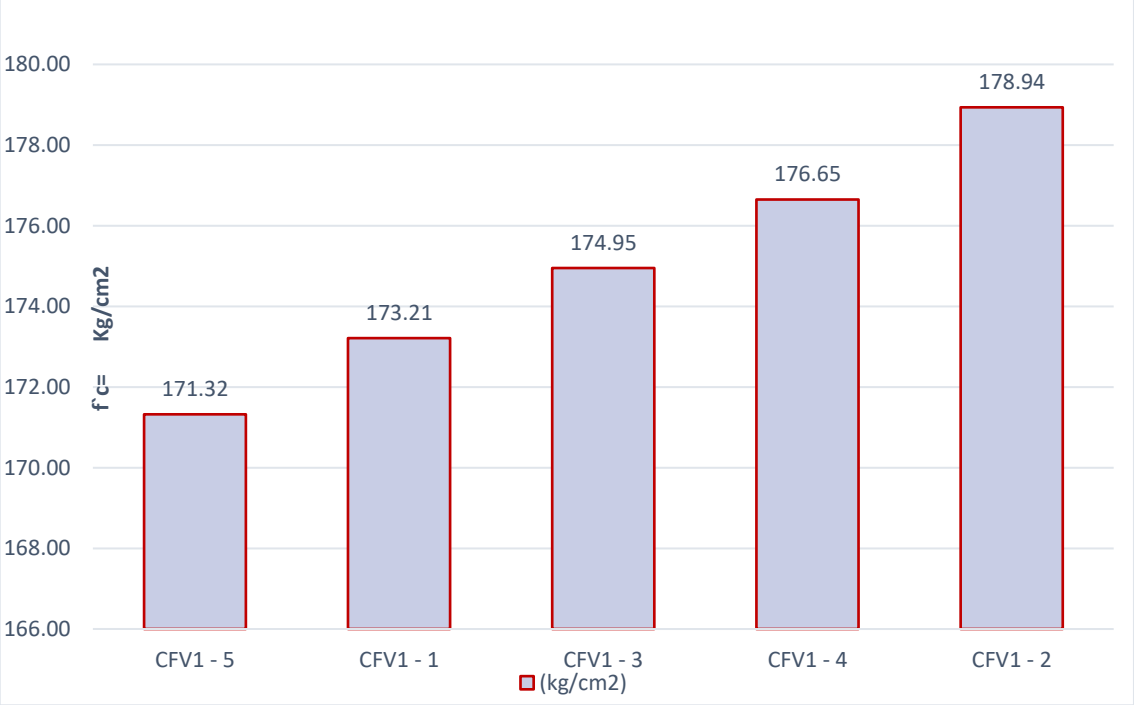
Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Resultados de ensayos de resistencia a compresión del concreto poroso con agregado fino

N°	Identificación	Tipo	Edad (días)	Dimensiones del Cilindro				Máxima Carga (kgf)	Esfuerzo Absoluto (kg/cm2)
				Diámetro Superior		Diámetro Inferior			
				D1 (cm)	D2 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)		
1	CA1 - 1	ARENA 7.5%	28	15.1	15	15.1	15.1	30910	173.18
2	CA1 - 2		28	15.1	15.2	15.0	15.0	32600	182.65
3	CA1 - 3		28	15.0	15.0	15.1	15.0	31330	176.70
4	CA1 - 4		28	15.1	15.1	15.0	15.1	32150	180.13
5	CA1 - 5		28	15.0	15.0	15.1	15.2	31160	174.58
6	CA2 - 1	ARENA 10.0%	28	15.1	15.1	15.2	15.2	34060	188.94
7	CA2 - 2		28	15.0	15.1	15.1	15.2	33080	184.73
8	CA2 - 3		28	15.2	15.1	15.2	15.0	33270	185.17
9	CA2 - 4		28	15.1	15.2	15.2	15.3	34330	189.19
10	CA2 - 5		28	15.2	15.1	15.1	15.1	33410	185.95
11	CA3 - 1	ARENA 12.5%	28	15.1	15.1	15.2	15.0	35240	196.79
12	CA3 - 2		28	15	15	15.1	15	36340	204.96
13	CA3 - 3		28	15.0	15.2	15.1	15.1	36150	201.87
14	CA3 - 4		28	15.0	15.0	15.1	15.0	35190	198.47
15	CA3 - 5		28	15	15.1	15	15	35390	199.60

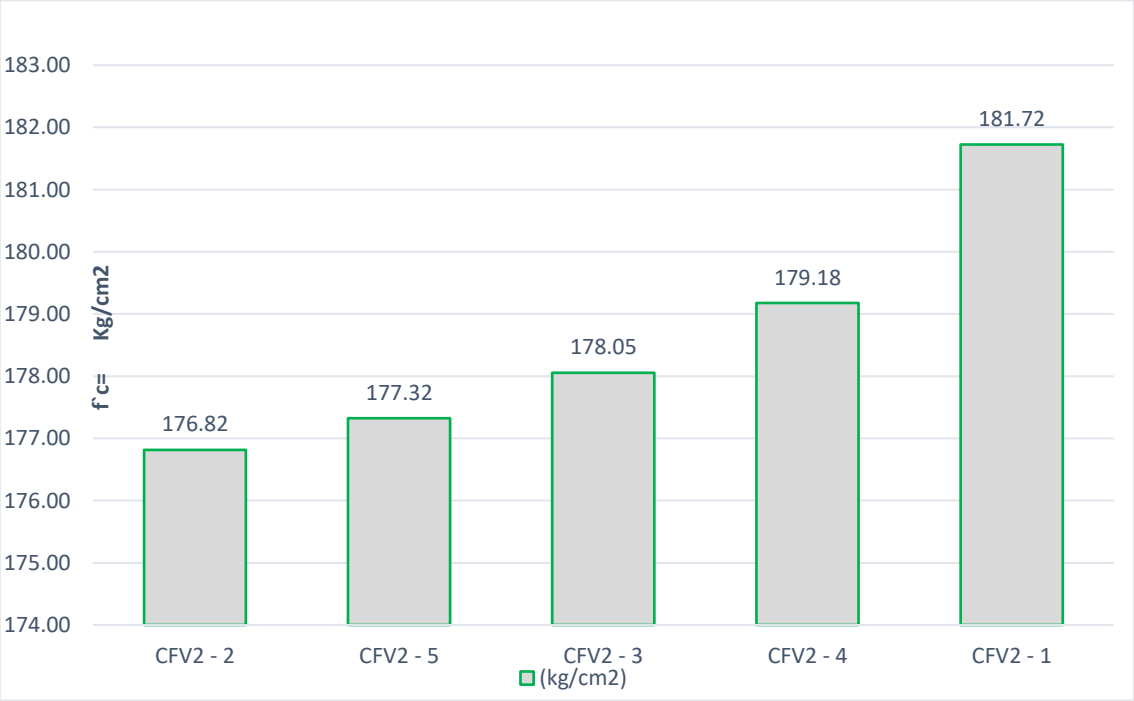
Fuente: Elaboración propia

2.8.2.1 GRAFICA DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION:



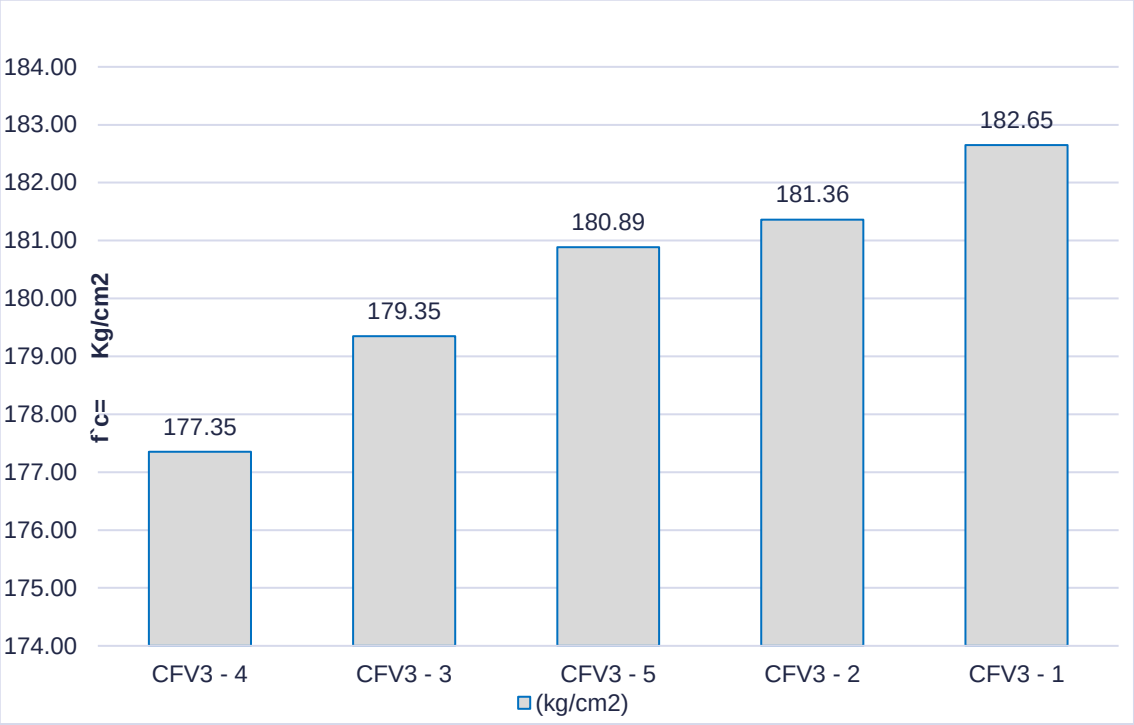
Gráfica 7:Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.025%

Fuente: Elaboración propia



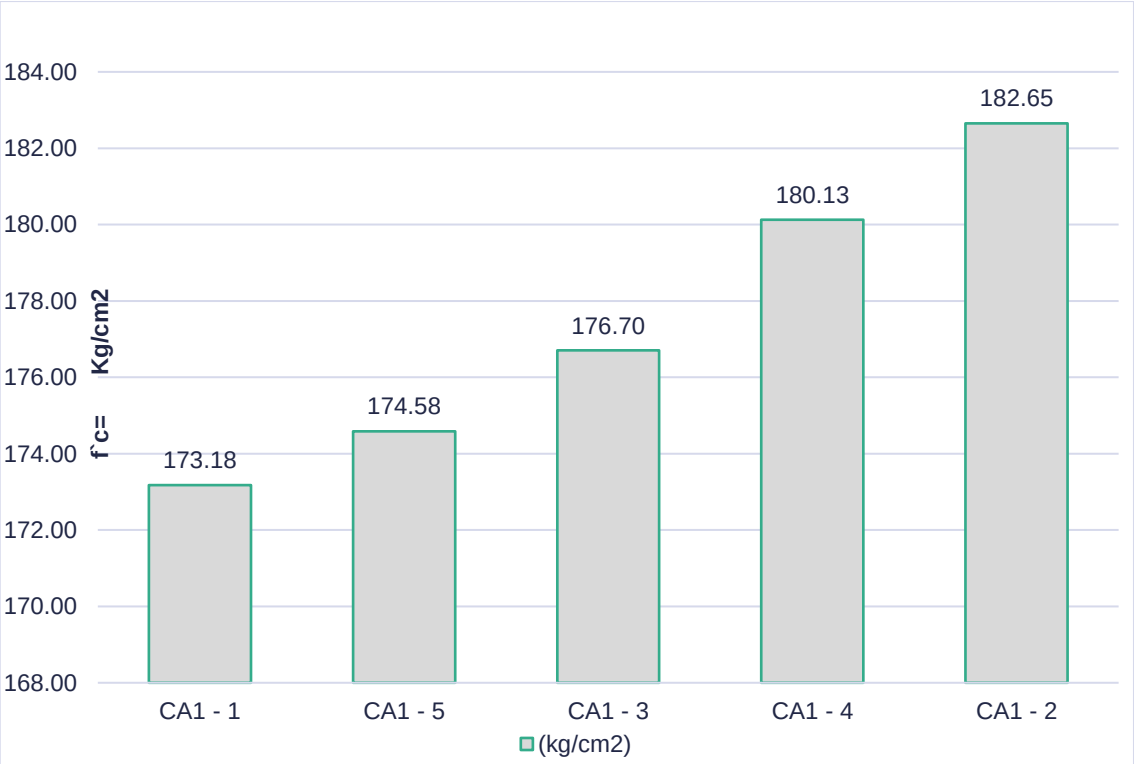
Gráfica 8: Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.075%

Fuente: Elaboración propia



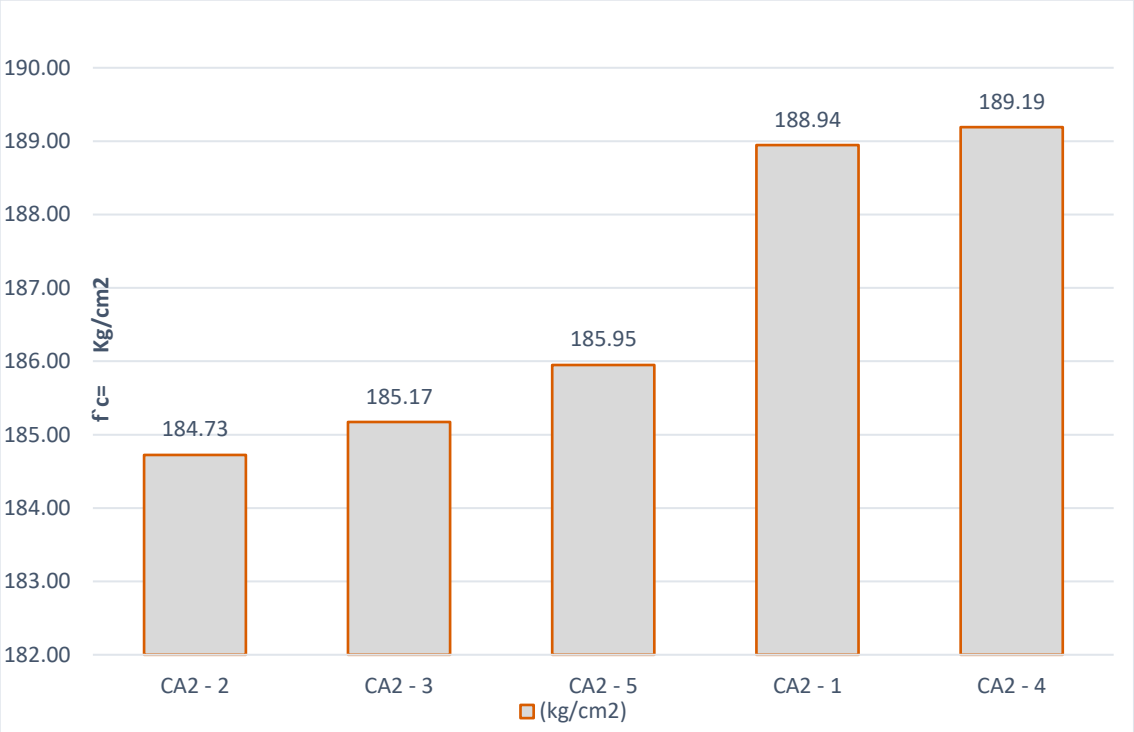
Gráfica 9: Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.125%

Fuente: Elaboración propia



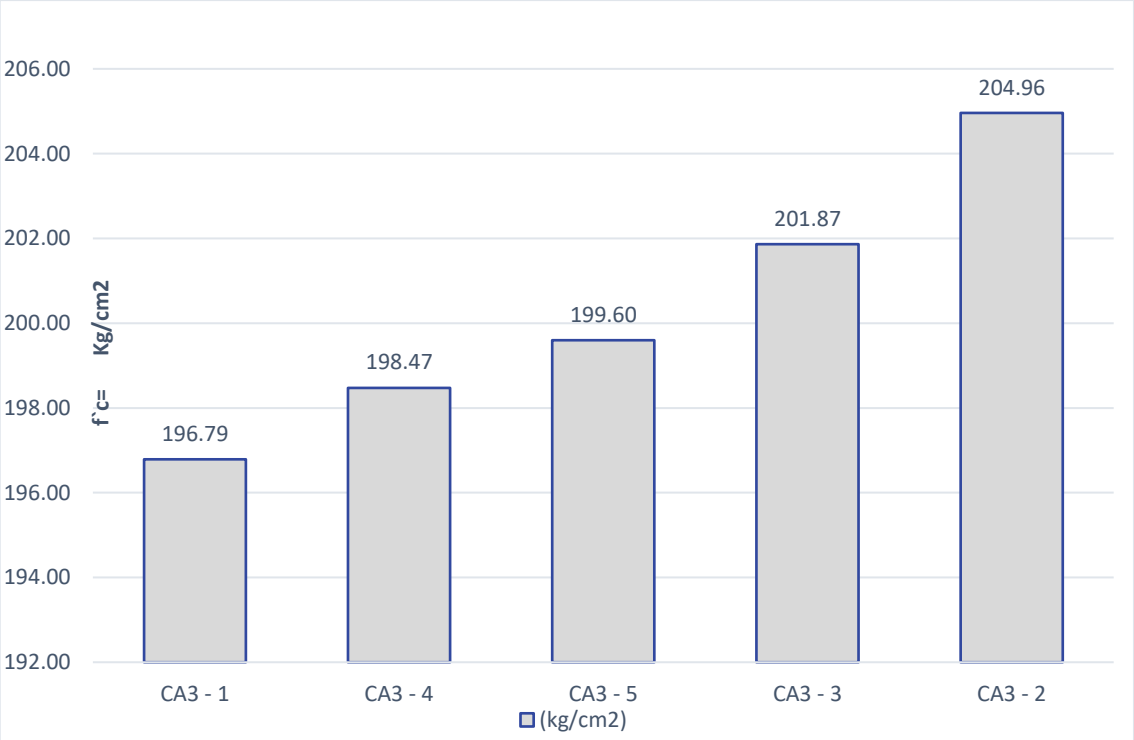
Gráfica 10:Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado agregado fino 7.5%

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 11:Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado agregado fino 10%

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 12:Resistencia a la compresión a los 28 días - concreto poroso adicionado agregado fino 12.5%

Fuente: Elaboración propia

2.8.3 PERMEABILIDAD

Tabla 36: Resultados de Ensayo a Permeabilidad: Concreto Poroso con Fibra de Vidrio

			Descripción						
N°	Identificación	Tipo	t (s)	a (cm2)	A (cm2)	L (cm)	h2 (cm)	h1 (cm)	k (cm/s)
1	CFV1P - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.025%	28.05	74.65	80.12	20.50	0.30	0.05	1.220
2	CFV1P - 2		28.25	74.65	78.93	20.40	0.30	0.05	1.224
3	CFV1P - 3		28.38	74.65	80.12	20.65	0.30	0.05	1.215
4	CFV1P - 4		28.51	74.65	78.93	20.80	0.30	0.05	1.236
5	CFV1P - 5		28.81	74.65	78.93	20.60	0.30	0.05	1.212
6	CFV2P - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.075%	31.35	74.65	79.72	20.10	0.30	0.05	1.076
7	CFV2P - 2		29.43	74.65	79.72	20.25	0.30	0.05	1.154
8	CFV2P - 3		30.71	74.65	78.93	20.85	0.30	0.05	1.150
9	CFV2P - 4		30.91	74.65	79.72	20.90	0.30	0.05	1.134
10	CFV2P - 5		29.37	74.65	79.72	20.45	0.30	0.05	1.168
11	CFV3P - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.125%	29.41	74.65	80.91	20.20	0.30	0.05	1.135
12	CFV3P - 2		32.38	74.65	80.12	20.70	0.30	0.05	1.067
13	CFV3P - 3		30.76	74.65	80.52	20.35	0.30	0.05	1.099
14	CFV3P - 4		31.56	74.65	81.71	20.30	0.30	0.05	1.053
15	CFV3P - 5		29.21	74.65	80.52	20.75	0.30	0.05	1.180

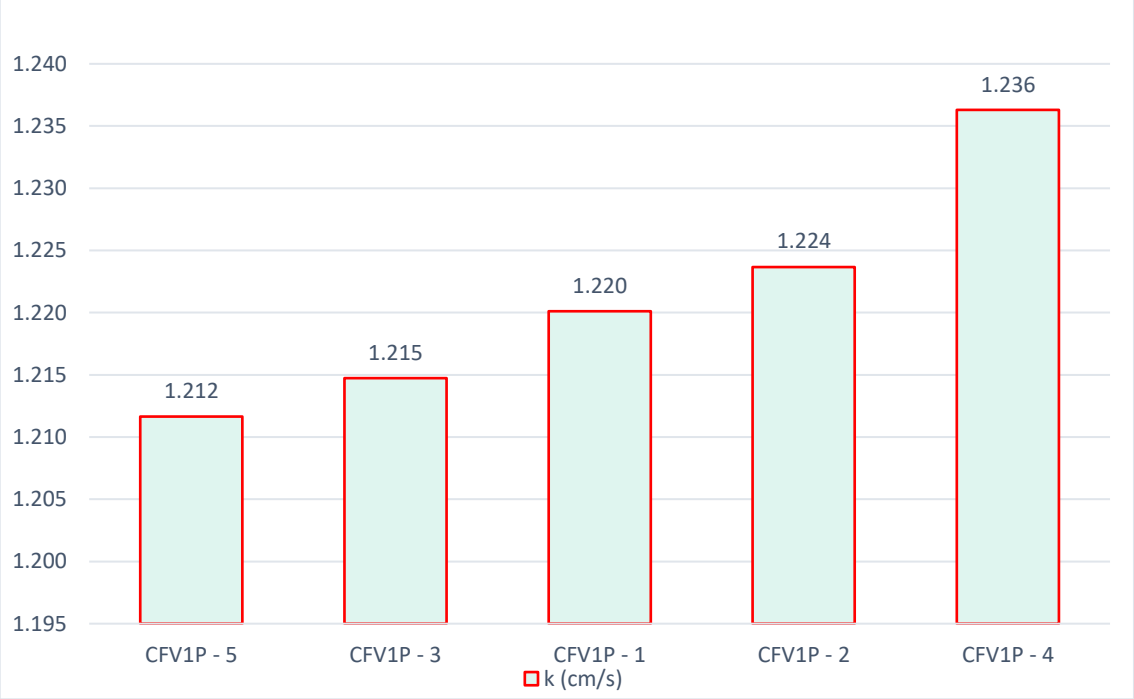
Fuente: Elaboración propia

Tabla 37:Resultados de Ensayo a Permeabilidad: Concreto Poroso con Agregado Fino

			Descripción						
N°	Identificación	Tipo	t (s)	a (cm2)	A (cm2)	L (cm)	h2 (cm)	h1 (cm)	k (cm/s)
1	CA1P - 1	ARENA 7.5%	32.43	74.65	78.93	20.45	0.30	0.05	1.069
2	CA1P - 2		30.48	74.65	78.93	20.35	0.30	0.05	1.131
3	CA1P - 3		33.56	74.65	79.72	20.50	0.30	0.05	1.025
4	CA1P - 4		33.61	74.65	79.72	20.65	0.30	0.05	1.031
5	CA1P - 5		31.65	74.65	78.93	20.55	0.30	0.05	1.100
6	CA2P - 1	ARENA 10.0%	34.75	74.65	79.72	20.15	0.30	0.05	0.973
7	CA2P - 2		34.15	74.65	79.72	20.45	0.30	0.05	1.005
8	CA2P - 3		34.38	74.65	80.91	20.90	0.30	0.05	1.005
9	CA2P - 4		35.04	74.65	80.12	20.70	0.30	0.05	0.986
10	CA2P - 5		35.57	74.65	80.52	20.65	0.30	0.05	0.964
11	CA3P - 1	ARENA 12.5%	37.02	74.65	81.71	20.25	0.30	0.05	0.895
12	CA3P - 2		38.45	74.65	80.52	20.30	0.30	0.05	0.877
13	CA3P - 3		35.99	74.65	80.12	20.40	0.30	0.05	0.946
14	CA3P - 4		37.45	74.65	78.93	20.80	0.30	0.05	0.941
15	CA3P - 5		36.15	74.65	80.12	20.95	0.30	0.05	0.968

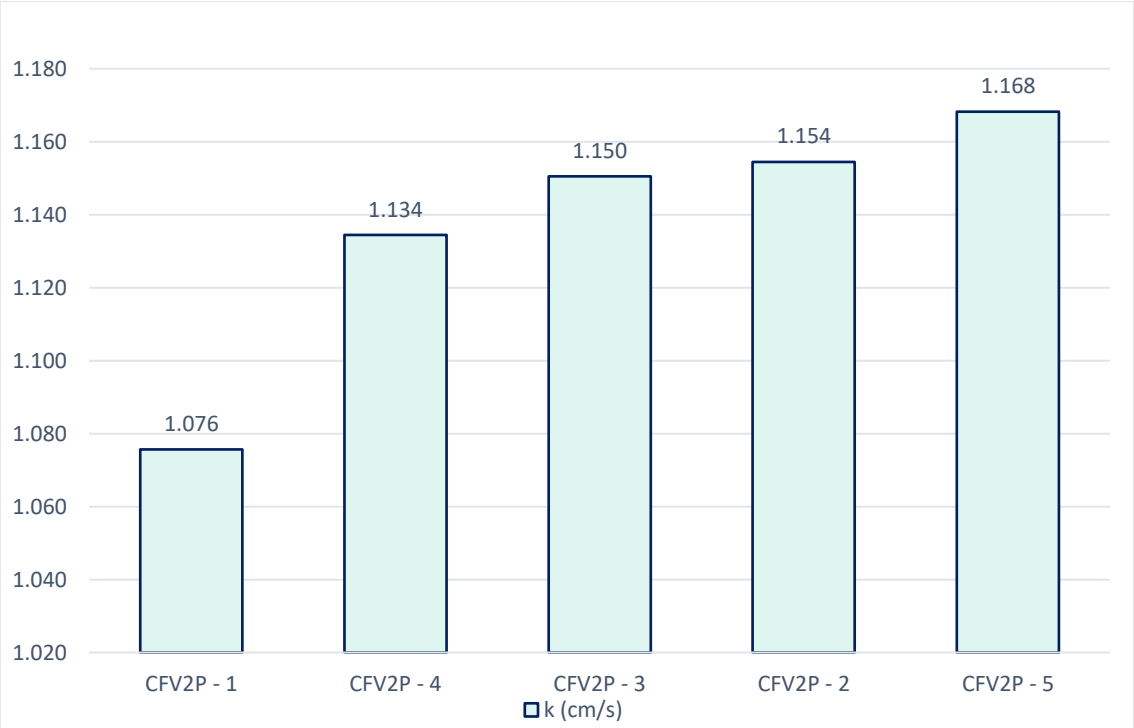
Fuente: Elaboración propia

2.8.3.1 GRAFICA DE RESULTADOS DE PERMEABILIDAD:



Gráfica 13: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.025%

Fuente: Elaboración propia

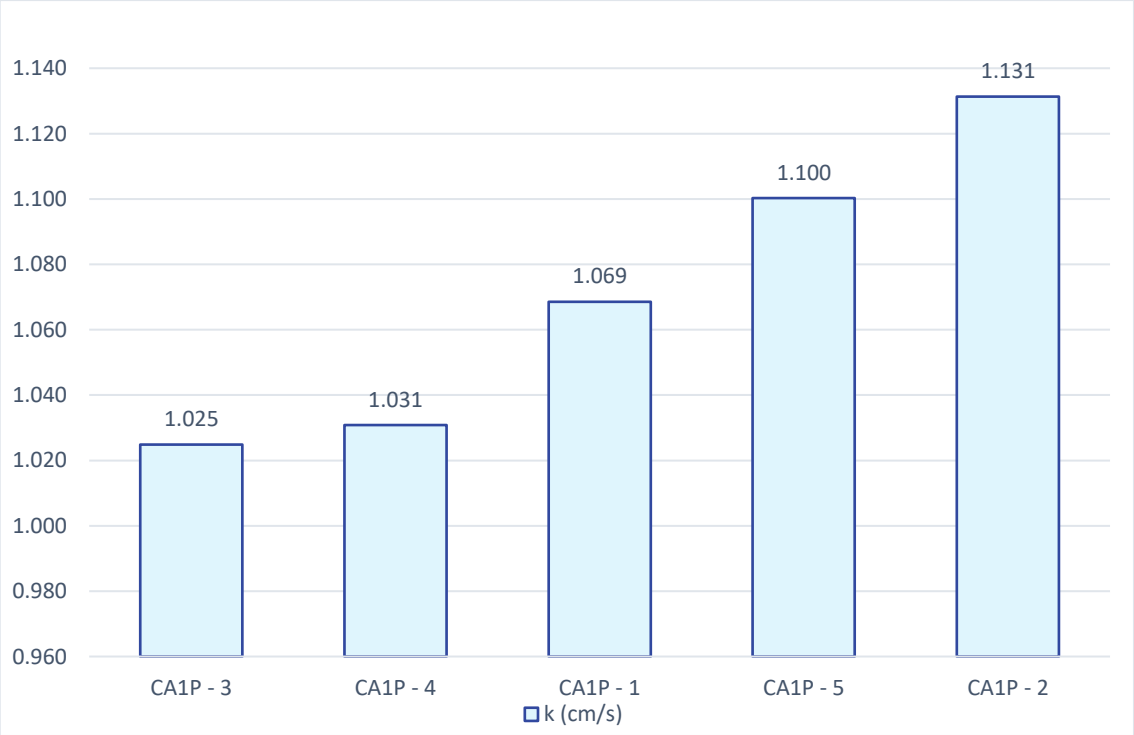


Gráfica 14: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.075%

Fuente: Elaboración propia

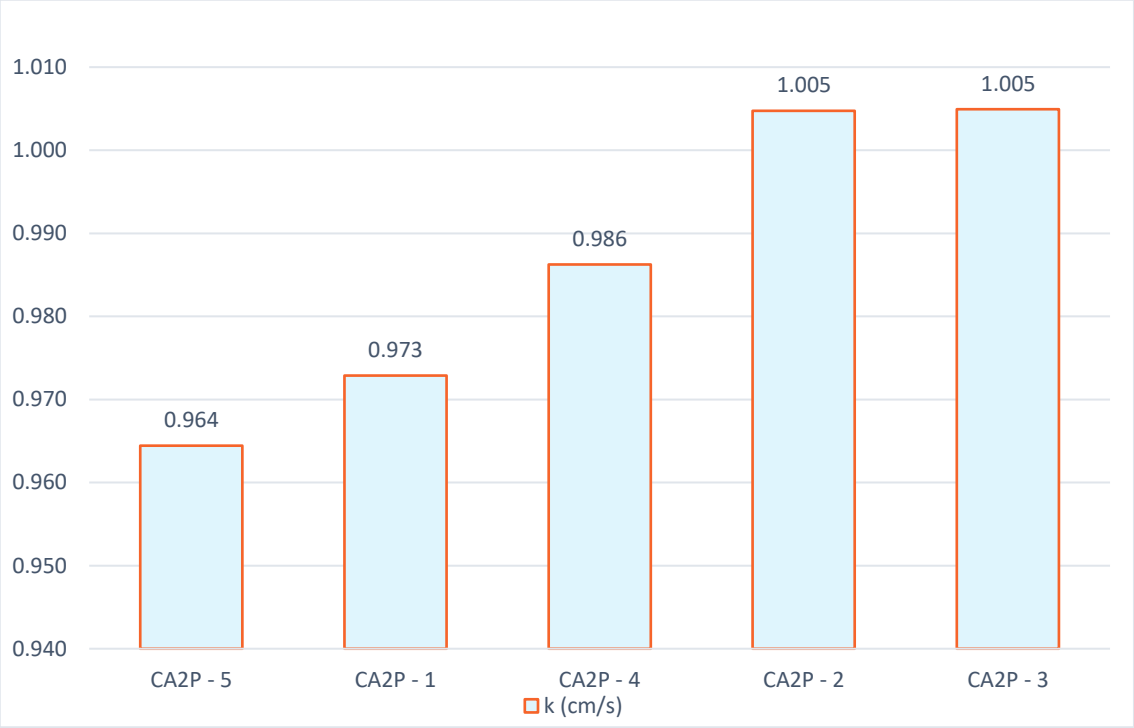
Gráfica 15: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado fibra de vidrio 0.125%

Fuente: Elaboración propia



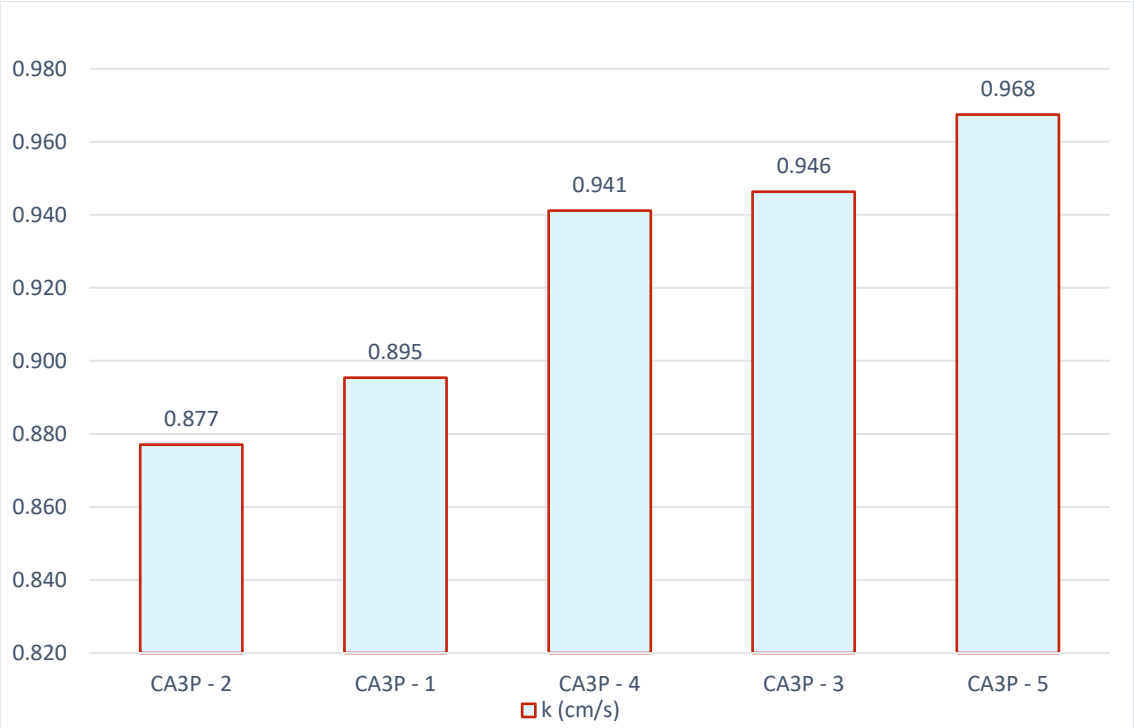
Gráfica 16: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado agregado fino 7.5%

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 17: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado agregado fino 10%

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 18: Ensayo de Permeabilidad a los 28 días - Concreto poroso adicionado agregado fino 12.5%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo III Análisis de resultados

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

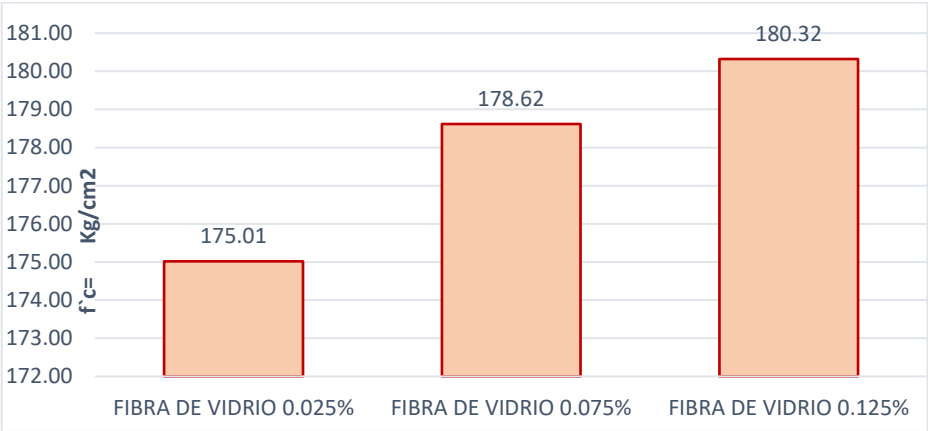
Se realiza primero un análisis estadístico aplicado a resultados de los ensayos a compresión y luego a los de permeabilidad obtenidos a los 28 días.

3.1.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO – RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS

Tabla 38: Resultados Estadísticos de la resistencia a la Compresión de las probetas de Concreto Poroso adicionado Fibra de Vidrio

Descripción	Tipo	$f'c$	$\bar{X}$	S^2	S	V
CFV1 - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.025%	173.21	175.01	8.74	2.64	1.51
CFV1 - 2		178.94				
CFV1 - 3		174.95				
CFV1 - 4		176.65				
CFV1 - 5		171.32				
CFV2 - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.075%	181.72	178.62	3.80	1.74	0.98
CFV2 - 2		176.82				
CFV2 - 3		178.05				
CFV2 - 4		179.18				
CFV2 - 5		177.32				
CFV3 - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.125%	182.65	180.32	4.14	1.82	1.01
CFV3 - 2		181.36				
CFV3 - 3		179.35				
CFV3 - 4		177.35				
CFV3 - 5		180.89				

Fuente: Elaboración propia

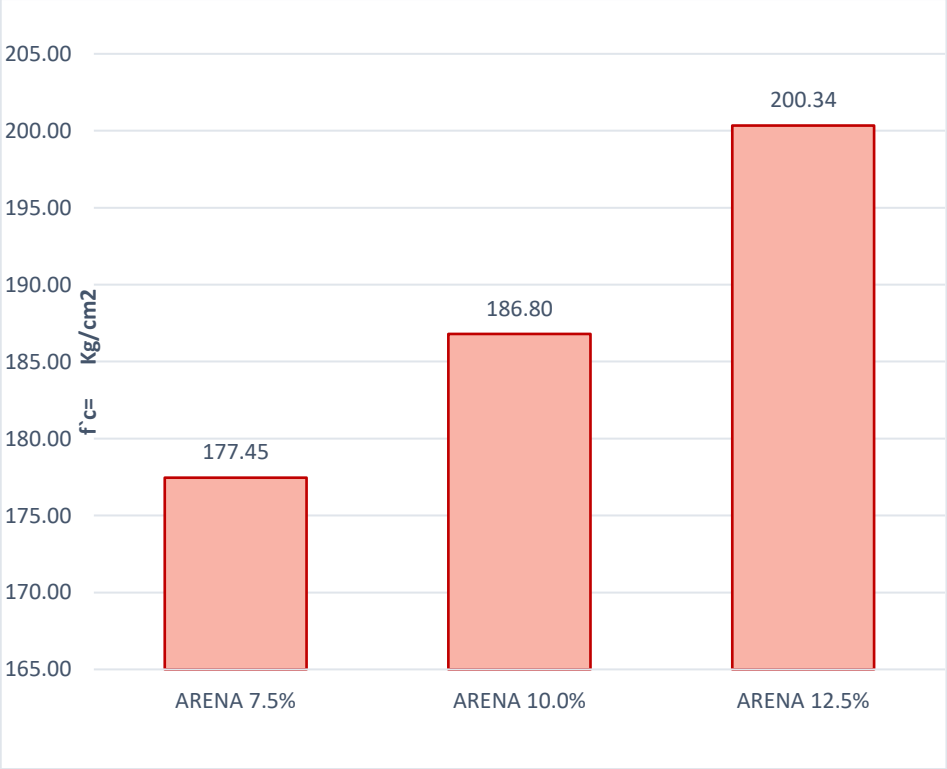


Gráfica 19: Resistencia a la Compresión promedio a los 28 días de las probetas de Concreto Poroso adicionado Fibra de Vidrio.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Resultados Estadísticos de la resistencia a la Compresión de las probetas de Concreto Poroso adicionado Agregado Fino

Descripción	Tipo	$f'c$	$\bar{X}$	S^2	S	V
CA1 - 1	ARENA 7.5%	173.18	177.45	15.31	3.50	1.97
CA1 - 2		182.65				
CA1 - 3		176.70				
CA1 - 4		180.13				
CA1 - 5		174.58				
CA2 - 1	ARENA 10.0%	188.94	186.80	4.50	1.90	1.02
CA2 - 2		184.73				
CA2 - 3		185.17				
CA2 - 4		189.19				
CA2 - 5		185.95				
CA3 - 1	ARENA 12.5%	196.79	200.34	10.08	2.84	1.42
CA3 - 2		204.96				
CA3 - 3		201.87				
CA3 - 4		198.47				
CA3 - 5		199.60				

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 20: Resistencia a la Compresión promedio a los 28 días de las probetas de Concreto Poroso adicionado Agregado Fino.

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los resultados de la tabla 38 expresan claramente que la resistencia a la compresión de concreto poroso aumenta al adicionar mayor porcentaje de fibra de vidrio, pero que este a su vez tiene una resistencia promedio máxima de $f'c$ = 180.32 kg/cm2, que corresponde a la adición de fibra de vidrio a un 0.125%. Podemos apreciar también que en comparación con los resultados de la tabla 39 expresan claramente que la resistencia a la compresión de concreto poroso aumenta al adicionar mayor porcentaje de agregado fino, pero que este a su vez tiene una resistencia promedio máxima de $f'c$ = 200.34 kg/cm2 , que corresponde a la adición de agregado fino es decir arena a un 12.5%.

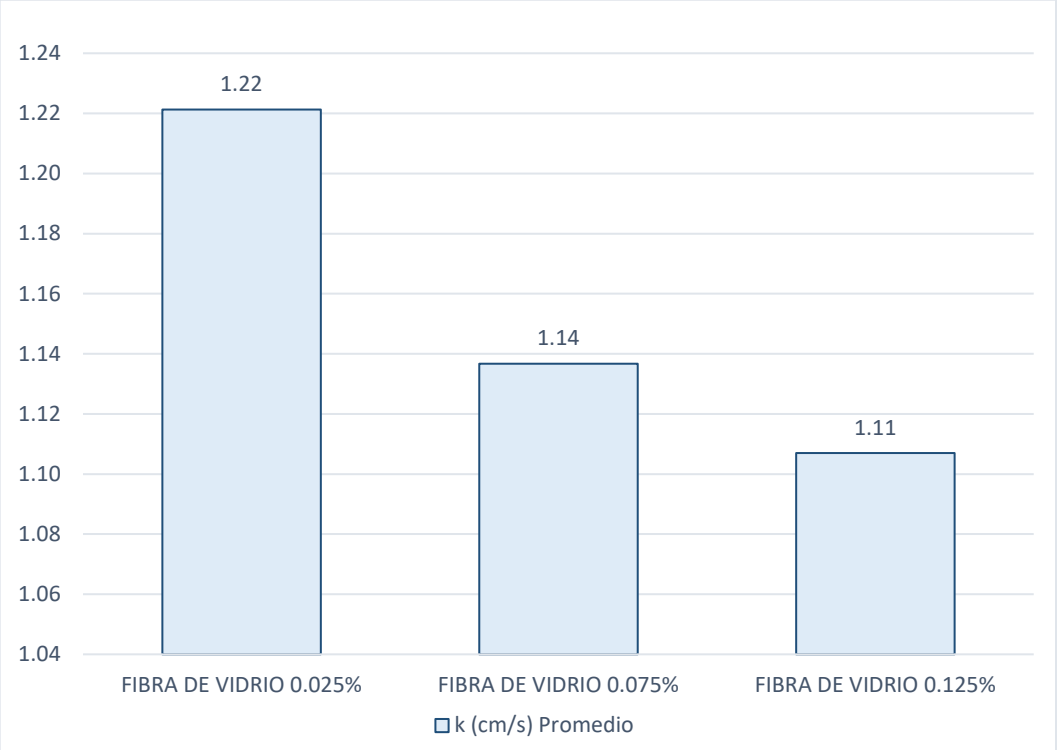
En ambos caos los dos aumentan la resistencia a la compresión al aumentar el porcentaje de su contenido ya sea fibra de vidrio o agregado fino. De aquí podemos decir que se obtuvieron mejores resultados en cuanto a la resistencia a la compresión de concreto poroso al adicionar agregado fino en comparación con la fibra de vidrio.

3.1.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO – PERMEABILIDAD A LOS 28 DÍAS

Tabla 40: Resultados Estadísticos de la Permeabilidad de las probetas de Concreto Poroso adicionado Fibra de Vidrio

Descripción	Tipo	k (cm/s)	$\bar{X}$	S^2	S	V
CFV1P - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.025%	1.22	1.22	0.00009	0.01	0.70
CFV1P - 2		1.22				
CFV1P - 3		1.21				
CFV1P - 4		1.24				
CFV1P - 5		1.21				
CFV2P - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.075%	1.08	1.14	0.00131	0.03	2.85
CFV2P - 2		1.15				
CFV2P - 3		1.15				
CFV2P - 4		1.13				
CFV2P - 5		1.17				
CFV3P - 1	FIBRA DE VIDRIO 0.125%	1.14	1.11	0.00268	0.05	4.18
CFV3P - 2		1.07				
CFV3P - 3		1.10				
CFV3P - 4		1.05				
CFV3P - 5		1.18				

Fuente: Elaboración propia

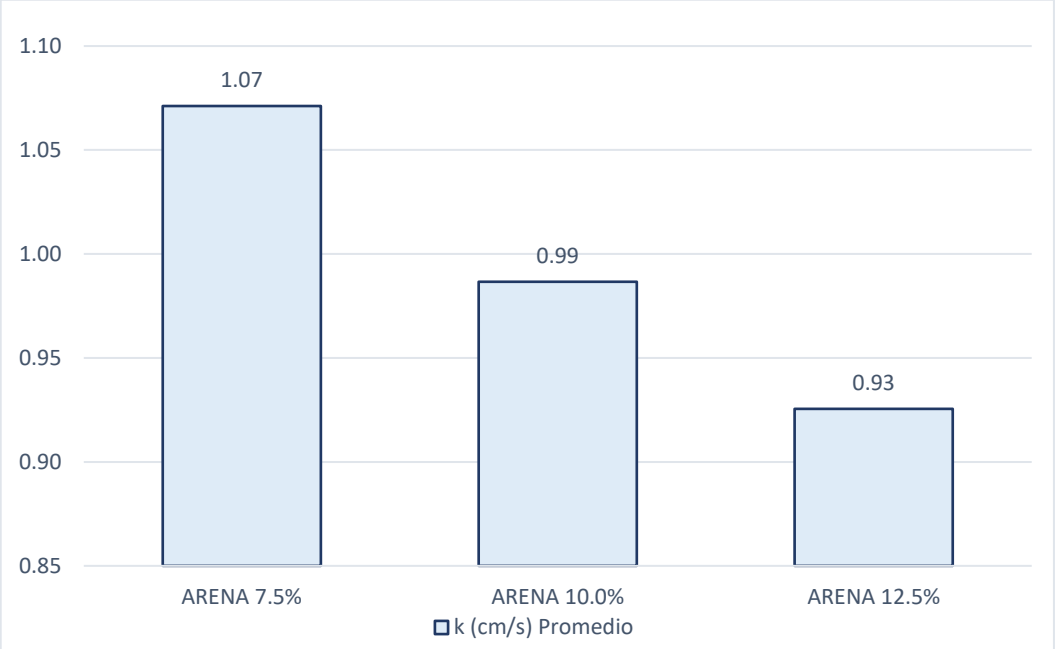


Gráfica 21: Coeficiente de Permeabilidad promedio a los 28 días de las probetas de Concreto Poroso adicionado Fibra de Vidrio.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Resultados Estadísticos de la Permeabilidad de las probetas de Concreto Poroso adicionado Agregado Fino

Descripción	Tipo	k (cm/s)	$\bar{X}$	S^2	S	V
CA1P - 1	ARENA 7.5%	1.07	1.07	0.0021	0.04	3.79
CA1P - 2		1.13				
CA1P - 3		1.02				
CA1P - 4		1.03				
CA1P - 5		1.10				
CA2P - 1	ARENA 10.0%	0.97	0.99	0.0003	0.02	1.66
CA2P - 2		1.00				
CA2P - 3		1.00				
CA2P - 4		0.99				
CA2P - 5		0.96				
CA3P - 1	ARENA 12.5%	0.90	0.93	0.0014	0.03	3.65
CA3P - 2		0.88				
CA3P - 3		0.95				
CA3P - 4		0.94				
CA3P - 5		0.97				

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 22: Coeficiente de Permeabilidad promedio a los 28 días de las probetas de Concreto Poroso adicionado Agregado Fino.

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los resultados de la tabla 40 expresan claramente que el coeficiente de permeabilidad de concreto poroso disminuye al adicionar mayor porcentaje de fibra de vidrio, pero que este a su vez tiene un coeficiente de permeabilidad promedio máxima de k = 1.22 cm/s, que corresponde a la adición de fibra de vidrio a un 0.025%. Podemos apreciar también que en comparación con los resultados de la tabla 41 expresan claramente que el coeficiente de permeabilidad de concreto poroso disminuye al adicionar mayor porcentaje de agregado fino, pero que este a su vez tiene un coeficiente de permeabilidad promedio máxima de k = 1.07 cm/s, que corresponde a la adición de agregado fino es decir arena a un 7.5%.

En ambos caos los dos disminuyen el coeficiente de permeabilidad al aumentar el porcentaje de su contenido ya sea fibra de vidrio o agregado fino. De aquí podemos decir que se obtuvieron mejores resultados en cuanto al coeficiente de permeabilidad de concreto poroso al adicionar fibra de vidrio en comparación con el agregado fino.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. (Gutierrez & De la Vara , 2008).

3.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para poder obtener conclusiones respecto a una población es necesario acudir a la estadística inferencial, que en función a estimadores como son: la desviación estándar, la media, mediana, etc., y técnicas: la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros; nos permiten inferir sobre las características de la misma (Morales, 2012).

La hipótesis en la estadística es una proposición que hace el investigador en base a uno o varios parámetros que permiten que ésta sea aceptada o rechazada respecto a un solo número (estimador puntual), todo el procedimiento de toma de decisiones sobre la hipótesis se llama "Prueba de Hipótesis" (Morales, 2012).

No es posible saber con absoluta certeza la verdad o falsedad de una hipótesis estadística, pues para ello habría que trabajar con toda la población. En la práctica se toma una muestra aleatoria de la población de interés y se utilizan los datos que contiene la muestra para proporcionar evidencias que confirmen o no la hipótesis. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces ésta se rechaza y si la evidencia apoya a la hipótesis planteada, entonces ésta se acepta (Morales, 2012).

Para poder utilizar la prueba de hipótesis los datos deberán representar una distribución Normal, lo cual se ha de comprobar en el análisis Estadístico. Con la finalidad de evaluar las hipótesis planteadas, se realizó la prueba de hipótesis de igualdad de dos medias y varianzas desconocidas.

ESTADÍSTICO DE PRUEBA – DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

Se utiliza para detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos.

Tabla de valores críticos de la distribución t de Student

	Niveles de Significancia DOS COLA								
	0.500	0.250	0.200	0.100	0.050	0.025	0.020	0.010	0.005
1	1.00	2.41	3.08	6.31	12.71	25.45	31.82	63.66	127.32
2	0.82	1.60	1.89	2.92	4.30	6.21	6.96	9.92	14.09
3	0.76	1.42	1.64	2.35	3.18	4.18	4.54	5.84	7.45
4	0.74	1.34	1.53	2.13	2.78	3.50	3.75	4.60	5.60
5	0.73	1.30	1.48	2.02	2.57	3.16	3.36	4.03	4.77
6	0.72	1.27	1.44	1.94	2.45	2.97	3.14	3.71	4.32
7	0.71	1.25	1.41	1.89	2.36	2.84	3.00	3.50	4.03
8	0.71	1.24	1.40	1.86	2.31	2.75	2.90	3.36	3.83
9	0.70	1.23	1.38	1.83	2.26	2.69	2.82	3.25	3.69
10	0.70	1.22	1.37	1.81	2.23	2.63	2.76	3.17	3.58
11	0.70	1.21	1.36	1.80	2.20	2.59	2.72	3.11	3.50
12	0.70	1.21	1.36	1.78	2.18	2.56	2.68	3.05	3.43
13	0.69	1.20	1.35	1.77	2.16	2.53	2.65	3.01	3.37
14	0.69	1.20	1.35	1.76	2.14	2.51	2.62	2.98	3.33
15	0.69	1.20	1.34	1.75	2.13	2.49	2.60	2.95	3.29
16	0.69	1.19	1.34	1.75	2.12	2.47	2.58	2.92	3.25
17	0.69	1.19	1.33	1.74	2.11	2.46	2.57	2.90	3.22
18	0.69	1.19	1.33	1.73	2.10	2.45	2.55	2.88	3.20
19	0.69	1.19	1.33	1.73	2.09	2.43	2.54	2.86	3.17
20	0.69	1.18	1.33	1.72	2.09	2.42	2.53	2.85	3.15
21	0.69	1.18	1.32	1.72	2.08	2.41	2.52	2.83	3.14
22	0.69	1.18	1.32	1.72	2.07	2.41	2.51	2.82	3.12
23	0.69	1.18	1.32	1.71	2.07	2.40	2.50	2.81	3.10
24	0.68	1.18	1.32	1.71	2.06	2.39	2.49	2.80	3.09
25	0.68	1.18	1.32	1.71	2.06	2.38	2.49	2.79	3.08
26	0.68	1.18	1.31	1.71	2.06	2.38	2.48	2.78	3.07
27	0.68	1.18	1.31	1.70	2.05	2.37	2.47	2.77	3.06
28	0.68	1.17	1.31	1.70	2.05	2.37	2.47	2.76	3.05
29	0.68	1.17	1.31	1.70	2.05	2.36	2.46	2.76	3.04
30	0.68	1.17	1.31	1.70	2.04	2.36	2.46	2.75	3.03
31	0.68	1.17	1.31	1.70	2.04	2.36	2.45	2.74	3.02
32	0.68	1.17	1.31	1.69	2.04	2.35	2.45	2.74	3.01
33	0.68	1.17	1.31	1.69	2.03	2.35	2.44	2.73	3.01
34	0.68	1.17	1.31	1.69	2.03	2.35	2.44	2.73	3.00
35	0.68	1.17	1.31	1.69	2.03	2.34	2.44	2.72	3.00
36	0.68	1.17	1.31	1.69	2.03	2.34	2.43	2.72	2.99
37	0.68	1.17	1.30	1.69	2.03	2.34	2.43	2.72	2.99
38	0.68	1.17	1.30	1.69	2.02	2.33	2.43	2.71	2.98
39	0.68	1.17	1.30	1.68	2.02	2.33	2.43	2.71	2.98
40	0.68	1.17	1.30	1.68	2.02	2.33	2.42	2.70	2.97
	0.250	0.125	0.100	0.050	0.025	0.013	0.010	0.005	0.003
	Niveles de Significancia UNA COLA								

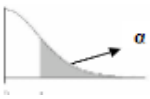


Figura 48: Tabla de valores críticos de la distribución t de Student

Fuente: Recuperado https://studylib.es/doc/4680020/tabla-de-valores-cr%C3%ADticos-de-la-distribuci%C3%B3n-t-de-student

El esquema para realizar una prueba de hipótesis acerca de un parámetro "u" es el siguiente:

3.2.1.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO POROSO ADICIONADO CON FIBRAS DE VIDRIO CON RESPECTO AL CONCRETO POROSO ADICIONADO CON AGREGADO FINO

a.- Parámetros de interés

Tabla 42: Parámetros Estadísticos de la Resistencia a la Compresión a los 28 días para probetas de concreto poroso con Fibra de vidrio y Agregado fino.

Tipo de Probeta	Resistencia a la Compresión			$\bar{X}$	n	S^2	S
Grupo 1: Concreto poroso adicionado con Fibra de Vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%)	173.21	181.72	182.65	177.98	15	10.01	3.06
	178.94	176.82	181.36				
	174.95	178.05	179.35				
	176.65	179.18	177.35				
	171.32	177.32	180.89				
Grupo 2: Concreto poroso adicionado con Agregado fino (7.5%,10% y 12.5%)	173.18	188.94	196.79	188.19	15	103.14	9.81
	182.65	184.73	204.96				
	176.70	185.17	201.87				
	180.13	189.19	198.47				
	174.58	185.95	199.60				

Fuente: Elaboración propia

b.- Hipótesis

Hipótesis Nula H_0: $\mu_2 \leq \mu_1$

Hipótesis Alterna H_1: $\mu_2 > \mu_1$

c.- Nivel de significancia

Para obtener el tamaño de muestra se consideró un $\alpha = 0.10$; además de la tabla estadística (Ver figura 48) se obtiene t = 1.70.Por lo que se plantea:

Se Rechaza: H_0: $\mu_2 \leq \mu_1$, si $t_p \geq t$

No se rechaza: H_1: $\mu_2 > \mu_1$, " Se acepta "

d.- Estadístico de prueba t-student con $\mathbf{n_1 + n_2 - 2}$ grados de libertad, es:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1){S_1}^2+(n_2-1){S_2}^2}{n_1+n_2-2}} \; ; S_p = 7.52$$

$$t_p = \frac{\overline{X}_1-\overline{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}} \; ; t_p = -3.72$$

e.- Conclusión:

De la tabla de distribución t de student con 15+15-2 = 28 grados de libertad, se obtiene el punto crítico $t_{(0.05,28)} = 1.70$. (ver figura 48).

Como $|t_p| = 3.72 > 1.70 = t_{\alpha/2}$, se rechaza H_0, por lo que se concluye ambos grupos experimentales no reportan en promedio la misma resistencia a la compresión.

Se cumple la hipótesis alterna, es decir, $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$. Ahora será necesario determinar si es de la forma $H_1: \mu_1 > \mu_2$ o $H_1: \mu_1 < \mu_2$ como se explica a continuación.

1.- Se rechaza la hipótesis $H_0: \mu_1 = \mu_2$ y se acepta $H_1: \mu_1 > \mu_2$, si $t_p > t_\alpha$.

2.- Se rechaza la hipótesis $H_0: \mu_1 = \mu_2$ y se acepta $H_1: \mu_1 < \mu_2$, si $t_p < -t_\alpha$.

De la tabla t de se student obtenemos el valor de $t_\alpha = 1.31$ (ver figura 48), luego lo comparamos con el estadístico de prueba $t_p = -3.72$, finalmente se cumple:

$t_p = -3.72 < -t_\alpha = -1.31$.

Se concluye que la resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no incrementa comparado con las probetas de concreto poroso con el uso de agregado fino.

3.2.1.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS DE PERMEABILIDAD A LOS 28 DÍAS DEL CONCRETO POROSO ADICIONADO CON FIBRAS DE VIDRIO CON RESPECTO AL CONCRETO POROSO ADICIONADO CON AGREGADO FINO

a.- Parámetros de interés

Tabla 43: Parámetros Estadísticos de la Permeabilidad a los 28 días para probetas de concreto poroso con Fibra de vidrio y Agregado fino.

Tipo de Probeta	Coeficiente de Permeabilidad			$\bar{X}$	n	S^2	S
Grupo 1: Concreto poroso adicionado con Fibra de Vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%)	1.22	1.08	1.14	1.15	15	0.0037	0.06
	1.22	1.15	1.07				
	1.21	1.15	1.10				
	1.24	1.13	1.05				
	1.21	1.17	1.18				
Grupo 2: Concreto poroso adicionado con Agregado fino (7.5%,10% y 12.5%)	1.07	0.97	0.90	0.99	15	0.0049	0.07
	1.13	1.00	0.88				
	1.02	1.00	0.95				
	1.03	0.99	0.94				
	1.10	0.96	0.97				

Fuente: Elaboración propia

b.- Hipótesis

Hipótesis Nula H_0: $\mu_2 \leq \mu_1$

Hipótesis Alterna H_1: $\mu_2 > \mu_1$

c.- Nivel de significancia

Para obtener el tamaño de muestra se consideró un $\alpha = 0.10$; además de la tabla estadística (Ver figura 48) se obtiene t = 1.70. Por lo que se plantea:

Se Rechaza: H_0: $\mu_2 \leq \mu_1$, si $t_p \geq t$

No se rechaza: H_1: $\mu_2 > \mu_1$, " Se acepta "

d.- Estadístico de prueba t-student con $\mathbf{n_1 + n_2 - 2}$ grados de libertad, es:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1){S_1}^2+(n_2-1){S_2}^2}{n_1+n_2-2}} \; ; S_p = 0.065 \quad ; t_p = \frac{\bar{X}_1-\bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}} \; ; t_p = 6.71$$

e.- Conclusión:

De la tabla de distribución t de student con 15+15-2 = 28 grados de libertad, se obtiene el punto crítico $t_{(0.05,28)} = 1.70$. (ver figura 48).

Como $|t_p| = 6.71 > 1.70 = t_{\alpha/2}$, se rechaza H_0, por lo que se concluye ambos grupos experimentales no reportan en promedio el mismo coeficiente de permeabilidad.

Se cumple la hipótesis alterna, es decir, $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$. Ahora será necesario determinar si es de la forma $H_1: \mu_1 > \mu_2$ o $H_1: \mu_1 < \mu_2$ como se explica a continuación.

1.- Se rechaza la hipótesis $H_0: \mu_1 = \mu_2$ y se acepta $H_1: \mu_1 > \mu_2$, si $t_p > t_\alpha$.

2.- Se rechaza la hipótesis $H_0: \mu_1 = \mu_2$ y se acepta $H_1: \mu_1 < \mu_2$, si $t_p < -t_\alpha$.

De la tabla t de se student obtenemos el valor de $t_\alpha = 1.31$ (ver figura 48), luego lo comparamos con el estadístico de prueba $t_p = 6.71$, finalmente se cumple:

$t_{\mathrm{p}} = 6.71 > t_{\alpha} = 1.31.$

Se concluye que la permeabilidad promedio de las probetas de concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no se reduce comparado con las probetas de concreto poroso con el uso de agregado fino.

Análisis comparativo de la resistencia a compresión

Para recurrir al análisis partiremos de la obtención de la conclusión de la prueba de hipótesis para la resistencia a compresión del concreto poroso, este menciona lo siguiente: Se concluye que la resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no incrementa comparado con las probetas de concreto poroso con el uso de agregado fino.

- De acuerdo a la conclusión de esta prueba de hipótesis, podemos comparar los resultados obtenidos en la tabla 42 tanto de concreto poroso con fibra de vidrio con la resistencia promedio de $f'c$ =177.98 Kg/cm2 , así como el concreto poroso con agregado fino con la resistencia promedio de $f'c$ =188.19 Kg/cm2 y decir que efectivamente la resistencia a la compresión del concreto poroso con fibra de vidrio no incrementa su resistencia comparado con el concreto poroso con agregado fino.

- Entonces de los resultados de la tabla 42 podemos decir también que se alcanza mejor resistencia a la compresión con concreto poroso con agregado fino en comparación con concreto poroso con fibra de vidrio. De esto podemos concluir que los porcentajes utilizados tanto para la fibra de vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%) como para el agregado fino (7.5%,10% y 12.5%) nos dan como resultado para esta investigación que se alcanza mejor resistencia a la compresión con concreto poroso con agregado fino.

- De los resultados obtenidos en la tabla 42 tanto de concreto poroso con fibra de vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%) con la resistencia promedio de $f'c$ =177.98 Kg/cm2 , así como el concreto poroso con agregado fino (7.5%,10% y 12.5%) con la resistencia promedio de $f'c$ =188.19 Kg/cm2, podemos decir que ambos superan en promedio la resistencia a la compresión de $f'c$ =175 Kg/cm2 pero no llegan a superar la resistencia a la compresión de $f'c$ =210 Kg/cm2. De aquí podemos decir que ambos de forma particular tanto de concreto poroso con fibra de vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%), así como el concreto poroso con agregado fino (7.5%,10% y 12.5%) en sus resultados han ido demostrando que van incrementando su resistencia a la compresión a medida que van incrementando sus porcentajes. El requisito mínimo de resistencia para los pavimentos especiales descritos en la norma C.E 010 Pavimentos Urbanos es de $f'c$ =175 Kg/cm2 , entonces se concluye que se podrían utilizar ambos concretos porosos en el diseño de pavimentos especiales.

- Las resistencias a la compresión promedios obtenidas a los 28 días de curado son: concreto poroso con fibra de vidrio,$f'c$ =177.98 Kg/cm2 que es el 94.57%, de la resistencia a la compresión de concreto poroso con agregado fino $f'c$ =188.19 Kg/cm2 que es el 100%.

Análisis comparativo de la Permeabilidad

Para recurrir al análisis partiremos de la obtención de la conclusión de la prueba de hipótesis para la permeabilidad del concreto poroso, este menciona lo siguiente: Se concluye que la permeabilidad promedio de las probetas de concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no se reduce comparado con las probetas de concreto poroso con el uso de agregado fino.

- De acuerdo a la conclusión de esta prueba de hipótesis, podemos comparar los resultados obtenidos en la tabla 43 tanto de concreto poroso

con fibra de vidrio con el coeficiente de permeabilidad promedio de k = 1.15 cm/s, así como el concreto poroso con agregado fino con el coeficiente de permeabilidad promedio de k = 0.99 cm/s y decir que efectivamente la permeabilidad del concreto poroso con fibra de vidrio no se reduce comparado con el concreto poroso con agregado fino.

- Entonces de los resultados de la tabla 43 podemos decir también que se alcanza mejor permeabilidad con concreto poroso con fibra de vidrio en comparación con concreto poroso con agregado fino. De esto podemos concluir que los porcentajes utilizados tanto para la fibra de vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%) como para el agregado fino (7.5%,10% y 12.5%) nos dan como resultado para esta investigación que se alcanza mejor permeabilidad con concreto poroso con fibra de vidrio.

- De los resultados obtenidos en la tabla 43 tanto de concreto poroso con fibra de vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%) con el coeficiente de permeabilidad promedio de k = 1.15 cm/s, así como el concreto poroso con agregado fino (7.5%,10% y 12.5%) con el coeficiente de permeabilidad promedio de k = 0.99 cm/s, podemos decir que ambos se encuentran dentro del rango promedio de coeficiente de permeabilidad establecido por la norma ACI 522R-10, que está entre k = 0.14 cm/s a k = 1.22 cm/s. De aquí podemos decir que ambos de forma particular tanto de concreto poroso con fibra de vidrio (0.025%,0.075% y 0.125%), así como el concreto poroso con agregado fino (7.5%,10% y 12.5%) en sus resultados han ido demostrando que van reduciendo su permeabilidad a medida que van incrementando sus porcentajes.

- Los coeficientes de permeabilidad promedios obtenidas a los 28 días de curado son: concreto poroso con agregado fino, k =0.99 cm/s que es el 86.09%, del coeficiente de permeabilidad de concreto poroso con fibra de vidrio, k =1.15 cm/s que es el 100%.

CONCLUSIONES

De la prueba de hipótesis de permeabilidad a los 28 días del concreto poroso adicionado con fibras de vidrio con respecto al concreto poroso adicionado con agregado fino, se concluye que la resistencia a la compresión promedio de las probetas de concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no incrementa comparado con las probetas de concreto poroso con el uso de agregado fino; lo que permitió rechazar la hipótesis H_0 y aceptar la hipótesis alterna H_1.

Se concluye para esta investigación, que se alcanza mayor resistencia a la compresión con el concreto poroso con agregado fino en comparación con el concreto poroso con fibra de vidrio. Teniendo como porcentajes utilizados en el concreto poroso tanto para la fibra de vidrio de (0.025%,0.075% y 0.125%) como para el agregado fino de (7.5%,10% y 12.5%). Se concluye que se podrían utilizar ambos concretos porosos en el diseño de pavimentos especiales.

De la prueba de hipótesis de permeabilidad a los 28 días del concreto poroso adicionado con fibras de vidrio con respecto al concreto poroso adicionado con agregado fino, Se concluye que la permeabilidad promedio de las probetas de concreto poroso con el uso de fibra de vidrio no se reduce comparado con las probetas de concreto poroso con el uso de agregado fino; lo que permitió rechazar la hipótesis H_0 y aceptar la hipótesis alterna H_1.

Se concluye para esta investigación, que se alcanza mejor permeabilidad con el concreto poroso con fibra de vidrio en comparación con el concreto poroso con agregado fino. Teniendo como porcentajes utilizados en el concreto poroso tanto para la fibra de vidrio de (0.025%,0.075% y 0.125%) como para el agregado fino de (7.5%,10% y 12.5%).

.

Se concluye que para la resistencia a la compresión del concreto poroso adicionada fibra de vidrio con porcentajes de 0.025%,0.075% y 0.125%, se obtiene mejores resultados de resistencia a la compresión con el porcentaje de

fibra de vidrio de 0.125%, esto debido que en esta investigación de acuerdo a los resultados de la tabla 34, se cumple que a mayor porcentaje de fibra de vidrio mayor resistencia a la compresión se obtiene, en comparación de sus porcentajes.

Se concluye que para el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso adicionada fibra de vidrio con porcentajes de 0.025%,0.075% y 0.125%, se obtiene mejores resultados de permeabilidad con el porcentaje de fibra de vidrio de 0.025%, esto debido que en esta investigación de acuerdo a los resultados de la tabla 36, se cumple que a mayor porcentaje de fibra de vidrio menor es la permeabilidad que se obtiene, en comparación de sus porcentajes.

Se concluye que para la resistencia a la compresión del concreto poroso adicionado agregado fino con porcentajes de 7.5%,10% y 12.5%, se obtiene mejores resultados de resistencia a la compresión con el porcentaje de agregado fino de 12.5%, esto debido que en esta investigación de acuerdo a los resultados de la tabla 35, se cumple que a mayor porcentaje de agregado fino mayor resistencia a la compresión se obtiene, en comparación de sus porcentajes.

Se concluye que para el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso adicionado agregado fino con porcentajes de 7.5%,10% y 12.5%, se obtiene mejores resultados de permeabilidad con el porcentaje de agregado fino de 7.5%, esto debido que en esta investigación de acuerdo a los resultados de la tabla 37, se cumple que a mayor porcentaje de agregado fino menor es la permeabilidad que se obtiene, en comparación de sus porcentajes.

Se concluye que la resistencia a la compresión promedio del concreto poroso con fibra de vidrio es el 94.57% respecto de la resistencia a la compresión promedio del concreto poroso con agregado fino. También se concluye que el coeficiente de permeabilidad promedio del concreto poroso con agregado fino es el 86.09% respecto del coeficiente de permeabilidad promedio del concreto poroso con fibra de vidrio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer ensayos de prueba para verificar si se cumple con el slump cero para el concreto poroso.

Se recomienda que para la obtener mayor resistencia a la compresión se puede modificar como dato la relación agua cemento o el porcentaje de pasta.

Se recomienda para el diseño de mezcla hacer variar únicamente un solo un dato y no dos datos a la vez, es decir si vas a modificar la relación agua cemento o modificar el porcentaje de pasta. Solo una a la vez porque modificar estos dos datos no se puede predecir que dato hizo que incrementara la resistencia a la compresión.

Se recomienda realizar ensayos de prueba para verificar su resistencia a la compresión a los 7 días, para poder predecir que resistencia obtener a los 28 días, aunque el comportamiento del concreto poroso es difícil de predecir en cuanto a su resistencia, para esto tener las consideraciones de los datos asumidos.

Se recomienda realizar ensayos de prueba para verificar que los datos asumidos cumplan con las expectativas de los resultados a obtener.

Para que en las investigaciones no se vea afectado por variables extrañas se recomienda contar con mano de obra calificada para la elaboración y ensayos de laboratorio.

Se recomienda utilizar el martillo proctor para la compactación del concreto poroso.

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

- Se recomienda realizar investigaciones elevando los porcentajes de fibra de vidrio y agregado fino, que conlleven a obtener una mayor resistencia a la compresión, cuidando siempre que la permeabilidad del concreto poroso este en el rango establecido.

- Se recomienda el estudio de concreto poroso con agregado fino, para uso en pavimentos de las calles de la ciudad de Huánuco.

BIBLIOGRAFÍA

ACI 522R (2010). Pervious Concrete. American Concrete Institute. Farmington Hills, Mich.

ACI 211.3R. (2002). Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete. American Concrete Institute.

ASTM C1754 / C1754M. (2012). Standard Test Method for Density and Void Content of Hardened Pervious Concrete. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, U.S.A

MTC (2016). Manual de ensayo de materiales. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú

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

Jose Mauricio, P. M. (2017). Metodologia de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad. Trabajo de graduación, Facultad de Ingenieria, Universidad de San Carlos de Guatemala, Costa Rica.

Fernández, J. y Navas, A. (2010). Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad (tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Moujir, Y. y Castañeda, L. (2014). Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia.

Guizado, A. y Curi, E. (2017). 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 de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Afá Saldaña, Y. S., & Loyola Carrascal, M. F. (2016). Influencia del porcentaje en peso de fibra de vidrio AR y aditivo plastificante COPREPLAST 102, sobre la resistencia a la flexión en paneles de concreto reforzado con fibra de vidrio (GCR). Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, Trujillo.

Porras, M. (2017). Proyecto: "Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad".

Sánchez, H. (2006), Metodología y diseño de la investigación científica. Lima, Perú. Visión universitaria.

Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2008), Análisis y diseño de experimentos. Guadalajara, México. Mc Graw Hill.

García Chambilla, B. F. (2017). Efecto De La Fibra De Vidrio En Las Propiedades Mecánicas Del Concreto F´c=210 Kg/Cm2 En La Ciudad De Puno.

SENCICO. (2010). Norma CE.010 Pavimentos Urbanos.Lima,13 de enero.

Sanchez Abanto, H. M. (2017). Permeabilidad y resistencia a compresión del concreto permeable con tres porcentajes de fibra de vidrio.

Borja, M. (2012). Metodología de la Investigación Científica para ingenieros. (Perú)

Ghafoori, N., & Dutta, S. (1995). Development of No-Fines Concrete Pavement Applications. American Society of Civil Engineers

N. Neithalath, J. Weiss and J. Olek (2005), "Modeling the effects of pore structure on the acoustic absorption of Enhanced Porosity Concrete," Journal of Advanced Concrete Technology, Japan Concrete Institute, Vol.3, No.1.

García,S (2011). Revista Iberoamericana de Polimeros.

Morales, O. (2008). Fibra de Vidrio, Pruebas y Aplicaciones. (México)

Follis, M., Lubari, J., Nicolai, M. & Pepe, O., 2010. http://www.fceia.unr.edu.ar/. [En línea] Available at: http://www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/Monografias/02.02.01-Hormigon%20con%20fibra%20de%20vidrio.pdf

Olivares S., Galán C. y Roa J. (2003). "Los composites: características y aplicaciones en la edificación". Informes de la Construcción, vol. 54, nº 484.

Muñoz C. J. 2007. Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio. Tesis de grado. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Navas, A. & Fernández, R. (2011). Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Rivva, E. (2014). Materiales para el concreto. Lima: 2ª Edición, Editorial ICG.

Subramanian, N. (2009). Concreto permeable - un material ecológico que contribuye al ahorro de los recursos hídricos, frente a la escases de agua. Recuperado de: http://www.asocem.org.pe/web/_infor_esp/Informe%20Especial_julio09.pdf

Recuperado de: http://riem.facmed.unam.mx/node/132

Recuperado de:

https://studylib.es/doc/4680020/tabla-de-valores-cr%C3%ADticos-de-la-distribuci2%C3%B3n-t-de-student

Recuperado de:

httpswww.regarsa.comdocsficha-tecnica-mat-200550.pdf

ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

"Año de la Lucha Contra la Corrupción e Impunidad"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los veinticinco días del mes de julio del 2019, siendo las 03:30pm, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N° 395-2019-UNHEVAL-FICA-D y la Resolución N° 413-2019-UNHEVAL-FICA de fecha 24.JUL.2019, en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de Tesis titulada "***ANALISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE CONCRETO POROSO ADICIONADO CON FIBRAS DE VIDRIO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE HUANCACHUPA CON RESPECTO A UN CONCRETO POROSO DE AGREGADO FINO – HUANUCO 2018***", para optar el Título de Ingeniero Civil de **Dayvis Clark ESCALANTE SERRANO.**

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

Miembros del Jurado Declararon: Aprobado ....con la nota de : dieciseis (16) .....

Con el calificativo de :.....Bueno.....

Dándose por concluido dicho acto a las:.....5:30 pm.....del mismo día...25-07-2019

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....

.....

Dra. Ana Maria MATOS RAMIREZ
PRESIDENTE

Ing. Jorge ZEVALLOS HUARANGA
SECRETARIO

Mba. Carlos CORDOVA FACUNDO
VOCAL

c.c
Archivo.

Av. Universitaria 601-607
Pabellón VI, Piso 1
51 (062)591079-ANEX. 0601
Huánuco, Perú

ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

1. **IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)**

Apellidos y Nombres: ESCALANTE SERRANO, DAYVIS CLARK

DNI: 45474653 Correo electrónico: dclark1611@gmail.com

Teléfonos: Casa_____ Celular 963684325 Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa_____ Celular _____ Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa_____ Celular _____ Oficina _____

2. **IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS**

Pregrado
Facultad de: INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
E. P. : INGENIERIA CIVIL

Título Profesional obtenido:

INGENIERO CIVIL

Título de la tesis:

ANALISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE CONCRETO POROSO ADICIONADO CON FIBRAS DE VIDRIO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE HUANCACHUPA CON RESPECTO A UN CONCRETO POROSO DE AGREGADO FINO – HUANUCO 2018.

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
X	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web **repositorio.unheval.edu.pe**, por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

( ) 1 año
( ) 2 años
( ) 3 años
( ) 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma: 31 DE JULIO 2019

Firma del autor y/o autores: