



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES
DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO
PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Kenhy Johel Villanueva Quispe

Asesor:

Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres Antero y Mónica, por brindarme su apoyo incondicional en mi formación como persona y profesional. Siendo ellos mi motor y motivo para seguir adelante y superar los obstáculos que se presenten en el camino para lograr que se sientan orgullosos de mi persona.

A mis Hermanos Nicol, Arnold, Quevin, Denis, Jonathan y Saidy quienes son parte importante en mi vida, compartiendo malos y buenos momentos.

A mi tío, respetado como papá, Yoni Quispe Rojas, por el cariño, los ánimos y consejos brindados a lo largo de mi formación como persona y profesional, recordando siempre su esencia alegre, donde sea que él estaba no faltaba una sonrisa y ahora está en la gloria de Dios padre todo poderoso.

A mis compañeros, por los consejos y apoyo en momentos complicados con el objetivo de culminar la carrera profesional de la mejor manera.

Al programa de becas PRONABEC, por brindarme la oportunidad de hacer realidad uno de mis sueños que es poder estudiar una carrera universitaria y así poder lograr obtener el grado de Ingeniero Civil.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la vida y salud, además, por guiarme en los momentos complicados siendo mi fortaleza para afrontar los obstáculos en el trayecto de mi vida personal y universitaria.

Seguidamente agradezco a mis padres **Santos Antero Villanueva Reyna y Flor Mónica Quispe Rojas** por la educación obtenida en el hogar, haciendo de mí una mejor persona para afrontar la vida. También, por su amor, consejos, palabras de motivación y su apoyo incondicional. A cada uno de mis Hermanos **Nicol, Arnold, Quevin, Denis, Jonathan y Saily** por ser parte importante en mi vida y apoyarme con consejos, económicamente, motivando, creer en mí y su cariño.

Al Programa **PRONABEC**, por brindarme la gran oportunidad de realizar mis estudios superiores y de esa manera culminar mi carrera profesional.

A cada uno de los docentes que fueron partícipes en el trayecto de la carrera profesional. Al asesor Ing. Wiston Henry Azañedo Medina por guiarme en la elaboración del presente trabajo. Finalmente agradezco a cada uno de mis compañeros por los diferentes retos que afrontamos y las muchas anécdotas que vivimos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA..... | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | 4 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 6 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 8 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | 9 |
| RESUMEN | 10 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN..... | 11 |
| 1.1. Realidad problemática..... | 11 |
| 1.1.1. Antecedentes de la investigación..... | 17 |
| 1.1.2. Bases teóricas: | 24 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 41 |
| 1.3. Objetivos..... | 41 |
| 1.4. Hipótesis | 42 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA..... | 43 |
| 2.1. Operacionalización de variables:..... | 43 |
| 2.2. Tipo de investigación..... | 44 |
| 2.3. Población y muestra | 45 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos..... | 48 |
| 2.5. Procedimiento | 51 |
| 2.6. Desarrollo de tesis: | 53 |
| 2.6.1. Adquisición de materia prima | 53 |
| 2.6.2. Características de los agregados:..... | 53 |
| 2.6.2.1. Análisis Granulométrico del agregado Grueso (ASTM C 136) | 53 |
| 2.6.2.2. Análisis Granulométrico del agregado Fino (ASTM C 136)..... | 54 |
| 2.6.2.3. Peso específico y capacidad de absorción del agregado Grueso (ASTM C127) | 55 |
| 2.6.2.4. Peso específico y capacidad de absorción del agregado Fino (ASTM C128)..... | 56 |
| 2.6.2.5. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino (ASTM C29)..... | 58 |
| 2.6.2.6. Contenido de Humedad del agregado Grueso y fino (ASTM C566)..... | 59 |
| 2.6.3. Diseño de mezcla | 60 |
| 2.6.3.1. Materiales:..... | 60 |
| 2.6.3.2. Diseño de mezcla permeable:..... | 61 |
| 2.6.3.3. Ensayos realizados al concreto permeable en estado endurecido | 84 |
| 2.6.3.3.1. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos (ASTM C39)..... | 84 |
| 2.6.3.3.2. Resistencia a la flexión de vigas (ASTM C78) | 85 |
| 2.6.3.3.3. Permeabilidad (ACI 522R-10) | 88 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO III. RESULTADOS..... | 91 |
| 3.1 Caracterización del Agregado Fino..... | 91 |
| 3.2 Caracterización del Agregado Grueso..... | 92 |
| 3.3 Diseño de mezcla para concreto permeable..... | 93 |
| 3.4 Ensayos del concreto en estado endurecido: | 94 |
| 3.5 Costo para el concreto permeable: | 99 |
| 3.6 Análisis de datos:..... | 102 |
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 106 |
| 4.1 Discusión..... | 106 |
| 4.2 Conclusiones..... | 120 |
| 4.3 Recomendaciones | 123 |
| REFERENCIAS | 124 |
| ANEXOS | 130 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabla 1 | Requisitos que debe cumplir el análisis granulométrico | 28 |
| Tabla 2 | Requerimiento de Granulometría del Agregado Grueso..... | 30 |
| Tabla 3 | Rangos típicos de proporciones de materiales en concreto permeable | 32 |
| Tabla 4 | Propiedades Típicas del concreto permeable | 38 |
| Tabla 5 | Operacionalización de variable Dependientes. | 43 |
| Tabla 6 | Operacionalización de la variable Independiente en estudio. | 44 |
| Tabla 7 | Distribución de las probetas a realizar | 47 |
| Tabla 8 | Formato para ensayo análisis granulométrico A. Grueso | 53 |
| Tabla 9 | Formato para el ensayo de análisis granulométrico de A. Fino | 54 |
| Tabla 10 | Formato para ensayar el peso específico y absorción de A. Grueso | 56 |
| Tabla 11 | Valor mínimo en peso específico y capacidad de absorción | 56 |
| Tabla 12 | Formato para ensayo de peso específico y absorción de A. Fino..... | 58 |
| Tabla 13 | Formato para el ensayo de peso unitario del Agregado Grueso y Fino | 59 |
| Tabla 14 | Formato para ensayo de contenido de Humedad | 60 |
| Tabla 15 | Propiedades del agregado empleados para el diseño..... | 62 |
| Tabla 16 | Volúmenes Absolutos de Diseño N°1 | 68 |
| Tabla 17 | Datos para corrección de Humedad y Absorción de diseño N°1 | 68 |
| Tabla 18 | Correcciones del agregado por Humedad | 69 |
| Tabla 19 | Valores de diseño de Mezcla N°1 | 69 |
| Tabla 20 | Volúmenes Absolutos de Diseño N°2 | 72 |
| Tabla 21 | Datos para corrección de Humedad y Absorción de diseño N°2 | 73 |
| Tabla 22 | Pesos corregidos por Humedad del Diseño N°2 | 74 |
| Tabla 23 | Valores de diseño de Mezcla N°2..... | 74 |
| Tabla 24 | Volúmenes Absolutos de Diseño N°3 | 77 |
| Tabla 25 | Datos para corrección de Humedad y Absorción de diseño N°3 | 77 |
| Tabla 26 | Pesos corregidos por Humedad del Diseño N°3 | 78 |
| Tabla 27 | Valores de diseño de Mezcla N°3..... | 79 |
| Tabla 28 | Volúmenes Absolutos de Diseño N°4 | 82 |
| Tabla 29 | Datos para corrección de Humedad y Absorción de diseño N°4 | 82 |
| Tabla 30 | Pesos corregidos por Humedad del Diseño N°4 | 83 |
| Tabla 31 | Valores de diseño de Mezcla N°4..... | 83 |
| Tabla 32 | Ensayo de Resistencia a la compresión | 85 |
| Tabla 33 | Ensayo de resistencia a la flexión..... | 88 |
| Tabla 34 | Coefficiente de Permeabilidad..... | 90 |
| Tabla 35 | Características físicas del agregado fino | 91 |
| Tabla 36 | Características físicas del agregado grueso | 92 |
| Tabla 37 | Criterios de diseño en tres dosificaciones de concreto permeable | 93 |
| Tabla 38 | Resumen de Pesos por m ³ en los cuatro diseños de mezclas de concreto permeable ... | 93 |
| Tabla 39 | Resumen de Proporción en volumen de los cuatro diseños de mezclas de concreto permeable..... | 94 |
| Tabla 40 | Resistencia de compresión a los 28 días de curado con 0% de agregado fino | 94 |
| Tabla 41 | Resistencia de compresión a los 28 días de curado con 5% de agregado fino | 95 |
| Tabla 42 | Resistencia de compresión a los 28 días de curado con 10% de agregado fino | 95 |
| Tabla 43 | Resistencia de compresión a los 28 días de curado con 15% de agregado fino | 95 |
| Tabla 44 | Resistencia a la Flexión a los 28 días con 0% de AF | 96 |
| Tabla 45 | Resistencia a la Flexión a los 28 días con 5% de AF | 96 |
| Tabla 46 | Resistencia a la Flexión a los 28 días con 10% de AF | 97 |
| Tabla 47 | Resistencia a la Flexión a los 28 días con 15% de AF | 97 |
| Tabla 48 | Permeabilidad del concreto con uso del 0 % de A. Fino..... | 98 |
| Tabla 49 | Permeabilidad del concreto con uso del 5 % de A. Fino..... | 98 |
| Tabla 50 | Permeabilidad del concreto con uso del 10 % de A. Fino..... | 98 |
| Tabla 51 | Permeabilidad del concreto con uso del 15 % de A. Fino..... | 99 |
| Tabla 52 | Cotización de materiales para elaborar concreto permeable. | 99 |
| Tabla 53 | Costo de m ³ de concreto permeable con adición de agregado fino de 0% | 100 |
| Tabla 54 | Costo de m ³ de concreto permeable con adición de agregado fino de 5%..... | 101 |
| Tabla 55 | Costo de m ³ de concreto permeable con adición de agregado fino de 10%..... | 101 |
| Tabla 56 | Costo de m ³ de concreto permeable con adición de agregado fino de 15%..... | 101 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 57 Datos para analizar con el programa SPSS de la resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad..... | 102 |
| Tabla 58 Datos para analizar con el programa SPSS de la resistencia a la Flexión..... | 103 |
| Tabla 59 Normalidad de los datos de Resistencia a la compresión..... | 103 |
| Tabla 60 Normalidad de los datos de Resistencia a la flexión | 104 |
| Tabla 61 Normalidad de los datos de Permeabilidad..... | 104 |
| Tabla 62 Análisis de varianza (ANOVA)..... | 105 |
| Tabla 63 Recolección de información a través del instrumento Análisis documental..... | 158 |
| Tabla 64 Análisis granulométrico de agregado Grueso..... | 159 |
| Tabla 65 Análisis granulométrico de agregado Fino. | 159 |
| Tabla 66 Peso específico y absorción de agregado grueso | 160 |
| Tabla 67 Peso específico y absorción de agregado Fino..... | 160 |
| Tabla 68 Peso unitario del agregado Grueso. | 161 |
| Tabla 69 Peso unitario del agregado Fino..... | 162 |
| Tabla 70 Contenido de Humedad agregado grueso | 162 |
| Tabla 71 Contenido de Humedad agregado grueso | 162 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Figura. 1 | Permeabilidad en un concreto permeable | 25 |
| Figura. 2. | Permeámetro de carga variable para medir la permeabilidad | 35 |
| Figura. 3 | Variación de resistencias típicas para relaciones agua cemento de concreto de cemento portland basado en más de 100 diferentes mezclas de concreto moldeadas entre 1985 1999 | 37 |
| Figura. 4 | Formas y dimensiones de las probetas según norma ISO1920 | 45 |
| Figura. 5 | Procedimiento experimental para la recolección de datos | 52 |
| Figura. 6 | Propiedades físicas del cemento Portland Tipo MS..... | 61 |
| Figura. 7 | Elección de % de vacíos para el diseño de mezcla según la resistencia a la compresión 210kg/cm ² , N° 67. | 63 |
| Figura. 8 | Determinación del Contenido de pasta con relación al contenido de vacíos. | 64 |
| Figura. 9 | Determinación del valor efectivos b/bo..... | 65 |
| Figura. 10 | Curva granulométrica del agregado fino en tres muestras. | 91 |
| Figura. 11 | Curva granulométrica del agregado Grueso en tres muestras. | 92 |
| Figura. 12 | Resistencia a la compresión a la edad de 28 días..... | 106 |
| Figura. 13 | Resistencia a la flexión del concretos permeable a los 28 días de curado | 109 |
| Figura. 14 | Módulo de rotura comparado con el RNE..... | 111 |
| Figura. 15 | Comparación de la resistencia a la compresión y flexión..... | 112 |
| Figura. 16 | Relación entre fuerza a la compresión y flexión de un concreto permeable. | 113 |
| Figura. 17 | Coefficientes de permeabilidad del concreto permeable..... | 114 |
| Figura. 18 | Relación entre propiedades mecánica e hidráulicas del concreto permeable..... | 116 |
| Figura. 19 | Costo del concreto permeable con distintos porcentajes de agregado fino | 118 |
| Figura. 20 | Validación por un experto de los instrumentos de recolección de datos para la variable Porcentajes de agregado Fino..... | 130 |
| Figura. 21 | Validación por un experto de los instrumentos de recolección de datos para la variable Propiedades Mecánicas e Hidráulicas. | 131 |
| Figura. 22 | Solicitud para usar laboratorio de la Universidad..... | 132 |
| Figura. 23 | Solicitud para uso de laboratorio de concreto UPN | 132 |
| Figura. 24 | Datos Obtenidos del ensayo Análisis Granulométrico de los agregados N°1 | 133 |
| Figura. 25 | Datos Obtenidos del ensayo Análisis Granulométrico de los agregados N°2 | 134 |
| Figura. 26 | Datos Obtenidos del ensayo Análisis Granulométrico de los agregados N°3 | 135 |
| Figura. 27 | Datos Obtenidos del ensayo Peso Específico y absorción de los agregados | 136 |
| Figura. 28 | Datos Obtenidos del ensayo Peso Unitario de los agregados..... | 137 |
| Figura. 29 | Datos Obtenidos del ensayo Contenido de Humedad de los agregados..... | 138 |
| Figura. 30 | Datos Obtenidos en resistencia a la compresión – Laboratorio UPN. | 139 |
| Figura. 31 | Datos Obtenidos en resistencia a la Flexión – Laboratorio UPN. | 140 |
| Figura. 32 | Datos Obtenidos de Permeabilidad– Laboratorio UPN | 141 |
| Figura. 33 | Análisis granulométrico del agregado grueso (cuarteo y tamizado) | 142 |
| Figura. 34 | Cuarteo y tamizado de agregado para el concreto permeable. | 142 |
| Figura. 35 | Análisis granulométrico del agregado Fino (cuarteo y tamizado) | 142 |
| Figura. 36 | Ensayo de contenido de Humedad del agregado Grueso y Fino. | 143 |
| Figura. 37 | Ensayo de peso unitario del agregado Grueso y Fino. | 143 |
| Figura. 38 | Ensayo de Peso Específico y Capacidad de absorción del agregado Grueso..... | 144 |
| Figura. 39 | Ensayo de Peso Específico y Capacidad de absorción del agregado Fino. | 144 |
| Figura. 40 | Ensayo de peso específico y capacidad de absorción del (agregado fino y grueso) .. | 144 |
| Figura. 41 | Mezcla de los materiales para el concreto permeable | 145 |
| Figura. 42 | Elaboración de Probetas cilíndricas y vigas de concreto permeable..... | 145 |
| Figura. 43 | Testigos cubiertos con plástico para no perder Humedad. | 146 |
| Figura. 44 | Desencofrado de Probetas cilíndricas y Vigas a los 28 días de curado..... | 146 |
| Figura. 45 | Curado del concreto permeable de las probetas para Compresión, Flexión y permeabilidad. | 147 |
| Figura. 46 | Probetas a los 28 días de curado con adición de agregado fino de %0 y 15%..... | 147 |
| Figura. 47 | Probetas a los 28 días de curado con adición de agregado fino de %5 y 10%..... | 148 |
| Figura. 48 | Ensayo de Resistencia a la compresión y Flexión del concreto permeable. | 148 |
| Figura. 49 | Elaboración del equipo Permeámetro de carga variable..... | 149 |
| Figura. 50 | Probetas y equipo para el ensayo de permeabilidad. | 149 |
| Figura. 51 | Ejecución del ensayo de permeabilidad. | 150 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1 Ley de Darcy | 35 |
| Ecuación 2. Estimación de muestra | 46 |
| Ecuación 3 Módulo de Finura..... | 54 |
| Ecuación 4 Peso del agregado grueso por m ³ | 65 |
| Ecuación 5 Volumen de pasta..... | 67 |
| Ecuación 6 Adición de agua por A.G..... | 68 |
| Ecuación 7 Adición de agua por A.F..... | 69 |
| Ecuación 8. Módulo de rotura para falla en tercio medio..... | 87 |
| Ecuación 9. Módulo de rotura para falla fuera del tercio medio | 87 |

RESUMEN

La presente investigación se realizó en Trujillo, en la Universidad privada del Norte, donde se determinó la influencia de los diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, para la realización de la tesis se utilizó un diseño experimental, cuasi experimental, el muestreo fue probabilístico, la recolección de datos se realizó con la técnica de la observación y análisis documental, el instrumento utilizado fue la guía de observación, para analizar los datos se utilizó la inferencia estadística, el problema es que en Trujillo hay deficiencias para evacuar las aguas pluviales al no tener un buen sistema de drenaje y esto ocasiona el riesgo de pérdidas humanas y materiales en épocas de lluvia por ello es que se propone un pavimento permeable, los resultados que se obtuvo se encuentran los rangos del ACI 522R donde al usar un 15% de agregado fino en la mezcla de concreto se obtiene una resistencia a la flexión de 32.50 kg/cm² la cual es adecuada para ser usado en pavimentos especiales. Se logró determinar la influencia de los porcentajes del agregado fino en la cual con 15% se obtiene mejores propiedades mecánicas, pero disminuye su propiedad Hidráulica de permeabilidad.

Palabras clave: Permeabilidad, agregado fino, pavimento permeable, ACI 522 R-10.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

GLOBAL:

En las últimas décadas el sector la construcción ha cobrado mucha importancia en el desarrollo de las naciones y también es una de las actividades que genera gran impacto ambiental. En la actualidad, las ciudades se caracterizan por estar conformadas de grandes extensiones con superficies impermeables lo que produce la alteración del ciclo natural del agua, el aumento de temperatura y la acumulación de agua en las superficies (Aoki, 2009).

Los primeros usos significativos del concreto permeable se dio en Europa en el siglo XIX en países como Francia, Inglaterra y Alemania. Además, sus aplicaciones aumentaron después de la segunda guerra mundial debido a que se necesitaba reconstruir edificaciones y carreteras con escasos recursos y con bajo costo. Entonces, se empezó a trabajar con un concreto que excluía los finos de la mezcla, la cual permitía reducir contenidos de cemento y reciclar escombros. (Fernández & Navas, 2011).

En China, el uso de concreto permeable se evidenció en la colocación de 2.7 millones de metros cuadrados de este concreto especial, teniendo un fin decorativo para los juegos olímpicos de Beijing en el año 2008. Así también, Japón le dio una aplicación en la construcción de superficies para el tránsito vehicular y peatonal incluyendo también su uso para estabilizar la vegetación en los márgenes de los ríos. En Australia el concepto de concreto permeable es un elemento importante en el Diseño Urbano

Sostenible al Agua (WSUD) con el fin de mejorar la calidad y cantidad del agua. (Aoki, 2009).

En América, uno de los países con grandes avances en concreto permeable es Estados Unidos siendo así que su aplicación se dio en la década de 1970 debido al aumento de las precipitaciones pluviales que eran ocasionadas por la impermeabilización del suelo al haber mayor crecimiento urbanístico. Es por ello se empezó a utilizar el material poroso para transformar la escorrentía superficial en infiltración, dándole usos comunes en aceras, estacionamientos, canchas de tenis, ciclovías, etc. (Fernández & Navas, 2011).

El concreto permeable es muy conocido en Europa a diferencia de América del Sur el cual ha sido muy limitado. Siendo una razón que América del Sur después de la segunda guerra mundial no experimento escases de materiales a comparación de Europa.

De tal modo, durante los últimos años el tema de concreto permeable a cobrado mayor interés debido a los beneficios que ofrece, como mejorar el manejo de aguas pluviales en pavimentos. Sin embargo, en el Perú es un tema no muy conocido y a la vez poco aplicable por falta de investigaciones.

Por otro lado, el Perú tiene mucha demanda en la construcción de carreteras. Pero sus sistemas de drenaje son nefastos. La cual se evidencio el 2017 con el Fenómeno del Niño (FEN). Aurazo (2017) a través del periódico el Comercio informo que, en Trujillo del año 2017, se presentaron siete huacos provocados por el desborde de las

quebradas León y San Carlos, afectando a un total de 201.366 personas y 3.875 viviendas colapsadas en la ciudad de Trujillo. Lo antes mencionado indica que el Perú presenta deficiencias para evacuar sus aguas pluviales.

En cuanto, a la normatividad, el ACI 522R-10 establece las consideraciones que debe tener un concreto permeable, la cual sirve de principal guía en el diseño de este tipo de concreto especial.

MACRO

Laguna (2017) manifiesta que la permeabilidad es directamente proporcional al porcentaje de vacíos, por medio de ensayos en permeabilidad en concreto poroso, donde obtuvo resultados de 0.478 a 0.919 cm/s los cuales superaron los rangos del PCA y ACI. Además, la mezcla más permeable se obtuvo con la relación agua-cemento 0.35 y 25% de vacíos. Así también, afirma que la permeabilidad con relación al porcentaje de vacíos es inversamente proporcional a la resistencia.

Añazco (2014), menciona que los aspectos de diseño que se debe tener en cuenta para un pavimento permeable son de gestionar ciertos eventos de precipitación y conjuntamente tiene que contribuir a la función de la estructura. Es por eso que el diseño hidrológico e hidráulico son importantes para considerar las etapas de análisis de factibilidad, un dimensionamiento de elementos principales, diseño de los elementos de detalle y gestión para casos de mucha precipitación. Además, en el diseño de la estructura sirve para el cálculo del espesor y las composiciones de las capas del pavimento, para que cumpla una adecuada función ante las cargas de tráfico.

Perez (2017) encontró que las mezclas de concreto permeable trabajadas con 15% y 20% de vacíos elaborados con agregados andesíticos cumplen con las propiedades tanto mecánicas como de permeabilidad suficientes para la utilización en pavimentos con tránsito ligero y también otras aplicaciones.

Carrasco (Citado por Añasco, 2014) menciona que los impactos que ocasionan las precipitaciones en zonas urbanas conjuntamente con la poca conciencia de las consecuencias en las cuencas, no permiten soluciones sustentables ya que las aguas lluvias son consideradas como desechos y no como una oportunidad de uso.

García (2011) menciona que los pavimentos permeables están conformados por la superficie permeable, la base, la sub – base, y el geotextil, siendo esta estructura la que permite circular el agua hasta la superficie natural. También, esta estructura tiene una capacidad portante adecuada, pero presenta problemas con la colmatación y degradación de los materiales.

De los estudios realizados, se puede decir que la permeabilidad en el concreto es viable para diferentes usos siendo uno de ellos la aplicación en un pavimento rígido con tránsito ligero y así de esta manera beneficiarse de esta característica en el manejo de aguas lluvia de manera sostenible.

El concreto permeable a generado un mayor interés en la industria de la construcción, a pesar de ser un tema poco explorado y aplicado en el Perú, hay algunas empresas que se especializan en la producción y comercialización de este concreto especial como la empresa peruana Unicon, la cual empezó a fabricar concreto permeable a

partir del año 2011 empleándolo en el revestimiento de tuberías de la planta de tratamiento de agua en Huachipa. Así también, la empresa mexicana Cemex, elabora concreto permeable para construcciones peruanas como losas, veredas, como la protección de erosión de finos en el suelo, protección de cimentaciones y/ tuberías enterradas (Perez, 2017).

MICRO

El uso de pavimentos impermeables genera problemas principalmente en la evacuación de aguas de lluvia y en las condiciones de escurrimiento de aguas abajo, generando que aumente el riesgo de aumentar inundaciones en las partes bajas de la población. Además, el agua pluvial también arrastra materiales sólidos y contaminantes encontrados en las calles, produciendo que el agua se contamine. (Castro y Solminihac, 2009)

El uso de sistemas de saneamiento convencionales, aun generan deficiencias lo cual se refleja mayormente en inundaciones y olores desagradables. Además, el aumento de la población y por ende el área de las ciudades provocan mayor impermeabilización e impiden el curso del agua en épocas de lluvia. (García, 2011). Por lo antes mencionado, juega un rol muy importante conocer sistemas constructivos para mitigar el problema de las precipitaciones pluviales de manera sostenible.

En la actualidad, las Naciones Unidas (2018) indicó que existe bastantes personas que se encuentran viviendo en las ciudades siendo un aproximado de 55% de la población mundial. Además, se proyecta que para el año 2050 aumentaran en un 13% los habitantes de las ciudades. De tal modo que el crecimiento de la población en zonas

urbanas requiere de estructuras que satisfagan a los nuevos habitantes. Además, los sistemas constructivos empleados en pavimentación generan impermeabilidad de los suelos evitando que el agua no discorra su trayecto natural, complicando más la situación al momento que se presenta mayor presencia de lluvias.

El aumento de la impermeabilización del suelo y las obsoletas infraestructuras de drenaje en zonas urbanas, son responsables de generar una serie de efectos negativos desde el punto de vista hidrológico, hidráulico y medioambiental sobre el propio sistema de drenaje urbano y los medios receptores finales. Por lo tanto, se requieren sistemas constructivos para mitigar el problema siendo una opción el uso de concreto permeable en el manejo de aguas pluviales.

NANO.

Se pretende estudiar el concreto permeable para analizar sus propiedades, teniendo en cuenta que este concreto usa poco a nada de finos, es por ello que se trabajará con diferentes porcentajes de agregado fino para analizar su comportamiento y la viabilidad de usarse en un pavimento rígido.

Es por ello que se busca resultados que indiquen la influencia que tiene el agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable a través de ensayos de laboratorio. Además, relacionar la sostenibilidad, la economía y la utilidad conociendo las ventajas y desventajas de este concreto especial en el Perú.

Esta investigación es importante para ampliar el conocimiento en cuanto a concretos permeables en el Perú, debido a que hay pocas investigaciones sobre esta nueva

tecnología de construcción muy usada en otros países, lo que genera falta de conocimiento sobre sus aplicaciones y ventajas.

1.1.1. Antecedentes de la investigación

“Determinación del grado de permeabilidad y evaluación de la resistencia a la colmatación, haciendo uso de aditivos de las marcas Sika y EUCO para la fabricación de concreto poroso en la ciudad de Arequipa”,

(Córdoba, 2016), Diseñar un concreto poroso para evaluar su grado permeabilidad y resistencia a la colmatación de finos, para que pueda ser aplicado en la construcción de pavimentos permeables de tránsito vehicular liviano. Se elaboró una losa experimental de concreto poroso para comprobar la permeabilidad obtenida con el mejor diseño de mezcla de todas las pruebas hechas de la cual se obtuvo una permeabilidad de 5.86mm/s, cabe mencionar la adición de aditivo plastificante y su contenido de vacíos de 15%. Además, para medir la permeabilidad utilizó el aparato de permeámetro de carga variable y trabajó con una losa con dimensiones de 2x2x0.10m la que se asienta sobre una subrasante y subbase de 15cm y 5cm respectivamente. También, menciona que el uso de aditivos para este tipo de concreto es muy útil para mejorar la trabajabilidad en estado fresco e incrementa la resistencia en estado endurecido, por otro lado, a mayor porcentaje de vacíos ocasiona menor resistencia. En cuestión de economía, el autor indica que el concreto poroso es menos costoso al convencional en base a su análisis de costos pudiendo así ahorrarse un 23.83% del costo. También, tiene poco mantenimiento y más vida útil. (p.279)

Esta investigación permitirá tener referencia de varios datos de dosificaciones y trabajar con rangos cercanos a la mejor mezcla, también la importancia de los aditivos

en el concreto poroso, la relación de los vacíos con la resistencia para determinar un porcentaje más favorable. Además, nos permite tener una proyección del costo de un concreto convencional con un concreto poroso y determinar su viabilidad en un pavimento rígido.

“Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú”

(Bustamante, 2017), Estudiar la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú, utiliza una relación de agua /cemento de 0.45, 0.5, 0.6 y 0.7 con cemento tipo I y aditivo plastificante, usa esas relaciones debido a que comúnmente se obtiene una alta resistencia y menor permeabilidad, los ensayos de permeabilidad los realiza bajo la Norma Europea EN 12390 -8:2000. Realizo 72 probetas cilíndricas. Además, se indica que a menor relación a/c, menor es la profundidad de penetración del agua bajo presión y que la porosidad influye en la permeabilidad de manera directamente proporcional (p.90).

Esta investigación permite tener una referencia la normativa utilizada para medir la permeabilidad así también saber la correlación de la relación agua cemento en la permeabilidad de un concreto.

“Comportamiento del concreto permeable, utilizando agregado de las canteras la victoria y roca fuerte, aumentando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2015”

(Cerdán, 2015), Determinar el comportamiento de concreto permeable utilizando agregados de las canteras La Victoria y Roca Fuerte aumentando diferentes

porcentajes de vacíos, Cajamarca 2015, elaboró 54 probetas a diferentes porcentajes de vacíos, estudiando las características físicas mecánicas de los agregados para luego poder diseñar a través de la normativa ACI 211 3R. Además, se indicó que el aumento de porcentaje de vacíos de 15%, 18%, 20%, y 23% en el concreto permeable disminuye la resistencia a la compresión 20.96%, 37.72%, 61.88% por otro lado aumenta la permeabilidad en 35.97%, 80.69% y 158.92% en determinada cantera. También, con el diseño de 15% de vacíos obtuvo una mayor resistencia de 155.02 kg/cm² y la mayor permeabilidad se obtuvo con un 23% de vacíos con un coeficiente de 38.03 mm/s. (p.95)

Esta investigación permite tener un enfoque sobre la relación de porcentaje de vacíos con la permeabilidad y los porcentajes empleados para obtener mejor resultado en resistencia y permeabilidad. Así mismo este estudio, nos brinda una guía preliminar para la caracterización de concreto y el método para de diseñar el mismo diferentes porcentajes de vacíos.

“Optimización del diseño de una mezcla de hormigón permeable a partir de tres distintas graduaciones.”

(Lasso, León & Rosero, 2016), Optimizar una mezcla de hormigón permeable, a partir de tres distintas graduaciones, utilizando agregados de las canteras de Pintag y San Antonio. La mezcla se diseñó en base a gradaciones de 3/8”, N°4 y N°8 utilizando agregados de distintas canteras, cemento tipo UG y aditivos para mejorar las características del concreto. También. caracterizó los agregados fino y grueso para luego diseñar el hormigón permeable según el ACI 522R. Además, concluye que al no usar agregado fino la mezcla pierde manejabilidad y que obtuvo una mejor

permeabilidad con relaciones agua/ cemento de 0.55 y 0.60 para cada cantera respectivamente, también con estas relaciones obtuvo una resistencia a la compresión adecuada. Por otro lado, la adición de aditivo superplastificante mejora las propiedades de concreto y en cuanto a permeabilidad tuvo una reducción mínima. En cuanto a la relación de resistencia a la compresión y tracción son indirectas. El autor indica que la permeabilidad depende de la cantidad de pastas y la relación agua/ cemento. Finalmente, menciona que el diseño más óptimo se obtiene con la gradación N°4, con una relación agua/cemento de 0.55, con la cual se logra una resistencia a la compresión de 24.6Mpa, con una permeabilidad de 1.8mm/s y presenta un porcentaje de vacíos de 9.46% y por último una densidad de 2053, 55 kg/m³. También recomienda utilizar agregados con mejores propiedades de densidad y alta resistencia mecánica (p.127).

Esta investigación permite tener un enfoque de la importancia de la granulometría del agregado en las propiedades concreto permeable, y que es recomendable utilizar agregado fino para obtener mejores resultados.

“Diseño de un pavimento en concreto poroso con adición de agregados de concreto reciclado para la construcción de un modelo a escala”

(Gallo & Posada, 2017), Diseñar un pavimento en concreto poroso con adición de agregados de concreto reciclado para la construcción de un modelo a escala, para ello se usó el método Mecanicista en el diseño en una muestra de 1.80x0.40x0.60m. Además, el pavimento está conformado por una subrasante tipo 1 de 10cm, base granular clase A de 18cm, un geotextil tipo Repav 450 saturado con emulsión asfáltica tipo CRR-1 y una losa de concreto poroso de 26 cm de espesor con adiciones de 0, 50

y 25 % de agregado reciclado. En cada tipo de mezcla realizó ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexotracción y permeabilidad. La investigación incluye la caracterización en base a Normas INVIAS y ASTM. Se obtuvo una mejor permeabilidad en la mezcla de 50% de agregado reciclado con un valor de 3.76mm/s en 33.84s, indicando que no era la eficiente para ser eficaz. Así también, señala que la relación de permeabilidad de concreto poroso y resistencia a la compresión con flexo tracción no son proporcionales (p.246).

Esta investigación permitirá tener un enfoque del comportamiento de un concreto poroso en un pavimento a escala, con las características de permeabilidad relacionadas a su resistencia mecánica, además la metodología para medir la permeabilidad en un concreto.

“Propiedades Mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos”

(Cardona, 2017), Analizar las propiedades de los agregados escogidos de la zona del distrito de Quito para la elaboración de hormigón permeable, para ello tubo en consideración factores como relación agua cemento, esfuerzo de compresión, granulometría, relación agregado cemento, tiempo de curado, otros. Realizando así, el análisis del agregado para luego hacer los las probetas cilíndricas y vigas, las mismas que fueron ensayadas en laboratorio. Además, utilizo tres tipos de cemento (C. Hidráulico, C. Puzolánico, C. Portland). Así también, obtuvo que en gran parte las muestras fallaron por fractura del agregado grueso y no por la rotura de la pasta cemento, en cuanto a resistencia las muestras con cemento Hidráulico fueron las más

altas, seguido por el cemento Portland. También, indica que la permeabilidad es inversa a la resistencia a la compresión (p.115).

Esta investigación permite conocer los factores que influye en un concreto permeable y tener un enfoque sobre las propiedades del agregado para la elaboración de este concreto especial, además contribuye a saber la relación que tiene al utilizar diferentes tipos de cemento.

Utilización de granulado de caucho reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamientos vehiculares

(González, 2017), Analizar la utilización de granulado de caucho reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamientos vehiculares, comparó el concreto permeable común con dos mezclas adicionadas con caucho triturado con porcentajes diferentes, centrándose en el comportamiento de resistencia a la compresión, flexión, permeabilidad. También, estudio la variación del peso unitario y porcentaje de vacíos. Además, concluye que la adición de caucho en cantidades adecuadas contribuye a un buen desempeño en la resistencia a la flexión. Así también, las variaciones de peso unitario y porcentaje de vacíos directa con la uniformidad en el tamaño del agregado grueso y en cuanto a permeabilidad las adiciones de caucho no le afectan considerablemente. También menciona que el rango normal de la resistencia a la flexión se encuentra entre 10.5 kg/cm² y 40 kg/cm² (p.64).

Esta investigación contribuye a tener una idea del comportamiento del caucho aplicado en un concreto permeable, para saber en qué medida es favorable en la permeabilidad

y también en que características mecánicas favorece más al concreto permeable a comparación de uno convencional.

“Fabricación de hormigón permeable para canchas de uso múltiple con la utilización de agregados de la provincia de Pichincha”

(Núñez, 2015) realizar diferentes dosificaciones de concreto permeable empleando distintos porcentajes de agregado fino y diversas cantidades de pasta cementante para cumplir con las condiciones deseadas al ser aplicado en la construcción de canchas de uso múltiple. Hizo uso de agregado grueso N°67 de tamaño máximo nominal de 3/4”, la relación a/c de 0.30, el volumen de pasta esta entre 20% a 27.2%. En cuanto al porcentaje de agregado fino que utilizo esta entre el 0% al 10%. Realizó ensayos de resistencia a compresión, Flexión y permeabilidad. Teniendo como mayores resultados en compresión 153.65 kg/cm², en flexión 24.32 Kg/cm² y el coeficiente de permeabilidad de 0.318cm/s. El autor concluye que las propiedades mecánicas de compresión y flexión tiene comportamiento lineal, pues si la resistencia aumenta la permeabilidad decrece. (p.111)

Esta investigación permite tener referencia del comportamiento del concreto permeable con adiciones de agregado fino de 0% a 10%, en cuanto a propiedades mecánicas e Hidráulicas.

1.1.2. Bases teóricas:

1.1.2.1. Definición y aspectos técnicos del concreto permeable

El concreto permeable generalmente tiene un Slump de cero y este compuesto por cemento portland, agregado grueso, agregado fino poco o nada de su uso, aditivos y agua. Además, la mezcla de los materiales mencionadas genera un material endurecido con poros conectados de tamaños que van de 0.08 a 0.32 cm (2 a 8 mm), esto proporciona que el agua filtre fácilmente. En cuanto al contenido de vacíos tiene un rango aproximado de 18% a 35%, con resistencias de 400 a 4000psi (2.8 a 28MPa) y una tasa de drenaje de concreto permeable aplicado en un pavimento variará con el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero por lo general está entre el rango de 81 a 730 l/min/m² o 0.14 a 1.22 cm/s. (ACI 522R – 10)

El concreto permeable es un tipo de concreto especial caracterizado por tener cantidades mínimas de agregado fino con la finalidad de mejorar sus propiedades permeables a través de sus vacíos generados en concreto. Además, su uso a lo largo de la historia ha sido variado, y conocido por no usar finos. (González, 2017)

(Cabello, 2015) menciona que el concreto poroso o conocido como concreto permeable, está conformado por la mezcla de materiales de cemento, agregado grueso, aditivos, agua y agregado fino en pocas cantidades o nada. El producto de esta composición genera un material duro con poros interconectados de 2 a 8mm aproximadamente los cuales facilita el paso del agua generando así un concreto permeable. Por otra parte, este concreto comúnmente contiene un porcentaje de vacíos entre 18% y 35% y resistencias a la compresión entre 2.8 a 28Mpa.

Adicionando, indica que la falta de agregado fino ocasiona que se transmitan las cargas de manera heterogénea a través de puntos de contacto.

(Castro y Solminihac, 2019), Menciona que los pavimentos porosos son estructuras de hormigón o asfalto construidos con granulometrías sin considerar finos, por la cual transcurre el agua debido a que tiene vacíos interconectados, que usualmente están un rango de 15% a 25%.



Figura. 1 Permeabilidad en un concreto permeable

Fuente: <https://www.archdaily.co/catalog/co/companies/724/argos>

1.1.2.2. Componentes del concreto permeable

a) Cemento Portland

Son cementos hidráulicos conformado por silicatos hidráulicos de calcio, los mismo que al entrar en contacto con el agua reaccionan químicamente, entonces fraguan y se endurecen. La formación de la pasta debido a dicha reacción sirve para adherir a los agregados y formar el concreto el material más usado en la construcción. (Portland Cement Association, 2004, p. 25)

b) Agregados

Se debe usar un árido chancado con cantidades nulas de finos y una granulometría de agregado muy uniforme para lograr mayor porcentaje de vacíos (del orden del 40%) con un árido de tamaño máximo de 10 mm con el fin de una adecuada terminación superficial. (Cabello, 2015).

Los agregados son elementos fundamentales en una mezcla de concreto debido a que abarcan acerca de 60 a 75% de la cantidad de concreto y que son factores importantes en las propiedades del concreto en estado fresco como endurecido, así también tiene influencia en los costos. Este material **agregado fino** consiste en arena natural o piedra triturada con tamaños menores a 5mm. En cuanto a los **agregados gruesos** tienen combinación de gravas o piedras demolidas, que tienen granos mayores a 5mm, por lo general van de 9.5mm a 37.5mm (3/8" y 1 1/2"). (Portland Cement Association, 2004, p. 103)

La influencia de los agregados con respecto al estado fresco es más relevante en la absorción debido a que las partículas consumen directamente el agua de la mezcla, esto provoca que se reduzca la manejabilidad. Además, la granulometría de los agregados, módulo de fineza y tamaño máximo del agregado grueso provocan la buena o mala trabajabilidad.

De acuerdo a la norma **ASTM – C33 y NTP 400.037**, se menciona que:

- **Agregado Fino.**

Se define como agregado fino a la arena natural o piedra triturada, con dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8”), siendo su mayoría de partículas menores que 5mm.

Así también, la **función del agregado** fino en el concreto es actuar como lubricante al momento de rodar los agregados gruesos, dándole la manejabilidad al concreto. Es por ello que cuando hay falta de arena esto ve reflejado en la aspereza de la mezcla y por otro lado el exceso de arena requiere mayor demanda de agua para generar un asentamiento determinado. De tal modo la mezcla se vuelve más cohesiva a medida que aumenta el agregado fino provocando que se necesite mayor cantidad de agua y por lo tanto mayor cantidad de cemento para llegar a una relación agua cemento deseado.

Además, debe cumplir ciertas características para darle un uso ingenieril óptimo como:

- **Análisis Granulométrico.** De acuerdo a la norma ASTM C 33 menciona que la granulometría más conveniente depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla y del tamaño máximo del agregado grueso. Además, se obtiene una economía máxima al ajustar la mezcla de concreto para que encaje con la granulometría de los agregados locales, cuanto mayor sea la uniformidad de la granulometría habrá mayor economía.

La norma ASTM C 33 establece límites en la granulometría del agregado fino que generalmente es satisfactoria para la mayoría de concreto, los cuales se indican a continuación:

Tabla 1

Requisitos que debe cumplir el análisis granulométrico

| Tamiz | Abertura (mm) | Límite inferior | Límite superior |
|--------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 3/8" | 9.5 | 100 | 100 |
| N° 4 | 4.8 | 95 | 100 |
| N° 8 | 2.4 | 80 | 100 |
| N° 16 | 1.2 | 50 | 85 |
| N° 30 | 0.6 | 25 | 60 |
| N° 50 | 0.3 | 10 | 30 |
| N° 100 | 0.2 | 2 | 10 |
| N° 200 | 0.1 | 0 | 3 |

Fuente: ASTM C33

- **Requisitos de Uso:**

- El agregado fino tiene que estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, compacto, duro y resistente.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias perjudiciales.
- Debe cumplir con los límites establecidos por las normas de la granulometría.
- Se recomienda que las sustancias dañinas, no excederán los porcentajes máximos siguientes: partículas desperdiciables (3%); material más fino que la malla N°200 (5%).

- El agregado fino no debe tener más del 45% retenido entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de finura no sea menor a 2.3 ni mayor a 3.1 y que varié en más de 0.2 del valor típico de la fuente de abastecimiento del agregado. De caso no cumplir con estas consideraciones se rechaza el material, de caso contrario se deberían hacer ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

- **Agregado Grueso:**

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75mm (N°4) generado por la desintegración natural o mecánica de las rocas, donde en predominan partículas mayores a 5mm y generalmente entre 9.5mm y 38mm. Además, debe cumplir con los parámetros establecidos en la norma ASTM C 33 para darle un uso ingenieril óptimo:

- **Análisis Granulométrico.** El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los siguientes límites de acuerdo a norma ASTM C 33:

Tabla 2
Requerimiento de Granulometría del Agregado Grueso

| | | PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAICES NORMALIZADOS (ASTM C33, NTP 400.037) | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------------------------|---|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|----------|------------|-----------|------------|
| H U S O | TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (pulg) | 100 | 90 mm (3 | 75 | 63 mm (2 | 50 mm | 37.5 mm | 25 mm | 19 mm | 12.5 | 9.5 mm | 4.75 | 2.36 | 1.18 |
| | | mm (4") | 1/2)"" | mm (3") | 1/2") | (2") | (1 1/2") | (1") | (3/4") | mm (1 /2") | (3/8") | mm N°4 | mm N°8 | mm N°16 |
| 1 | 3 1/2" - 1 1/2" | 100 | 90 - 100 | | 25 - 60 | | 0 - 15 | | 0 - 5 | | | | | |
| 2 | 2 1/2" - 1 1/2" | | | 100 | 90 - 100 | 35 - 70 | 0 - 15 | | 0 - 5 | | | | | |
| 3 | 2" - 1 " | | | | 100 | 90 - 100 | 35 - 70 | 0 - 15 | | 0 - 5 | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2"-N°4 | | | | 100 | 95 - 100 | | 35 - 70 | | 10 - 30 | | 0 - 5 | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 1/2"-3/4" | | | | | 100 | 90 - 100 | 20 - 55 | 0 - 15 | | 0 - 5 | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 1 1/2"-N°4 | | | | | 100 | 95 - 100 | | 35 - 70 | | 10 - 30 | 0 - 5 | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1" - 1/2" | | | | | | 100 | 90 - 100 | 20 - 55 | 0 - 10 | 0 - 5 | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 1" - 3/8" | | | | | | 100 | 90 - 100 | 40 - 85 | 10 - 40 | 0 - 15 | 0 - 5 | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 1" - N°4 | | | | | 100 | 95 - 100 | | 25 - 60 | | 0 - 10 | 0 - 5 | | |
| 6 | 3/4" - 3/8" | | | | | | | 100 | 90 - 100 | 20 - 55 | 0 - 15 | 0 - 5 | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 3/4" - N°4 | | | | | | | 100 | 90 - 100 | | 20 - 55 | 0 - 10 | 0 - 5 | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 1/2" - N°4 | | | | | | | | 100 | 90 - 100 | 40 - 70 | 0 - 15 | 0 - 5 | |
| 8 | 3/8" - N°8 | | | | | | | | | 100.00 | 85 - 100 | 10 - 30 | 0 - 10 | 0 - 5 |

Fuente: ASTM C33

- **Tamaño máximo y tamaño máximo nominal.**

Se entiende como tamaño máximo (**TM**) a la malla por donde pasa el 100% del material y el tamaño máximo nominal (**TMN**) como la malla que pasa entre el 100% al 95% en el que se produce el primer retenido. De tal modo el agregado grueso no deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrado
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de pre esfuerzo.

- **Requisitos de uso:**

- En cuanto al agregado grueso debe tener características de gránulos limpios, un perfil mayormente angular, compactas, duras, compactas, resistentes y con una textura rugosa.
- Los gránulos del agregado tienen que tener la característica libre de tierra, limo, polvo, humos, o en otras palabras que no presente materia dañina.
- Se sugiere que los materiales dañinos no superen los porcentajes máximos siguientes: partículas deleznable (5%), material más fino (1%); carbón y lignito (0.5%) para que el agregado sea adecuado para su uso en las mezclas de concreto.

c) Agua

Para la elaboración de concreto se acepta cualquier agua natural potable que no tenga un fuerte sabor como también un fuerte olor. También, se pueden usar las que no se consideren potables, pero tienen que ser analizadas previamente y evaluar su desempeño el concreto. Para ello se debe seguir la normativa ASTM C 94 (AASHTO M157) y AASHTO T 26 la cual presenta las condiciones para aceptar un agua para el empleo de concreto. Para Perú se rige bajo la norma NTP 339.088 – 1982 (Portland Cement Association, 2004, p. 95)

1.1.2.3. Diseño de mezcla para obtener un concreto permeable.

Tennis, et all (2004), indica que el concreto permeable usa los mismos componentes que un concreto convencional, la diferencia es que en el primer tipo de concreto usa mínimas o nulas cantidades de agregado fino y su distribución de tamaño de agregado grueso se mantiene gruesa. Además, presenta varias consideraciones al mezclar, colocar, compactar y curar. En cuanto a la proporción de los materiales para la mezcla, se muestra los siguientes rangos típicos.

Tabla 3
Rangos típicos de proporciones de materiales en concreto permeable

| | Proporciones lb/yd³ | Proporciones kg/m³ |
|--|---|--|
| Materiales de cemento | 450 a 700 | 270 a 415 |
| Agregado | 2000 a 2500 | 1190 a 1480 |
| Relación agua: cemento (en masa) | 0.27 a 0.34 | |
| Agregado: relación de cemento (en masa) | 4 a 4.5:1 | |
| Fino: relación de agregados gruesos (en masa) | 0 a 1:1 | |

Fuente: Tennis, et all

Estos datos presentados solo son de referencia, debido a que la mejor proporción dependerá de las características de los materiales que se usará y el comportamiento que se espera. Además, la adición de agregado fino provocara que reduzcan los vacíos y aumente la fuerza. Así también, el uso de aditivos químicos que se utiliza en este tipo de concreto los retardantes y estabilizadores de hidratación.

Criterios de Dosificación

Según el ACI, la relación agua/cemento óptima depende principalmente de la gradación y las características físicas de los agregados gruesos y el cemento.

Por lo general en un concreto permeable la relación agua/cemento más usada está de 0.26 a 0.45, con la cual se obtiene la trabajabilidad necesaria dándole una característica de una mezcla de aspecto metálico y brillante.

La cantidad de agua juega un rol muy importante, si es mucha ocasionará que el drenaje de las pastas cementante se tape los poros, ocasionando una porosidad reducida. Por otro lado, el uso de poca agua producirá un concreto muy seco e impedirá enlaces residentes en sus partículas.

a) Variables influyentes en las propiedades del concreto poroso

Las variables que tienen impacto en el concreto poroso son el análisis granulométrico, dosificaciones del cemento, relación agua cemento a/c, y cantidad de vacíos presentes en el concreto. Así también, se recomienda que para obtener un diseño de mezcla favorable tiene que hacerse pruebas con ayuda de ensayos, buscando así determinar las propiedades tales como tiempo en que demora el asentamiento, la tasa de resistencia, la porosidad y finalmente la permeabilidad (Cabello, 2015).

1.1.2.4. Propiedades del concreto permeable

a) Contenido de Aire

(Cabello, 2015) Menciona que con a mayor contenido de vacíos aumenta la permeabilidad, pero reduce su resistencia, y también depende de la energía de compactación de la mezcla. Además, como mínimo debe presentar un 15% de huecos para ser considerado poroso y sugiere no superar el 25% para que

la mezcla la mezcla no pierda estabilidad. En cuanto a pavimentos permeables el tamaño de agregado debe ser un tercio del tamaño especificado del pavimento y evitar tamaños muy grandes porque produce una textura áspera.

1.1.2.4.1. **Propiedades del concreto permeable: En su condición endurecida**

a) Permeabilidad

Portland Cement Association (2004) menciona que: “Las pruebas demuestran que la permeabilidad de los concretos disminuye a medida que la cantidad de material cementante hidratado aumenta y a medida que la relación agua - material cementante disminuye”. (p.90)

La permeabilidad se define como una propiedad capaz de filtrar agua por medio de poros o vacíos interconectados la cual relacionado con el concreto ayuda eliminar aguas pluviales e inconvenientes en la rasante en del pavimento. Y de acuerdo a la norma ACI 522 la capacidad filtrante esta entre el rango de 80lt /min/m² a 730 lt/min/m² la cual está en función de sus vacíos. (Porrás, 2017, p.100)

Por otra parte, para determinar el movimiento del agua a través de un medio poroso existen dos métodos. Uno de ellos se encuentra especificado en la norma ASTM 1701 “Método Estándar para Prueba de Infiltración en el Concreto permeable” y la otra prueba es la recomendación que se encuentra descrita en el reporte del ACI 522R-10. Para esta investigación se trabajará con las indicaciones del ACI 522R-10, la cual emplea un permeámetro de carga variable y testigos de 100mm de diámetro por 150mm de altura.

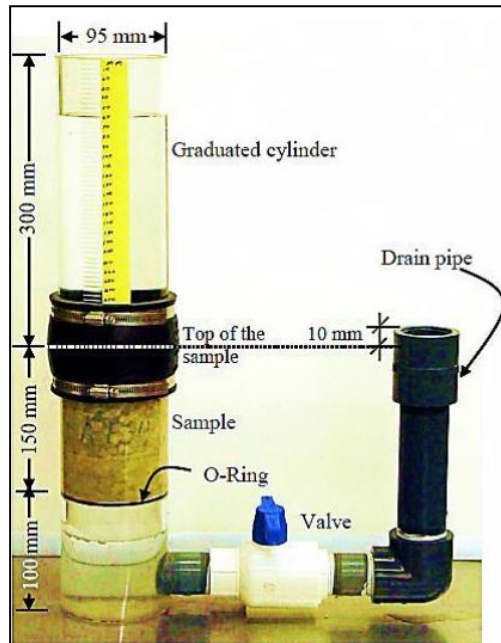


Figura. 2. Permeámetro de carga variable para medir la permeabilidad

Fuente: (Neithalath, 2004)

Para calcular el coeficiente de permeabilidad se utiliza la Ley de Darcy:

Ecuación 1 Ley de Darcy

$$k = \frac{L}{t} * \frac{a}{A} * Ln \frac{h_1}{h_2}$$

Donde:

k: Coeficiente de permeabilidad.

L: Longitud de la muestra.

A: Área de la muestra.

a: Área de la tubería de carga

t: Tiempo en demora en pasar (h_1-h_2)

h_1 : Altura de agua medida del nivel de referencia (parte superior de la muestra)

h_2 : Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (1cm)

b) Durabilidad

Consiste en la capacidad del concreto a resistir ante la intemperie, ataque químico, y abrasión. Además, la durabilidad dependerá del contexto donde se utilizará que está relacionado con su exposición. (Portland Cement Association. 2004, p.13)

c) Absorción acústica

Es la capacidad que tienen algunos los materiales para absorber el ruido que se genere al entrar en contacto con otro. El tipo de material es determinante para reducir en gran o poca cantidad los ruidos pues algunos solo lo relegan. El concreto permeable es altamente eficaz a la absorción acústica debido a los vacíos interconectados que tiene en su estructura, es por ello que es aplicable para disminuir el ruido que se produce en la acción neumático pavimento, en un pavimento rígido. (ACI 522, Reporte on Pervious Concrete, 2010).

1.1.2.4.2. Propiedades mecánicas

a) Resistencia a la Compresión (ASTM C39)

Se define como resistencia a la compresión a la medida máxima de resistencia a carga axial de probetas de concreto. Esta propiedad se puede calcular en base a la norma ASTM C39.

La resistencia a la compresión que puede alcanzar un concreto permeable esta entre 35 a 280 kg/cm² la cual es útil para múltiples usos. (ACI 522, 2006). Además, los valores usuales son de 175 kg/cm².

La resistencia a la compresión consiste en cuanto puede resistir una probeta de concreto ante cargas axiales y sus unidades son kg/cm^2 , MPa o Lb/pulg^2 en un tiempo de 28 días donde alcanza su resistencia máxima, en cuanto a los 7 días tiene una aproximación de 65%. Además, la resistencia a la compresión depende de la relación agua – cemento, del curado y condiciones ambientales. (Porras, 2017, p.40-41)

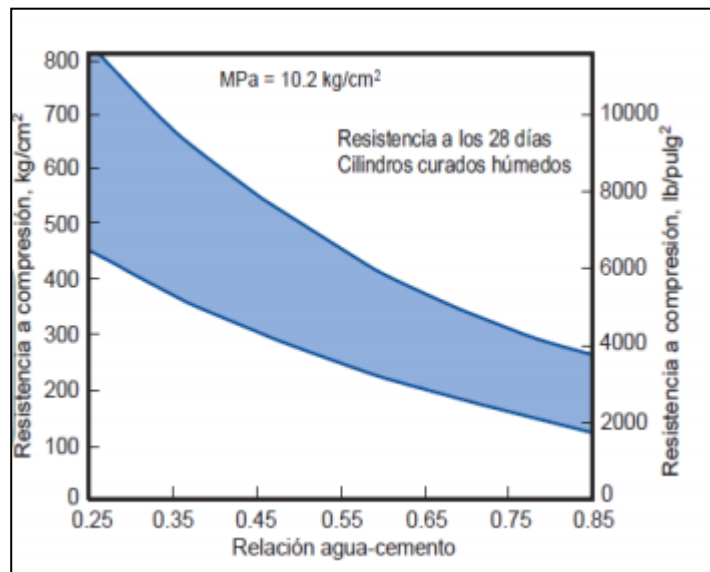


Figura. 3 Variación de resistencias típicas para relaciones agua cemento de concreto de cemento portland basado en más de 100 diferentes mezclas de concreto moldeadas entre 1985 1999

b) Resistencia a la Flexión (ASTM C78)

La resistencia a la flexión consiste en definir la resistencia a tracción del concreto, en la cual la resistencia a la flexión es menor que la resistencia a la compresión. Además, esta resistencia esta comúnmente esta entre 10.5 kg/cm^2 y 40.0 kg/cm^2 . Dentro de los factores que afectan esta propiedad están el grado de compactación, porosidad, y la relación agregado – cemento. Por otro lado, la resistencia a la flexión es más utilizada para diseñar pavimentos

por las condiciones similares a las que trabajan (Sánchez De Guzman, 2001, p. 141)

En cuanto a propiedades mecánicas:

La resistencia típica de un concreto permeable es aproximadamente 17 MPa, sin embargo, en ciertas investigaciones han logrado llegar hasta 29 MPa. Siendo así que esta característica depende directamente de los materiales de mezcla, del porcentaje de vacíos y del esfuerzo de compactación. La resistencia a la flexión varía entre 1 a 3.8 MPa.

A continuación, se presenta las propiedades típicas de un concreto permeable:

Tabla 4
Propiedades Típicas del concreto permeable

| Propiedad | Rango |
|----------------------------------|--------------|
| Asentamiento, mm | 20 |
| Peso Unitario kg/m ³ | 1600 - 2000 |
| Tiempo de fraguado, Hora | 1 |
| Porosidad, % (en volumen) | 15 - 25 |
| Permeabilidad, cm/seg | 0.20 - 0.54 |
| Resistencia a la compresión, Mpa | 3.5 - 28 |
| Resistencia a la Flexión, Mpa | 1 - 3.8 |

Fuente: Construcción y tecnología en concreto

<http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>

1.1.2.5. Aplicaciones para el concreto permeable

Este material no es una tecnología nueva, si no que en los últimos tiempos se está considerando más, es por ello que el concreto permeable ya ha sido utilizado en múltiples aplicaciones como las siguientes:

- Pavimentos de bajo volúmenes de tránsito
- Caminos residenciales, callejones y entradas para vehículos
- Parques
- Ciclovías
- Pasos bajos de agua
- Canchas de tenis
- Sub base de pavimentos de concreto convencional
- Patios
- Estabilización de taludes
- Revestimiento
- Bases, pisos para invernaderos, criadero de peces, parques acuáticos y zoológicos
- Drenajes de borde de pavimento
- Barreras de ruido
- Muros no estructurales y estructurales.

(Tennis, Leming, & Akers, 2004, p.2)

1.1.2.6. Ventajas y desventajas del concreto permeable

a) **Ventajas:** Presenta los siguientes beneficios.

- Aumentan el porcentaje de superficie permeable en las ciudades minimizando así el riesgo de inundaciones.

- Reducen la contaminación difusa evitando problemas en las depuradoras y en los hábitats receptores.
- Permiten la recarga de acuíferos o la reutilización del agua almacenada en su interior para cisternas o riego de jardines.
- Ofrecen un acabado estético de calidad y además evitan la formación de charcos aumentando la comodidad y la seguridad de las calles en tiempo de lluvia.

(Rodríguez, et All, s.f)

Según el ACI 522R-06, menciona como ventajas en la aplicación de un pavimento permeable a los siguientes:

- Favorece en el control de la contaminación las aguas lluvias en su fuente.
- Controlar la escorrentía de las aguas pluviales
- Reducir el hidroplaneo (situación en la que un vehículo atraviesa una superficie cubierta de agua, ocasionado pérdida de tracción y control del conductor) en la superficie en las carreteras.
- Reducir el brillo en la superficie de la carretera cuando esta mojado en especial en la noche.
- Reducción del ruido al momento de la interacción del neumático y el pavimento.

b) Desventajas. Presenta los siguientes inconvenientes:

- Colmatación y pérdida de permeabilidad.

- Falta de capacidad portante y fallo estructural de la estructura de firme.

(Rodríguez, et All, s.f)

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de los diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable para uso de un pavimento rígido, en Trujillo 2020?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de los diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable.

1.3.2. Objetivos específicos

O.E.1 Hacer los ensayos correspondientes para la caracterización del agregado grueso y fino usando las normas ASTM y NTP.

O.E.2 Realizar los diseños de mezclas de acuerdo a la norma ACI 522R-10 usado para concretos permeables, la cual se agregará diferentes porcentajes de agregado fino 0%, 5%, 10% y 15%.

O.E.3 Evaluar el porcentaje de variación de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad.

O.E.4 Determinar la viabilidad del concreto permeable con adición de agregado fino para ser usado en un pavimento de uso urbano.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La adición de diferentes porcentajes del agregado fino influye significativamente en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Operacionalización de variables:

2.1.1. Variable Independiente:

- Porcentajes del agregado Fino.

2.1.2. Variables dependientes:

- Propiedades mecánicas.
- Propiedad hidráulica.

Tabla 5

Operacionalización de variable Dependientes.

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Ítems |
|------------------------------|---|---|-------------------------------------|--|---|
| Propiedades Mecánicas | Es la resistencia que afecta a la geometría de los elementos, aplicándose a piezas prismáticas como vigas, columnas, barras, etc. (Cervera, M. & Blanco, E. 2003) | Aplicación del procedimiento de resistencia a la compresión y flexión n sometiendo a fuerzas cada una de las probetas | - Resistencia a la compresión (f'c) | Esfuerzo medido en: kg/cm ² | - Fuerza Máxima - Área resistente |
| | | | - Resistencia a la Flexión (f'c) | Módulo de rotura medido en kg/cm ² | - Fuerza máxima - Altura y longitud |
| Propiedad Hidráulica | Rama de física que se encarga de estudiar el equilibrio y el movimiento de los fluidos (RAE) | Uso del permeámetro para determinar el tiempo que demora en filtrar el agua en la probeta. | - Permeabilidad | La tasa de drenaje medido en: pulg/hora o cm/s | - Diámetro y altura de probeta -Tiempo |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Operacionalización de la variable Independiente en estudio.

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Ítems |
|--------------------------------------|---|--|--|--|--|
| Porcentajes del Agregado Fino | Se refiere a usar diferentes porcentajes de agregado fino, definido como arena natural o piedra triturada, con dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (ASTM C33). | Consiste en utilizar diferentes porcentajes de agregado fino en la mezcla de concreto permeable. | - Análisis Granulométrico - Modulo de Finura - Absorción | Límites de Granulometría según ASTM Rango: 2.3 a 3.1 Esfuerzo medido en: % | - Porcentajes que pasan la malla - Total de retenidos acumulados - Peso Superficialmente Saturado Seco - Pesos seco |

Fuente: Elaboración propia

- **Clasificación de las variables:** En la presente investigación, tanto variables independientes y dependientes son cuantitativas continuas, debido los valores que se estudian son de carácter numérico y se consideran decimales.

2.2. Tipo de investigación

2.2.1. Por el propósito:

La investigación es aplicada porque se busca un nuevo conocimiento para saber el efecto que causa la adición de agregado fino a ciertos porcentajes en un concreto permeable que ayudaran en la solución de las escorrentías urbanas.

2.2.2. Según el diseño de investigación:

La investigación es de tipo Experimental porque se manipula de manera intencional la variable independiente para estudiar el comportamiento que se presenta con las

variables dependientes. Así también, su diseño es cuasi experimental ya que se trabajará con un conjunto de testigos de concreto permeable con dimensiones diferentes (Probetas cilíndricas y vigas) de tal modo no hay aleatoriedad.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población:

Todos los concretos permeables elaborados en el Perú en el año 2020.

2.3.2. Muestra:

La medición del concreto permeable se realiza a través de probetas cilíndricas de 10cm de diámetro y 20 cm de alto, con el fin de medir la resistencia a la compresión y permeabilidad. Además, se elaborará viguetas de 50 cm de longitud, 15 cm de ancho y 15 cm de alto para medir la resistencia a la flexión. Los moldes tienen las características siguientes:

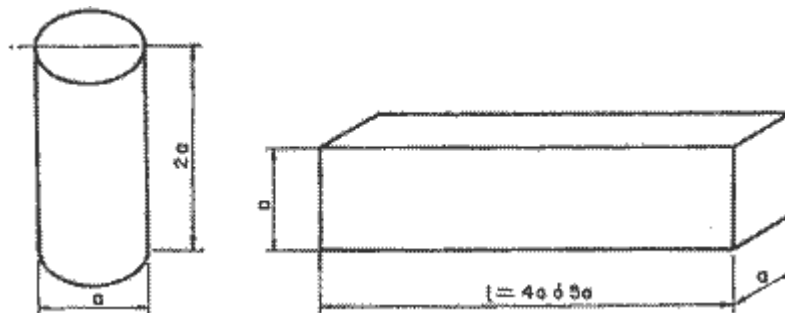


Figura. 4 Formas y dimensiones de las probetas según norma ISO1920

Fuente: <http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/definicion-de-las-probetas-y-moldes.html>

La muestra se obtiene a través de la técnica de muestreo probabilístico debido a que todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de pertenecer a la

muestra, se seleccionan en forma aleatoria y se determina matemáticamente. Así también, es un tipo de muestreo aleatorio simple. Por lo tanto, para determinar el tamaño de la muestra se utiliza la siguiente fórmula para estimación de parámetros infinitos cuando no se conoce N, en variables cuantitativas:

$$n_o = \frac{Z^2 * S^2}{E^2}$$

Ecuación 2. *Estimación de muestra*

Donde:

n_o = Muestra

Z = Nivel de confianza al 95%

S^2 = Desviación estándar de la variable de estudio (valor tomado por antecedentes).

E = Precisión (error máximo tolerable en la estimación del parámetro)

Z = 95% de confiabilidad, el mismo que está determinado por la distribución de Gauss con un valor de Z=1.96, se toma este valor debido a que se considera un margen de error del 5% en los equipos que se utilizarán para los dos ensayos en cuanto a compresión, flexión y permeabilidad.

S= 1.16 kg/cm², este valor se ha obtenido de acuerdo con los resultados en trabajos de investigación anteriores (Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017) de la variable dependiente considerada más importante para la presente investigación (resistencia a la flexión),

E= 1.00 kg/cm², se ha considerado un error tolerable de 3.5% del valor promedio de resistencia a la flexión= 28.59 kg/cm² que se obtuvo en estudios anteriores (Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de

un concreto permeable, Trujillo 2017), esto de acuerdo con el criterio del investigador, con la finalidad de que los resultados que se obtengan sean similares.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se calcula a través de la fórmula y se obtiene la muestra siguiente:

$$n_{opt.} = \frac{1.96^2 * 1.16^2}{1.00^2} = 5.169 \cong 5$$

La investigación está enfocada en la aplicación de un pavimento rígido, por lo cual la resistencia a la flexión es la variable más importante, por ello se utilizará como muestra 5. En cuanto a la resistencia a la compresión y permeabilidad se usarán la cantidad mínima de ensayos siendo 3 especímenes. La distribución se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7
Distribución de las probetas a realizar

| PROBETAS | ADICIONES DE AF | CURADO | PARCIAL | TOTAL |
|---|--------------------|---------|---------|-----------|
| Cilíndricas para F'c | | | | 12 |
| | 0% | 28 días | 3 | |
| | 5% | 28 días | 3 | |
| | 10% | 28 días | 3 | |
| | 15% | 28 días | 3 | |
| Cilíndricas para Permeabilidad | | | | 12 |
| | 0% | 28 días | 3 | |
| | 5% | 28 días | 3 | |
| | 10% | 28 días | 3 | |
| | 15% | 28 días | 3 | |
| Vigas | | | | 20 |
| | 0% | 28 días | 5 | |
| | 5% | 28 días | 5 | |
| | 10% | 28 días | 5 | |
| | 15% | 28 días | 5 | |
| | | | | 44 |

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3. Unidad experimental:

El concreto permeable.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas de recolección de datos.

- **La observación:** Técnica de recolección de datos que utiliza la percepción intencionada y selectiva del investigador en todos los ensayos bajo su propia responsabilidad y que cumpla con la normativas nacionales e internacionales. De tal manera, se va a ver, registrar y analizar el comportamiento del concreto permeable al adicionar diferentes porcentajes de agregado fino.
- **Análisis documental:** Consiste en recolectar información de fuentes secundarias como tesis, normas, libros, revistas los mismos que serán citados en las referencias. Todo esto con el fin de analizar las variables propuestas. (Ver Tablas 60 en ANEXOS III)

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

- **Guía de observación:** se empleará guías de observación en la recolección de datos la cual está desarrollada con base a los indicadores de la operacionalización de las variables en estudio. En consecuencia, se trabaja con dos guías de observación siendo las propiedades mecánicas y propiedades Hidráulicas. (Ver apartado 3.1 y 3.2 del ANEXOS III)

La validez de los instrumentos presentados lo realizó el ingeniero Wiston Henry Azañedo Medina, director Especialista de carrera de Ingeniería Civil en UPN y asesor



de la presente investigación. De tal modo, el experto consideró viable los instrumentos presentados, para lograr el objetivo de estudio. (Ver Figura 19 y 20 en ANEXO I).

En cuanto a los **ensayos**, serán desarrollados en el laboratorio de concreto en la Universidad Privada del Norte. Para la caracterización de los agregados se realizará el Análisis granulométrico (ASTM C 136), Peso específico y capacidad de absorción (ASTM C127 y ASTM C 128), Peso unitario suelto y compactado (ASTM C29), Contenido de humedad (ASTM C566).

Para estudiar las propiedades mecánicas e hidráulicas se realizará el ensayo de compresión utilizando la Norma ASTM C-39, ensayo de resistencia a la flexión utilizando la norma ASTM C78 y el ensayo de permeabilidad utilizando la norma ACI 522. R-10. Por último, se hará una ficha de resumen de las propiedades obtenidas.

2.4.3. Análisis de datos: Para realizar la prueba de Hipótesis

Para analizar los datos que se obtengan y medir la influencia de las variables se empleará el software Microsoft Excel y SPSS (Statistical Package For The Social Sciences).

El instrumento que se utilizará es la prueba de Análisis de la Varianza (ANOVA), la cual es recomendable para estudiar y relacionar las medias de dos o más grupos experimentales, siendo adecuada para este tema de estudio.

Ante ello, primero se realizará la prueba de Shapiro – Wilk con la cual se verificará el criterio de normalidad, luego se precede con la prueba de Hipótesis mediante el ANOVA de un factor.

En cuanto, a la prueba de Hipótesis de considera:

- Hipótesis Nula (H₀): Indica que hay igualdad entre los valores de los resultados que serán comparados
- Hipótesis Nula (H₁): Indica que hay variación entre los valores de los resultados que serán comparados.

Por otro lado, los ensayos elaborados tienen una hoja de cálculo con un formato establecido, la cual permite analizar los datos estadísticamente con la organización, tabulación y gráficos, a través del software Microsoft Excel. Para ello se relacionan las variables y diferentes características obtenidas en el estudio, de tal manera. Dentro de las medidas de dispersión que se aplican a los resultados se tiene:

- **Media aritmética.** Consiste en un valor promedio de todos los ensayos
- **Varianza.** Es una medida de dispersión que mide la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central (Media).
- **Desviación Estándar.** Esta desviación presenta como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media.
- **Coefficiente de variación.** Describe la cantidad de variabilidad en relación con la media. El coeficiente de variación no se basa en unidades, se utiliza

para comparar la dispersión de los conjuntos de datos que tienen diferentes unidades o diferentes medias, se representa en porcentaje.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Procedimiento de recolección de datos:

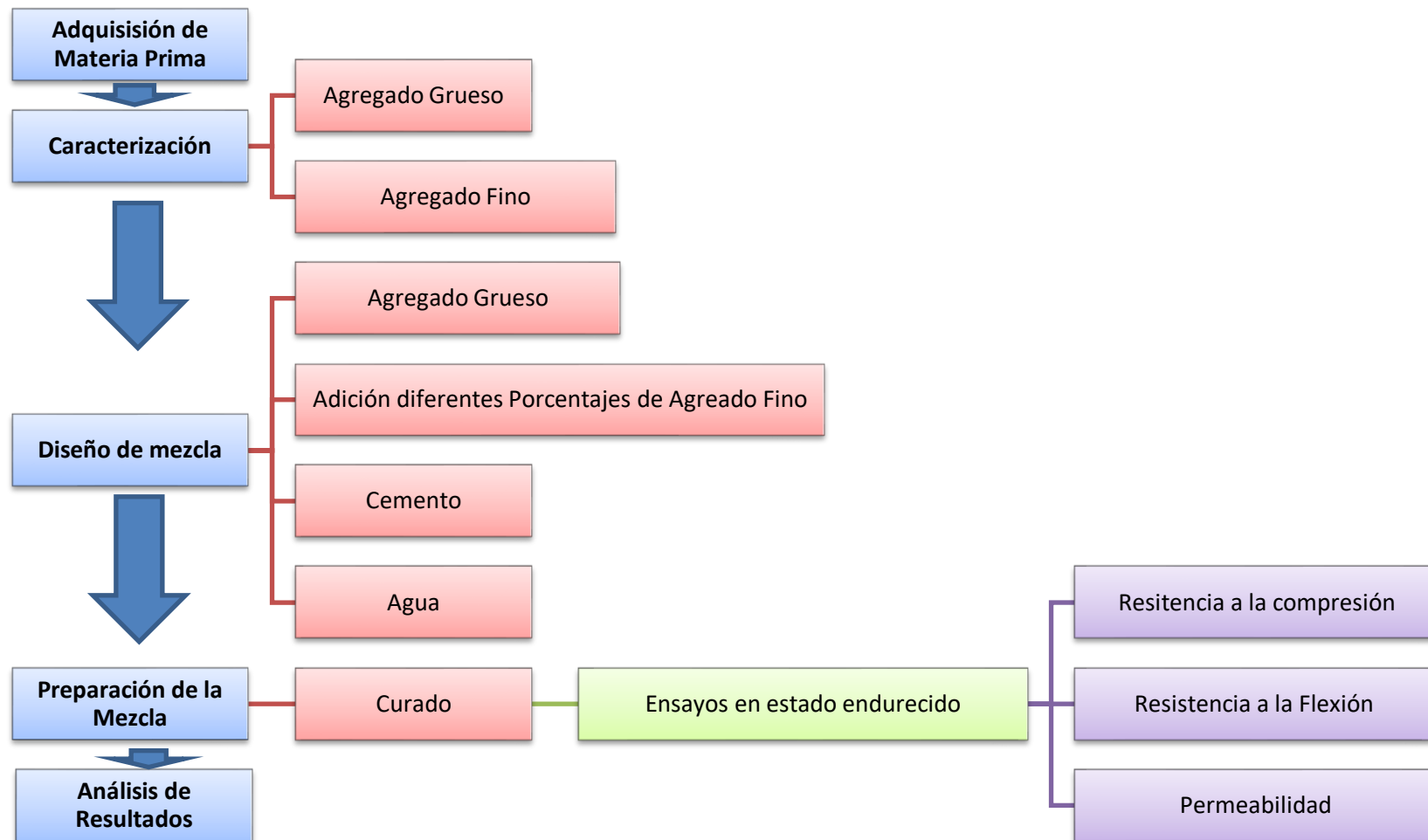


Figura. 5 Procedimiento experimental para la recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

2.6. Desarrollo de tesis:

2.6.1. Adquisición de materia prima

Los agregados se obtuvieron de la cantera el Milagro de Trujillo y para la presente investigación se usó gravilla de ½” y arena gruesa. Además, se consideró cantidades necesarias para la caracterización de agregados y la mezcla de concreto, la misma que permitió realizar el número de probetas según la muestra de estudio.

2.6.2. Características de los agregados:

2.6.2.1. Análisis Granulométrico del agregado Grueso (ASTM C 136)

- Se hizo el cuarteo y se tomó 3 muestras de agregado grueso de 2000 gramos.
- Se ordeno los matices de mayor a menor abertura, siendo los siguientes: 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N°4, N°8. Luego se procedió a hacer el vibrado del material de manera manual.
- Se pesa el material retenido en cada tamiz incluyendo el contenido de la bandeja de fondo, considerando una precisión de 0.1gramos.
- El ensayo se realizó tres veces, y así finalmente se obtuvo un promedio de dicha caracterización.

Tabla 8

Formato para ensayo análisis granulométrico A. Grueso

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO GRUESO | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO | | RETENIDO | % |
| | | RETENIDO | RETENIDO | ACUMULADO | QUE PASA |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) |
| 1” | 25.000 | | | | |
| ¾” | 19.000 | | | | |
| ½” | 12.500 | | | | |
| 3/8” | 9.500 | | | | |
| N° 4 | 4.750 | | | | |
| N° 8 | 2.360 | | | | |
| Fondo | -- | | | | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.2.2. Análisis Granulométrico del agregado Fino (ASTM C 136)

- Se hizo el cuarteo para luego tomar 3 muestras de agregado grueso de 500 gramos.
- Se ordeno los matices de mayor a menor abertura, siendo los siguientes: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200. Luego se procedió a hacer el vibrado del material de manera manual.
- Se pesa el material retenido en cada tamiz incluyendo el contenido de la bandeja de fondo, considerando una precisión de 0.1gramos.
- El ensayo se realizó tres veces, y así finalmente se obtuvo un promedio de dicha caracterización.
- El módulo de finura para el agregado fino se calculó con la siguiente formula:

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas N}^\circ 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Ecuación 3 *Módulo de Finura*

Tabla 9

Formato para el ensayo de análisis granulométrico de A. Fino

| ANALISIS GRANULOMETRICO - AGREGADO FINO | | | | | |
|---|----------|------------------|----------|-----------------------|------------------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) |
| 3/8" | 9.500 | | | | |
| N° 4 | 4.750 | | | | |
| N° 8 | 2.360 | | | | |
| N° 16 | 1.180 | | | | |
| N° 30 | 0.600 | | | | |
| N° 50 | 0.300 | | | | |
| N° 100 | 0.150 | | | | |
| 200 | 0.075 | | | | |
| Fondo | -- | | | | |

Fuente: Elaboración propia

También se consideró lo establecido en la norma ASTM C33, en cuanto a los requisitos que debe cumplir el agregado fino. Dicha tabla se encuentra en marco teórico.

2.6.2.3. Peso específico y capacidad de absorción del agregado Grueso (ASTM C127)

- En base del tamaño máximo nominal se tomó una muestra representativa, siendo de 3 kg para el agregado que se está estudiando.
- Se dejó sumergido bajo del agua el agregado durante 24 horas.
- Se retiró la muestra del agua, para luego en un recipiente secarlo con un trapo absorbente, buscando llegar al estado SSS (saturado superficialmente seco) y se obtuvo su peso.
- Se colocó el material en estado SSS en el sistema para peso específico, siendo una cesta de alambre sumergida en agua con una balanza, de esta manera obtuvo el peso dentro del agua del agregado.
- Después, se procedió a secar la muestra en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 y luego se obtuvo su peso seco.
- Por último, se realizaron los cálculos con los datos obtenidos y con ayuda de la siguiente tabla.

Tabla 10
Formato para ensayar el peso específico y absorción de A. Grueso

| ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO | | | | | | |
|---|--|-------------------------|----------|----------|----------|-------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso SSS al aire | g | | | | |
| B | Peso SSS de la muestra en agua | g | | | | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacíos $C=A-B$ | g | | | | |
| D | Peso de la muestra secada al horno | g | | | | |
| E | Volumen de masa $E= C- (A-D)$ | cm ³ | | | | |
| F | Peso Específico (Base seca) $F = D / C$ | g/cm ³ | | | | |
| G | Peso específico (Base saturada) $G = A / C$ | g/cm ³ | | | | |
| H | Peso Específico aparente (base seca) $H = D / E$ | g/cm³ | | | | |
| I | Absorción $K = (A - D / D) * 100$ | % | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11
Valor mínimo en peso específico y capacidad de absorción

| Tamaño máximo nominal | | Cantidad mínima de muestra |
|------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| mm | (pulg) | Kg |
| 12.500 | 1/2" | 2 |
| 19.000 | 3/4" | 3 |
| 25,0 | 1 | 4 |
| 37,5 | 1 ½ | 5 |
| 50,0 | 2 | 8 |
| 63,0 | 2 ½ | 12 |
| 75,0 | 3 | 18 |
| 90,0 | 3 ½ | 25 |

Fuente: NTP 400.021

2.6.2.4. Peso específico y capacidad de absorción del agregado Fino (ASTM C128)

- Se obtuvo una muestra representativa del agregado fino y luego se sumergió bajo el agua durante 24 horas.
- Se decantó el agua del agregado fino cuidadosamente, luego se colocó en una bandeja para proceder a secar la muestra en una cocina eléctrica moviendo en ciertas ocasiones el agregado para un secado uniforme.
- Luego, se procedió a tomar parte del agregado que se estaba secando para llenarlo en el molde cónico en tres capas, compactándolo con 25 golpes con el pistón por cada capa.
- Se quitó el cono de la muestra para observar si se derrumbaba a 1/3 del parte superior buscado así llegar al estado SSS (Saturado superficialmente seco). Se repitió el procedimiento hasta cumplir con esta condición.
- Se registró el peso de la fiola con agua hasta 500 ml.
- Luego se suprimió el líquido para agregar el material en condición SSS hasta llegar a la marca de 500 ml, seguidamente se agregó el agua hasta llenar casi la totalidad de la fiola y luego se eliminó los vacíos a través del rolado que consiste en mover varias veces la muestra de un lado a otro.
- Después del rolado, se llenó la fiola hasta llegar a la marca de 500 ml y se registró su peso total.
- Finalmente, se dejó reposar la fiola con la mezcla incluida, hasta que todas las partículas se asienten. Seguidamente se procede a quitar el agua siendo cuidadosos, luego la muestra se colocó al horno para secar con una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 24 horas y registrar su peso.
- Se procedió a realizar los cálculos con ayuda de la siguiente tabla.

Tabla 12
Formato para ensayo de peso específico y absorción de A. Fino

| ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO | | | | | | |
|---|---|-------------------------|----------|----------|----------|-------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso SSS de la muestra (Pss) | g | | | | |
| B | Peso de la fiola + agua hasta marca de 500ml | g | | | | |
| C | Peso de la fiola + agua + Pss, $C = A + B$ | g | | | | |
| D | Peso de la fiola + Pss + agua hasta la marca de 500ml | g | | | | |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío, $E = C - D$ | cm ³ | | | | |
| F | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | | | | |
| G | Volumen de masa, $G = E - (A - F)$ | cm ³ | | | | |
| H | Peso específico (base seca), $H = F / E$ | g/cm ³ | | | | |
| I | Peso específico (base saturada), $I = A / E$ | g/cm ³ | | | | |
| J | Peso específico aparente (base seca), | g/cm³ | | | | |
| K | Absorción, $K = (A - F / F) * 100$ | % | | | | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.2.5. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino (ASTM C29)

- Se registro el peso del molde vacío
- Se lleno con agua el molde y se registró su peso para así determinar su volumen.
- Para el peso unitario suelto, se llenó con agregado el molde hasta llenarlo.

- Para el peso unitario compactado, se llenó en tres capas de igual proporción y en cada capa se compacto uniformemente con la varilla 25 veces.
- Para ambos casos se enrasa la superficie final con la varilla de acero.
- Finalmente, se registra el peso de la muestra conjuntamente con el molde y realizar los cálculos con ayuda de un formato que se presenta a continuación.

Tabla 13

Formato para el ensayo de peso unitario del Agregado Grueso y Fino

| ENSAYO: PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO/ FINO | | | | | | |
|---|---|---------------|----------|----------|----------|-------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso del Molde + A. Compactado | Kg | | | | |
| B | Peso del molde | Kg | | | | |
| C | Peso del A. Compactado: (C = A – B) | Kg | | | | |
| D | Peso unitario compactado: (D = C / Vol. Molde) | Kg/m3 | | | | |
| E | Peso del Molde + A. Suelto | Kg | | | | |
| F | Peso del A. Suelto: (F = E – B) | Kg | | | | |
| G | Peso Unitario Suelto: (G = F / Vol. Molde) | Kg/cm3 | | | | |
| TMN | Tamaño Máximo Nominal | Pulg. | | | | |
| V | Volumen del molde | m3 | | | | |
| Tipo de Agregado: | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.2.6. Contenido de Humedad del agregado Grueso y fino (ASTM C566)

- Se realizo el cuarteo de cada agregado, para tomar una muestra representativa
- Se registro el peso de las taras donde luego se colocaron las muestras del material.
- Se registro el peso de la tara más la muestra con una precisión de 0.1 gramos.

- Se colocó las muestras en el horno para secar a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por un tiempo de 24 horas y se registró su peso seco.
- Se calculo la humedad con ayuda de la siguiente tabla.

Tabla 14

Formato para ensayo de contenido de Humedad

| ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| PRUEBA | 1 | 2 | 3 |
| P. Tara | | | |
| P.T + M. Humedad | | | |
| P.T + M. Seca. | | | |
| %HUMEDAD | | | |
| %H PROMEDIO | | | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.3. Diseño de mezcla

Para el diseño de la mezcla se tuvo en cuenta los parámetros establecidos en el reporte en concreto permeable del ACI 522R 10. Con el propósito de obtener un equilibrio entre compresión, flexión y permeabilidad.

2.6.3.1. Materiales:

2.6.3.1.1. Material cementante.

En esta investigación se optado por utilizar cemento tipo MS de marca Pacasmayo, debido a que tiene propiedades para ser trabajado obras que están en contacto con ambientes y suelos húmedos – salitrosos, lo cual se relaciona con la aplicación de pavimentos permeables. En cuanto a la marca Pacasmayo, es por ser comercial en la ciudad de Trujillo.

| PROPIEDADES FISICAS | | CPSAA | Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157 |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------|---------------------------------------|
| Contenido de Aire | % | 6 | NO ESPECIFICA |
| Expansión en Autoclave | % | 0.07 | Máximo 0.80 |
| Superficie Especifica | cm ² /g | 4210 | NO ESPECIFICA |
| Retenido M325 | % | 3.8 | NO ESPECIFICA |
| Densidad | g/mL | 3.00 | NO ESPECIFICA |
| Resistencia Compresión : | | | |
| Resistencia Compresión a 3días | MPa (Kg/cm ²) | 20.9 (213) | Mínimo 11.0 (Mínimo 112) |
| Resistencia Compresión a 7días | MPa (Kg/cm ²) | 29.4 (300) | Mínimo 18.0 (Mínimo 184) |
| Resistencia Compresión a 28días (*) | MPa (Kg/cm ²) | 39.5 (403) | Mínimo 28.0 (Mínimo 286) |

Figura. 6 Propiedades físicas del cemento Portland Tipo MS

Fuente: Certificado de Calidad de Cementos Pacasmayo ® (2017)

2.6.3.1.2. Agregados

Los agregados a utilizarse en la investigación son provenientes de la cantera “El Milagro” de la ciudad de Trujillo, Perú.

2.6.3.1.3. Agua

Se emplea el agua potable de la Universidad Privada del Norte, ubicada en el campus de San Isidro, Trujillo.

2.6.3.2. Diseño de mezcla permeable:

El capítulo de 6 del comité del ACI 522R-10, indica un método para diseñar concretos permeable para ser utilizados en pavimentos u otras aplicaciones donde el drenaje, filtración y alta porosidad es requerida. Teniendo en cuenta lo indicado en el ACI se procede a diseñar la mezcla de concreto por m³.

2.6.3.2.1. DISEÑO DE MEZCLA N°1: Adición de 0 % de Agregado Fino (Patrón)

 ➤ **Paso 1: Definir propiedades iniciales de los materiales:**

- **Cemento:** Pacasmayo portland tipo MS.
- **Agua:** Potable de la Universidad Privada del Norte, sede Trujillo.
 - **Peso específico del cemento (Pec):** 3.00 g/cm³
 - **Peso específico del agua (Pea):** 1.00 g/cm³
- **Agregado:** Cantera el Milagro

Tabla 15
Propiedades del agregado empleados para el diseño.

| PROPIEDADES DEL AGRGADO | | A. GRUESO | A. FINO | UNIDAD |
|---------------------------------|---------|------------------|----------------|-------------------|
| Peso Específico | Pe | 2.58 | 2.68 | g/cm ³ |
| Peso Específico SSS | Pe(sss) | 2.64 | 2.72 | g/cm ³ |
| Peso Unitario Suelto | PUS | 1599.65 | 1679.17 | g/m ³ |
| Peso Unitario compactado | PUC | 1759.38 | 1823.61 | g/m ³ |
| Contenido de Humedad | CH% | 0.68 | 0.81 | % |
| Absorción | A% | 2.31 | 1.31 | % |
| Tamaño máximo Nominal | TMN | 3/4" | N° 4 | - |

Fuente: Autor de Tesis

- **Diferentes porcentajes de Agregado fino en el diseño:**

Para esta investigación se considera una muestra patrón con adición de 0% de agregado fino, además adiciones de 5%, 10% y 15% del total del agregado para estudiar su influencia en un concreto permeable.

 ➤ **Paso 2: Elección de la relación agua/ cemento:**

Para el diseño se consideró una relación de agua/cemento de 0.35, dicho valor está dentro del rango establecido por el ACI el cual es de 0.25 a 0.45 para concretos

permeables, con la finalidad de que la pasta no tenga problemas con mucha o poca cantidad de agua.

➤ **Paso 3: Relación de porcentaje de vacíos.**

La cantidad de porcentaje de vacíos está en relación con la resistencia a la compresión a los 28 días. Para esta investigación se desea llegar a una resistencia de 210 kg/cm², para ello se utiliza la figura 7, donde indica se debe trabajar con un contenido de vacíos de 15%.

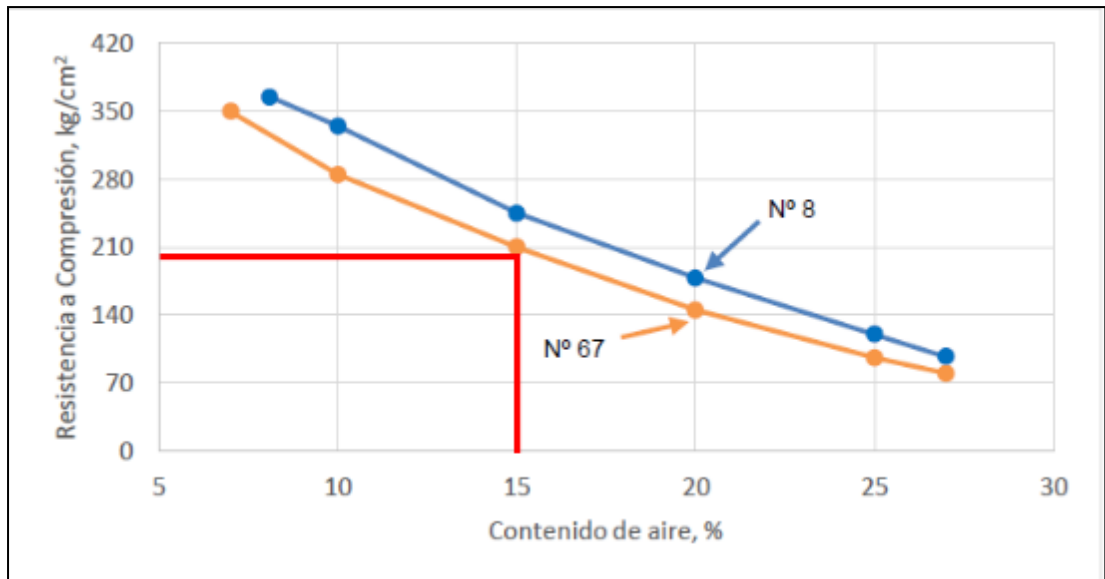


Figura. 7 Elección de % de vacíos para el diseño de mezcla según la resistencia a la compresión 210kg/cm², N° 67.

Fuente: ACI 522R-10

➤ **Paso 4: Calculo de volumen de pasta.**

Para obtener el porcentaje del volumen de pasta se hace de uso de la figura 8, la cual está en relación con la compactación. Para este estudio, se empleará una compactación ligerea, debido a que así se obtendrá mayor cantidad de pasta y como consecuencia los agregados tendrán un recubrimiento óptimo.

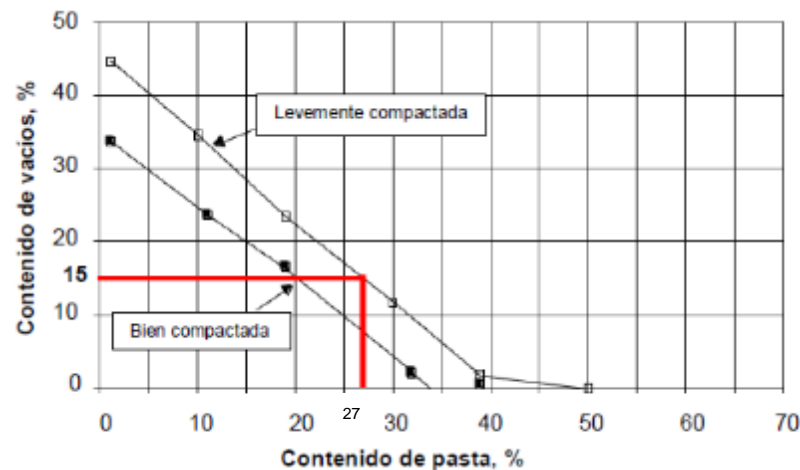


Figura. 8 Determinación del Contenido de pasta con relación al contenido de vacíos.

Fuente: ACI 522R-10

De acuerdo a la figura 8 se tiene un 27% de pasta total.

Determinado el contenido de pasta, se debe tener en cuenta que al agregar diferentes porcentajes de agregado fino del agregado total de la mezcla, se debe reducir el porcentaje de pasta en dichas cantidades.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que la norma ACI 522R indica que si se trabaja con agregado fino y la compactación es ligera se debe reducir la cantidad de pasta por cada 10% de adición de agregado fino se debe quitar 1% de la mezcla total.

Como en este diseño se utilizará 0% de agregado Fino entonces no se quita ningún porcentaje de la pasta total.

➤ **Paso 5: Determinar el valor b/bo**

El valor b/bo permite determinar el peso del agregado grueso en la mezcla, para ello se tiene en cuenta la tabla valores efectivos que proporciona el ACI 522R-10, donde especifica el valor B/bo de acuerdo al porcentaje de agregado fino con el que se quiere trabajar.

| Porcentaje de Fino | b/bo | |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|
| | ASTM C-33 Tamaño N° 8 | ASTM C-33 Tamaño N° 67 |
| 0 | 0.99 | 0.99 |
| 10 | 0.93 | 0.93 |
| 20 | 0.85 | 0.86 |

Figura. 9 Determinación del valor efectivos b/bo.

Fuente: ACI 522R-10

- **Por lo tanto, para uso de 0% de agregado fino el valor b/Bo es 0.99**

➤ **Paso 6: Determinar el peso del agregado grueso**

- Peso del agregado grueso (Pag):

$$b/bo = \frac{\text{Peso del agregado Grueso}}{\text{PUSC del agregdo grueso}}$$

$$Pag = b/bo \times \text{PUSC Agregado Grueso} \times 1m^3$$

Ecuación 4 *Peso del agregado grueso por m³*

- Cálculo del Peso Unitario Seco compactado (PUSC):

$$PUSC = \frac{PUC}{\text{Porcentaje de Humedad}}$$

$$PUSC = \frac{1759.38 \text{ Kg/m}^3}{1.0068}$$

$$PUSC = 1747.49 \text{ Kg/m}^3$$

- Se determina el peso del agregado grueso seco (Pag):

$$Pag = b/b_o \times PUSC \text{ Agregado Grueso} \times 1m^3$$

$$Pag = 0.99 \times 1747.49 \text{ Kg/m}^3 \times 1m^3$$

$$Pag = 1730.02 \text{ Kg/m}^3$$

- Ajuste por absorción (S.S.S):

$$Pag(sss) = Pag \times \text{Porcentaje de absorción}$$

$$Pag(sss) = 1730.02 \text{ Kg/m}^3 \times 1.0231$$

$$Pag(sss) = 1770.05 \text{ Kg}$$

- Reduciendo el porcentaje de que ocupa el agregado fino:

$$Pag. final(sss) = Pag (sss) - \% de Paf(sss)$$

$$Pag. final(sss) = 1713.41 \text{ Kg} \times (1 - 0\%)$$

$$Pag. final(sss) = 1770.05 \text{ Kg}$$

➤ Paso 7: Determinar el peso del agregado fino

Para este diseño no se usa agregado fino, por tanto, su valor es 0. Por otra parte, para el cálculo del resto de diseños se usará las siguientes consideraciones:

- Se determina el peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$Pa. f(sss) = Pag (sss) - Pag. final(sss)$$

- Se determina el peso del agregado fino seco (Paf):

$$Pa. f = \frac{Paf(sss)}{\% \text{ de Absorción}}$$

➤ **Paso 8: Determinar el contenido de cemento y agua**

- Volumen de pasta = Volumen de cemento + Volumen de agua

$$V_p = \frac{c}{P_{ec}} + \frac{a}{P_{ea}}$$

Ecuación 5 *Volumen de pasta*

$$V_p = \frac{c}{3x\ 1000} + \frac{a}{1000}$$

Con la relación $a/c = 0.35$, se despeja:

$$V_p = \frac{c}{3x\ 1000} + \frac{0.35xc}{1000}$$

- Como el volumen de pasta $V_p=27\%$ ya se conoce, obtenemos la cantidad de cemento:

$$0.27 = \frac{c}{3x\ 1000} + \frac{0.35\ xc}{1000}$$

$$c = 395.12\ kg/m^3$$

- Se calcula la cantidad de agua de diseño despejando la relación a/c :

$$\frac{a}{c} = 0.35$$

$$a = 0.35\ x\ c$$

$$a = 138.29\ L$$

➤ **Paso 9: Calcular volúmenes Absolutos:**

Tabla 16

Volúmenes Absolutos de Diseño N°1

| | PESOS SSS (Kg.) | Pe(sss) Kg/m3 | VOL m3 |
|-------------------------|------------------------|----------------------|---------------|
| CEMENTO | 395.12 | 3000 | 0.132 |
| AGUA DE DISEÑO | 138.29 | 1000 | 0.138 |
| AGREGADO GURUESO | 1770.05 | 2644 | 0.669 |
| AGRADO FINO | 0.00 | 2720 | 0.000 |
| | | VOL SÓLIDO= | 0.939 |

Fuente: Elaboración propia

➤ **Paso 10: Corregir por Humedad y absorción**

Tabla 17

Datos para corrección de Humedad y Absorción de diseño N°1

| MATERIAL | PESOS SECOS (Kg.) | HUMEDAD % | ABS% |
|-------------------------|--------------------------|------------------|-------------|
| CEMENTO | 395.12 | - | - |
| AGUA DE DISEÑO | 138.29 | - | - |
| AGREGADO GURUESO | 1730.02 | 0.68 | 2.31 |
| AGRADO FINO | 0.00 | 0.81 | 1.31 |

Fuente: Elaboración propia

- **Se calcula el agua efectiva:**

Balance de agua en A.G:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times \text{AG}$$

Ecuación 6 Adición de agua por A.G.

$$\text{Adición de agua} = (2.31\% - 0.68\%) \times 1770.05 \text{kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 28.27 \text{ kg}$$

Balance de agua en A.F:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times AF$$

Ecuación 7 Adición de agua por A.F.

Como no se usa agregado fino en este diseño, no se corrige por humedad y Absorción

Agua efectiva: se calcula sumando el agua de diseño y las correcciones de Humedad y Absorción.

$$\text{Agua efectiva} = 138.38\text{kg} + 28.27\text{kg} + 0\text{kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 166.56 \text{ Kg}$$

- **Se corrige por Humedad**

Tabla 18 Correcciones del agregado por Humedad

| MATERIAL | PESOS Seco (Kg.) | HUMEDAD % | P. corregido |
|------------------|------------------|-----------|--------------|
| AGREGADO GURUESO | 1730.02 | 0.68 | 1741.78 |
| AGRADO FINO | 0.00 | 0.81 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia

➤ **Paso 11: Valores de diseño de mezcla:**

Tabla 19

Valores de diseño de Mezcla N°1

| MATERIAL | PESOS POR M3 (Kg.) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN |
|-------------------|--------------------|-----------------------|
| CEMENTO | 395.12 | 1 |
| AGUA EFECTIVA | 166.56 | 17.92 |
| AGREGADO GURUESO | 1741.78 | 4.41 |
| AGRADO FINO | 0.00 | 0.00 |
| PESO TOTAL | 2303.47 | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.3.2.2. DISEÑO DE MEZCLA N° 2: Adición de 5 % de Agregado Fino

Los pasos del 1 al 3 son iguales al diseño de mezcla N°1

Paso 4: Calculo de volumen de pasta.

De acuerdo a la figura 9 en el diseño N° 1, se tiene un 27% de pasta total. Además, según la norma ACI 522R si se usa 10% de agregado fino se debe reducir 1% en la pasta. De tal modo al usar 5% de Agregado fino se debe reducir 0.5%.

- **Porcentaje de pasta corregida es 26.5%**

➤ **Paso 5: Determinar el valor b/bo**

De la Figura10, en el diseño N°1, se obtiene el valor b/bo según la tabla de valores efectivos que proporciona el ACI 522R-10. Donde se debe interpolar para conocer el valor que está dentro del su rango.

- **El valor b/bo para un porcentaje 5% de fino es 0.96**

➤ **Paso 6: Determinar el peso del agregado grueso**

- Cálculo del Peso Unitario Seco compactado (PUSC):

Como las características del agregado es la misma, el valor es igual que en el diseño N°1

$$PUSC = 1747.49 \text{ Kg/m}^3$$

- Se determina el peso del agregado grueso seco (Pag):

$$Pag = b/bo \times PUSC \text{ Agregado Grueso} \times 1m^3$$

$$Pag = 0.96 \times 1747.49 \text{ Kg/m}^3 \times 1m^3$$

$$Pag = 1677.59 \frac{Kg}{m^3}$$

- Ajuste por absorción (S.S.S):

$$Pag(sss) = Pag \times \text{Porcentaje de absorción}$$

$$Pag(sss) = 1677.59 \text{ Kg}/m^3 \times 1.0231$$

$$Pag(sss) = 1716.41 \text{ Kg}$$

- Reduciendo el porcentaje de que ocupa el agregado fino:

$$Pag.\text{final}(sss) = Pag(sss) - \% \text{ de } Paf(sss)$$

$$Pag.\text{final}(sss) = 1716.41 \text{ Kg} \times (1 - 5\%)$$

$$Pag.\text{final}(sss) = 1630.59 \text{ Kg}$$

➤ **Paso 7: Determinar el peso del agregado fino**

- Se determina el peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$Pa.f(sss) = Pag(sss) - Pag.\text{final}(sss)$$

$$Pa.f(sss) = 1716.41 \text{ Kg} - 1630.59 \text{ Kg}$$

$$Pa.f(sss) = 85.82 \text{ Kg}$$

- Se determina el peso del agregado fino seco (Paf):

$$Pa.f = \frac{Paf(sss)}{\% \text{ de Absorción}}$$

$$Pa.f = \frac{85.82 \text{ Kg}}{1.0131}$$

$$Pa.f = 84.71 \text{ Kg}$$

➤ **Paso 8: Determinar el contenido de cemento y agua**

- Volumen de pasta = Volumen de cemento + Volumen de agua

$$V_p = \frac{c}{3 \times 1000} + \frac{a}{1000}$$

Con la relación $a/c = 0.35$, se despeja:

$$V_p = \frac{c}{3 \times 1000} + \frac{0.35 \times c}{1000}$$

- Como el volumen de pasta $V_p = 26.5\%$ ya se conoce, obtenemos la cantidad de cemento:

$$0.265 = \frac{c}{3 \times 1000} + \frac{0.35 \times c}{1000}$$

$$c = 387.80 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula la cantidad de agua de diseño despejando la relación a/c :

$$\frac{a}{c} = 0.35$$

$$a = 0.35 \times c$$

$$a = 135.73 \text{ L}$$

➤ **Paso 9: Calcular volúmenes Absolutos:**

Tabla 20

Volúmenes Absolutos de Diseño N°2

| MATERIAL | PESOS SSS (Kg.) | Pe(sss) Kg/m3 | VOL m3 |
|----------------|-----------------|------------------------|--------------|
| CEMENTO | 387.80 | 3000 | 0.129 |
| AGUA DE DISEÑO | 135.73 | 1000 | 0.136 |
| AGREGADO | 1630.59 | 2644 | 0.617 |
| GURUESO | | | |
| AGRADO FINO | 85.82 | 2720 | 0.032 |
| | | VOL SÓLIDO= | 0.913 |

Fuente: Elaboración propia

➤ **Paso 10: Corregir por Humedad y absorción**

Tabla 21

Datos para corrección de Humedad y Absorción de diseño N°2

| MATERIAL | PESOS SECOS (Kg.) | HUMEDAD % | ABS% |
|---------------------|----------------------|--------------|------|
| CEMENTO | 387.80 | - | - |
| AGUA DE DISEÑO | 135.73 | - | - |
| AGREGADO GURUESO | 1593.71 | 0.68 | 2.31 |
| AGRADO FINO | 84.71 | 0.81 | 1.31 |

Fuente: Elaboración propia

- **Se calcula el agua efectiva:**

Balance de agua en A.G:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times AG$$

$$\text{Adición de agua} = (2.31\% - 0.68\%) \times 1593.71 \text{kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 26.04 \text{ kg}$$

Balance de agua en A.F:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times AF$$

$$\text{Adición de agua} = (1.31\% - 0.81\%) \times 84.71 \text{kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.43 \text{kg}$$

Agua efectiva: se calcula sumando el agua de diseño, las coerciones de Humedad y Absorción.

$$\text{Agua efectiva} = 135.73 \text{Kg} + 26.04 \text{kg} + 0.43 \text{kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 162.20 \text{ kg}$$

- **Se corrige por Humedad**

Se corrige por humedad sacando la diferencia entre el peso seco y la cantidad de agua de cada agregado.

Tabla 22
Pesos corregidos por Humedad del Diseño N°2

| MATERIAL | PESOS Seco (Kg.) | HUMEDAD % | P corregido |
|-------------------------|-------------------------|------------------|--------------------|
| AGREGADO GURUESO | 1593.71 | 0.68 | 1604.55 |
| AGRADO FINO | 84.71 | 0.81 | 85.39 |

Fuente: Elaboración propia

➤ **Paso 11: Valores de diseño de mezcla:**

Tabla 23
Valores de diseño de Mezcla N°2

| MATERIAL | PESOS POR M3 (Kg.) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN |
|-------------------------|---------------------------|------------------------------|
| CEMENTO | 387.80 | 1 |
| AGUA EFECTIVA | 162.20 | 17.78 |
| AGREGADO GURUESO | 1604.55 | 4.14 |
| AGRADO FINO | 85.39 | 0.22 |
| PESO TOTAL | 2239.95 | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.3.2.3. DISEÑO DE MEZCLA N°3: Adición de 10 % de Agregado Fino

Los pasos del 1 al 3 son iguales al diseño de mezcla N°1

Paso 4: Calculo de volumen de pasta.

De acuerdo a la figura 9 en el diseño N°1, se tiene un 27% de pasta total. Además, según la norma ACI 522R si se usa 10% de agregado fino se debe reducir 1% en la pasta. De tal modo al usar 10% de Agregado fino se debe reducir 1%.

- **Porcentaje de pasta corregida es 26%**

➤ **Paso 5: Determinar el valor b/bo**

De la Figura 10, en el diseño N°1, se obtiene el valor b/bo según la tabla de valores efectivos que proporciona el ACI 522R-10. Donde se debe interpolar para conocer el valor que está dentro de su rango.

- El valor b/bo para un porcentaje 10% de fino es 0.93

➤ **Paso 6: Determinar el peso del agregado grueso**

- Cálculo del Peso Unitario Seco compactado (PUSC):

Como las características del agregado es la misma, el valor es igual que en el diseño N°1

$$PUSC = 1747.49 \text{ Kg/m}^3$$

- Se determina el peso del agregado grueso seco (Pag):

$$Pag = b/bo \times PUSC \text{ Agregado Grueso} \times 1\text{m}^3$$

$$Pag = 0.93 \times 1747.49 \text{ Kg/m}^3 \times 1\text{m}^3$$

$$Pag = 1625.17 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

- Ajuste por absorción (S.S.S):

$$Pag(sss) = Pag \times \text{Porcentaje de absorción}$$

$$Pag(sss) = 1625.17 \text{ Kg/m}^3 \times 1.0231$$

$$Pag(sss) = 1662.78 \text{ Kg}$$

- Reduciendo el porcentaje de que ocupa el agregado fino:

$$Pag.\text{final}(sss) = Pag(sss) - \% \text{ de } Paf(sss)$$

$$Pag.\text{final}(sss) = 1662.78 \text{ Kg} \times (1 - 10\%)$$

$$Pag. final(sss) = 1496.50 \text{ Kg}$$

➤ **Paso 7: Determinar el peso del agregado fino**

- Se determina el peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$Pa. f(sss) = Pag(sss) - Pag. final(sss)$$

$$Pa. f(sss) = 1662.787 \text{ Kg} - 1496.50 \text{ Kg}$$

$$Pa. f(sss) = 166.28 \text{ Kg}$$

- Se determina el peso del agregado fino seco (Paf):

$$Pa. f = \frac{Paf(sss)}{\% \text{ de Absorción}}$$

$$Pa. f = \frac{166.28 \text{ Kg}}{1.0131}$$

$$Pa. f = 164.13 \text{ Kg}$$

➤ **Paso 8: Determinar el contenido de cemento y agua**

- Volumen de pasta = Volumen de cemento + Volumen de agua

$$Vp = \frac{c}{3 \times 1000} + \frac{a}{1000}$$

Con la relación $a/c = 0.35$, se despeja:

$$Vp = \frac{c}{3 \times 1000} + \frac{0.35 \times c}{1000}$$

- Como el volumen de pasta $Vp=26\%$ ya se conoce, obtenemos la cantidad de cemento:

$$0.26 = \frac{c}{3 \times 1000} + \frac{0.35 \times c}{1000}$$

$$c = 380.49 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula la cantidad de agua de diseño despejando la relación a/c:

$$\frac{a}{c} = 0.35$$

$$a = 0.35 \times c$$

$$a = 133.17 \text{ L}$$

➤ **Paso 9: Calcular volúmenes Absolutos:**

Tabla 24

Volúmenes Absolutos de Diseño N°3

| MATERIAL | PESOS SSS (Kg.) | Pe(sss) Kg/m3 | VOL m3 |
|---------------------|-----------------|------------------------|-----------|
| CEMENTO | 380.49 | 3000 | 0.127 |
| AGUA DE DISEÑO | 133.17 | 1000 | 0.133 |
| AGREGADO GURUESO | 1496.50 | 2644 | 0.566 |
| AGRADO FINO | 166.28 | 2720 | 0.061 |
| | | VOL SÓLIDO= | 0.887 |

Fuente: Elaboración propia

➤ **Paso 10: Corregir por Humedad y absorción**

Tabla 25

Datos para corrección de Humedad y Absorción de diseño N°3

| MATERIAL | PESOS SECOS (Kg.) | HUMEDAD % | ABS% |
|---------------------|----------------------|--------------|------|
| CEMENTO | 380.49 | - | - |
| AGUA DE DISEÑO | 133.17 | - | - |
| AGREGADO GURUESO | 1462.65 | 0.68 | 2.31 |
| AGRADO FINO | 164.13 | 0.81 | 1.31 |

Fuente: Elaboración propia

- **Se calcula el agua efectiva:**

Balance de agua en A.G:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times AG$$

$$\text{Adición de agua} = (2.31\% - 0.68\%) \times 1462.65 \text{kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 23.90 \text{ kg}$$

Balance de agua en A.F:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times AF$$

$$\text{Adición de agua} = (1.31 - 0.81) \times 164.13 \text{kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.83 \text{kg}$$

Agua efectiva: se calcula sumando el agua de diseño, las coerciones de Humedad y Absorción.

$$\text{Agua efectiva} = 133.17 \text{kg} + 23.90 \text{kg} + 0.83 \text{kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 157.90 \text{ kg}$$

- **Se corrige por Humedad**

Se corrige por humedad sacando la diferencia entre el peso seco y la cantidad de agua de cada agregado.

Tabla 26

Pesos corregidos por Humedad del Diseño N°3

| MATERIAL | PESOS Seco (Kg.) | HUMEDAD % | P corregido |
|---------------------|---------------------|--------------|----------------|
| AGREGADO GURUESO | 1462.65 | 0.68 | 1472.60 |
| AGRADO FINO | 164.13 | 0.81 | 165.45 |

Fuente: Elaboración propia

➤ **Paso 11: Valores de diseño de mezcla:**

Tabla 27
Valores de diseño de Mezcla N°3

| MATERIAL | PESOS POR M3 (Kg.) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| CEMENTO | 380.49 | 1 |
| AGUA EFECTIVA | 157.90 | 17.64 |
| AGREGADO GURUESO | 1472.60 | 3.87 |
| AGRADO FINO | 165.45 | 0.43 |
| PESO TOTAL | 2176.43 | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.3.2.4. DISEÑO DE MEZCLA N°4: Adición de 15 % de Agregado Fino

Los pasos del 1 al 3 son iguales al diseño de mezcla N°1

Paso 4: Calculo de volumen de pasta.

De acuerdo a la figura 9 en el diseño N°1, se tiene un 26% de pasta total. Además, según la norma ACI 522R si se usa 10% de agregado fino se debe reducir 1% en la pasta con una compactación ligera. De tal modo al usar 10% de Agregado fino se debe reducir 1.5%.

- **Porcentaje de pasta corregida es 25.5%**

➤ **Paso 5: Determinar el valor b/bo**

De la Figura10, en el diseño N°1, se obtiene el valor b/bo según la tabla de valores efectivos que proporciona el ACI 522R-10. Donde se debe interpolar para conocer el valor que está dentro del su rango.

- **El valor b/bo para un porcentaje 15% de fino es 0.86**

➤ **Paso 6: Determinar el peso del agregado grueso**

- **Cálculo del Peso Unitario Seco compactado (PUSC):**

Como las características del agregado es la misma, el valor es igual que en el diseño N°1

$$PUSC = 1747.49 \text{ Kg/m}^3$$

- Se determina el peso del agregado grueso seco (Pag):

$$Pag = b/b_o \times PUSC \text{ Agregado Grueso} \times 1m^3$$

$$Pag = 0.86 \times 1747.49 \text{ Kg/m}^3 \times 1m^3$$

$$Pag = 1572.74 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

- Ajuste por absorción (S.S.S):

$$Pag(sss) = Pag \times \text{Porcentaje de absorción}$$

$$Pag(sss) = 1572.74 \text{ Kg/m}^3 \times 1.0231$$

$$Pag(sss) = 1609.14 \text{ Kg}$$

- Reduciendo el porcentaje de que ocupa el agregado fino:

$$Pag.\text{final}(sss) = Pag(sss) - \% \text{ de } Paf(sss)$$

$$Pag.\text{final}(sss) = 1609.14 \text{ Kg} \times (1 - 15\%)$$

$$Pag.\text{final}(sss) = 1367.77 \text{ Kg}$$

➤ **Paso 7: Determinar el peso del agregado fino**

- Se determina el peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$Pa.\text{f}(sss) = Pag(sss) - Pag.\text{final}(sss)$$

$$Pa.\text{f}(sss) = 1609.14 \text{ Kg} - 1367.77 \text{ Kg}$$

$$P.\text{af}(sss) = 241.37 \text{ Kg}$$

- Se determina el peso del agregado fino seco (Paf):

$$Pa.f = \frac{Paf(sss)}{\% \text{ de Absorción}}$$

$$Pa.f = \frac{241.37 \text{ Kg}}{1.0131}$$

$$Pa.f = 238.25 \text{ Kg}$$

➤ **Paso 8: Determinar el contenido de cemento y agua**

- Volumen de pasta = Volumen de cemento + Volumen de agua

$$Vp = \frac{c}{3x 1000} + \frac{a}{1000}$$

Con la relación a/c = 0.35, se despeja:

$$Vp = \frac{c}{3x 1000} + \frac{0.35 \text{ xc}}{1000}$$

- Como el volumen de pasta $Vp=25.5\%$ ya se conoce, obtenemos la cantidad de cemento:

$$0.255 = \frac{c}{3x 1000} + \frac{0.35 \text{ xc}}{1000}$$

$$c = 373.17 \text{ kg/m}^3$$

- Se calcula la cantidad de agua de diseño despejando la relación a/c:

$$\frac{a}{c} = 0.35$$

$$a = 0.35 \text{ x c}$$

$$a = 130.61 \text{ L}$$

➤ **Paso 9: Calcular volúmenes Absolutos:**

Tabla 28

Volúmenes Absolutos de Diseño N°4

| MATERIAL | PESOS SSS (Kg.) | Pe(sss) Kg/m ³ | VOL m ³ |
|---------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------|
| CEMENTO | 373.17 | 3000 | 0.124 |
| AGUA DE DISEÑO | 130.61 | 1000 | 0.131 |
| AGREGADO GURUESO | 1367.77 | 2644 | 0.517 |
| AGRADO FINO | 241.37 | 2720 | 0.089 |
| | | VOL SÓLIDO= | 0.861 |

Fuente: Elaboración propia

➤ **Paso 10: Corregir por Humedad y absorción**

Tabla 29

Datos para corrección de Humedad y Absorción de diseño N°4

| MATERIAL | PESOS SECOS (Kg.) | HUMEDAD % | ABS% |
|---------------------|----------------------|--------------|------|
| CEMENTO | 373.17 | - | - |
| AGUA DE DISEÑO | 130.61 | - | - |
| AGREGADO GURUESO | 1336.83 | 0.68 | 2.31 |
| AGRADO FINO | 238.25 | 0.81 | 1.31 |

Fuente: Elaboración propia

- **Se calcula el agua efectiva:**

Balance de agua en A.G:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times \text{AG}$$

$$\text{Adición de agua} = (2.31\% - 0.68\%) \times 1336.83 \text{kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 21.84 \text{kg}$$

Balance de agua en A.F:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) \times \text{AF}$$

$$\text{Adición de agua} = (1.031 - 0.81) \times \text{kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 1.20\text{kg}$$

Agua efectiva: se calcula sumando el agua de diseño, las coerciones de Humedad y Absorción.

$$\text{Agua efectiva} = 130.61\text{kg} + 21.84\text{kg} + 1.2\text{kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 153.66\text{ kg}$$

- **Se corrige por Humedad**

Se corrige por humedad sacando la diferencia entre el peso seco y la cantidad de agua de cada agregado.

Tabla 30

Pesos corregidos por Humedad del Diseño N°4

| MATERIAL | PESOS Seco (Kg.) | HUMEDAD % | P corregido |
|-------------------------|------------------|-----------|-------------|
| AGREGADO GURUESO | 1336.83 | 0.68 | 1345.92 |
| AGRADO FINO | 238.25 | 0.81 | 240.17 |

Fuente: Elaboración propia

➤ **Paso 11: Valores de diseño de mezcla:**

Tabla 31

Valores de diseño de Mezcla N°4

| MATERIAL | PESOS POR M3 (Kg.) | PROPORCIÓN EN VOLUMEN |
|-------------------------|--------------------|-----------------------|
| CEMENTO | 373.17 | 1 |
| AGUA EFECTIVA | 153.66 | 17.50 |
| AGREGADO GURUESO | 1345.92 | 3.61 |
| AGRADO FINO | 240.17 | 0.64 |
| PESO TOTAL | 2112.92 | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.3.3. Ensayos realizados al concreto permeable en estado endurecido

2.6.3.3.1. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos (ASTM C39)

- Elaboración de probetas

- De acuerdo al diseño de mezcla y la tanda necesaria se pesan cada uno de los materiales.
- Seguidamente se procede a mezclar los materiales en el trompo agregando el agregado grueso y una parte del agua, luego se pone el trompo en funcionamiento para después llenar el agregado fino, cemento y finalmente toda el agua.
- Se realiza las probetas cilíndricas, se llena hasta un tercio del molde y se golpea 15 veces con el martillo de goma alrededor del molde para que la mezcla se acomode, de igual manera se procede a conformar para las demás capas hasta llenar el molde y luego se enrasa con la varilla o regla.
- Los especímenes se deben cubrir con plástico para cuidar que no se pierda la humedad.
- Se desencofra las probetas luego de haber pasado 24 horas de su conformación.
- Finalmente, se sumergen las probetas en la poza de curado, la cual contiene agua potable saturada con hidróxido de calcio según las especificaciones. Además, los especímenes deben estar totalmente sumergidos.

- Ensayo de resistencia a la compresión

- Se retiran las probetas de la poza de curado de acuerdo a los días de curado que se requiera (28 días) y se espera un tiempo para que el agua del espécimen se reduzca.
- Se toman los datos del diámetro y altura de las probetas haciendo uso del vernier para tener mayor precisión.
- Se coloca las capas no adheridas de neopreno (espesor 13 ± 2 mm) en la probeta, luego se coloca en la presa hidráulica centrándola.
- Después, se aplica la carga axial de compresión a una velocidad constante de 0.25 MPa/s. Hasta haya una rotura de la probeta, entonces se procede a anotar el dato.

Tabla 32

Ensayo de Resistencia a la compresión

| COMPRESIÓN A LOS DIAS CON DE AGREGADO FINO | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------|---|---|---|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | | | |
| B | Diámetro 2 | mm | | | |
| C | Altura | mm | | | |
| D | Carga de Ruptura | Kg | | | |
| E | Área de contacto | cm ² | | | |
| F | Resistencia (F'C): $F=(D/E)$ | Kg/cm ² | | | |
| PROMEDIO | | Kg/cm ² | | | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.3.3.2. Resistencia a la flexión de vigas (ASTM C78)

- Elaboración de probetas

- Una vez realizada la mezcla de concreto permeable, se conforma las vigas con ayuda de los moldes normalizados de 50 cm de longitud, 15 cm de ancho y altura.

- Se procede a agregar la mezcla en el molde hasta la mitad y se golpea 20 veces con el martillo de goma alrededor del molde de la viga, del mismo modo se realiza en la mitad restante hasta llenar el molde, para luego nivelarlo con la varilla normalizada.
 - Se protege los especímenes con material plástico para impedir la pérdida de humedad.
 - Se desencofra las probetas luego de haber pasado 24 horas de su conformación.
 - Se sumerge los especímenes en a la poza de curado, la cual está conformado por agua potable saturada con hidróxido de calcio (cal).
- **Ensayo de resistencia a la flexión**
- Se retira de la poza de curado los especímenes después de 28 días de curado donde alcanzará su máxima resistencia.
 - Se procede a realizar el ensayo de flexión, en la cual los bloques de acero de la máquina se encuentran separados entre sí por 15 cm en la parte superior de la viga, siendo $\frac{1}{3}$ de la mitad del espacio que queda luego de marcar 1 pul a cada extremo de la viga ($\frac{45\text{cm}}{3}$). La marca en los extremos sirve para ubicar la base de la viga en los apoyos.
 - Se toma registro de las medidas de la probeta
 - La probeta debe ser girada a un lado con respecto a la posición que fue moldeada. Se coloca en la maquina y con ayuda de un operador experimentado se somete a administrar la fuerza de flexión, aumentado a velocidad constante. Cuando la viga falle, se anota la

carga máxima que esta soporta incluyendo el lugar donde ocurre la fractura superficial.

- Se anota el promedio de 3 medidas de altura y el promedio de medidas de ancho de la probeta donde ocurre la falla, las medidas serán tomadas en el centro y los extremos.
- Para calcular el módulo de rotura se emplea la siguiente formula:
 - Si la falla ocurre en el tercio del medio, el módulo de rotura se calculará con la siguiente formula:

$$Mr = \frac{Px L}{bxh^2}$$

Ecuación 8. Módulo de rotura para falla en tercio medio

- Si la falla ocurre fuera del tercio medio a una distancia menor al 5% de la longitud entre los bloques de acero, el módulo de rotura se calculará con:

$$Mr = \frac{3xPx L}{bxh^2}$$

Ecuación 9. Módulo de rotura para falla fuera del tercio medio

- Si la fractura superficial ocurre fuera del tercio medio a una distancia mayor al 5% de la longitud entre los bloques de acero, los resultados deberán ser desechados.

Tabla 33

Ensayo de resistencia a la flexión

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------------------------|--------------------------|---|---|---|---|---|
| H | Altura promedio | cm | | | | | |
| B | Ancho promedio | cm | | | | | |
| | Longitud | cm | | | | | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | | | | | |
| P | Carga Máxima | kg | | | | | |
| | Tercio de la falla | - | | | | | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | | | | | |
| | PROMEDIO | kg/cm² | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

2.6.3.3.3. Permeabilidad (ACI 522R-10)

- **Elaboración de especímenes**

- Se usarán probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 15 cm de altura, siendo dimensiones que adecuadas para usar en el permeámetro.
- El curado de las probetas será hasta los 28 días de edad.

- **Ensayo de permeabilidad**

- La norma ACI 522R – 10, menciona aspectos para desarrollar el ensayo de permeabilidad, para ello se requiere de un equipo de permeabilidad, y al no haber este equipo en el laboratorio de la universidad, se procede a elaborarlo de forma artesanal siguiendo ciertos parámetros.
- Para construir el equipo de permeabilidad se debe ensamblar tubos de PVC de ½” a la tubería donde se colocará las probetas permeables. La misma que debe tener 25 cm de altura y el diámetro

de la probeta de 10 cm. Además, la probeta se debe cubrir con plástico y/o látex antes de ser introducida en la tubería con la finalidad de evitar el flujo de agua en sus lados. En la parte superior de la tubería de 10 cm de diámetro se coloca un cilindro acrílico de 300 mm de longitud, la cual servirá para especificar la altura del agua, para ello debe ser acoplado con abrazaderas junto con la probeta de ensayo. En cuanto a la válvula que permite el paso del agua se ubica entre la tubería que contiene la probeta y la tubería de desagüe que a la vez esta debe estar a la misma altura de la superficie de probeta.

- La preparación del ensayo consiste en introducir la probeta cubierta con plástico dentro de la tubería de PVC. Luego se coloca el cilindro acrílico encima y se sella con abrazaderas, para evitar que se filtre el agua. Después, se procede a saturar la muestra llenándolo de agua hasta que salga por la tubería de desagüe, entonces se cierra la válvula y se coloca el agua a una altura h_1 de 30 cm.
- Finalmente, la aplicación del ensayo consiste en abrir la válvula de agua y al misma vez con un cronómetro se tomar el tiempo que tarda el agua en descender hasta una altura h_2 de 1 cm.
- Para calcular el coeficiente de permeabilidad se hace uso de la siguiente ecuación de la Ley de Darcy:

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \frac{h_1}{h_2}$$

Donde:

K: Coeficiente de permeabilidad

L: Longitud de la probeta

A: Área de la Probeta

a: Área del Tubo

h1: Altura del agua a partir de la parte superior de la probeta

h2: Altura por donde saldrá el agua.

t: Tiempo que tarda el agua en ir h1 a h2 (segundos)

Tabla 34

Coficiente de Permeabilidad

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|----------------------------|--|--------------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|
| N° | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1(cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiem po (seg) | k (cm/s) | k Prome dio (cm/s) |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Caracterización del Agregado Fino

En la Tabla 35 se muestra el resumen de cada ensayo para la caracterización del agregado fino.

Tabla 35
Características físicas del agregado fino

| ENSAYO | VALOR | UNIDADES | NORMA |
|---------------------------------|-------|-------------------|-----------|
| Módulo de Finura | 2.91 | - | ASTM C136 |
| Peso Específico | 2.68 | g/cm ³ | ASTM C128 |
| Peso Específico SSS | 2.72 | g/cm ³ | ASTM C128 |
| Peso Específico aparente | 2.78 | g/cm ³ | ASTM C128 |
| Absorción | 1.31 | % | ASTM C128 |
| Peso Unitario Suelto | 1679 | g/m ³ | ASTM C29 |
| Peso Unitario compactado | 1824 | g/m ³ | ASTM C29 |
| Contenido de Humedad TMN | 0.81 | % | ASTM C566 |
| | Nº 4 | - | - |

Fuente: Autor de tesis.

En la Figura 10 se muestran las curvas granulométricas ensayadas 3 veces del agregado fino y sus límites superior e inferior.

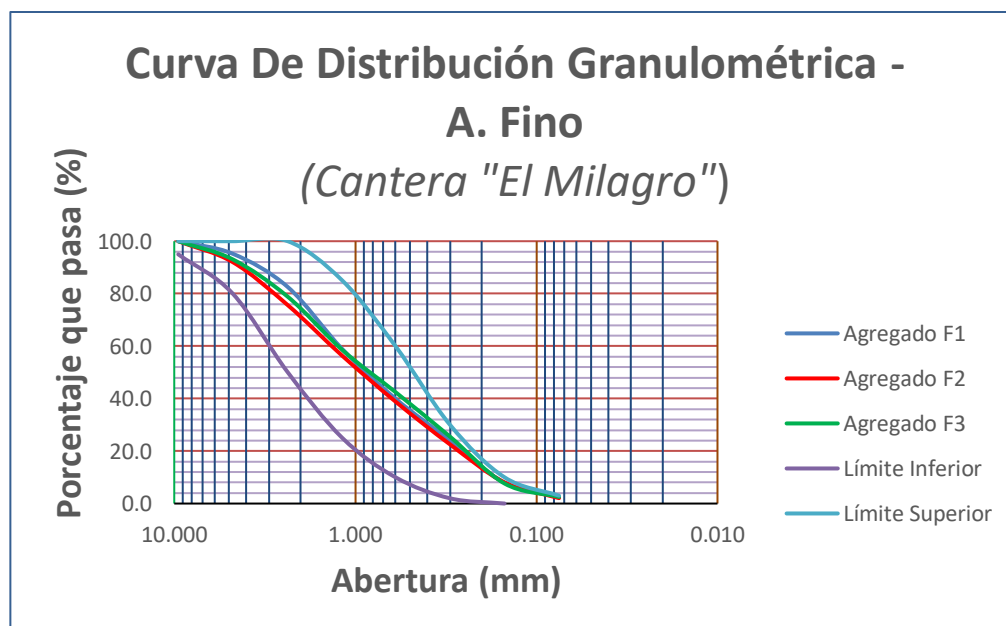


Figura. 10 Curva granulométrica del agregado fino en tres muestras.

Fuente: Autor de tesis.

3.2 Caracterización del Agregado Grueso

En la Tabla 36 se muestra el resumen de cada ensayo para la caracterización del agregado Grueso.

Tabla 36

Características físicas del agregado grueso

| ENSAYO | VALOR | UNIDADES | NORMA |
|---------------------------------|---------|-------------------|-----------|
| Peso Específico | 2.58 | g/cm ³ | ASTM C128 |
| Peso Específico SSS | 2.64 | g/cm ³ | ASTM C128 |
| Peso Específico aparente | 2.75 | g/cm ³ | ASTM C128 |
| Absorción | 2.31 | % | ASTM C128 |
| Peso Unitario Suelto | 1599.65 | g/m ³ | ASTM C29 |
| Peso Unitario compactado | 1759.38 | g/m ³ | ASTM C29 |
| Contenido de Humedad | 0.68 | % | ASTM C566 |
| TMN | 3/4" | 0 | - |

Fuente: Autor de tesis

En la Figura 11 se muestran las curvas granulométricas ensayadas 3 veces del agregado grueso y sus límites superior e inferior.

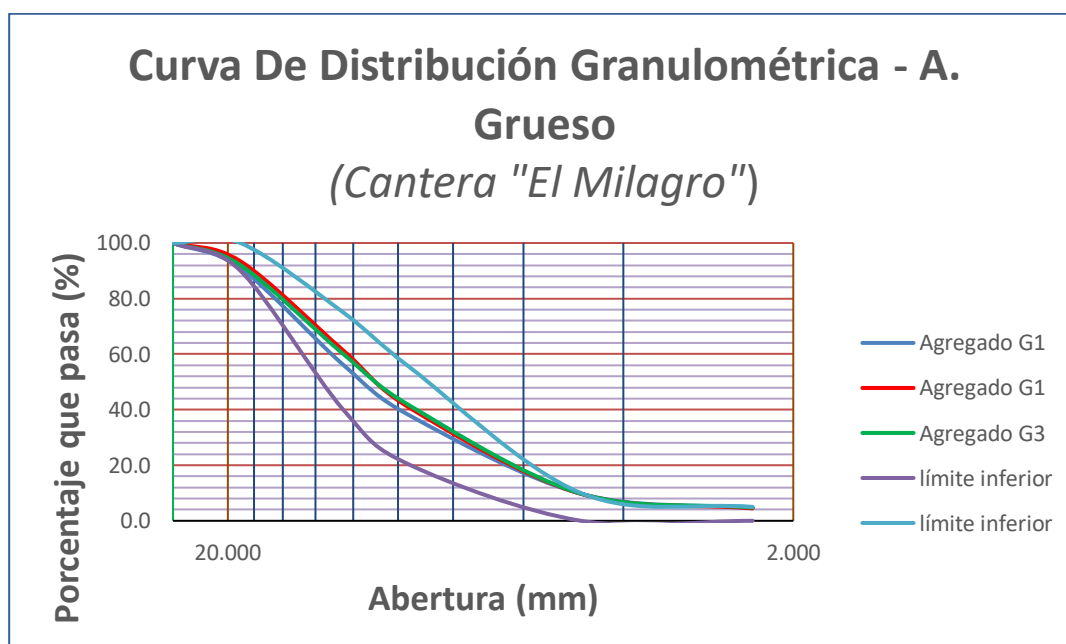


Figura. 11 Curva granulométrica del agregado Grueso en tres muestras.

Fuente: Autor de tesis

3.3 Diseño de mezcla para concreto permeable.

En la Tabla 37 se muestran las consideraciones que se tubo para el diseño del concreto.

Tabla 37

Criterios de diseño en tres dosificaciones de concreto permeable

| CRITERIO | VALOR |
|------------------------------------|--------------|
| % De Finos | 0, 5, 10, 15 |
| Relación a/c | 0.35 |
| % de Vacíos | 15% |
| F'c (Kg/cm ²) estimada | 210 |

Fuente: Autor de tesis

En la Tabla 38 y 39, se presenta el resumen de los 4 diseños de mezcla en Peso y Proporción.

Tabla 38

Resumen de Pesos por m³ en los cuatro diseños de mezclas de concreto permeable

| MATERIAL | PESOS POR M3 (Kg.) | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Diseño N°1 (0% AF) | Diseño N°2 (5% AF) | Diseño N°3 (10% AF) | Diseño N°4 (15% AF) |
| CEMENTO | 395.12 | 387.80 | 380.49 | 373.17 |
| AGUA EFECTIVA | 166.56 | 162.20 | 157.90 | 153.66 |
| AGREGADO GURUESO | 1741.78 | 1604.55 | 1472.60 | 1345.92 |
| AGRADO FINO | 0.00 | 85.39 | 165.45 | 240.17 |
| PESO TOTAL | 2303.47 | 2239.95 | 2176.43 | 2112.92 |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 39

Resumen de Proporción en volumen de los cuatro diseños de mezclas de concreto permeable

| MATERIAL | PROPORCIÓN EN VOLUMEN | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | Diseño N°1 (0% AF) | Diseño N°2 (5% AF) | Diseño N°3 (10% AF) | Diseño N°4 (15% AF) |
| CEMENTO | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| AGUA EFECTIVA | 17.92 | 17.78 | 17.64 | 17.50 |
| AGREGADO GURUESO | 4.41 | 4.14 | 3.87 | 3.61 |
| AGRADO FINO | 0.00 | 0.22 | 0.43 | 0.64 |

Fuente: Autor de tesis

3.4 Ensayos del concreto en estado endurecido:

3.4.1 Resistencia a la compresión del concreto permeable

En las Tablas 40, 41, 42 y 43, se observa las propiedades **Mecánicas** de resistencia a la compresión con adiciones de agregado fino de 0%, 5%, 10% y 15% a los 28 días de curado.

Tabla 40

Resistencia de compresión a los 28 días de curado con 0% de agregado fino

| COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS CON 0% DE AGREGADO FINO | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------|---------------|---------|---------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100 | 100 | 99 |
| B | Diámetro 2 | mm | 99 | 98 | 98 |
| C | Altura | mm | 200 | 200 | 200 |
| D | Carga de Ruptura | Kg | 9172.20 | 8830.60 | 9350.65 |
| E | Área de contacto | cm ² | 77.76 | 76.98 | 76.20 |
| F | Resistencia (F'C): $F=(D/E)$ | Kg/cm ² | 117.96 | 114.72 | 122.71 |
| PROMEDIO | | Kg/cm² | 118.46 | | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 41
Resistencia de compresión a los 28 días de curado con 5% de agregado fino

| COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS CON 5% DE AGREGADO FINO | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 97 | 99 | 100 |
| B | Diámetro 2 | mm | 98 | 99 | 100 |
| C | Altura | mm | 200 | 200 | 200 |
| D | Carga de Ruptura | Kg | 10191.90 | 10768.03 | 11864.21 |
| E | Área de contacto | cm ² | 74.66 | 76.98 | 78.54 |
| F | Resistencia (F'C): $F=(D/E)$ | Kg/cm ² | 136.51 | 139.89 | 151.06 |
| PROMEDIO | | Kg/cm² | 142.48 | | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 42
Resistencia de compresión a los 28 días de curado con 10% de agregado fino

| COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS CON 10% DE AGREGADO FINO | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100 | 99 | 100 |
| B | Diámetro 2 | mm | 98 | 99 | 99 |
| C | Altura | mm | 200 | 200 | 200 |
| D | Carga de Ruptura | Kg | 12924.70 | 13460.04 | 13822.03 |
| E | Área de contacto | cm ² | 76.98 | 76.98 | 77.76 |
| F | Resistencia (F'C): $F=(D/E)$ | Kg/cm ² | 167.90 | 174.86 | 177.76 |
| PROMEDIO | | Kg/cm² | 173.51 | | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 43
Resistencia de compresión a los 28 días de curado con 15% de agregado fino

| COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS CON 15% DE AGREGADO FINO | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------|---------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 99 | 98 | 100 |
| B | Diámetro 2 | mm | 98 | 99 | 99 |
| C | Altura | mm | 200 | 200 | 200 |
| D | Carga de Ruptura | Kg | 16009.29 | 15581.02 | 16493.65 |
| E | Área de contacto | cm ² | 76.20 | 76.20 | 77.76 |
| F | Resistencia (F'C): $F=(D/E)$ | Kg/cm ² | 203.40 | 207.15 | 212.12 |
| PROMEDIO | | Kg/cm² | 207.56 | | |

Fuente: Autor de tesis

3.1.1 Resistencia a la Flexión del concreto permeable:

En las Tablas 44, 45, 46 y 47, se observa las propiedades **Mecánicas** de resistencia a la Flexión con adiciones de agregado fino de 0%, 5%, 10% y 15% a los 28 días de curado.

Tabla 44

Resistencia a la Flexión a los 28 días con 0% de AF

| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 0% DE AF | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| H | Altura promedio | cm | 14.80 | 14.90 | 15.00 | 15.96 | 15.00 |
| B | Ancho promedio | cm | 15.20 | 15.10 | 15.50 | 15.00 | 14.80 |
| - | Longitud | cm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 |
| P | Carga Máxima | kg | 1664.00 | 1574.00 | 1520.00 | 1771 | 1577 |
| - | Tercio de la falla | - | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm² | 22.49 | 21.13 | 19.61 | 20.86 | 21.31 |
| PROMEDIO | | kg/cm² | 21.08 | | | | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 45

Resistencia a la Flexión a los 28 días con 5% de AF

| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 5% DE AF | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| H | Altura promedio | cm | 14.90 | 14.90 | 14.92 | 15.06 | 15.10 |
| B | Ancho promedio | cm | 15.00 | 14.96 | 15.00 | 14.90 | 14.90 |
| - | Longitud | cm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 |
| P | Carga Máxima | kg | 1705.00 | 1843.00 | 1853.00 | 1819.00 | 1924.00 |
| - | Tercio de la falla | - | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm² | 23.04 | 24.97 | 24.97 | 24.22 | 25.48 |
| PROMEDIO | | kg/cm² | 24.54 | | | | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 46
Resistencia a la Flexión a los 28 días con 10% de AF

| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 10% DE AF | | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|----------|----------|--------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| H | Altura promedio | cm | 14.96 | 15.08 | 15.02 | 14.92 | 15.02 |
| B | Ancho promedio | cm | 15.00 | 15.05 | 14.90 | 15.06 | 14.96 |
| - | Longitud | cm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 |
| P | Carga Máxima | kg | 1921.00 | 2176.00 | 2228.00 | 2081.00 | 2230.00 |
| - | Tercio de la falla | - | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm² | 25.75 | 28.61 | 29.83 | 27.93 | 29.73 |
| | PROMEDIO | kg/cm² | | | 28.37 | | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 47
Resistencia a la Flexión a los 28 días con 15% de AF

| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 15% DE AF | | | | | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|----------|----------|--------------|----------|----------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| H | Altura promedio | cm | 14.93 | 14.06 | 14.95 | 15.00 | 14.96 |
| B | Ancho promedio | cm | 14.95 | 15.00 | 15.00 | 14.90 | 15.00 |
| - | Longitud | cm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 |
| P | Carga Máxima | kg | 2388.00 | 2338.00 | 2440.00 | 2286.00 | 2338.00 |
| - | Tercio de la falla | - | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm² | 32.25 | 35.48 | 32.75 | 30.68 | 31.34 |
| | PROMEDIO | kg/cm² | | | 32.50 | | |

Fuente: Autor de tesis

3.1.2 Permeabilidad del concreto permeable.

En las Tablas 48, 49, 50 y 51, se observa las propiedades **Hidráulicas** de permeabilidad con adiciones de agregado fino de 0%, 5%, 10% y 15% a los 28 días de curado.

Tabla 48

Permeabilidad del concreto con uso del 0 % de A. Fino

| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1(cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
|----|---------------|---------------|----------------------------|---|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------|
| 1 | 14.97 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 169.90 | 0.312 | 0.316 |
| 2 | 15.05 | 9.98 | 78.23 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 172.33 | 0.310 | |
| 3 | 15.08 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 163.04 | 0.327 | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 49

Permeabilidad del concreto con uso del 5 % de A. Fino

| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1(cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
|----|---------------|---------------|----------------------------|---|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------|
| 1 | 15.00 | 9.96 | 77.91 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 191.38 | 0.280 | 0.289 |
| 2 | 14.98 | 10.01 | 78.70 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 178.07 | 0.297 | |
| 3 | 15.04 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 182.89 | 0.291 | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 50

Permeabilidad del concreto con uso del 10 % de A. Fino

| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1(cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
|----|---------------|---------------|----------------------------|---|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------|
| 1 | 14.98 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 214.42 | 0.247 | 0.257 |
| 2 | 15.00 | 10.01 | 78.70 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 198.09 | 0.267 | |
| 3 | 15.05 | 9.98 | 78.23 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 207.98 | 0.257 | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 51
Permeabilidad del concreto con uso del 15 % de A. Fino

| N° | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1(cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
|----|---------------|---------------|----------------------------|---|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------|
| 1 | 15.05 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 249.05 | 0.213 | 0.218 |
| 2 | 15.10 | 10.01 | 78.70 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 234.28 | 0.228 | |
| 3 | 15.05 | 9.97 | 78.07 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 250.67 | 0.214 | |

Fuente: Autor de tesis

3.5 Costo para el concreto permeable:

A continuación, se presenta un análisis del costo del concreto permeable con adición de diferentes porcentajes de agregado fino, en la cual se presenta precios incluido con IGV, considerados a febrero del 2020 en Trujillo. (Ver las cotizaciones en el Anexo V)

Tabla 52
Cotización de materiales para elaborar concreto permeable.

| TIENDA | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | C.U (S./) CON IGV | COSTO PROMEDIO (S./) |
|-------------------|-------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------|
| ALCA EIRL | Cemento Pacasmayo antisalitre Ms | Bolsa | 24.80 | 25.20 |
| DECAS EIRL | Cemento Pacasmayo antisalitre Ms | Bolsa | 25.50 | |
| GAMBOA | Cemento Pacasmayo antisalitre Ms | Bolsa | 25.30 | |
| ALCA EIRL | Gravilla 1/2" | M3 | 45.00 | 40.67 |
| DECAS EIRL | Gravilla 1/2" | M3 | 45.00 | |
| GAMBOA | Gravilla 1/2" | M3 | 32.00 | |
| ALCA EIRL | Arena Gruesa | M3 | 40.00 | 32.22 |
| DECAS EIRL | Arena Gruesa | M3 | 35.00 | |
| GAMBOA | Arena Gruesa | M3 | 21.67 | |

Fuente: Autor de tesis

En cuanto al costo del agua se tomó como referencia lo establecido por SEDALIB

S. A en la categoría comercial en rangos de 0 a 20 m³/mes, teniendo así un costo de S/. por m³ 4.381. (Ver Anexo V)

Para obtener la cantidad de bolsas de cemento, se divide la cantidad de kg del diseño de mezcla entre 42.5kg que pesa una bolsa de cemento. En cuanto para la conversión a m³ del resto de materiales los cuales están en kg, se realiza mediante su peso específico determinados anteriormente.

En las Tablas 53 a 56, se presenta el costo por metro cubico del concreto permeable con diferentes adiciones de agregado Fino.

Así también, se aprecia que el volumen de agregado total de la mezcla va reduciendo de 0.674 m³, 0.667 m³, 0.645 m³, 0.622 m³, la cual está en relación con las consideraciones de diseño de este concreto especial, donde indica que por cada 10% de agregado fino se debe quitar 1% del total de la pasta.

Tabla 53

Costo de m³ de concreto permeable con adición de agregado fino de 0%

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | |
|------------------------|--------|----------|--------|---------------|
| | | | (S/.) | PARCIAL |
| Cemento Pacasmayo Tipo | | | | |
| MS | BI | 9.297 | 25.20 | 234.28 |
| Agua | M3 | 0.167 | 4.38 | 0.73 |
| Agregado Grueso | M3 | 0.674 | 40.67 | 27.40 |
| Agregado Fino | M3 | 0.000 | 32.22 | 0.00 |
| TOTAL (S/.) | | | | 262.42 |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 54

Costo de m³ de concreto permeable con adición de agregado fino de 5%

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | |
|------------------------|--------|----------|--------|---------------|
| | | | (S/.) | PARCIAL |
| Cemento Pacasmayo Tipo | | 9.125 | 25.20 | 229.95 |
| MS | Bl | | | |
| Agua | M3 | 0.162 | 4.38 | 0.71 |
| Agregado Grueso | M3 | 0.621 | 40.67 | 25.24 |
| Agregado Fino | M3 | 0.032 | 32.22 | 1.02 |
| TOTAL (S/.) | | | | 256.93 |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 55

Costo de m³ de concreto permeable con adición de agregado fino de 10%

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | |
|------------------------|--------|----------|--------|---------------|
| | | | (S/.) | PARCIAL |
| Cemento Pacasmayo Tipo | | 8.953 | 25.20 | 225.61 |
| MS | Bl | | | |
| Agua | M3 | 0.158 | 4.38 | 0.69 |
| Agregado Grueso | M3 | 0.570 | 40.67 | 23.17 |
| Agregado Fino | M3 | 0.062 | 32.22 | 1.99 |
| TOTAL (S/.) | | | | 251.45 |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 56

Costo de m³ de concreto permeable con adición de agregado fino de 15%

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO | |
|------------------------|--------|----------|--------|---------------|
| | | | (S/.) | PARCIAL |
| Cemento Pacasmayo Tipo | | 8.780 | 25.20 | 221.27 |
| MS | Bl | | | |
| Agua | M3 | 0.154 | 4.38 | 0.67 |
| Agregado Grueso | M3 | 0.521 | 40.67 | 21.18 |
| Agregado Fino | M3 | 0.089 | 32.22 | 2.88 |
| TOTAL (S/.) | | | | 246.00 |

Fuente: Autor de tesis

3.6 Análisis de datos:

Para la prueba de normalidad se considerarán como hipótesis:

- **Hipótesis nula (H_0):** Las variables propiedades mecánicas e hidráulicas en la población tiene una distribución normal.
- **Hipótesis alterna (H_1):** Las variables propiedades mecánicas e hidráulicas en la población es distinta a la distribución normal.

En las tablas 56 y 57 se observa los datos de las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable para ser procesados con el software SPSS.

Tabla 57

Datos para analizar con el programa SPSS de la resistencia a la compresión y el coeficiente de permeabilidad.

| ID | %AF | F'c | k |
|----|-----|--------|-------|
| 1 | 0 | 117.96 | 0.312 |
| 2 | 0 | 114.72 | 0.310 |
| 3 | 0 | 122.71 | 0.327 |
| 4 | 5 | 136.51 | 0.280 |
| 5 | 5 | 139.89 | 0.297 |
| 6 | 5 | 151.06 | 0.291 |
| 7 | 10 | 167.90 | 0.247 |
| 8 | 10 | 174.86 | 0.267 |
| 9 | 10 | 177.76 | 0.257 |
| 10 | 15 | 203.40 | 0.213 |
| 11 | 15 | 207.15 | 0.228 |
| 12 | 15 | 212.12 | 0.214 |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 58

Datos para analizar con el programa SPSS de la resistencia a la Flexión

| ID | %AF | MR |
|----|-----|--------|
| 1 | 0 | 15.733 |
| 2 | 0 | 17.101 |
| 3 | 0 | 17.032 |
| 4 | 0 | 16.147 |
| 5 | 0 | 17.257 |
| 6 | 5 | 20.337 |
| 7 | 5 | 18.196 |
| 8 | 5 | 17.560 |
| 9 | 5 | 17.564 |
| 10 | 5 | 20.451 |
| 11 | 10 | 21.608 |
| 12 | 10 | 19.013 |
| 13 | 10 | 21.232 |
| 14 | 10 | 23.906 |
| 15 | 10 | 21.067 |
| 16 | 15 | 24.14 |
| 17 | 15 | 27.74 |
| 18 | 15 | 26.04 |
| 19 | 15 | 25.18 |
| 20 | 15 | 24.24 |

Fuente: Autor de tesis

En las tablas 59, 60 y 61 se muestra las pruebas de normalidad de las propiedades del concreto permeable obtenidas con el programa SPSS.

Tabla 59

Normalidad de los datos de Resistencia a la compresión.

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Porcentaje de agregado fino | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Resistencia a la compresión | 0 | ,217 | 3 | . | ,988 | 3 | ,792 |
| | 5 | ,300 | 3 | . | ,913 | 3 | ,427 |
| | 10 | ,272 | 3 | . | ,947 | 3 | ,554 |
| | 15 | ,204 | 3 | . | ,994 | 3 | ,846 |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 60

Normalidad de los datos de Resistencia a la flexión

| Pruebas de normalidad | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|--|
| | Porcentaje de agregado fino | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. | |
| Resistencia a la flexión | 0 | ,215 | 5 | ,200* | ,963 | 5 | ,826 | |
| | 5 | ,276 | 5 | ,200* | ,902 | 5 | ,421 | |
| | 10 | ,204 | 5 | ,200* | ,909 | 5 | ,459 | |
| | 15 | ,246 | 5 | ,200* | ,912 | 5 | ,478 | |

Fuente: Autor de tesis

Tabla 61

Normalidad de los datos de Permeabilidad.

| Pruebas de normalidad | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|-------|--|
| | Porcentaje de agregado fino | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. | |
| Permeabilidad | 0 | ,346 | 3 | . | ,837 | 3 | ,206 | |
| | 5 | ,243 | 3 | . | ,972 | 3 | ,679 | |
| | 10 | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 | |
| | 15 | ,364 | 3 | . | ,800 | 3 | ,114 | |

Fuente: Autor de tesis

Para la prueba ANOVA se considerarán como hipótesis:

- **Hipótesis nula (H₀):** La adición de diferentes porcentajes del agregado fino no influye significativamente en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable.
- **Hipótesis alterna (H₁):** La adición de diferentes porcentajes del agregado fino influye significativamente en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable.

Tabla 62
Análisis de varianza (ANOVA)

| | | ANOVA | | | | |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----|---------------------|---------|------|
| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Resistencia a la compresión | Entre grupos | 13425,220 | 3 | 4475,073 | 150,487 | ,000 |
| | Dentro de grupos | 237,898 | 8 | 29,737 | | |
| | Total | 13663,118 | 11 | | | |
| Resistencia a la flexión | Entre grupos | 361,530 | 3 | 120,510 | 57,883 | ,000 |
| | Dentro de grupos | 33,311 | 16 | 2,082 | | |
| | Total | 394,842 | 19 | | | |
| Permeabilidad | Entre grupos | ,016 | 3 | ,005 | 69,249 | ,000 |
| | Dentro de grupos | ,001 | 8 | ,000 | | |
| | Total | ,016 | 11 | | | |

Fuente: Autor de tesis

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Los ensayos fueron realizados en relación a los lineamientos establecidos por la norma técnica peruana (NTP) la cual está basada en las normas ASTM. Además, se tuvo en cuenta las consideraciones del ACI.

Propiedades mecánicas del concreto permeable:

En la siguiente figura se muestra la resistencia a la compresión del concreto permeable con adición de diferentes porcentajes de agregado fino a la edad 28 días.

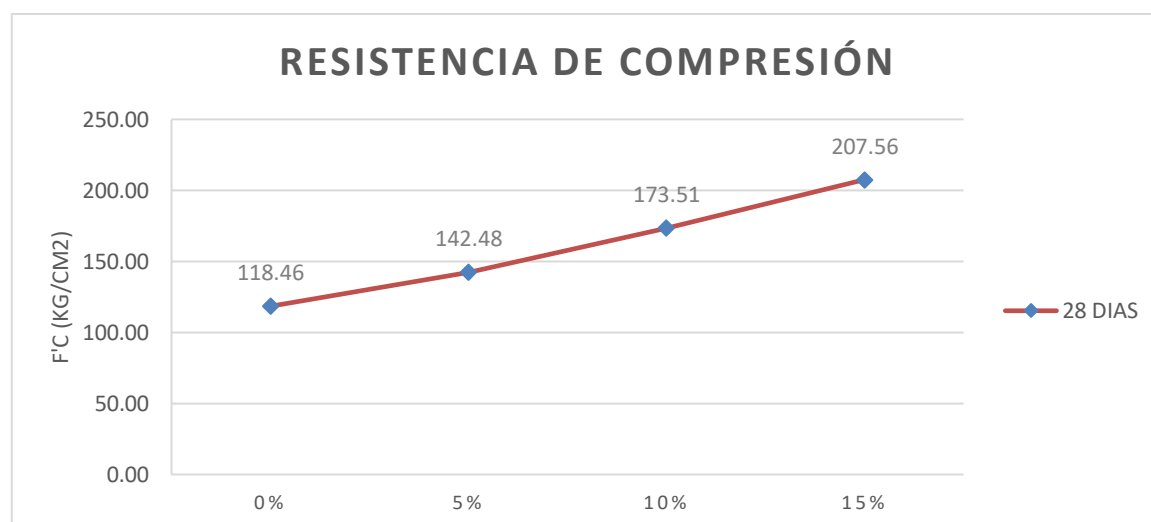


Figura. 12 Resistencia a la compresión a la edad de 28 días

Fuente: Autor de tesis

La resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de concreto permeable a los 28 días de curado tienen una tendencia de crecimiento uniforme. Donde, la resistencia va en aumento mientras se use mayor porcentaje de agregado fino. Es por ello que se puede decir

que la resistencia a la compresión es directamente proporcional a la adición de porcentajes agregado fino.

Por otro lado, los valores obtenidos de resistencia a la compresión llegan aproximadamente desde 56.41% hasta el 99.47% de su resistencia final para los 28 días de curado. Esto se debe al incremento de agregado fino, la cual ocasiona que en la estructura del concreto se reduzcan los vacíos por lo tanto mejoran sus características mecánicas.

Además, los rangos que establece el ACI 522, se encuentran entre 35 kg/cm² hasta 280 kg/cm², en la cual el valor requerido dependerá de la estructura que se desea realizar. De tal manera, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma para concretos permeables.

En figura 12, se aprecia que la mayor resistencia a la compresión obtenida es de 207.56 kg/cm² usando 15% de agregado fino, la cual se aproxima a la resistencia de diseño que es 210 kg/cm² semejante a un concreto convencional. Por otra parte, las resistencias tienden a subir a mayor la cantidad de agregado fino es por ello que se establece el porcentaje de aumento de resistencia siendo que con la adición de 0% a 5% de agregado fino tiene un aumento de 20.28%, para la adición de 5% a 10% hay un aumento de 21.78% y para la adición de 10% a 15% hay un incremento de 19.62 %.

De lo antes mencionado, se puede decir que a medida que aumenta el porcentaje de agregado fino también aumenta la resistencia a la compresión. Esta idea tiene relación con lo que publicaron Lasso, León & Rosero (2016) donde mencionan que el diseño más óptimo se obtiene con la gradación N^o4, con la cual se logra una resistencia a la compresión

de 24.6Mpa. Entonces al usarse una gradación N°4, esta tiende a estar dentro de los tamaños del agregado fino, por lo tanto, se presenta mejoras en la resistencia a la compresión. Esto se produce debido a al tener mayor cantidad de partículas pequeñas, mejor se acomodarán y habrá mayor adherencia en la mezcla.

Además, según la investigación de Córdoba (2016) donde menciona que a mayor porcentaje de vacíos se obtendrá una menor resistencia. De la manera, los datos obtenidos en la investigación tienen relación, debido a que si se adiciona porcentajes de agregado fino este tiende a reducir la cantidad de vacíos provocando que se obtengan mayores resistencias a la compresión tal es el caso de la adición del 15% de agregado fino con el cual se obtuvo mayor valor de esta propiedad.

Cerdán (2015), menciona que obtuvo mayor resistencia a la compresión usando 15% de vacíos en su diseño, y en la presente investigación se usó la misma cantidad, es por ello que se puede decir que se trabajó con un valor adecuado para obtener mejores resistencias.

Se puede concluir que los valores alcanzados de resistencia a la compresión llegan a la resistencia que se pretendía alcanzar cuando se realizó el diseño de mezcla solo en la dosificación que contiene 15% de agregado fino acercándose a los 210 kg/cm². Siendo esta resistencia apropiada para diversas aplicaciones.

En la figura 13 se muestran los valores de la resistencia a la flexión promedio de concreto permeable con diferentes porcentajes de agregado fino con una edad de curado de 28 días.



Figura. 13 Resistencia a la flexión del concretos permeable a los 28 días de curado

Fuente: Autor de tesis

Los resultados obtenidos presentan un comportamiento lineal ascendente a medida que se usa mayor cantidad de porcentaje de agregado fino, siendo así que la mayor resistencia a la flexión se obtiene con 15% de agregado fino teniendo un valor promedio de 32.50 kg/cm². Luego le sigue el uso de 10% de agregado fino con un valor promedio de 28.37 kg/cm², seguidamente con el uso de 5% de agregado tiene un valor promedio de 24.54 kg/cm². Finalmente, el de menor resistencia es la mezcla sin uso de agregado fino con un valor promedio de 21.08 kg/cm². Por lo tanto, se puede decir que entre el uso de 0 al 5 % de agregado fino hay un incremento de resistencia a la flexión de 16.40 %; con el uso de 5 a 10% de agregado fino se evidencia un aumento de resistencia a la flexión de 15.62% y en cuanto al uso de 10 a 15% de agregado fino se presenta un aumento de resistencia a la flexión de 14.56%.

(González, 2017) menciona que el rango normal de la resistencia a la flexión se encuentra entre 10.5 kg/cm^2 y 40 kg/cm^2 . Por lo tanto, los resultados obtenidos se encuentran dentro de dichos rangos superando al límite inferior, esto debido al uso de porcentajes de agregado fino, las cuales mejoran las propiedades de flexión al reducir los espacios en la estructura del concreto.

Los resultados de módulo de rotura son importantes debido a que frecuentemente se usan como parámetro principal en el diseño y control de calidad en pavimentos de concreto. De tal manera, en la presente investigación se pretende dar al concreto permeable una aplicación en pavimento, es por ello que se debe tener el mínimo margen de error. En cuanto a la falla de las viguetas, se obtuvo que el 100% especímenes sometidas a flexión fallan en el tercio medio, esto nos indica que la mezcla de concreto permeable presenta homogeneidad.

Enfocando los resultados a la construcción de pavimentos de concreto, se obtuvieron valores bajos en resistencia a la flexión, pues según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en su capítulo 14 (Pavimentos Rígidos) para ser usado como capa de rodadura en vías para tráfico pesado, menores a $5\ 000\ 000$ Ejes Equivalentes se requiere una resistencia a la flexión de 40 kg/cm^2 . Por otro lado, Reglamento Nacional de Edificaciones en su norma CE 0.10 (Pavimentos Urbanos) presenta módulos de rotura de 34 kg/cm^2 para ser usado en vías locales, colectoras y arteriales, si en caso fuera menor el módulo de rotura se puede usar en pavimentos especiales como pasajes peatonales, ciclovías, aceras y veredas para lo cual se requiere de un módulo de rotura de aproximadamente de 28 kg/cm^2 . Siendo la mezcla con uso de 15% de agregado fino el más

cercano para ser aplicado en vías con un valor de 32.50 kg/cm². Mientras que con uso del 10% de agregado fino es el cual cumple para ser aplicado en pavimentos especiales con una resistencia de 28.37 kg/cm². En cuanto al resto de diseños sus valores no son suficientes para ser usado en pavimentos según la norma debiendo rediseñarse teniendo en cuenta la granulometría de los agregados.

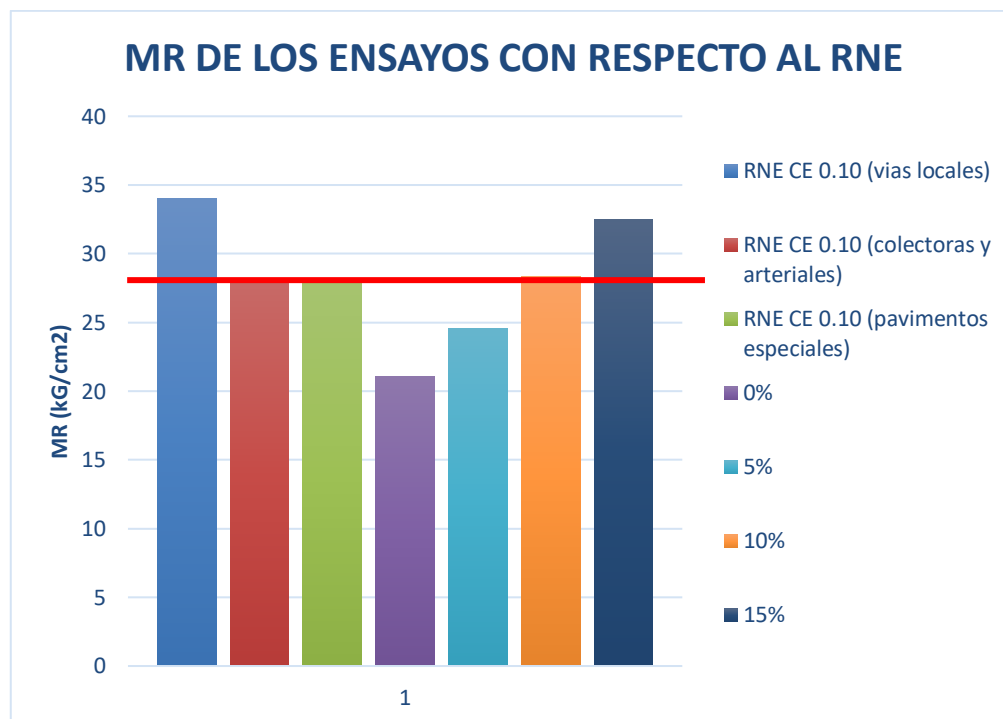


Figura. 14 Módulo de rotura comparado con el RNE

Fuente: Autor de tesis

De la figura 14 se puede concluir que al emplear 10 y 15% de agregado fino mejoran las resistencias a la flexión, la suficiente para aplicaciones de pavimentos especiales, las cuales están basados en las normas peruanas. Además, con uso del 15% su valor es muy próximo para cumplir con lo requerido para la aplicación de pavimentos en vías. De tal manera si se aumenta los porcentajes de agregado fino se puede lograr una resistencia adecuada para superar los 34 kg/cm² mínima que establece la norma.

Luego de analizar las propiedades mecánicas del concreto permeable, se realiza una comparación con los concretos convencionales los cuales presentan una relación directamente proporcional en su resistencia a la compresión y flexión. Los concretos permeables tienen el mismo comportamiento, a diferencia que sus resistencias son menores debido a su estructura que posee mayor cantidad de vacíos la misma que le da su característica permeable.

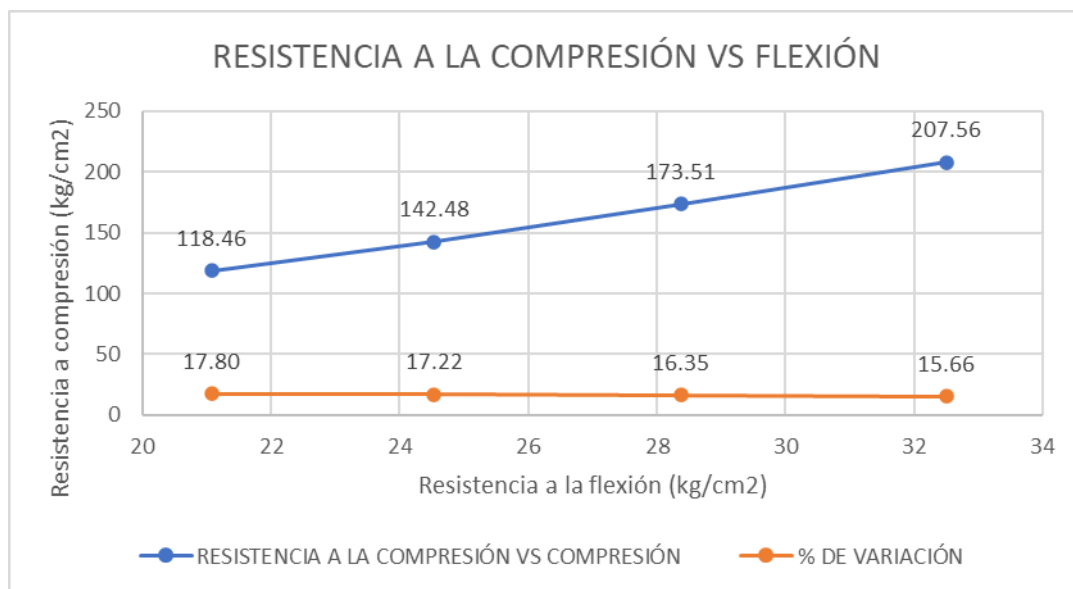


Figura. 15 Comparación de la resistencia a la compresión y flexión

Fuente: Autor de tesis

La figura 15 muestra las resistencias del concreto permeable a los 28 días de curado, donde tiene un comportamiento proporcional, a medida que la resistencia a la compresión aumenta o disminuya sucederá lo mismo con la resistencia a la flexión. Además, para un concreto convencional, comúnmente la resistencia a la flexión está comprendida entre un 12 y 18 % de la resistencia a la compresión. En los resultados obtenidos están dentro de esos rangos entre 15.66 y 17.80% respectivamente.

En la figura 16 se muestra la relación entre resistencia a la compresión y flexión de los concretos permeables proporcionados por el ACI 522R-10. De la cual se puede sacar la relación entre la compresión y flexión, por ejemplo, para un concreto de resistencia a la compresión de 3000 psi = 210.92 kg/cm² le correspondería una resistencia a la flexión en promedio de 400psi = 28.12 kg/cm² según la figura del ACI, entonces la relación entre estas resistencias es de 13.33% estando muy cercano a los valores encontrados en esta investigación.

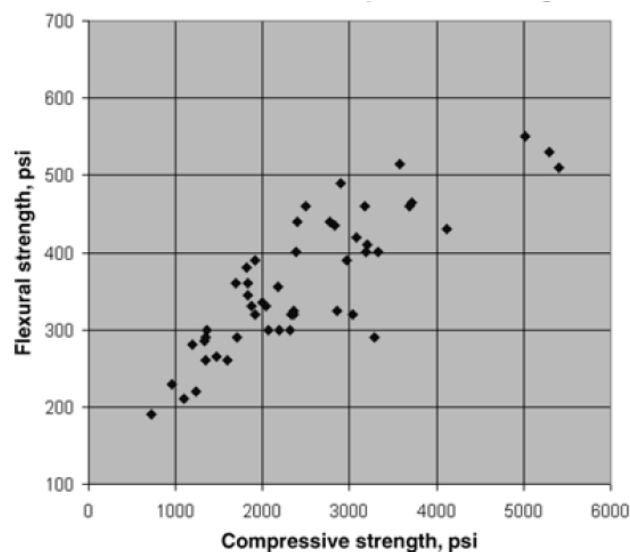


Figura. 16 Relación entre fuerza a la compresión y flexión de un concreto permeable.

Fuente: ACI 522R-10

Propiedades hidráulicas (Permeabilidad):

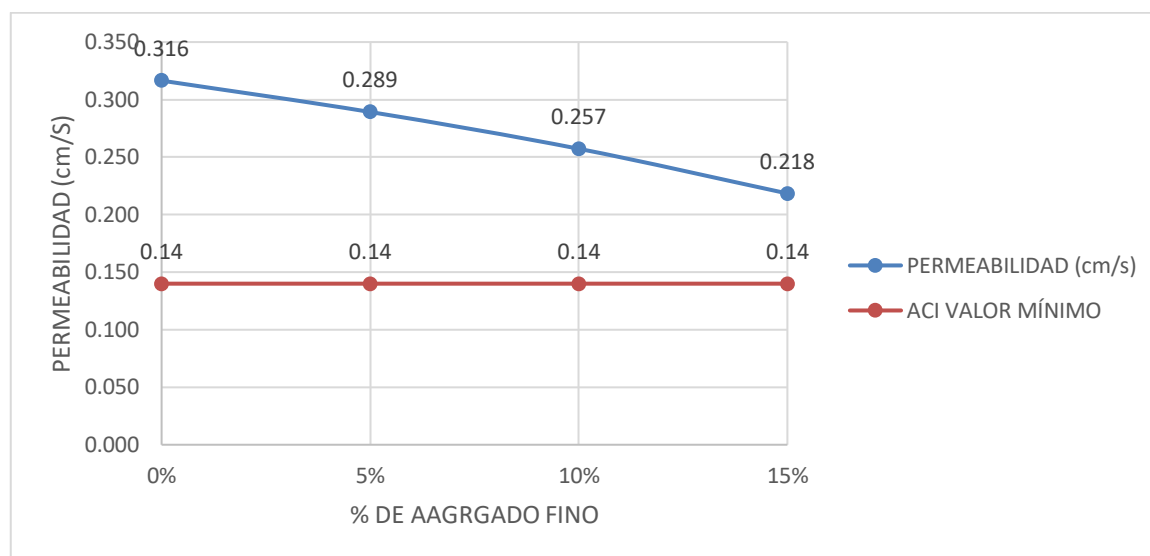


Figura. 17 *Coefficientes de permeabilidad del concreto permeable*

Fuente: Autor de tesis

Los valores de permeabilidad nos indican la cantidad de agua que pasa por el concreto permeable. Para ello según el ACI 522R-10 la permeabilidad de este tipo de concreto esta entre 0.14 a 1.22 cm/s, en cuanto a los resultados obtenidos en la presente investigación superaron el valor mínimo establecido por la norma.

En la figura 17 se puede apreciar que se ha logrado obtener una permeabilidad con un valor mayor de 0.32 cm/s al usar cantidades nulas de agregado fino, luego con el uso de 5, 10 y 15 % de agregado fino se obtienen valores de 0.29, 0.26 y 0.22 cm/s respectivamente. De ello se puede decir que todos los diseños de mezcla de concreto son permeables debido a se encuentran dentro de los rangos establecidos, por otro lado, a medida que se usa mayor cantidad de agregado fino las características de permeabilidad disminuyen, presentando un comportamiento inversamente proporcional dicha idea concuerda con Cardona (2017) quien concluye que la permeabilidad es inversa a la resistencia a la compresión.

En cuanto a las variaciones, se tiene que la permeabilidad entre el uso de 0 al 5% de agregado fino disminuye un 9.42%; entre el uso del 5 al 10% disminuye un 12.41% y finalmente entre el uso del 10 al 15% disminuye un 17.77 % su valor. Estos valores guardan relación con las propiedades mecánicas estudiadas pues al haber mayor permeabilidad disminuye la resistencia a la compresión y flexión. Los datos obtenidos guardan relación con la investigación de Bustamante (2017) quien concluye que la porosidad influye en la permeabilidad de manera directamente proporcional, siendo así que si se usa mayor cantidad de agregado fino provocará que se reduzca los vacíos en la estructura de concreto y de esta manera también reduce su valor de permeabilidad.

Además, Gallo & Posada (2017) obtuvieron una mejor permeabilidad en la mezcla de 50% de agregado reciclado con un valor de 3.76mm/s equivalente a 0.376 cm/s, indicando que no era la eficiente para ser eficaz y con relación a los resultados obtenidos en la presente investigación con un valor máximo de 0.32 cm/s, llegando a concordar con la idea que nos son valores muy favorables, pero se encuentran dentro del rango para considerarse un concreto permeable de acuerdo al ACI. Es por ello que se debería considerar un aditivo para mejorar sus propiedades tal como menciona Córdoba (2016).

Además, si se pretende realizar pavimentos con el concreto poroso se debe tener en cuenta los estudios hidrológicos del lugar donde se aplicará y diseñar de acuerdo a la intensidad de lluvia que se presente (mm/h).

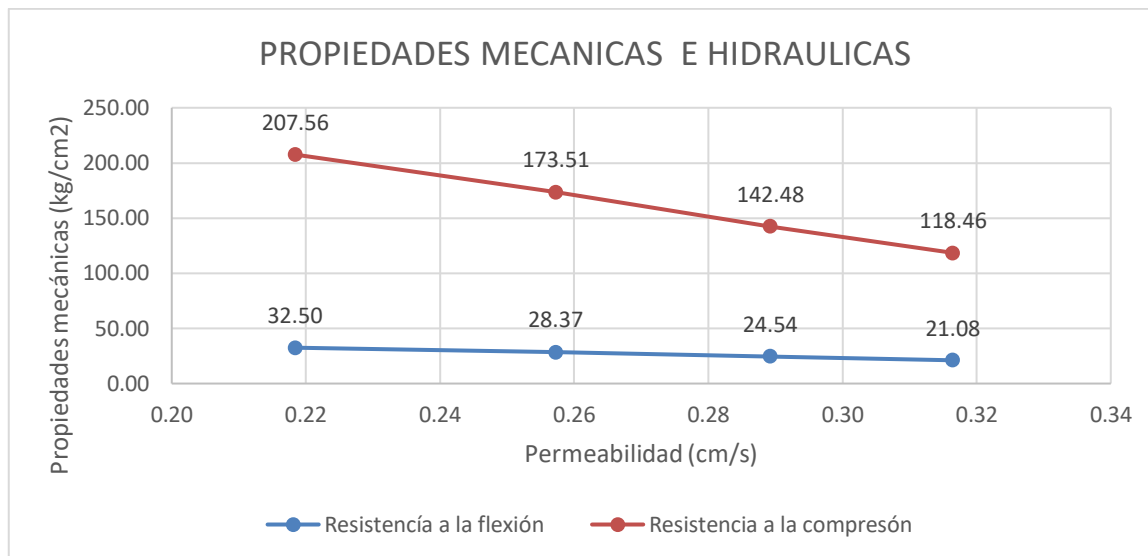


Figura. 18 Relación entre propiedades mecánica e hidráulicas del concreto permeable

Fuente: Autor de tesis

En la figura 18 se puede apreciar que la resistencia a las propiedades mecánicas de compresión y flexión aumentan a medida que los valores de permeabilidad disminuyen. Además, se está asumiendo que la permeabilidad en vigas es la misma que se obtuvo con los especímenes cilíndricos en las cuales se realizó el ensayo para obtener el valor de permeabilidad. Esta idea se refuerza con Gallo & Posada (2017) quienes en su investigación indican que la relación de permeabilidad de concreto poroso y resistencia a la compresión con flexo tracción no son proporcionales.

Influencia del agregado Fino.

Játiva (2014) concluye que un cambio mínimo de tan solo 3% en el peso de la arena de dos mezclas similares en cuanto a las mismas características de material, definirá la diferencia del cumplimiento de los parámetros mínimos de diseño. Además, las propiedades

mecánicas más altas las obtuvo con un 8% de agregado fino (#60) y que si usaba mayores porcentajes ya no cumplía con la permeabilidad mínima según normativa.

Moujir & Castañeda (2014) Mencionan que sus resultados en promedio de compresión y flexión de la mezcla tipo I **con finos** es 7.71% y 3.0 % mayor que su mezcal Tipo II **sin finos** correspondientemente. De tal manera asegura que usar agregado fino en la mezcla ofrece una mayor cohesión a la pasta llenando los vacíos que provoca el agregado grueso, ofreciendo a las partículas más superficie de contacto causado que la mezcla se comporte mejor ante los esfuerzos

Costo del Concreto Permeable:

En la figura 19 se observa el costo del concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino el mismo que varía proporcionalmente a medida que se usa mayor cantidad de agregado fino el precio decrece siendo así que, al utilizar 0% de finos tiene un costo de S/. 262.42. Mientras que al usar de 0% a 5% de finos hay una variación en el costo de 2.14%, de 5% a 10% varia en 2.18% y de 10% a 15% varia en 2.22%. De manera general, con 15% de finos hay una variación del costo de 6.53% con respecto al no emplear agregado fino.

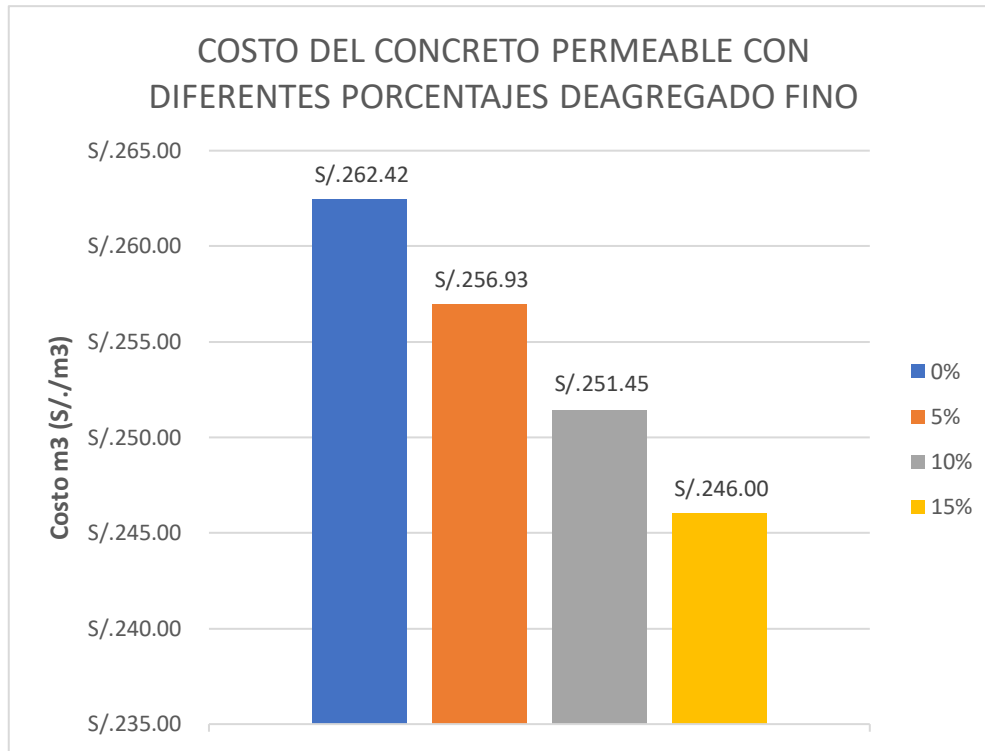


Figura. 19 Costo del concreto permeable con distintos porcentajes de agregado fino

Fuente: Autor de tesis

Contrastación de Hipótesis:

La tabla 57 y 58 del capítulo de resultados contiene los datos obtenidos en cada ensayo en cuanto a resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad, con el fin de realizar la contrastación de Hipótesis, empleando el software estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) y de esta manera analizar la influencia de los porcentajes de agregado fino que se usa en la mezcla de concreto permeable.

Primero se realizó **la prueba de Normalidad** para determinar el tipo de prueba estadística que se debe emplear. De tal modo, que se utilizó la prueba Shapiro-wilk debido a que es aplicable cuando una muestra es menor a 50 y en la presente investigación tenemos una muestra de 5 la cual está en base a la resistencia a la flexión debido a que este concreto se aplicará en un pavimento rígido. De esta manera se logra contrastar la normalidad, donde

el valor de significancia no debe de superar el 5% pues esto indica una probabilidad de 0.05 y si estos valores son bajos de probabilidad, indica que la hipótesis nula no cumple con el número suficiente de ocasiones, por lo que deberá rechazarse, y aceptar la hipótesis alternativa.

De los datos obtenidos del SPSS en las tablas 59, 60 y 61 del análisis estadístico de la resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad respectivamente, se puede apreciar que la significancia es mayor al 5% = 0.05, es por ello que se acepta la Hipótesis nula. Entonces se afirma que los datos tienen una distribución normal. Por otro lado, como se desea saber si hay una variación significativa se utiliza el Análisis de la varianza con un factor ANOVA (Ver Tabla 62).

De los resultados en la varianza de las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable, se obtuvieron valores de $0.00 < 5\% = 0.05$ en cuanto a significancia, es por ello se acepta la Hipótesis alterna o Hipótesis del investigador.

Por lo tanto, se concluye que la adición de diferentes porcentajes del agregado fino influye significativamente en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, de acuerdo al análisis estadístico ANOVA, siendo así que, la hipótesis planteada en la investigación es razonable.

4.2 Conclusiones

- Se determinó la influencia de los diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, obteniendo mejores resultados de propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión con el uso de 15% de agregado fino, en cuanto a permeabilidad se obtuvo mejores resultados al no usar agregado fino.
- Se logró hacer los ensayos correspondientes para la caracterización del agregado grueso y fino usando las normas ASTM y NTP, donde dichos materiales cumplen con los parámetros establecidos para ser usado en una mezcla de concreto.
- Se logró realizar los diseños de mezclas de acuerdo a la norma ACI 522R-10 usado para concretos permeables, en la cual se agregó diferentes porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10% y 15%. Teniendo los criterios de diseño de trabajar con una relación a/c de 0.35, 15% de vacíos y 27% de volumen de pasta, siendo estos valores los que generan resultados favorables, además dichos datos están dentro de los rangos establecidos en el ACI. La resistencia a la compresión está comprendida entre 28 kg/cm² a 280 kg/cm², la resistencia a la flexión está dentro del rango de 10.50 kg/cm² a 40 kg/cm² y la permeabilidad está dentro de los valores de 0.14 cm/s y 1.22 cm/s.
- Se logró evaluar el porcentaje de variación de la resistencia a compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad. De la cual se concluye que a mayor uso de porcentaje de agregado fino las propiedades mecánicas del concreto permeable tiende a aumentar presentando un comportamiento directamente proporcional, en

cuanto a la relación de permeabilidad y propiedades mecánicas se evidencia un comportamiento inversamente proporcional pues a medida que hay mayor permeabilidad disminuye la resistencia a compresión y flexión.

Además, se analizó la relación de la resistencia a la compresión y flexión de acuerdo al comportamiento que presenta el ACI 522R-10 para concretos permeables, donde se obtuvo una relación promedio de 13.33%, dicho valor se asemeja a los valores obtenidos en esta investigación.

En cuanto a permeabilidad, los coeficientes obtenidos para las cuatro dosificaciones de concreto superan el valor mínimo de 0.14 cm/s a 1.22 cm/s según lo indicado en el ACI, afirmando así que dichos diseños corresponden a concretos permeables.

- Se determinó la viabilidad del concreto permeable con adición de agregado fino para ser usado en un pavimento de uso urbano. Siendo así que el diseño con uso de 15% de agregado fino esta con valores muy cercanos para ser usado en vías locales, colectoras y arteriales para un tráfico ligero o liviano, pero no supera los 34 kg/cm² según establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones en su norma CE 0.10 (Pavimentos Urbanos). Pero los diseños con 10% y 15% si superan los 28 kg/cm², que según la norma son aplicables para pavimentos especiales como pasajes peatonales, ciclovías, aceras y veredas. Por otra parte, si se pretendiera un concreto permeable para ser usado en pavimentos con tráfico liviano se tendría que tener en cuenta la granulometría de los agregados y llegar a una relación que equilibre las propiedades mecánicas y permeables.

- En cuanto al costo del concreto permeable existe una variación promedio de 2.18 % a medida que se aumenta porcentajes de agregado fino cada 5%. Esto se debe a que al usar mayor cantidad de agregado fino se reduce la cantidad de cemento, agregado grueso y un mínimo de agua provocando que el costo de la mezcla del concreto permeable sea menor. Además, se vuelve un costo considerable al requerir en grandes cantidades de m³.
- El diseño de mezcla más recomendable está en base a los requerimientos de uso que se le quiera dar, la cual está en función de la carga de diseño y el coeficiente de permeabilidad del pavimento. De tal manera, en el presente estudio se obtuvo que usando un agregado grueso de TMN de ¾" N°67 y con la adición del 0% al 10% de finos no alcanza la resistencia a la flexión para emplearse en pavimentos, pero si cumple con las condiciones de ser un concreto permeable. En cuanto a la adición del 10% al 15% de agregado fino cumple con la resistencia a la flexión para ser usado en pavimentos especiales y su permeabilidad está por encima del valor mínimo. Así también, al usar 10% de finos, la resistencia a la flexión se aproxima al valor requerido en pavimentos para vías locales, entonces se puede concluir que los diseños con 10% a 15% de finos son lo más favorables para ser aplicados en pavimentos especiales y que se puede superar el valor de flexión para uso de pavimentos en vías locales al adicionar más del 10% de finos o con granulometrías del agregado grueso de menor tamaño teniendo en cuenta que el coeficiente de permeabilidad no sea menor que el valor mínimo .

4.3 Recomendaciones

- Se recomienda a los interesados en la fabricación de concretos permeables tener en cuenta las normativas del ACI 522R-10, además si se desea emplear en un pavimento tener en cuenta los estudios hidrológicos de la zona donde se aplicará.
- Al realizar los ensayos, se deber realizar de manera rápida debido a que la mezcla tiene relación de a/c bajas ocasionado que no se muy fluida y tiende a secarse rápido. Además, en cuanto al curado se debe tener cuidado de evitar pérdidas de humedad, para lo cual se deben cubrir con plástico al dejar secar.
- Se recomienda a los futuros tesisas a evaluar el concreto permeable con porcentajes de agregado fino mayores al 15% y evaluar su viabilidad para el uso de pavimentos con tráfico liviano.
- Para mejorar las propiedades mecánicas sin afectar considerablemente la permeabilidad se puede emplear aditivos, como un plastificante para darle a la mezcla mayor trabajabilidad.
- Se recomienda estudiar los factores de granulometría en los concretos permeables, para llegar a una relación adecuada entre el agregado fino y grueso de la mezcla.

REFERENCIAS

- Añazco, J. (2014). Análisis y diseño para solución de aguas lluvias mediante sistemas urbanos de drenaje sostenible aplicando la técnica de firmes permeables en condominio Ercilla, comuna de Temuco, IX región de la Araucanía. (Tesis de Grado). Recuperado de:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcib224a/doc/bmfcib224a.pdf>
- American Concrete Institute Committee 522. (2010). Reported on Pervious Concrete. Illinois. EE.UU.
- Aoki, Y. (2009). DEVELOPMENT OF PERVIOUS CONCRETE. Sydney: University of Technology, Sidney. Recuperado de:
<https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/20311/2/02Whole.pdf>
- Aurazo, J. (2017). La Subgerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional de La Libertad indico que, en la ciudad de Trujillo del año 2017. El Comercio. Recuperado de:
<https://elcomercio.pe/peru/la-libertad/2017-ano-siete-huaicos-asolaron-trujillo-noticia-482385>
- Bustamante, I. (2017). Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú. (Tesis de Grado) Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8804>
- Cabello, S., Zapata, P., Pardo, A., Campuzano, L., Espinoza, J., y Sánchez, C., (2015) Concreto poroso: Constitución, Variables influyentes y Protocolos para su caracterización. CUMBRES, Revista Científica. 1 (1) 64 – 69. Recuperado de:
<http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/4>

Cardona, H. (2017). Propiedades Mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos. (Tesis de Grado). Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6500>

Castro, J., Solminihac, H., Castro, V. y Fernández B. (2009). Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón. p. 271 - 284. Recuperado de: <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/CASTRO/pdf>

Castro, M. (2011). Pavimentos permeables como alternativa de drenaje urbano. (Trabajo de grado). Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7483/tesis599.pdf;sequence=1>

Cerdán, L. (2015). Comportamiento del concreto permeable, utilizando agregado de las Canteras la Victoria y roca fuerte, aumentando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2015. (Tesis de Grado). Recuperado de: <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11017>

Cervera, M. y Blanco, E. (2003). Mecánica de estructuras Libro 1 Resistencia de materiales. Barcelona, España. Edicions UPC. Recuperado de: http://cervera.rmee.upc.edu/libros/Mecánica_de_estructuras_I_Resistencia_de_Materiales.pdf

Córdoba, R. (2016). Determinación del grado de permeabilidad y evaluación de la resistencia a la colmatación, haciendo uso de aditivos de las marcas Sika y EUCO para la fabricación de concreto poroso en la ciudad de Arequipa. (Tesis de Grado). Recuperado de: <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5530>

Crookes, A. (2015). Performance of Hydromedia Pervious Concrete Pavement Subjected to Urban Traffic Loads in Ontario. (Tesis de grado). University of Toronto. Recuperado de: <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/69609>

Fernández, R. (2011). Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. Vol. 1. p.40 - 49. Recuperado de: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13596/1982-3138-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gallo, C. & Posada, E. (2017). Diseño de un pavimento en concreto poroso con adición de agregados de concreto reciclado para la construcción de un modelo a escala. (Tesis de grado). Universidad la Salle. Recuperado de: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/22382>

García, E. (2011). Control de escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables: Aplicación en climas mediterráneos. (Tesis de máster). Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/15383>

Gómez, M. (2013). Cómo seleccionar una prueba estadística (Primera de dos partes). Revista mexicana de Pediatría. Volumen (80). pp. 30-34. Recuperado de: <http://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2013/sp131g.pdf>

Gonzales, J. (2017). Utilización de granulado de caucho reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamientos vehiculares. (Tesis de Grado). Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8594/>

Hernández, B., Martinez, O. y Mouthon, J. (2014). Diseño de un campo de prueba de pavimentos permeables en la ciudad de Cartagena. (Tesis de Grado). Universidad de Cartagena. Recuperado de: <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/handle/11227/1116>

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (Imcyc) (2008). Concreto permeable: Alternativas sustentables. Construcción y tecnología en concreto. Recuperado de la página web: <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>

Játiva, F. (2014). Desarrollo de Hormigones Permeables enfocado al diseño de mezclas, construcción de obras y a la protección ambiental, basado en las normas ACI, ASTM e INEN. (Tesis de Grado). Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3369>

Laguna, J. (2017). Estudio comparativo de mezclas de concreto poroso usando materiales disponibles en Cartagena de indias para uso de pavimentos en parqueaderos. (Tesis de pregrado). Recuperado de: http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/4153/1/LAGUNA_PIEDRAHITA_20160222FINAL.pdf

Lasso, C., León, C. & Rosero, G. (2016). Optimización del diseño de una mezcla de hormigón permeable a partir de tres distintas graduaciones. (Tesis de Grado). Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7870>

León, C. & Rosero, E. (2016). Optimización del diseño de una mezcla de hormigón permeable a partir de tres distintas graduaciones. (Tesis de grado). Universidad Central de Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7870>

Moujir, Y. & Castañeda, L. (2014). Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. (Tesis de Grado). Recuperado de: http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Diseño_aplicacion_concreto.pdf?sequence=1

Naciones Unidas (2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. Recuperado de:
<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>

Nuñez, F. (2015). Fabricación de Hormigón Permeable para Canchas de Uso Múltiple con la Utilización de Agregados de la Provincia de Pichincha. (Tesis de Grado). Recuperado de: <https://cutt.ly/3toJMRb>

Perez, J. (2017). Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017. (Tesis de grado). Universidad Privada Del Norte. Recuperado de:
<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12351/Perez%20Gordillo%20Johan%20Joe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Porras, J. (2017). Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad. (Tesis de Grado). Recuperado de:
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/7109/metodologia_diseno_concretos_permeables_respectivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Portland Cement Association (2014). Diseño y Control de Mezclas de concreto, EE.UU. Recuperado de: https://es.slideshare.net/philip_c/pca-40034964

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2010). Norma CE 0.10 (Pavimentos Urbanos). Lima, Perú.

Rodríguez, J. et all. (s. f). Construcción de pavimentos permeables para el control en origen de la escorrentía urbana: ejemplo práctico del aparcamiento del palacio de deportes de la guía. Recuperado de: <https://cutt.ly/ITVsbx>

Sañudo, L. (2014). Análisis de la infiltración de agua de lluvia en firmes permeables con superficies de adoquines y aglomerados porosos para el control en origen de inundaciones (Tesis doctoral). Recuperado de http://observatoriaigua.uib.es/repositori/suds_sañudo_2014.pdf

Steven, H. et all. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. Portland cement Association. EE. UU Recuperado de: https://es.slideshare.net/philip_c/pca-40034964

Tennis, P., Leming M. y Akers, D. (2014). Pervious Concrete Pavements. Vol 1. 36 páginas. Recuperado de: http://myscmap.sc.gov/marine/NERR/pdf/PerviousConcrete_pavements.pdf

Vélez, L. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concreto. Tecnológicas, (25), 169-187. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/3442/344234320010.pdf>

ANEXOS

ANEXO I: DOCUMENTACIÓN


| MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS | | | | |
|--|--|---------|----|---------------|
| Título de la investigación: | INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | |
| Línea de investigación: | Estudio y desarrollo de nuevas tecnologías constructivas y materiales de construcción | | | |
| Apellidos y nombres del experto: | Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina | | | |
| El instrumento de medición pertenece a la variable: | Porcentajes del agregado Fino (caracterización de Agregados) | | | |
| Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio. | | | | |
| Ítems | Preguntas | Aprecia | | Observaciones |
| | | SÍ | NO | |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | X | | |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | X | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | X | | |
| 4 | ¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación? | X | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio? | X | | |
| 6 | ¿La estructura del instrumento de medición es clara y coherente para la recolección de datos? | X | | |
| 7 | ¿Cada prueba del instrumento de medición se relaciona con la normativa conforme corresponda? | X | | |
| 8 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos? | X | | |
| 9 | ¿EL número de pruebas es suficiente para recoger la información? | X | | |
| 10 | ¿El instrumento de medición tendrá confiabilidad, validez y objetividad para la investigación? | X | | |
| 11 | ¿El instrumento de medición es viable y adecuado para obtener los datos requeridos? | X | | |
| Sugerencias: | | | | |
| | | | | |
| Firma del experto: | | | | |
|  | | | | |

Figura. 20 Validación por un experto de los instrumentos de recolección de datos para la variable Porcentajes de agregado Fino

Fuente: Autor de tesis.


| MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS | | | | |
|--|--|---------|----|---------------|
| Título de la investigación: | INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | |
| Línea de investigación: | Estudio y desarrollo de nuevas tecnologías constructivas y materiales de construcción | | | |
| Apellidos y nombres del experto: | Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina | | | |
| El instrumento de medición pertenece a las variables: | Propiedades mecánicas e hidráulicas | | | |
| Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio. | | | | |
| Ítems | Preguntas | Aprecia | | Observaciones |
| | | SÍ | NO | |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | X | | |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | X | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | X | | |
| 4 | ¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación? | X | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio? | X | | |
| 6 | ¿La estructura del instrumento de medición es clara y coherente para la recolección de datos? | X | | |
| 7 | ¿Cada prueba del instrumento de medición se relaciona con la normativa conforme corresponda? | X | | |
| 8 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos? | X | | |
| 9 | ¿EL número de pruebas es suficiente para recoger la información? | X | | |
| 10 | ¿El instrumento de medición tendrá confiabilidad, validez y objetividad para la investigación? | X | | |
| 11 | ¿El instrumento de medición es viable y adecuado para obtener los datos requeridos? | X | | |
| Sugerencias: | | | | |
| | | | | |
| Firma del experto: | | | | |
|  | | | | |

Figura. 21 Validación por un experto de los instrumentos de recolección de datos para la variable Propiedades Mecánicas e Hidráulicas.

Fuente: Autor de tesis.

“Año de la universalización de la salud”

SOLICITO: Permiso para efectuar ensayos de tesis en las instalaciones del laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada Del Norte, Trujillo.

Sr:

Ing. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA
Coordinador de Ingeniería Civil – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Yo, VILLANUEVA QUISPE, Kenhy Johel con DNI N° 74892349 y código N00161134, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil por la Universidad Privada Del Norte.

Por medio de la presente tengo el agrado de dirigirme a usted y expresar lo siguiente:

Que, debido a que estoy desarrollando la investigación denominada: “INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2019” Correspondiente al plan de Tesis de Ingeniería Civil requerido por la Universidad Privada Del Norte. La cuál se llevará a cabo desde el 10 de enero hasta finalizar la investigación.

Solicito ante su despacho el permiso para poder efectuar ensayos de caracterización de agregados, ensayos físicos, mecánicos e hidráulicos, usando como materiales: agregado grueso, agregado fino, agua, cemento Portland Tipo 1, en el laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada Del Norte a partir de la fecha antes mencionada, pues el objetivo de la investigación es generar más conocimiento que fortalezca mi formación profesional.

De tal modo, me comprometo a usar EPPs de manera adecuada, a dejar limpio el área de trabajo responsabilizándome de la eliminación del material utilizado y por último a cuidar los equipos de laboratorio que se encuentren a mi cargo respondiendo en caso de desperfecto.

Por lo expuesto:

Ruego a usted acceder a mi pedido por ser de justicia y de su competencia.

Trujillo, 09 de Enero de 2020

VILLANUEVA QUISPE, Kenhy Johel.

Cod: N00161134

DNI: 74892349

Cel: 949727373

Correo: N00161134@upn.pe / you.ken.97fmx@gmail.com

Dirección: Calle José Gálvez N°1084 – Barrio Chicago



Figura. 22 Solicitud para usar laboratorio de la Universidad.

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------------|----------------|-------------------------|------------|------------------------------------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | |
| AUTOR: | VILLANUEVA QUISPE, KENHY JOHEL | | | | | |
| ENSAYO: | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | NORMA: | ASTM C-136 | | | |
| FECHA: | 13/01/2020 | | | | | |
| <u>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO FINO</u> | | | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 3/8" | 9.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 |
| Nº 4 | 4.750 | 23.9 | 4.8 | 4.8 | 95.2 | 95-100 |
| Nº 8 | 2.360 | 63.4 | 12.7 | 17.5 | 82.5 | 80-100 |
| Nº 16 | 1.180 | 118.2 | 23.7 | 41.1 | 58.9 | 50-85 |
| Nº 30 | 0.600 | 94.4 | 18.9 | 60.0 | 40.0 | 25-60 |
| Nº 50 | 0.300 | 79.3 | 15.9 | 75.9 | 24.1 | 10 - 30 |
| Nº 100 | 0.150 | 80.6 | 16.1 | 92.1 | 7.9 | 2 -10 |
| 200 | 0.075 | 27.2 | 5.4 | 97.5 | 2.5 | 0-3 |
| Fondo | -- | 12.5 | 2.5 | 100.0 | 0.0 | |
| Muestra (g) | | 500.00 | | | | |
| M. perdida (g) | | 0.50 | | | | |
| TM | | 3/8" | | | | |
| TMN | | Nº 4 | | | | |
| MOD. FINURA | | 2.91 | | | | |
| <u>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO GRUESO</u> | | | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 1" | 25.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 |
| 3/4" | 19.000 | 181.6 | 9.1 | 9.1 | 90.9 | 90-100 |
| 1/2" | 12.500 | 695.7 | 34.8 | 43.9 | 56.1 | |
| 3/8" | 9.500 | 368.6 | 18.4 | 62.3 | 37.7 | 20-55 |
| Nº 4 | 4.750 | 559.5 | 28.0 | 90.3 | 9.7 | 0-10 |
| Nº 8 | 2.360 | 103.9 | 5.2 | 95.5 | 4.5 | 0-5 |
| Fondo | -- | 90.7 | 4.5 | 100.0 | 0.0 | |
| Muestra (g) | | 2000.00 | | | | |
| M. perdida (g) | | 0.00 | | | | |
| TM | | 1" | | | | |
| TMN | | 3/4" | | | | |
| TESISTA: | <i>[Signature]</i> | | ASESOR: | <i>[Signature]</i> | | COORDINADOR DE LABORATORIO: |
| NOMBRE: | Kenhy Johel Villanueva Quispe | | NOMBRE: | Rodrigo Canaza | | NOMBRE: |
| FECHA: | 04-03-20 | | FECHA: | 04-03-20 | | FECHA: |

Figura. 24 Datos Obtenidos del ensayo Análisis Granulométrico de los agregados N°1


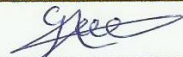
| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------------|----------------|---|------------|------------------------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | |
| AUTOR: | VILLANUEVA QUISPE, KENHY JOHEL | | | | | |
| ENSAYO: | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO N°2 | NORMA: | ASTM C-136 | | | |
| FECHA: | 13/01/2020 | | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO FINO | | | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 3/8" | 9,500 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100 |
| N° 4 | 4,750 | 25,5 | 5,1 | 5,1 | 94,9 | 95-100 |
| N° 8 | 2,360 | 95,3 | 19,1 | 24,2 | 75,8 | 80-100 |
| N° 16 | 1,180 | 100,4 | 20,1 | 44,3 | 55,7 | 50-85 |
| N° 30 | 0,600 | 80,7 | 16,1 | 60,4 | 39,6 | 25-60 |
| N° 50 | 0,300 | 84,9 | 17,0 | 77,4 | 22,6 | 10 - 30 |
| N° 100 | 0,150 | 80,8 | 16,2 | 93,6 | 6,4 | 2 -10 |
| 200 | 0,075 | 21,5 | 4,3 | 97,9 | 2,1 | 0-3 |
| Fondo | -- | 10,7 | 2,1 | 100,0 | 0,0 | |
| Muestra (g) | | 500,00 | | | | |
| M. perdida (g) | | 0,20 | | | | |
| TM | | 3/8" | | | | |
| TMN | | N° 4 | | | | |
| MOD. FINURA | | 3,05 | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO GRUESO | | | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 1" | 25,000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100 |
| 3/4" | 19,000 | 131,8 | 6,6 | 6,6 | 93,4 | 90-100 |
| 1/2" | 12,500 | 642,1 | 32,1 | 38,7 | 61,3 | |
| 3/8" | 9,500 | 417,3 | 20,9 | 59,6 | 40,4 | 20-55 |
| N° 4 | 4,750 | 614,4 | 30,7 | 90,3 | 9,7 | 0-10 |
| N° 8 | 2,360 | 105,2 | 5,3 | 95,5 | 4,5 | 0-5 |
| Fondo | -- | 89,2 | 4,5 | 100,0 | 0,0 | |
| Muestra (g) | | 2000,00 | | | | |
| M. perdida (g) | | 0,00 | | | | |
| TM | | 1" | | | | |
| TMN | | 3/4" | | | | |
| TESISTA: | | | ASESOR: | COORDINADOR DE LABORATORIO: | | |
|  | | | |  | | |
| NOMBRE: | Kenhy Johel Villanueva Quispe | | NOMBRE: | Gregorio Causa | | |
| FECHA: | 04-03-20 | | FECHA: | 04-03-20 | | |

Figura. 25 Datos Obtenidos del ensayo Análisis Granulométrico de los agregados N°2

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------------|----------------|------------------------------------|------------|------------------------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | |
| AUTOR: | VILLANUEVA QUISPE, KENHY JOHEL | | | | | |
| ENSAYO: | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO N°3 | NORMA: | ASTM C-136 | | | |
| FECHA: | 13/01/2020 | | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO FINO | | | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 3/8" | 9,500 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100 |
| N° 4 | 4,750 | 34,7 | 6,9 | 6,9 | 93,1 | 95-100 |
| N° 8 | 2,360 | 71,2 | 14,2 | 21,2 | 78,8 | 80-100 |
| N° 16 | 1,180 | 101,4 | 20,3 | 41,5 | 58,5 | 50-85 |
| N° 30 | 0,600 | 80,3 | 16,1 | 57,5 | 42,5 | 25-60 |
| N° 50 | 0,300 | 84,8 | 17,0 | 74,5 | 25,5 | 10 - 30 |
| N° 100 | 0,150 | 89,3 | 17,9 | 92,4 | 7,6 | 2 -10 |
| 200 | 0,075 | 25,7 | 5,1 | 97,5 | 2,5 | 0-3 |
| Fondo | -- | 12,5 | 2,5 | 100,0 | 0,0 | |
| Muestra (g) | | 500,00 | | | | |
| M. perdida (g) | | 0,10 | | | | |
| TM | | 3/8" | | | | |
| TMN | | N° 4 | | | | |
| MOD. FINURA | | 2,94 | | | | |
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO GRUESO | | | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 1" | 25,000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100 |
| 3/4" | 19,000 | 159,2 | 8,0 | 8,0 | 92,0 | 90-100 |
| 1/2" | 12,500 | 639,8 | 32,0 | 40,0 | 60,1 | |
| 3/8" | 9,500 | 375,8 | 18,8 | 58,7 | 41,3 | 20-55 |
| N° 4 | 4,750 | 629,5 | 31,5 | 90,2 | 9,8 | 0-10 |
| N° 8 | 2,360 | 100,7 | 5,0 | 95,3 | 4,8 | 0-5 |
| Fondo | -- | 95 | 4,8 | 100,0 | 0,0 | |
| Muestra (g) | | 2000,00 | | | | |
| M. perdida (g) | | 0,00 | | | | |
| TM | | 1" | | | | |
| TMN | | 3/4" | | | | |
| TESISTA: | | | ASESOR: | COORDINADOR DE LABORATORIO: | | |
| NOMBRE: <i>Kenhy Johel Villanueva Quispe</i> | | | NOMBRE: | NOMBRE: <i>Gregorio Gamon</i> | | |
| FECHA: <i>04-03-20</i> | | | FECHA: | FECHA: <i>04-03-20</i> | | |

Figura. 26 Datos Obtenidos del ensayo Análisis Granulométrico de los agregados N°3

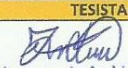
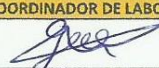
| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | |
|--|--|-------------------|-----------|---|---------|------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | |
| AUTOR: | VILLANUEVA QUISPE, KENHY JOHEL | | | | | |
| ENSAYO: | PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS | NORMA: | ASTM C128 | | | |
| FECHA: | 14/01/2020 | | | | | |
| ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso SSS al aire | g | 3970 | 2205.6 | 2330.1 | 0 |
| B | Peso SSS de la muestra en agua | g | 2489 | 1373 | 1435 | 0 |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío C=A-B | g | 1481 | 832.6 | 895.1 | 0 |
| D | Peso de la muestra secada al horno | g | 3904.1 | 2159.8 | 2259.3 | 0 |
| E | Volumen de masa: E= C- (A-D) | cm ³ | 1415.1 | 786.8 | 824.3 | 0 |
| F | Peso Específico (Base seca): F = D / C | g/cm ³ | 2.64 | 2.59 | 2.52 | 2.58 |
| G | Peso específico (Base saturada) G = A / C | g/cm ³ | 2.68 | 2.65 | 2.60 | 2.64 |
| H | Peso Específico aparente (base seca) H = D / E | g/cm ³ | 2.76 | 2.75 | 2.74 | 2.75 |
| I | Absorción K = (A - D) / D * 100 | % | 1.69 | 2.12 | 3.13 | 2.31 |
| ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso SSS de la muestra (Psss) | g | 500.00 | 500 | 500 | 0 |
| B | Peso de la fiola + agua hasta marca de 500ml | g | 673.20 | 658.5 | 661 | 0 |
| C | Peso de la fiola + agua + Psss, C = A + B | g | 1173.20 | 1158.50 | 1161.00 | 0 |
| D | Peso de la fiola + Psss + agua hasta la marca de 500ml | g | 979.10 | 980.1 | 981.3 | 0 |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío, E = C - D | cm ³ | 194.10 | 178.40 | 179.70 | 0 |
| F | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | 494.90 | 492.5 | 493.2 | 0 |
| G | Volumen de masa, G = E - (A - F) | cm ³ | 189.00 | 170.90 | 172.90 | 0 |
| H | Peso específico (base seca), H = F / E | g/cm ³ | 2.55 | 2.76 | 2.74 | 2.68 |
| I | Peso específico (base saturada), I = A / E | g/cm ³ | 2.58 | 2.80 | 2.78 | 2.72 |
| J | Peso específico aparente (base seca): J = F / G | g/cm ³ | 2.62 | 2.88 | 2.85 | 2.78 |
| K | Absorción, K = (A - F / F) * 100 | % | 1.03 | 1.52 | 1.38 | 1.31 |
| TESISTA: | | ASESOR: | | COORDINADOR DE LABORATORIO: | | |
|  | | | |  | | |
| NOMBRE: Kenhy Johel Villanueva Quispe | | NOMBRE: | | NOMBRE: Gregorio Canaza | | |
| FECHA: 04-03-20 | | FECHA: | | FECHA: 04-03-20 | | |

Figura. 27 Datos Obtenidos del ensayo Peso Específico y absorción de los agregados

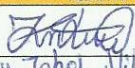
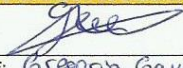
| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | |
|--|--|--------------------|-------------|---|-------------|---------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | |
| AUTOR: | VILLANUEVA QUISPE, KENHY JOHEL | | | | | |
| ENSAYO: | PESO UNITARIO DE AGREGADOS | NORMA: | ASTM C29 | | | |
| FECHA: | 14/01/2020 | | | | | |
| ENSAYO: PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso del Molde + A. Compactado | Kg | 21.46 | 21.69 | 21.95 | 21.7 |
| B | Peso del molde | Kg | 4.81 | 4.81 | 4.81 | 4.81 |
| C | Peso del A. Compactado: (C = A - B) | Kg | 16.65 | 16.88 | 17.14 | 16.89 |
| D | Peso unitario compactado: (D = C / Vol. Molde) | Kg/m ³ | 1734.375 | 1758.333333 | 1785.416667 | 1759.38 |
| E | Peso del Molde + A. Suelto | Kg | 20.38 | 19.85 | 20.27 | 20.17 |
| F | Peso del A. Suelto: (F = E - B) | Kg | 15.57 | 15.04 | 15.46 | 15.36 |
| G | Peso Unitario Suelto: (G = F / Vol. Molde) | Kg/cm ³ | 1621.875 | 1566.666667 | 1610.416667 | 1599.65 |
| TMN | Tamaño Máximo Nominal | Pulg | 1 | | | |
| V | Volumen del molde | m ³ | 0.0096 | | | |
| ENSAYO: PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso del Molde + A. Compactado | Kg | 22.33 | 22.28 | 22.34 | 22.32 |
| B | Peso del molde | Kg | 4.81 | 4.81 | 4.81 | 4.81 |
| C | Peso del A. Compactado: (C = A - B) | Kg | 17.52 | 17.47 | 17.53 | 17.51 |
| D | Peso unitario compactado: (D = C / Vol. Molde) | Kg/m ³ | 1825 | 1819.791667 | 1826.041667 | 1823.61 |
| E | Peso del Molde + A. Suelto | Kg | 20.72 | 20.97 | 21.1 | 20.93 |
| F | Peso del A. Suelto: (F = E - B) | Kg | 15.91 | 16.16 | 16.29 | 16.12 |
| G | Peso Unitario Suelto: (G = F / Vol. Molde) | Kg/cm ³ | 1657.291667 | 1683.333333 | 1696.875 | 1679.17 |
| TMN | Tamaño Máximo Nominal | Pulg | 1 | | | |
| V | Volumen del molde | m ³ | 0.0096 | | | |
| TESISTA: | | ASESOR: | | COORDINADOR DE LABORATORIO: | | |
|  | | | |  | | |
| NOMBRE: Kenhy Johel Villanueva Quispe | | NOMBRE: | | NOMBRE: Gregorio Gamaza | | |
| FECHA: 04-03-20 | | FECHA: | | FECHA: 04-03-20 | | |

Figura. 28 Datos Obtenidos del ensayo Peso Unitario de los agregados.

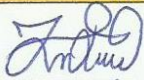

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | |
|--|-----------------------------------|---|-----------|
| INVESTIGACIÓN: | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | |
| AUTOR: | VILLANUEVA QUISPE, KENHY JOHEL | | |
| ENSAYO: | CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS | NORMA: | ASTM C128 |
| FECHA: | 15/01/2020 | | |
| <u>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD - A. GRUESO</u> | | | |
| PRUEBA | 1 | 2 | 3 |
| P.Tara | 301.80 | 303.30 | 267.10 |
| P.T + M. Humedad. | 1311.50 | 1205.30 | 1537.10 |
| P.T + M. Seca. | 1304.90 | 1199.30 | 1528.10 |
| %HUMEDAD | 0.66 | 0.67 | 0.71 |
| %H PROMEDIO | 0.68 | | |
| <u>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD - A. FINO</u> | | | |
| PRUEBA | 1 | 2 | 3 |
| P.Tara | 80.01 | 231.50 | 178.30 |
| P.T + M. Humedad. | 400.20 | 387.90 | 412.30 |
| P.T + M. Seca. | 397.10 | 386.80 | 410.60 |
| %HUMEDAD | 0.98 | 0.71 | 0.73 |
| %H PROMEDIO | 0.81 | | |
| TESISTA: | ASESOR: | COORDINADOR DE LABORATORIO: | |
|  | |  | |
| NOMBRE: Kenhy Johel Villanueva Quispe | NOMBRE: | NOMBRE: Gregorio Calvoza | |
| FECHA: 04/03/20 | FECHA: | FECHA: 04-03-20 | |

Figura. 29 Datos Obtenidos del ensayo Contenido de Humedad de los agregados


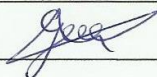
| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | |
|--|--|---|----------|----------|----------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | |
| RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO | | | | | |
| AUTOR: | VILLANUEVA QUISPE, KENHY JOHEL | FECHA: | | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 0% DE AGREGADO FINO | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100 | 100 | 99 |
| B | Diámetro 2 | mm | 99 | 98 | 98 |
| C | Altura | mm | 200 | 200 | 200 |
| D | Carga de Ruptura | Kg | 9172.20 | 8830.60 | 9350.65 |
| E | Área de contacto | cm ² | 77.76 | 76.98 | 76.20 |
| F | Resistencia (F _C): F=(D/E) | Kg/cm ² | 117.96 | 114.72 | 122.71 |
| PROMEDIO | | Kg/cm ² | 118.46 | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 5% DE AGREGADO FINO | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 97 | 99 | 100 |
| B | Diámetro 2 | mm | 98 | 99 | 100 |
| C | Altura | mm | 200 | 200 | 200 |
| D | Carga de Ruptura | Kg | 10191.90 | 10768.03 | 11864.21 |
| E | Área de contacto | cm ² | 74.66 | 76.98 | 78.54 |
| F | Resistencia (F _C): F=(D/E) | Kg/cm ² | 136.51 | 139.89 | 151.06 |
| PROMEDIO | | Kg/cm ² | 142.48 | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 10% DE AGREGADO FINO | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 100 | 99 | 100 |
| B | Diámetro 2 | mm | 98 | 99 | 99 |
| C | Altura | mm | 200 | 200 | 200 |
| D | Carga de Ruptura | Kg | 12924.70 | 13460.04 | 13822.03 |
| E | Área de contacto | cm ² | 76.98 | 76.98 | 77.76 |
| F | Resistencia (F _C): F=(D/E) | Kg/cm ² | 167.90 | 174.86 | 177.76 |
| PROMEDIO | | Kg/cm ² | 173.51 | | |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 15% DE AGREGADO FINO | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | 99 | 98 | 100 |
| B | Diámetro 2 | mm | 98 | 99 | 99 |
| C | Altura | mm | 200 | 200 | 200 |
| D | Carga de Ruptura | Kg | 15499.44 | 15784.96 | 16493.65 |
| E | Área de contacto | cm ² | 76.20 | 76.20 | 77.76 |
| F | Resistencia (F _C): F=(D/E) | Kg/cm ² | 203.40 | 207.15 | 212.12 |
| PROMEDIO | | Kg/cm ² | 207.56 | | |
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE | FIRMA | FECHA | | |
| TESISTA: | Kenhy Johel Villanueva Quispe |  | 04/03/20 | | |
| ASESOR: | | | | | |
| COORDINADOR DE LABORATORIO: | Gregorio Ganzoza Aguilar |  | 04/03/20 | | |

Figura. 30 Datos Obtenidos en resistencia a la compresión – Laboratorio UPN.

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | | | |
| RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO | | | | | | | | |
| AUTOR: | VILLANUEVA QUIISPE, KENHY JOHEL | | | | | FECHA: | | |
| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 0% DE AF | | | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| H | Altura promedio | cm | 14.80 | 14.90 | 15.00 | 15.96 | 15.00 | |
| B | Ancho promedio | cm | 15.20 | 15.10 | 15.50 | 15.00 | 14.80 | |
| | Longitud | cm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | |
| P | Carga Máxima | kg | 1664.00 | 1574.00 | 1520.00 | 1771.00 | 1577.00 | |
| | Tercio de la falla | - | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | 22.49 | 21.13 | 19.61 | 20.86 | 21.31 | |
| | PROMEDIO | kg/cm ² | 21.08 | | | | | |
| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 5% DE AF | | | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| H | Altura promedio | cm | 14.90 | 14.90 | 14.92 | 15.06 | 15.10 | |
| B | Ancho promedio | cm | 15.00 | 14.96 | 15.00 | 14.90 | 14.90 | |
| | Longitud | cm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | |
| P | Carga Máxima | kg | 1705.00 | 1843.00 | 1853.00 | 1819.00 | 1924.00 | |
| | Tercio de la falla | - | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | 23.04 | 24.97 | 24.97 | 24.22 | 25.48 | |
| | PROMEDIO | kg/cm ² | 24.54 | | | | | |
| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 10% DE AF | | | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| H | Altura promedio | cm | 14.96 | 15.08 | 15.02 | 14.92 | 15.02 | |
| B | Ancho promedio | cm | 15.00 | 15.05 | 14.90 | 15.06 | 14.96 | |
| | Longitud | cm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | |
| P | Carga Máxima | kg | 1921.00 | 2176.00 | 2228.00 | 2081.00 | 2230.00 | |
| | Tercio de la falla | - | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | 25.75 | 28.61 | 29.83 | 27.93 | 29.73 | |
| | PROMEDIO | kg/cm ² | 28.37 | | | | | |
| RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 15% DE AF | | | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| H | Altura promedio | cm | 14.93 | 14.06 | 14.95 | 15.00 | 14.96 | |
| B | Ancho promedio | cm | 14.95 | 15.00 | 15.00 | 14.90 | 15.00 | |
| | Longitud | cm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | |
| P | Carga Máxima | kg | 2388.00 | 2338.00 | 2440.00 | 2286.00 | 2338.00 | |
| | Tercio de la falla | - | Medio | Medio | Medio | Medio | Medio | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | 32.25 | 35.48 | 32.75 | 30.68 | 31.34 | |
| | PROMEDIO | kg/cm ² | 32.50 | | | | | |



| DESCRIPCIÓN | NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|-----------------------------|-------------------------------|---|----------|
| TESISTA: | Kenhy Johel Villanueva Quispe |  | 04/03/20 |
| ASESOR: | | | |
| COORDINADOR DE LABORATORIO: | Gregorio Canoza Aguilar |  | 04/03/20 |

Figura. 31 Datos Obtenidos en resistencia a la Flexión – Laboratorio UPN.

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|-------------------------|--|------------------------|------------------------|--------------|----------|-------------------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | | | | |
| RESULTADOS DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DE CURADO | | | | | | | | | |
| AUTOR: | | | | | FECHA: | | | | |
| VILLANUEVA QUIUISPE, KENHY JOHEL | | | | | | | | | |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: 0% | | | | | | | | | |
| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1 (cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
| 1 | 14.97 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 169.90 | 0.31 | |
| 2 | 15.05 | 9.98 | 78.23 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 172.33 | 0.31 | 0.316 |
| 3 | 15.08 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 163.04 | 0.33 | |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: 5% | | | | | | | | | |
| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1 (cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
| 1 | 15.00 | 9.96 | 77.91 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 191.38 | 0.28 | |
| 2 | 14.98 | 10.01 | 78.70 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 178.07 | 0.30 | 0.289 |
| 3 | 15.04 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 182.89 | 0.29 | |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: 10% | | | | | | | | | |
| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1 (cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
| 1 | 14.98 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 214.42 | 0.25 | |
| 2 | 15.00 | 10.01 | 78.70 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 198.09 | 0.27 | 0.257 |
| 3 | 15.05 | 9.98 | 78.23 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 207.98 | 0.26 | |
| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: 15% | | | | | | | | | |
| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1 (cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
| 1 | 15.05 | 10.00 | 78.54 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 249.05 | 0.21 | |
| 2 | 15.10 | 10.01 | 78.70 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 234.28 | 0.23 | 0.218 |
| 3 | 15.05 | 9.97 | 78.07 | 81.71 | 30.00 | 1.00 | 250.67 | 0.21 | |

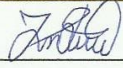

| DESCRIPCIÓN | NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|-----------------------------|-------------------------------|--|----------|
| TESISTA: | Kenhy Johel Villanueva Quiupe |  | 04/03/20 |
| ASESOR: | | | |
| COORDINADOR DE LABORATORIO: | Gregorio Ganoza Aguilar |  | 04/03/19 |

Figura. 32 Datos Obtenidos de Permeabilidad– Laboratorio UPN

ANEXO II: PANEL FOTOGRÁFICO

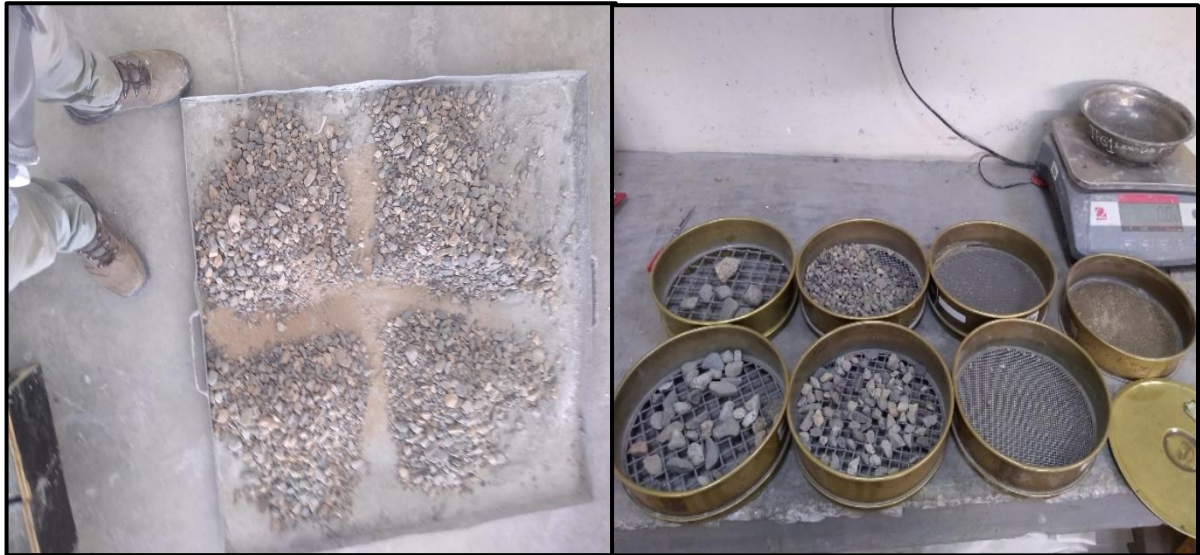


Figura. 33 Análisis granulométrico del agregado grueso (cuarteo y tamizado)

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 35 Análisis granulométrico del agregado Fino (cuarteo y tamizado)

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 36 Ensayo de contenido de Humedad del agregado Grueso y Fino.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 37 Ensayo de peso unitario del agregado Grueso y Fino.

Fuente: Autor de tesis.

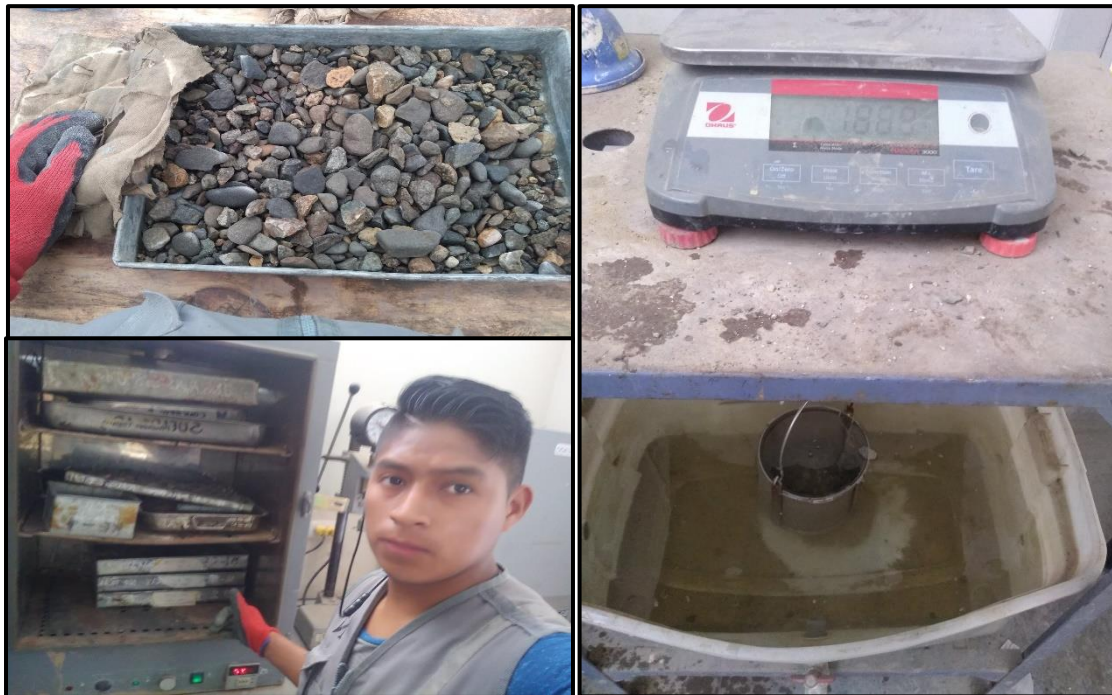


Figura. 38 Ensayo de Peso Específico y Capacidad de absorción del agregado Grueso.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 39 Ensayo de Peso Específico y Capacidad de absorción del agregado Fino.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 41 Mezcla de los materiales para el concreto permeable

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 42 Elaboración de Probetas cilíndricas y vigas de concreto permeable.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 43 Testigos cubiertos con plástico para no perder Humedad.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 44 Desencofrado de Probetas cilíndricas y Vigas a los 28 días de curado.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 45 Curado del concreto permeable de las probetas para Compresión, Flexión y permeabilidad.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 46 Probetas a los 28 días de curado con adición de agregado fino de 0% y 15%.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 47 Probetas a los 28 días de curado con adición de agregado fino de %5 y 10%

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 48 Ensayo de Resistencia a la compresión y Flexión del concreto permeable.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 49 Elaboración del equipo Permeámetro de carga variable.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 50 Probetas y equipo para el ensayo de permeabilidad.

Fuente: Autor de tesis.



Figura. 51 Ejecución del ensayo de permeabilidad.

Fuente: Autor de tesis.

ANEXO III: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.
3.1 Guías de recolección de datos en Caracterización de agregados:

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | |
|--|----------|------------------|---------------|------------------------------------|------------|------------------------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | |
| AUTOR: | | | | | | |
| ENSAYO: | | | NORMA: | | | |
| FECHA: | | | | | | |
| <u>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO FINO</u> | | | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 3/8" | 9.500 | | | | | 100 |
| Nº 4 | 4.750 | | | | | 95-100 |
| Nº 8 | 2.360 | | | | | 80-100 |
| Nº 16 | 1.180 | | | | | 50-85 |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | 25-60 |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | 10 - 30 |
| Nº 100 | 0.150 | | | | | 2 - 10 |
| 200 | 0.075 | | | | | 0-3 |
| Fondo | -- | | | | | |
| Muestra (g) | | | | | | |
| M. perdida (g) | | | | | | |
| TM | | | | | | |
| TMN | | | | | | |
| MOD. FINURA | | | | | | |
| <u>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - AGREGADO GRUESO</u> | | | | | | |
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 1" | 25.000 | | | | | 100 |
| 3/4" | 19.000 | | | | | 90-100 |
| 1/2" | 12.500 | | | | | |
| 3/8" | 9.500 | | | | | 20-55 |
| Nº 4 | 4.750 | | | | | 0-10 |
| Nº 8 | 2.360 | | | | | 0-5 |
| Fondo | -- | | | | | |
| Muestra (g) | | | | | | |
| M. perdida (g) | | | | | | |
| TM | | | | | | |
| TMN | | | | | | |
| TESISTA: | | ASESOR: | | COORDINADOR DE LABORATORIO: | | |
| | | | | | | |
| NOMBRE: | | NOMBRE: | | NOMBRE: | | |
| FECHA: | | FECHA: | | FECHA: | | |

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | |
|---|--|--------------|----------------|---------------|------------------------------------|------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | |
| AUTOR: | | | | | | |
| ENSAYO: | | | | NORMA: | | |
| FECHA: | | | | | | |
| <u>ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO</u> | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso SSS al aire | g | | | | |
| B | Peso SSS de la muestra en agua | g | | | | |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío C=A-B | g | | | | |
| D | Peso de la muestra secada al horno | g | | | | |
| E | Volumen de masa: E= C- (A-D) | cm3 | | | | |
| F | Peso Específico (Base seca): F = D / C | g/cm3 | | | | |
| G | Peso específico (Base saturada) G = A / C | g/cm3 | | | | |
| H | Peso Específico aparente (base seca) H = D / E | g/cm3 | | | | |
| I | Absorción K = (A - D) / D * 100 | % | | | | |
| <u>ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO</u> | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso SSS de la muestra (Psss) | g | | | | |
| B | Peso de la fiola + agua hasta marca de 500ml | g | | | | |
| C | Peso de la fiola + agua + Psss, C = A + B | g | | | | |
| D | Peso de la fiola + Psss + agua hasta la marca de 500ml | g | | | | |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío, E = C - D | cm3 | | | | |
| F | Peso seco de la muestra (en horno a 105°C ± 5°C) | g | | | | |
| G | Volumen de masa, G = E - (A - F) | cm3 | | | | |
| H | Peso específico (base seca), H = F / E | g/cm3 | | | | |
| I | Peso específico (base saturada), I = A / E | g/cm3 | | | | |
| J | Peso específico aparente (base seca): J = F / G | g/cm3 | | | | |
| K | Absorción, K = (A - F / F) * 100 | % | | | | |
| TESISTA: | | | ASESOR: | | COORDINADOR DE LABORATORIO: | |
| | | | | | | |
| NOMBRE: | | | NOMBRE: | | NOMBRE: | |
| FECHA: | | | FECHA: | | FECHA: | |

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | |
|--|---|--------------------------|---------------|------------------------------------|---|------|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | |
| AUTOR: | | | | | | |
| ENSAYO: | | | NORMA: | | | |
| FECHA: | | | | | | |
| <u>ENSAYO: PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO</u> | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso del Molde + A. Compactado | Kg | | | | |
| B | Peso del molde | Kg | | | | |
| C | Peso del A. Compactado: (C = A - B) | Kg | | | | |
| D | Peso unitario compactado: (D = C / Vol. Molde) | Kg/m³ | | | | |
| E | Peso del Molde + A. Suelto | Kg | | | | |
| F | Peso del A. Suelto: (F = E - B) | Kg | | | | |
| G | Peso Unitario Suelto: (G = F / Vol. Molde) | Kg/cm³ | | | | |
| TMN | Tamaño Máximo Nominal | Pulg | | | | |
| V | Volumen del molde | m ³ | | | | |
| <u>ENSAYO: PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO</u> | | | | | | |
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso del Molde + A. Compactado | Kg | | | | |
| B | Peso del molde | Kg | | | | |
| C | Peso del A. Compactado: (C = A - B) | Kg | | | | |
| D | Peso unitario compactado: (D = C / Vol. Molde) | Kg/m³ | | | | |
| E | Peso del Molde + A. Suelto | Kg | | | | |
| F | Peso del A. Suelto: (F = E - B) | Kg | | | | |
| G | Peso Unitario Suelto: (G = F / Vol. Molde) | Kg/cm³ | | | | |
| TMN | Tamaño Máximo Nominal | Pulg | | | | |
| V | Volumen del molde | m ³ | | | | |
| TESISTA: | | ASESOR: | | COORDINADOR DE LABORATORIO: | | |
| | | | | | | |
| NOMBRE: | | NOMBRE: | | NOMBRE: | | |
| FECHA: | | FECHA: | | FECHA: | | |

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|------------------------------------|--------|---|---|---|--------|--|--|--|-------------------|--|--|--|----------------|--|--|--|----------|--|--|--|-------------|--|--|--|--------|---|---|---|--------|--|--|--|-------------------|--|--|--|----------------|--|--|--|----------|--|--|--|-------------|--|--|--|
| INVESTIGACIÓN: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AUTOR: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO: | NORMA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <hr/> <p><u>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD - A. GRUESO</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBA</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P.T + M. Humedad.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P.T + M. Seca.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>%HUMEDAD</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>%H PROMEDIO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <hr/> <p><u>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD - A. FINO</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>PRUEBA</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P.Tara</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P.T + M. Humedad.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P.T + M. Seca.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>%HUMEDAD</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>%H PROMEDIO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | PRUEBA | 1 | 2 | 3 | P.Tara | | | | P.T + M. Humedad. | | | | P.T + M. Seca. | | | | %HUMEDAD | | | | %H PROMEDIO | | | | PRUEBA | 1 | 2 | 3 | P.Tara | | | | P.T + M. Humedad. | | | | P.T + M. Seca. | | | | %HUMEDAD | | | | %H PROMEDIO | | | |
| PRUEBA | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P.Tara | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P.T + M. Humedad. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P.T + M. Seca. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| %HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| %H PROMEDIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRUEBA | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P.Tara | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P.T + M. Humedad. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P.T + M. Seca. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| %HUMEDAD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| %H PROMEDIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TESISTA: | ASESOR: | COORDINADOR DE LABORATORIO: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE: | NOMBRE: | NOMBRE: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA: | FECHA: | FECHA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.2 Guías de recolección de datos en Propiedades Mecánicas e Hidráulicas:

| LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | | |
|--|--|--------|------------|
| INVESTIGACIÓN: | | | |
| INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | | (ASTM C39) |
| RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO | | | |
| AUTOR: | | FECHA: | |


| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 0% DE AGREGADO FINO | | | | | |
|---|----------------------------|--------------------------|---|---|---|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 |
| A | Diámetro 1 | mm | | | |
| B | Diámetro 2 | mm | | | |
| C | Altura | mm | | | |
| D | Carga de Ruptura | Kg | | | |
| E | Área de contacto | cm ² | | | |
| F | Resistencia (F'C): F=(D/E) | Kg/cm ² | | | |
| PROMEDIO | | Kg/cm² | | | |

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 5% DE AGREGADO FINO | | |
|---|----------------------------|--------------------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND |
| A | Diámetro 1 | mm |
| B | Diámetro 2 | mm |
| C | Altura | mm |
| D | Carga de Ruptura | Kg |
| E | Área de contacto | cm ² |
| F | Resistencia (F'C): F=(D/E) | Kg/cm ² |
| PROMEDIO | | Kg/cm² |

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 10% DE AGREGADO FINO | | |
|--|----------------------------|--------------------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND |
| A | Diámetro 1 | mm |
| B | Diámetro 2 | mm |
| C | Altura | mm |
| D | Carga de Ruptura | Kg |
| E | Área de contacto | cm ² |
| F | Resistencia (F'C): F=(D/E) | Kg/cm ² |
| PROMEDIO | | Kg/cm² |

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 15% DE AGREGADO FINO | | |
|--|----------------------------|--------------------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND |
| A | Diámetro 1 | mm |
| B | Diámetro 2 | mm |
| C | Altura | mm |
| D | Carga de Ruptura | Kg |
| E | Área de contacto | cm ² |
| F | Resistencia (F'C): F=(D/E) | Kg/cm ² |
| PROMEDIO | | Kg/cm² |

| DESCRIPCIÓN | NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|-----------------------------|--------|-------|-------|
| TESISTA: | | | |
| ASESOR: | | | |
| COORDINADOR DE LABORATORIO: | | | |

| | | | |
|--|---|---------------|------------|
|  UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | |
| | INVESTIGACIÓN: | | |
| | INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | |
| RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO | | | (ASTM C78) |
| AUTOR: | | FECHA: | |

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 0% DE AF

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|
| H | Altura promedio | cm | | | | | |
| B | Ancho promedio | cm | | | | | |
| | Longitud | cm | | | | | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | | | | | |
| P | Carga Máxima | kg | | | | | |
| | Tercio de la falla | - | | | | | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | | | | | |
| | PROMEDIO | kg/cm ² | | | | | |

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 5% DE AF

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|
| H | Altura promedio | cm | | | | | |
| B | Ancho promedio | cm | | | | | |
| | Longitud | cm | | | | | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | | | | | |
| P | Carga Máxima | kg | | | | | |
| | Tercio de la falla | - | | | | | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | | | | | |
| | PROMEDIO | kg/cm ² | | | | | |


RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 10% DE AF

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|
| H | Altura promedio | cm | | | | | |
| B | Ancho promedio | cm | | | | | |
| | Longitud | cm | | | | | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | | | | | |
| P | Carga Máxima | kg | | | | | |
| | Tercio de la falla | - | | | | | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | | | | | |
| | PROMEDIO | kg/cm ² | | | | | |

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO: 15% DE AF

| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|
| H | Altura promedio | cm | | | | | |
| B | Ancho promedio | cm | | | | | |
| | Longitud | cm | | | | | |
| L | Luz libre entre apoyos | cm | | | | | |
| P | Carga Máxima | kg | | | | | |
| | Tercio de la falla | - | | | | | |
| Mr | Resistencia a la flexión | kg/cm ² | | | | | |
| | PROMEDIO | kg/cm ² | | | | | |

| DESCRIPCIÓN | NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| TESISTA: | | | |
| ASESOR: | | | |
| COORDINADOR DE LABORATORIO: | | | |

| | | | |
|--|---|---------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE | LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO | | |
| | INVESTIGACIÓN: | | |
| | INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020 | | |
| RESULTADOS DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO A LOS 28 DIAS DE CURADO | | | (ACI 522) |
| AUTOR: | | FECHA: | |

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: 0% | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|----------------------------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------|----------|----------------------|
| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1 (cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: 5% | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|----------------------------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------|----------|----------------------|
| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1 (cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: 10% | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|----------------------------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------|----------|----------------------|
| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1 (cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

| COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (k) CON AGREGADO FINO: 15% | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|----------------------------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------|----------|----------------------|
| Nº | Long. (cm) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Área de tubería "a" (cm ²) | Altura de agua h1 (cm) | Altura de agua h2 (cm) | Tiempo (seg) | k (cm/s) | k Promedio (cm/s) |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

| DESCRIPCIÓN | NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| TESISTA: | | | |
| ASESOR: | | | |
| COORDINADOR DE LABORATORIO: | | | |

3.3 Análisis Documental

Tabla 63
Recolección de información a través del instrumento Análisis documental

| RS | Año | Idioma | País | Palabras clave | Revista/Institución | Título |
|----|------|---------|-----------|------------------------|---|--|
| 1 | 2017 | Español | Colombia | pavimento sostenible | Universidad de Cartagena | “Estudio comparativo de mezclas de concreto poroso usando materiales disponibles en Cartagena para uso de pavimentos en parqueaderos” |
| 2 | 2015 | Español | España | drenaje sostenible | Universidad de Sevilla | “Sistemas urbanos de drenaje sostenibles, una alternativa de futuro” |
| 4 | 2018 | Ingles | EE. UU | sustainable pavements. | Civil Engineering | “Greening Richmond, EE. UU.: un proyecto de demostración de drenaje urbano sostenible. |
| 5 | 2018 | Ingles | EE. UU | sustainable pavements. | Advances in Materials Science and Engineering | El estado del arte: aplicación de la tecnología verde en el pavimento sostenible.” |
| 6 | 2016 | Español | España | Drenajes sostenibles | Journal Of Engineering & Technology | “Gestión de las aguas pluviales en entornos urbanos mediante técnicas de Drenaje Sostenible.” |
| 7 | 2017 | Español | Colombia | Concreto Poroso | Universidad la Salle | “Diseño de un pavimento en concreto poroso con adición de agregados de concreto reciclado para la construcción de un modelo a escala” |
| 8 | 2016 | Español | Perú | Concreto Poroso | Universidad Católica de Santa María | “Determinación del grado de permeabilidad y evaluación de la resistencia a la colmatación, haciendo uso de aditivos de las marcas Sika y EUCO para la fabricación de concreto poroso en la ciudad de Arequipa” |
| 9 | 2017 | Español | Perú | Concreto Poroso | Pontificia Universidad Católica del Perú | “Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú.” |
| 11 | 2017 | Español | Ecuador | Hormigón poroso | Universidad San Francisco de Quito | “Propiedades Mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos.” |
| 12 | 2017 | Español | Guatemala | Concreto permeable | Universidad de San Carlos de Guatemala. | “Utilización de granulado de caucho reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamientos vehiculares.” |

Fuente: Autor de Tesis

3.4 Caracterización de agregado Grueso y Fino

Tabla 64
Análisis granulométrico de agregado Grueso.

| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULA DO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
|-----------------------|----------|------------------|---------------|--------------------------------|------------------|------------------------|
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 1" | 25.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 |
| 3/4" | 19.000 | 181.6 | 9.1 | 9.1 | 90.9 | 90-100 |
| 1/2" | 12.500 | 695.7 | 34.8 | 43.9 | 56.1 | |
| 3/8" | 9.500 | 368.6 | 18.4 | 62.3 | 37.7 | 20-55 |
| Nº 4 | 4.750 | 559.5 | 28.0 | 90.3 | 9.7 | 0-10 |
| Nº 8 | 2.360 | 103.9 | 5.2 | 95.5 | 4.5 | 0-5 |
| Fondo | -- | 90.7 | 4.5 | 100.0 | 0.0 | |
| Muestra (g) | | 2000.00 | | | | |
| M. perdida (g) | | 0.00 | | | | |
| TM | | 1" | | | | |
| TMN | | 3/4" | | | | |

Fuente: Autor de Tesis

Tabla 65
Análisis granulométrico de agregado Fino.

| TAMIZ | ABERTURA | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | Especificación ASTM |
|-----------------------|----------|------------------|---------------|-------------------------|------------------|------------------------|
| (Pulg) | (mm) | (gr) | (%) | (%) | (%) | |
| 3/8" | 9.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 |
| Nº 4 | 4.750 | 23.9 | 4.8 | 4.8 | 95.2 | 95-100 |
| Nº 8 | 2.360 | 63.4 | 12.7 | 17.5 | 82.5 | 80-100 |
| Nº 16 | 1.180 | 118.2 | 23.7 | 41.1 | 58.9 | 50-85 |
| Nº 30 | 0.600 | 94.4 | 18.9 | 60.0 | 40.0 | 25-60 |
| Nº 50 | 0.300 | 79.3 | 15.9 | 75.9 | 24.1 | 10 - 30 |
| Nº 100 | 0.150 | 80.6 | 16.1 | 92.1 | 7.9 | 2 -10 |
| 200 | 0.075 | 27.2 | 5.4 | 97.5 | 2.5 | 0-3 |
| Fondo | -- | 12.5 | 2.5 | 100.0 | 0.0 | |
| Muestra (g) | | 500.00 | | | | |
| M. perdida (g) | | 0.50 | | | | |
| TM | | 3/8" | | | | |
| TMN | | Nº 4 | | | | |
| MOD. FINURA | | 2.91 | | | | |

Fuente: Autor de Tesis

Tabla 66
Peso específico y absorción de agregado grueso

| ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO | | | | | | |
|---|--|--------------|----------|----------|----------|-------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso SSS al aire | g | 3970 | 2205.6 | 2330.1 | 0 |
| B | Peso SSS de la muestra en agua | g | 2489 | 1373 | 1435 | 0 |
| C | Volumen de masa + volumen de vacío $C=A-B$ | g | 1481 | 832.6 | 895.1 | 0 |
| D | Peso de la muestra secada al horno | g | 3904.1 | 2159.8 | 2259.3 | 0 |
| E | Volumen de masa: $E= C- (A-D)$ | cm3 | 1415.1 | 786.8 | 824.3 | 0 |
| F | Peso Específico (Base seca): $F = D / C$ | g/cm3 | 2.64 | 2.59 | 2.52 | 2.58 |
| G | Peso específico (Base saturada) $G = A / C$ | g/cm3 | 2.68 | 2.65 | 2.60 | 2.64 |
| H | Peso Específico aparente (base seca) $H = D / E$ | g/cm3 | 2.76 | 2.75 | 2.74 | 2.75 |
| I | Absorción $K = (A - D) / D * 100$ | % | 1.69 | 2.12 | 3.13 | 2.31 |

Fuente: Autor de Tesis

Tabla 67
Peso específico y absorción de agregado Fino

| ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO | | | | | | |
|---|---|------------|----------|----------|----------|-------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso SSS de la muestra (Psss) | g | 500.00 | 500 | 500 | 0 |
| B | Peso de la fiola + agua hasta marca de 500ml | g | 673.20 | 658.5 | 661 | 0 |
| C | Peso de la fiola + agua + Psss, $C = A + B$ | g | 1173.20 | 1158.50 | 1161.00 | 0 |
| D | Peso de la fiola + Psss + agua hasta la marca de 500ml | g | 979.10 | 980.1 | 981.3 | 0 |
| E | Volumen de masa + volumen de vacío, $E = C - D$ | cm3 | 194.10 | 178.40 | 179.70 | 0 |
| F | Peso seco de la muestra (en horno a $105^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$) | g | 494.90 | 492.5 | 493.2 | 0 |
| G | Volumen de masa, $G = E - (A - F)$ | cm3 | 189.00 | 170.90 | 172.90 | 0 |

| | | | | | | |
|----------|--|-------------------|------|------|------|------|
| H | Peso específico (base seca), $H = F / E$ | g/cm ³ | 2.55 | 2.76 | 2.74 | 2.68 |
| I | Peso específico (base saturada), $I = A / E$ | g/cm ³ | 2.58 | 2.80 | 2.78 | 2.72 |
| J | Peso específico aparente (base seca): $J = F / G$ | g/cm ³ | 2.62 | 2.88 | 2.85 | 2.78 |
| K | Absorción, $K = (A - F / F) *$ 100 | % | 1.03 | 1.52 | 1.38 | 1.31 |

Fuente: Autor de Tesis

Tabla 68

Peso unitario del agregado Grueso.

| <u>ENSAYO: PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO</u> | | | | | | |
|--|---|--------------------------|----------|----------|----------|-------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso del Molde + A. Compactado | Kg | 21.46 | 21.69 | 21.95 | 21.7 |
| B | Peso del molde | Kg | 4.81 | 4.81 | 4.81 | 4.81 |
| C | Peso del A. Compactado: ($C = A - B$) | Kg | 16.65 | 16.88 | 17.14 | 16.89 |
| D | Peso unitario compactado: ($D = C / \text{Vol. Molde}$) | Kg/m³ | 1734 | 1758 | 1785 | 1759 |
| E | Peso del Molde + A. Suelto | Kg | 20.38 | 19.85 | 20.27 | 20.17 |
| F | Peso del A. Suelto: ($F = E - B$) | Kg | 15.57 | 15.04 | 15.46 | 15.36 |
| G | Peso Unitario Suelto: ($G = F / \text{Vol. Molde}$) | Kg/cm³ | 1622 | 1567 | 1610 | 1600 |
| TMN | Tamaño Máximo Nominal | Pulg | | | 1 | |
| V | Volumen del molde | m ³ | | | 0.0096 | |

Fuente: Autor de Tesis

Tabla 69
Peso unitario del agregado Fino

| ENSAYO: PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO | | | | | | |
|---|---|--------------------------|-------|-------|--------|-------------|
| ID | DESCRIPCIÓN | UND | 1 | 2 | 3 | PROM |
| A | Peso del Molde + A. Compactado | Kg | 22.33 | 22.28 | 22.34 | 22.32 |
| B | Peso del molde | Kg | 4.81 | 4.81 | 4.81 | 4.81 |
| C | Peso del A. Compactado: (C = A – B) | Kg | 17.52 | 17.47 | 17.53 | 17.51 |
| D | Peso unitario compactado: (D = C / Vol. Molde) | Kg/m³ | 1825 | 1820 | 1826 | 1824 |
| E | Peso del Molde + A. Suelto | Kg | 20.72 | 20.97 | 21.1 | 20.93 |
| F | Peso del A. Suelto: (F = E – B) | Kg | 15.91 | 16.16 | 16.29 | 16.12 |
| G | Peso Unitario Suelto: (G = F / Vol. Molde) | Kg/cm³ | 1657 | 1683 | 1697 | 1679 |
| TMN | Tamaño Máximo Nominal | Pulg | | | N°4 | |
| V | Volumen del molde | m ³ | | | 0.0096 | |

Fuente: Autor de Tesis

Tabla 70
Contenido de Humedad agregado grueso

| ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD - A. GRUESO | | | |
|---|---------|-------------|---------|
| PRUEBA | 1 | 2 | 3 |
| P.Tara | 301.80 | 303.30 | 267.10 |
| P.T + M. Humedad. | 1311.50 | 1205.30 | 1537.10 |
| P.T + M. Seca. | 1304.90 | 1199.30 | 1528.10 |
| %HUMEDAD | 0.66 | 0.67 | 0.71 |
| %H PROMEDIO | | 0.68 | |

Fuente: Autor de Tesis

Tabla 71
Contenido de Humedad agregado grueso

| ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD - A. FINO | | | |
|---|--------|-------------|--------|
| PRUEBA | 1 | 2 | 3 |
| P.Tara | 80.01 | 231.50 | 178.30 |
| P.T + M. Humedad. | 400.20 | 387.90 | 412.30 |
| P.T + M. Seca. | 397.10 | 386.80 | 410.60 |
| %HUMEDAD | 0.98 | 0.71 | 0.73 |
| %H PROMEDIO | | 0.81 | |

Fuente: Autor de Tesis

ANEXO IV: CERTIFICADO DE ENSAYOS EN EL LABORATORIO



CERTIFICADO
DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Diomedes Ower Carnero Chávez, hace constar por medio de la presente que el Sr. Kenhy Johel Villanueva Quispe, identificado con D.N.I N° 74892349, ha realizado ensayos de análisis granulométrico, contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico, absorción, elaboración de probetas y vigas, además de resistencia a compresión y flexión, permeabilidad en las instalaciones del laboratorio de *Concreto y estructuras* de esta universidad, requeridos para la tesis *"INFLUENCIA DE DIFERENTES PORCENTAJES DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE, EN TRUJILLO 2020"*; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 06 de Marzo de 2020



Asistente de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Diomedes O. Carnero Chávez
Asistente de Laboratorio

ANEXO V: COTIZACIONES DE MATERIALES PARA CONCRETO PERMEABLE

FERRETERIA DECAS E.I.R.L.

VENTA AL POR MAYOR Y MENOR DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN, GRIFERÍA, TUBOS, HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS, PINTURA, AGREGADOS, LADRILLOS, ETC.

Mza. R' Lote 04 - Urb. San Isidro 2da Etapa
94-9338637
TRUJILLO - LA LIBERTAD

CEMENTO TIPO MS

NOTA DE PEDIDO

FECHA: 04 03 20 0000384

Señor(es):
Dirección: PROFAMA D.N.I.

| CANT. | DESCRIPCION | P. UNIT. | IMPORTE |
|-------|------------------------------|----------|---------|
| | MT ³ Arena Gruesa | | 35 = |
| | MT ³ Grava 1/2 | | 45 = |
| | Cemento N.S. #3 | | 25.50 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Son:

Gracias por su preferencia ...
PUESTO EN OBRA

TOTAL S/.

FERRETERIA DECAS E.I.R.L. RECIBI CONFORME
CLIENTE DNI:



GAMBOA
LLEGAMOS A TU OBRA

MZA. CH1A LOTE. 3 URB. SAN ISDRO 2 ETAPA TRUJILLO
MZA. E LOTE. 25 URB. LOS PORTALES TRUJILLO
044-222360 / 942874720 / 044-216866 / 996006473
ferreteriagamboa237@gmail.com

COTIZACIÓN

95495

Señor (es): VARIOS
Dirección: -
Ruc: 00000000 Fecha: 4/03/2020 Hora: 16:18:26

| Vendedor | Local | PC | Proceso | Codigo-Cliente | Condición - Pago |
|------------|-----------|-----------------|-----------|----------------|------------------|
| DIANA CRUZ | SANISIDRO | DESKTOP-EHFMTHI | 4/03/2020 | 3 | Contado EFECTIVO |

Observación:


| Ítem | Codigo | Cant. | Unidad | Descripción | Precio Unit. | Total |
|------|--------|-------|--------|---|--------------|----------|
| 1 | 512056 | 6.00 | METROS | CUBICO ARENA GRUESA | 21.67 | 130.00 |
| 2 | 390412 | 6.00 | METROS | CUBICO GRAVILLA 1/2" | 32.00 | 192.00 |
| 3 | 74900 | 80.00 | BOLSAS | CEMENTO PACASMAYO FORTIMAX 3 ANTISALITRE A2 | 25.30 | 2,024.00 |

SUB-TOTAL
2,346.00

Total S/. **2,346.00**

CTA corriente SOLES
BDVA 0011-0251-62-0100042121
Scotiabank 2524821

*Todos los precios incluyen IGV.
*Promoción válida por 3 días (Precios sujeto a variación).
Esperamos que nuestra propuesta cumpla con sus expectativas,
estamos atentos a sus sugerencias, para cualquier duda o aclaración
al respecto.

| | | | |
|---|----------|--|------------------------|
| MATERIALES DE CONSTRUCCION ALCA EIRL | | COTIZACIÓN | |
|  | | AV. RICARDO PALMA NRO. 530 URB. STO DOMINGUITO LA LIBERTAD - TRUJILLO - TRUJILLO 044-470179 | |
| Señor (es): KENY VILLANUEVA QUISPE | | | |
| Dirección: | | | |
| Ruc: | 74892349 | Fecha: | 6/03/2020 |
| | | Hora: | 16:06:36 |
| Vendedor | Local | Proceso | Codigo-Cliente |
| RITA G. | ALCA | 6/03/2020 | 885603 |
| | | Condición - Pago | |
| | | Contado EFECTIVO | |
| Observación: | | | |
| Item | Codigo | Cant. | Unidad |
| 1 | 55747 | 1.00 | UNIDADES |
| CEMENTO ANTISALITRE MS ENVASADO. | | | |
| 2 | 55854 | 1.00 | UNIDADES |
| CEMENTO PACASMAYO MOCHICA ANTISAL MS ENVASADO. | | | |
| | | Precio Unit. | Total |
| | | 24.80 | 24.80 |
| | | 22.40 | 22.40 |
| | | | SUB-TOTAL |
| | | | 47.20 |
| | | | Total S/. 47.20 |
| *Todos los precios incluyen IGV. *Promoción valida por 3 días (Precios sujeto a variación). Esperamos que nuestra propuesta cumpla con sus expectativas, estamos atentos a sus sugerencias, para cualquier duda o aclaración al respecto. | | | |

Ints Gravilla 1/2 us. =
 Ints Arena gruesa 40. =



"Comprometidos con la Vida y el Bienestar Humano"

ESTRUCTURA TARIFARIA VIGENTE A PARTIR DE AGOSTO 2018

Resolución de Consejo Directivo N° 009-2007-SUNASS-CD

Resolución de Consejo Directivo N° 006-2013-SUNASS-CD

Resolución de Consejo Directivo N° 017-2014-SUNASS-CD

Decreto Legislativo N° 1280 - Artículo 73°

Resolución N° 368-2018-SEDALIB S.A.-40000-GG

Localidades : Trujillo, La Esperanza, Florencia de Mora, El Porvenir, Victor Larco, Huanchaco y Salaverry

| ESTRUCTURA TARIFARIA | | | | | | |
|----------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------------|--------------------------------|------------------|
| Categoría | Rangos m3/mes | Tarifa (S/./m3) | | Cargo Fijo (S/./Mee) | Asignación de consumo (m3/mee) | Código Tarifario |
| | | Agua | Alcantarillado | | | |
| Social | 0 a más | 0.745 | 0.427 | 3.788 | 15 | S01 |
| Doméstico | 0 a 8 | 1.942 | 1.110 | 3.788 | (*) | D01 |
| | 8 a 20 | 2.122 | 1.212 | | | |
| | 20 a más | 4.992 | 2.854 | | | |
| Estatal | 0 a 20 | 2.837 | 1.622 | 3.788 | 19 | E01 |
| | 20 a más | 4.992 | 2.854 | | | |
| Comercial | 0 a 20 | 4.381 | 2.503 | 3.788 | 28 | C01 |
| | 20 a más | 6.571 | 3.755 | | | |
| Industrial | 0 a 100 | 6.939 | 3.966 | 3.788 | 90 | I01 |
| | 100 a más | 7.994 | 4.569 | | | |

| (*) Categoría | Continuidad semanal (días/semana) | Continuidad diaria (horas/día) | Volumen asignado (m3/mes) |
|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Doméstico | continuidad semanal <= 4 | continuidad diaria < 5 | 8 |
| Doméstico | continuidad semanal <= 4 | 5 <= continuidad diaria <= 10 | 10 |
| Doméstico | continuidad semanal <= 4 | continuidad diaria > 10 | 12 |
| Doméstico | continuidad semanal > 4 | continuidad diaria < 5 | 10 |
| Doméstico | continuidad semanal > 4 | 5 <= continuidad diaria <= 10 | 12 |
| Doméstico | continuidad semanal > 4 | continuidad diaria > 10 | 19 |

NOTA:

* Uso exclusivo de alcantarillado se factura por rangos de consumo

* Fuente propia se factura por rangos de consumo aplicando el 20% del precio según categoría.