

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable
para fines de pavimentación, Trujillo 2022.

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, ingeniería urbana,
ingeniería estructural

Sub Línea de Investigación: Estructuras y materiales

Autores:

Amaya Torres, Italo Miguel

Navarro Chistama, Alex

Jurado Evaluador:

Presidente : Velásquez Diaz, Gilberto Anaximandro

Secretario : Geldres Sánchez, Carmen Lucia

Vocal : Moran Guerrero, Víctor Manuel

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de Sustentación: 2023/12/19

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable
para fines de pavimentación, Trujillo 2022.

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, ingeniería urbana,
ingeniería estructural

Sub Línea de Investigación: Estructuras y materiales

Autores:

Amaya Torres, Italo Miguel

Navarro Chistama, Alex

Jurado Evaluador:

Presidente : Velásquez Diaz, Gilberto Anaximandro

Secretario : Geldres Sánchez, Carmen Lucia

Vocal : Moran Guerrero, Víctor Manuel

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de Sustentación: 2023/12/19

Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

8%

2

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

ING. LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL

CIP N° 76695

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Medina Carbajal, Lucio Sigifredo, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada **“Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022.”**, de los autores **Amaya Torres, Italo Miguel y Navarro Chistama, Alex**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 8 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 21 de noviembre del 2023.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis **“Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022.”**, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 13 de diciembre del 2023.



.....
Amaya Torres, Italo Miguel
DNI: 70983004



.....
Br. Navarro Chistama, Alex
DNI: 45202775



.....
Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
DNI:40534510
ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>



DEDICATORIA

Dedico la presente tesis:

A mis padres por el apoyo brindado durante mi formación como persona y profesional. A mis hermanos, Renzo y Jorge por su apoyo, su confianza en mí y sus buenos deseos

A mis abuelos Vicente y Amalia por su apoyo incondicional durante este largo camino y por sus consejos para ser una mejor persona y profesional.

A mis compañeros y amigos que estuvieron presentes durante mi etapa universitaria brindado su apoyo y compartiendo sus conocimientos para lograr que este sueño se haga realidad.

Br. Italo Miguel Amaya Torres

Dedico la presente tesis:

A mi hijo Leandro Navarro Vivas quien, sin haber nacido a la fecha, me ha motivado a desarrollarme como profesional y persona, para lograr ser un ejemplo para él.

A mi madre Victoria Chistama Garcia por su amor incondicional, por sus loncheras de madrugada, por heredarme su sueño de ser profesional y su amor al estudio.

A mi padre Reninger Navarro Lopez por enseñarme a tomar un descanso, a poner una pausa, a cuidar de mi para poder seguir dando lo mejor.

A mi compañera de vida Karen Vivas Requejo, por la ayuda que me ha brindado, por estar a mi lado y tenerme paciencia, brindándome su comprensión y ternura, para poder dedicarme al desarrollo de esta tesis estando ella esperando a mi Leandrito.

Y por supuesto a mi persona, por creer en mí mismo, por el trabajo duro, por no tener días libres, por nunca abandonar, por intentar hacer más bien que mal y por siempre ser yo mismo.

Br. Alex Navarro Chistama

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los docentes de la Universidad Privada Antenor Orrego por habernos brindando su conocimientos y apoyo durante estos cinco años de formación académica.

Con mucho aprecio a nuestro asesor de tesis Ing. Medina Carbajal Lucio Sigifredo por su ayuda, dedicación, asesoramiento y guía durante el proceso de desarrollo de nuestro trabajo de investigación y así lograr nuestra meta.

Al Ingeniero Marcelo Edmundo Merino por sus recomendaciones y críticas constructivas durante el inicio del proyecto.

Al Ing. Soto Leon Luis Miguel encargado del laboratorio, por su apoyo y guía durante la ejecución y/o elaboración de los ensayos necesarios para nuestro trabajo experimental.

Finalmente agradecemos a nuestros familiares, compañeros y amigos que nos brindaron su apoyo y consejos durante nuestra formación académica.

RESUMEN

La presente investigación realizó el estudio de la influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para su aplicación en pavimentos en la ciudad de Trujillo. Las propiedades evaluadas en la investigación respecto a los agregados son el contenido de agregado fino (0, 5, 10, 15 y 20%) y la gradación del agregado grueso ($\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ "); y del concreto permeable se evaluó su resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad siendo estos los parámetros más importantes para este tipo de concreto. Los agregados a utilizar fueron obtenidos de la cantera LEKERSA ubicada en el distrito del milagro en la provincia de Trujillo; a los cuales se les realizó los ensayos respectivos para determinar sus propiedades.

Para el desarrollo de la investigación se realizó 15 diseños de mezcla de concreto permeable para una resistencia de diseño de 210 kg/cm², siguiendo la metodología de la norma ACI - 522R. Una vez realizados los diseños se realizó los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad a los 28 días de curado del concreto permeable. De esta forma evaluar y comparar el comportamiento del concreto permeable a diferentes porcentajes de agregado fino y distintas gradaciones del agregado grueso.

De los resultados obtenidos se determinó que la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión aumentan a mayor porcentaje de agregado fino mientras que la permeabilidad disminuye. Respecto al tamaño del agregado grueso se determinó que el agregado de $\frac{1}{2}$ " tiene mayor resistencia a la compresión y resistencia a la flexión seguido por el agregado de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{3}{8}$ " respectivamente. Mientras la permeabilidad aumenta conforme aumenta el tamaño del agregado grueso.

Se realizó el análisis de varianza "ANOVA", para validar la hipótesis de investigación, obteniendo un valor de significancia menor a 0.05, concluyendo que las propiedades físicas de los agregados influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.

Palabras claves: Concreto Permeable, Flexión, Compresión y Permeabilidad.

ABSTRACT

The present research carried out the study of the influence of the physical properties of aggregates in pervious concrete for its application in pavements in the city of Trujillo. The properties evaluated in the research with respect to the aggregates are the fine aggregate content (0, 5, 10, 15 and 20%) and the coarse aggregate gradation ($\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " and $\frac{3}{8}$ "); and of the permeable concrete, its compressive strength, flexural strength and permeability were evaluated, these being the most important parameters for this type of concrete. The aggregates to be used were obtained from the LEKERSA quarry located in the district of El Milagro in the province of Trujillo; the respective tests were carried out to determine their properties.

For the development of the research, 15 designs of permeable concrete mixes were made for a design resistance of 210 kg/cm², following the methodology of the ACI - 522R standard. Once the designs were made, compressive strength, flexural strength and permeability tests were carried out after 28 days of curing of the permeable concrete. In this way, the behavior of the pervious concrete at different percentages of fine aggregate and different gradations of coarse aggregate was evaluated and compared.

From the results obtained, it was determined that the compressive strength and flexural strength increase with the higher percentage of fine aggregate while permeability decreases. Regarding the size of the coarse aggregate, it was determined that the $\frac{1}{2}$ " aggregate has higher compressive strength and flexural strength followed by the $\frac{3}{4}$ " and $\frac{3}{8}$ " aggregate respectively. While the permeability increases as the size of the coarse aggregate increases.

The analysis of variance "ANOVA" was performed to validate the research hypothesis, obtaining a significance value of less than 0.05, concluding that the physical properties of aggregates significantly influence the behavior of permeable concrete.

Keywords: Pervious Concrete, Flexure, Compression and Permeability.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, presentamos ante ustedes la tesis titulada “Influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable para fines de pavimentación, Trujillo 2022” con el fin de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Ponemos a evaluación nuestra investigación, asimismo esperamos cumplir con los requisitos para vuestra aprobación.

Trujillo, noviembre 2023

INDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
PRESENTACION.....	X
I. INTRODUCCIÓN	21
1.1. Problema de investigación.....	21
1.1.1. Realidad Problemática.....	21
1.1.2. Enunciado del problema.....	23
1.2. Objetivos	23
1.2.1. Objetivo principal	23
1.2.2. Objetivos secundarios	23
1.3. Justificación del estudio	23
II. MARCO DE REFERENCIA	25
2.1. Antecedentes del estudio	25
2.1.1. Internacionales	25
2.1.2. Nacionales	26
2.1.3. Locales	27
2.2. Marco teórico	29
2.2.1. Concreto permeable.....	29
2.2.2. Pavimento permeable	29
2.2.3. Materiales.....	31
2.2.3.1. Cemento Portland	31
2.2.3.2. Agregado Grueso	31
2.2.3.3. Agregado Fino.....	32
2.2.3.4. Agua	32
2.2.3.5. Aditivos	32
2.2.4. Propiedades de los agregados.....	33
2.2.4.1. Forma.....	33
2.2.4.2. Tamaño.....	34
2.3. Marco conceptual	36

2.4.	Sistema de hipótesis.....	38
2.4.1.	Hipótesis	38
2.4.2.	Variables. Operacionalización de variables.....	38
2.4.2.1.	Variable Independiente	38
2.4.2.2.	Variables dependientes	38
III.	METODOLOGIA EMPLEADA	40
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	40
3.1.1.	De acuerdo a la orientación o finalidad	40
3.1.2.	De acuerdo a la técnica de contrastación	40
3.2.	Población y muestra de estudio.....	40
3.2.1.	Población	40
3.2.2.	Muestra	40
3.3.	Mezclas de Estudio.....	41
3.4.	Diseño de investigación.....	42
3.5.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	43
3.6.	Procesamiento y análisis de datos.....	43
3.6.1.	Ensayos de los agregados	43
3.6.1.1.	Análisis granulométrico y módulo de finura.	43
3.6.1.1.1.	Equipos y herramientas:	43
3.6.1.1.2.	Procedimiento:.....	43
3.6.1.2.	Ensayo de Abrasión de los ángulos.....	45
3.6.1.2.1.	Equipos	46
3.6.1.2.2.	Procedimiento	46
3.6.1.3.	Ensayo de contenido de humedad	47
3.6.1.3.1.	Equipos y herramientas.....	47
3.6.1.3.2.	Procedimiento	47
3.6.1.4.	Ensayo de peso unitario	49
3.6.1.4.1.	Equipos y herramientas.....	49
3.6.1.4.2.	Procedimiento	49
3.6.1.5.	Ensayo de peso específico y absorción agregado grueso	51
3.6.1.5.1.	Equipos y herramientas.....	51
3.6.1.5.2.	Procedimiento	52

3.6.1.6.	Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino	53
3.6.1.6.1.	Equipos y herramientas.....	53
3.6.1.6.2.	Procedimiento	54
3.6.2.	Diseño de mezcla	55
3.6.2.1.	Descripción de los materiales.....	56
3.6.2.1.1.	Cementante:.....	56
3.6.2.1.2.	Agregados:.....	57
3.6.2.1.3.	Agua.....	57
3.6.2.2.	Gradaciones del agregado grueso empleadas en los diseños.....	57
3.6.2.3.	Porcentajes del agregado fino en los diseños	57
3.6.2.4.	Elección de la relación agua cemento (a/c).....	57
3.6.2.5.	Contenido de vacíos	58
3.6.2.6.	Valores de b/bo efectivos.....	61
3.6.2.7.	Volumen de pasta.....	61
3.6.2.8.	Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de $\frac{3}{4}$ "	63
3.6.2.9.	Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de $\frac{1}{2}$ "	74
3.6.2.10.	Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de $\frac{3}{8}$ ".....	84
3.6.3.	Ensayos del concreto en estado endurecido.....	94
3.6.3.1.	Elaboración de testigos de concreto	94
3.6.3.1.1.	Equipos y herramientas.....	94
3.6.3.1.2.	Procedimiento	94
3.6.3.2.	Resistencia a la compresión	95
3.6.3.2.1.	Equipos y herramientas.....	95
3.6.3.2.2.	Procedimiento	95
3.6.3.3.	Resistencia a la Flexión	96
3.6.3.3.1.	Equipos y herramientas.....	96
3.6.3.3.2.	Procedimiento	96
3.6.3.4.	Permeabilidad.....	97
3.6.3.4.1.	Equipos y herramientas.....	97
3.6.3.4.2.	Procedimiento	97
IV.	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	99
4.1.	Análisis y presentación de resultados	99

4.1.1. Caracterización del agregado grueso	99
4.1.2. Caracterización del agregado fino	99
4.1.3. Diseños de mezcla del concreto permeable.....	101
4.1.3.1. Diseño de mezcla agregado grueso de ¾”	101
4.1.3.2. Diseño de mezcla agregado grueso de ½”	102
4.1.3.3. Diseño de mezcla agregado grueso de 3/8”	102
4.1.4. Resistencia a la compresión del concreto permeable.....	103
4.1.5. Resistencia a la flexión del concreto permeable.....	108
4.1.6. Permeabilidad del concreto permeable	112
4.1.7. Relación entre propiedades del concreto permeable.....	116
4.2. Docimasia de hipótesis	118
4.2.1. Análisis de varianza (ANOVA)	119
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	124
CONCLUSIONES	128
RECOMENDACIONES	129
REFERENCIAS.....	130
ANEXOS	133

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Unidades utilizadas para describir tamaños de partículas en agregado .	34
Tabla 2	Tamaños de apertura de los tamices estándar de ASTM (ASTM E 11) .	35
Tabla 3	Operacionalización de variables	39
Tabla 4	Variables en la mezcla de estudio.....	41
Tabla 5	Mezclas de estudio	42
Tabla 6	Numero de probetas por ensayo.....	42
Tabla 7	Formato de análisis granulométrico A. Fino.....	45
Tabla 8	Peso de agregados y numero de esferas para tamaños menos 1½”	46
Tabla 9	Formato de ensayo de abrasión de los ángeles	47
Tabla 10	Tamaño de la muestra de agregado	48
Tabla 11	Formato de contenido de humedad Agregado Fino y Grueso	49
Tabla 12	Formato de ensayo de peso unitario.....	51
Tabla 13	Formato de ensayo de peso específico y absorción agregado grueso .	53
Tabla 14	Formato de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.	55
Tabla 15	Propiedades obtenidas de los agregados utilizados	57
Tabla 16	<i>Porcentaje de vacíos obtenida mediante interpolación de la Figura 3..</i>	60
Tabla 17	Valores efectivos de b/b ₀ para concreto bien compactado.....	61
Tabla 18	Volumen de pasta corregido por adición de agregado fino.....	63
Tabla 19	Contenido de cemento y agua A. Grueso ¾”	64
Tabla 20	Pesos del agregado grueso de ¾” para distintos porcentajes de fino...	66
Tabla 21	Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de ¾”	67
Tabla 22	Volúmenes absolutos de materiales para diseños con A. grueso de ¾”	68
Tabla 23	Pesos del agregado grueso final ¾”.....	69
Tabla 24	Adición de agua por agregado grueso de ¾”	69
Tabla 25	Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso ¾”	70
Tabla 26	Agua efectiva para diseños con A. grueso ¾”	71
Tabla 27	Peso agregado grueso corregido de ¾”	72
Tabla 28	Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso ¾”	72
Tabla 29	Diseño de mezcla N°1: A. grueso ¾”; %A. fino 0%.....	73
Tabla 30	Diseño de mezcla N°2: A. grueso ¾”; %A. fino 5%.....	73
Tabla 31	Diseño de mezcla N°3: A. grueso ¾”; %A. fino 10%.....	73
Tabla 32	Diseño de mezcla N°4: A. grueso ¾”; %A. fino 15%.....	74

Tabla 33	Diseño de mezcla N°5: A. grueso $\frac{3}{4}$ "; %A. fino 20%.....	74
Tabla 34	Contenido de cemento y agua A. Grueso $\frac{1}{2}$ "	75
Tabla 35	Pesos del agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " para distintos porcentajes de fino... 77	
Tabla 36	Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de $\frac{1}{2}$ "	78
Tabla 37	Volúmenes absolutos diseños con A. grueso de $\frac{1}{2}$ "	78
Tabla 38	Pesos de agregado grueso final $\frac{1}{2}$ "	79
Tabla 39	Adición de agua agregado grueso de $\frac{1}{2}$ "	80
Tabla 40	Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso $\frac{1}{2}$ "	80
Tabla 41	Agua efectiva para diseños con A. grueso $\frac{1}{2}$ "	81
Tabla 42	Peso agregado grueso corregido de $\frac{1}{2}$ "	82
Tabla 43	Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso $\frac{1}{2}$ "	82
Tabla 44	Diseño de mezcla N°6: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 0%.....	83
Tabla 45	Diseño de mezcla N°7: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 5%.....	83
Tabla 46	Diseño de mezcla N°8: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 10%.....	83
Tabla 47	Diseño de mezcla N°9: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 15%.....	84
Tabla 48	Diseño de mezcla N°10: A. grueso $\frac{1}{2}$ "; %A. fino 20%.....	84
Tabla 49	Contenido de cemento y agua A. Grueso $\frac{3}{8}$ "	85
Tabla 50	Pesos del agregado grueso de $\frac{3}{8}$ "; para distintos porcentajes de fino.87	
Tabla 51	Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de $\frac{3}{8}$ "	88
Tabla 52	Volúmenes absolutos para diseños con A. grueso de $\frac{3}{8}$ "	88
Tabla 53	Pesos de agregado grueso final $\frac{3}{8}$ "	89
Tabla 54	Adición de agua agregado grueso de $\frac{3}{8}$ "	90
Tabla 55	Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso $\frac{3}{8}$ "	90
Tabla 56	Agua efectiva para diseños con A. grueso $\frac{3}{8}$ "	91
Tabla 57	Peso agregado grueso corregido de $\frac{3}{8}$ "	91
Tabla 58	Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso $\frac{3}{8}$ "	92
Tabla 59	Diseño de mezcla N°11: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 0%.....	92
Tabla 60	Diseño de mezcla N°12: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 5%.....	93
Tabla 61	Diseño de mezcla N°13: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 10%.....	93
Tabla 62	Diseño de mezcla N°14: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 15%.....	93
Tabla 63	Diseño de mezcla N°15: A. grueso $\frac{3}{8}$ "; %A. fino 20%.....	94
Tabla 64	Formato de ensayo de compresión.....	96
Tabla 65	Formato de ensayo de permeabilidad.....	98
Tabla 66	Propiedades físicas del agregado grueso	99

Tabla 67	Resumen propiedades físicas del agregado fino	99
Tabla 68	Módulo de finura	100
Tabla 69	Pesos por m ³ para diseños con A. grueso de ¾"	101
Tabla 70	Proporción en volumen para diseños agregado grueso ¾"	101
Tabla 71	Pesos por m ³ para diseños con A. grueso de ½"	102
Tabla 72	Proporción en volumen para diseños agregado grueso ½"	102
Tabla 73	Pesos por m ³ para diseños con A. grueso de 3/8"	103
Tabla 74	Proporción en volumen para diseños agregado grueso 3/8"	103
Tabla 75	Resistencia a la compresión a los 28 días Diseño de Mezcla 3.....	104
Tabla 76	Resistencia a la compresión gradación 3/4"	104
Tabla 77	Resistencia a la compresión gradación 1/2"	105
Tabla 78	Resistencia a la compresión gradación 3/8"	106
Tabla 79	Resistencia a la flexión a los 28 días Diseño de Mezcla 3.....	108
Tabla 80	Resistencia a la gradación Flexión gradación 3/4	108
Tabla 81	Resistencia a la flexión gradación 1/2"	109
Tabla 82	Resistencia a la flexión gradación 3/8"	110
Tabla 83	Permeabilidad a los 28 días Diseño de Mezcla 1	112
Tabla 84	Permeabilidad gradación 3/4"	112
Tabla 85	Permeabilidad gradación 1/2"	113
Tabla 86	Permeabilidad gradación 3/8"	114
Tabla 87	Dimensiones de variables para análisis de varianza.....	119
Tabla 88	Datos de permeabilidad para análisis de varianza.....	119
Tabla 89	Tabla resumen varianza para permeabilidad	120
Tabla 90	Tabla ANOVA de dos factores para permeabilidad.....	120
Tabla 91	Datos de resistencia a la flexión para análisis de varianza	121
Tabla 92	Tabla resumen para varianza resistencia a la flexión	121
Tabla 93	Tabla ANOVA de dos factores para resistencia a la flexión.....	122
Tabla 94	Datos para análisis de varianza resistencia a la compresión.....	122
Tabla 95	Tabla resumen varianza resistencia a la compresión	123
Tabla 96	Tabla ANOVA de dos factores para resistencia a la compresión.....	123
Tabla 97	Resumen de las propiedades en diseños de mezcla de estudio.	127

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Formas de partículas angulares (a) y redondas (B)	33
Figura 2	Ficha técnica cemento portland tipo MS.....	56
Figura 3	Relación entre el contenido de aire y resistencia a la compresión.	59
Figura 4	Porcentaje de vacíos vs Resistencia a la compresión.....	60
Figura 5	Relación entre el volumen de pasta y el contenido de vacíos.	62
Figura 6	Curva granulométrica del agregado fino.....	100
Figura 7	Grafica resistencia a la compresión promedio gradación 3/4".....	105
Figura 8	Grafica resistencia a la compresión promedio 1/2"	106
Figura 9	Grafica resistencia a la compresión promedio 3/8"	107
Figura 10	Grafica comparativa de resistencia a la compresión promedio	107
Figura 11	Grafica resistencia a la flexión promedio gradación 3/4".....	109
Figura 12	Grafica resistencia a la flexión promedio gradación 1/2"	110
Figura 13	Resistencia a la flexión promedio gradación de 3/8"	111
Figura 14	Grafica comparativa resistencia a la flexión promedio	111
Figura 15	Grafica permeabilidad promedio gradación 3/4".....	113
Figura 16	Grafica permeabilidad promedio gradación 1/2".....	114
Figura 17	Grafica permeabilidad promedio gradación 3/8".....	115
Figura 18	Grafica comparativa permeabilidad promedio	115
Figura 19	Resistencia vs Permeabilidad gradación 3/4".....	116
Figura 20	Resistencia vs Permeabilidad gradación 1/2".....	117
Figura 21	Resistencia vs Permeabilidad gradación 3/8".....	117
Figura 22	Resistencia a la flexión vs Resistencia a la compresión.....	118
Figura 23	Resistencia a la flexión a los 28 días y límite mínimo vías urbanas. .	125
Figura 24	Gradaciones del agregado grueso	133
Figura 25	Análisis granulométrico agregado fino.....	133
Figura 26	Ensayo de contenido de humedad agregado grueso y fino.....	134
Figura 27	Ensayo de peso unitario agregado grueso	134
Figura 28	Ensayo peso unitario agregado fino	135
Figura 29	Ensayo peso unitario agregado fino	135
Figura 30	Ensayo de absorción y peso específico del agregado fino.....	136
Figura 31	Ensayo de abrasión de los ángeles.....	137
Figura 32	Preparación de especímenes de concreto permeable	138

Figura 33 Ensayo de resistencia a la flexión	139
Figura 34 Ensayo de resistencia a la compresión	139
Figura 35 Ensayo de permeabilidad	140

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación... (1) Volumen de pasta.....	63
Ecuación... (2) Peso unitario seco y compactado.....	64
Ecuación... (3) Peso del agregado grueso seco	65
Ecuación... (4) Peso del agregado grueso saturado superficialmente seco	65
Ecuación... (5) Peso del agregado grueso final SSS.....	65
Ecuación... (6) Peso del agregado fino SSS.....	66
Ecuación... (7) Peso del agregado fino seco	67
Ecuación... (8) Peso del agregado grueso final	68
Ecuación... (9) Adición de agua por agregado grueso.....	69
Ecuación... (10) Adición de agua por agregado fino.....	70
Ecuación... (11) Agua efectiva	70
Ecuación... (12) Peso agregado grueso corregido	71
Ecuación... (13) Peso agregado fino corregido.....	72

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Realidad Problemática

El pavimento permeable como sistema de drenaje urbano sostenible (SUDS), representa una alternativa interesante, la cual merece la atención de la comunidad constructiva vial. Esta técnica, desempeña un papel muy importante en la creación de sistemas constructivos para mitigar el problema de la precipitación de una manera sostenible.

De esta manera, durante los últimos años, el concreto permeable ha sido de mayor interés debido a los beneficios ofrecidos, cómo mejorar la gestión del agua de lluvia en pavimentos. Sin embargo, en Perú, no se conoce y no es aplicable debido a la falta de investigación.

En los Estados Unidos, se ha utilizado concreto permeable desde 1999, sujeto a diferentes condiciones climáticas, convirtiéndose en los pioneros de la creación de patrones que estandarizan la aplicación y el uso de concreto permeable. En 2002, el Comité de ACI "El Instituto Americano de Concreto" expresó los resultados obtenidos de las pruebas en la ciudad de Florida, que aplicó concreto permeable en bares y estacionamientos, reduciendo significativamente el volumen de flujo. En las calles y estacionamientos que generan precipitaciones, lo que da el resultado en ACI 522R-02. Posteriormente, se realizó más investigación sobre concreto permeable, publicado en el editor 2006 de ACI 522R-06. Asimismo, la Asociación de Pruebas Americanas y la Sociedad de Equipos (ASTM) crea un formulario para medir la tasa de infiltración de un pavimento de concreto permeable en plasma, sus resultados en ASTM 17012.

Aunque el concreto permeable ha tenido principios modestos, su uso como un sustituto del concreto convencional ha crecido para convertirse en una herramienta de multiproceso en la industria de la construcción. El concreto permeable se limita a su baja durabilidad en el tránsito intenso, esta falta de resistencia limita su uso para funciones específicas, limitando el uso de concreto permeable en áreas sujetas a tráfico y cargas de bajo volumen. Aunque se ha utilizado como paredes de carga hidráulica en las casas junto a los recortes, se

recomienda usarlo en aparcamientos, invernaderos, aceras, calles residenciales, canchas de tenis y piscinas, vías terrestres de tráfico ligero.

El concreto permeable generó un mayor interés en la industria de la construcción, a pesar de ser sujeto subordinado y poco aplicado en Perú, algunas empresas están especializadas en la producción y comercialización de este concreto especial, como la empresa peruana Unicon, que comenzó a producir el hormigón permeable en 2011, usándolo como cobertura de tuberías de la estación de tratamiento de agua Huachipa. Por su parte, el CEMEX, empresa mexicana, prepara concreto permeable en edificaciones peruanas, como losas, las aceras, como la protección de la erosión terrestre, la protección de los cimientos y los tubos enterrados (Perez Gordillo, J., 2017).

El Perú se ha visto enfrentado a constantes problemas de daños en las estructuras viales como carreteras, puentes además de viviendas, así como también el colapso de estas, los más relevantes, de daños más considerables y perjudiciales fueron durante las épocas del fenómeno del niño en los años 1925, 1983, 1998 y 2017. La implementación de un diseño de concreto permeable tiene como finalidad mitigar el impacto de las escorrentías superficiales en las vías, a la vez que cumpla con las solicitudes de resistencia requeridas para fines de pavimentación.

Se pretende estudiar el concreto permeable para analizar sus propiedades, teniendo en cuenta que este concreto usa poco de los finos, por lo que funcionará con diferentes proporciones de agregado fino y diferente granulometría de agregado grueso para analizar su comportamiento y la viabilidad para ser utilizado en un pavimento rígido.

Por esta razón, los resultados indican la influencia de los agregados en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable para las pruebas de laboratorio. Además, la sostenibilidad, la economía y la utilidad vinculantes, conociendo las ventajas y desventajas de este particular especial en Perú.

Esta investigación es un aporte al conocimiento del concreto permeable en Perú, ya que hay pocas encuestas sobre esta nueva tecnología de construcción ampliamente utilizada en otros países, lo que genera falta conocimiento de sus aplicaciones y beneficios.

1.1.2. Enunciado del problema

¿En qué medida influye las propiedades físicas de los agregados sobre el concreto permeable, Trujillo 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo principal

- Determinar la influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable.

1.2.2. Objetivos secundarios

- Obtener las propiedades mecánicas del agregado grueso y fino usado en la elaboración del concreto permeable.
- Determinar la resistencia a la flexión usando porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ".
- Determinar la resistencia a compresión usando porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ".
- Determinar la permeabilidad usando porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ".
- Determinar el porcentaje adecuado de agregado fino y gradación de agregado grueso que presenta mejores propiedades para la elaboración del concreto permeable.

1.3. Justificación del estudio

- **Social:** El diseño de concreto permeable para su uso en pavimentos urbanos mejoraría la evacuación de aguas pluviales evitando la acumulación de agua en la superficie de esta forma prevenir accidentes e interrupciones en la circulación vehicular ofreciendo un mejor servicio a la comunidad.

- **Conveniencia:** Actualmente no se cuenta con un sistema óptimo para la evacuación de las aguas pluviales en la ciudad de Trujillo, por lo cual se propone el uso de concreto permeable con la finalidad facilitar el manejo de las aguas pluviales y disminuir el deterioro en los pavimentos.
- **Práctica:** La investigación busca encontrar el diseño de concreto permeable óptimo que pueda ser aprovechado en la construcción de pavimentos que mejoren la calidad de vida de los usuarios, reduciendo el índice de accidentes de tránsito y optimizar el flujo vehicular en las calles y avenidas.
- **Metodológica:** el proyecto se justifica metodológicamente ya que cumple con los parámetros de investigación y sigue el proceso del método científico que da validez y confiabilidad a los resultados los cuales podrán ser usados en otros trabajos de investigación.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacionales

- Cardona Maldonado, H. (2017) en su investigación sobre las “Propiedades Mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos” (Quito, Ecuador).

La investigación tiene como finalidad determinar las diferencias en las propiedades mecánicas y de filtración en la elaboración de hormigones permeables usando tres tipos de cemento (C. Portland, C. Puzolánico, C. Hidráulico) para lo cual uso una dosificación estándar con el fin de mantener todas las variables constantes a excepción del cemento y de esta forma conocer que cemento presentaba las mejores propiedades para la elaboración del hormigón permeable. Al realizar los ensayos se encontró que la mayoría de las muestras fallaron por factura del agregado grueso y no por rotura de la pasta de cemento como se esperaba, también se encontró que las muestras de cemento hidráulico fueron las que obtuvieron mayor resistencia así mismo mantuvo una mejor relación entre resistencia y porcentaje de vacíos, seguido por el cemento portland. En cuanto a la permeabilidad esta es inversa a la resistencia a la compresión independiente del tipo de cemento.

Este antecedente nos permite conocer las propiedades de los agregados y los factores que influye en la elaboración de un hormigón permeable así mismo la variación de sus propiedades al utilizar distintos tipos de cemento.

- Barahona Aguiluz, R., Martínez Guerrero, M. y Zelaya, S. (2013) en su trabajo de graduación “Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, El Carmen, Aramuaca y la Pedrera, de la zona oriental de el salvador” (San Miguel, El salvador).

La investigación tiene como objetivo conocer el comportamiento del concreto permeable en función del tipo de agregado grueso utilizado proveniente de las canteras el Carmen, Aramuaca y L a Pedrera de la zona oriente de El Salvador. Se realizaron ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días, se realizó viguetas que se ensayaron a los 28 días para determinar la flexión

asimismo se realizó ensayos de permeabilidad; todos los ensayos fueron realizados para distintos porcentajes de vacíos de 15%, 20% y 25%. De los ensayos realizados se obtuvo que el concreto con mayor resistencia resulta de la cantera el Carmen con un el 15% de vacíos y el concreto con mayor permeabilidad resulta de la Cantera La pedrera con 25% de vacíos. También se encontró que el concreto más eficiente es utilizando agregado de la cantera el Carmen con 15% de vacíos.

Este antecedente será de ayuda para conocer la relación entre el porcentaje de vacíos con la resistencia y la permeabilidad del concreto permeable para su uso en pavimentos.

2.1.2. Nacionales

- Morales Córdova, A. (2018) en su investigación titulada “Diseño de pavimento rígido permeable $f'c=210$ kg/cm² utilizando agregado de rio Huallaga - Jr. Los Andes, Morales - San Martín – 2018”. (San Martín, Perú) La investigación tiene como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso de rio Huallaga para su uso en el diseño de pavimento rígido permeable del Jr. Los Andes, Morales - San Martín, así como evaluar las propiedades del concreto permeable como su resistencia permeabilidad entre otros, así mismo elaborar un diseño de mezcla adecuado para el diseño. Al realizar los ensayos se obtuvo una resistencia promedio 210.12 kg/cm² desarrollada a los 28 días alcanzando la resistencia para la cual fue diseñada. En cuanto a la permeabilidad se obtuvo una permeabilidad promedio de 0.487 cm/s estando dentro del rango (0.2 a 0.54 cm/s) dado por el ACI 522R-10. También se obtuvo un diseño de mezcla óptimo con una relación agua/cemento= 0.35, agregado máximo de 3/8 y una estructura de vacíos del 21%.

Este antecedente nos proporciona un diseño de mezcla óptimo, así mismo nos da a conocer las propiedades y recomendación para el agregado grueso a utilizar.

- Jacinto Aquino, J. (2021) en su tesis titulada “Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo” (Chiclayo, Perú).

La investigación se centra en el estudio de la influencia que tiene el agregado fino y aditivo SikaCem, en distintas cantidades, sobre las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable para su uso en pavimentos. Se realizaron 15 mezclas de estudio a base del contenido de agregado fino (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) y aditivo SikaCem (0mL, 250mL, 500mL) para evaluar el comportamiento del concreto permeable, en el estudio se concluyó que el aditivo SikaCem genera mejores resultados para combinaciones de 15% y 20% de agregado fino mejorando la resistencia a la compresión con incremento del 11%, para su uso en ciclovías y pases peatonales se recomienda usar el diseño de mezcla con un 15% de agregado fino y 0ml de aditivo.

La investigación sirve como referencia para el desarrollo del diseño de concreto permeable, también nos brinda una relación de agua cemento que facilite su trabajabilidad.

2.1.3. Locales

- Medina Torres, D. (2020) en su tesis titulada “Influencia de diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable y su aplicación como pavimento rígido, Trujillo 2019”. (Trujillo, Perú)

La investigación tiene como finalidad determinar la influencia de tiras de plástico en las propiedades mecánicas e hidráulicas en un concreto permeable para su uso en pavimentos. Para evaluar la influencia de las tiras de plástico se realizaron especímenes de concreto con diferentes porcentajes de tiras de plástico PET (0.00%, 0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.20%) los resultados obtenidos fueron que para un porcentaje del 0.10% se maximiza la resistencia a la compresión y flexión, incrementando la resistencia a la compresión en 17.09% y la resistencia a la flexión en 49.81%. en cuanto a la permeabilidad disminuye de 0.296 cm/seg a 0.247 cm/seg lo que representa una reducción del 19.83%.

Este antecedente permite conocer la influencia de las tiras de plástico en las propiedades del concreto permeable.

- Perez Gordillo, J. (2017) en su investigación titulada “Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017” (Trujillo, Perú)

La investigación propuso como objetivo principal determinar la influencia que tiene la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable. Para cumplir con su objetivo el tesista evaluó 3 gradaciones distintas de agregado grueso (1/2”, 3/8” y N° 4) para la elaboración de las mezclas de concreto permeable encontrando la resistencia a la compresión y flexión, y su permeabilidad para las distintas gradaciones. De los resultados obtenidos por el tesista se encontró mejores resultados de resistencia a la compresión y flexión para la gradación N°4 y un mayor coeficiente de permeabilidad para una gradación de 3/8”.

El aporte a nuestro proyecto es la metodología para evaluar la influencia de la granulometría del agregado grueso en el concreto permeable así como parámetros que serán de utilidad para el desarrollo del proyecto.

- Villanueva Quispe, K. (2020) en su tesis titulada “Influencia de diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, en Trujillo 2020”. (Trujillo, Perú)

La investigación tiene como objetivo evaluar la influencia que tiene el agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable para su uso en pavimentos urbanos. Para evaluar el comportamiento del concreto permeable realizaron especímenes de concreto con diferentes porcentajes de agregado fino (0%, 5%, 10%, 15%), al realizar los ensayos de resistencia a compresión y flexión se obtuvieron mejores resultados para un porcentaje de agregado fino del 15%, con una resistencia a la compresión de 207.56 kg/cm² y una resistencia a la flexión de 32.50 kg/cm² cercano a los 34 kg/cm² establecido en el RNE para su uso en vías locales, colectoras y arteriales de ligero tráfico, pero con un valor mayor a los 28kg/cm² valor permitido por la norma para su uso en pavimentos especiales como ciclovías, pasajes peatonales ,veredas y aceras. Respecto a la permeabilidad esta disminuye al usar mayor porcentaje de agregado fino obteniendo un mejor resultado al no usar agregado fino.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Concreto permeable

De acuerdo a la norma ACI 522R-10 (2010), el concreto permeable o concreto permeable, se define como un concreto sin revenimiento y con gran porosidad, y con una relación de vacíos alta; consta de cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino y agua. La mezcla de estos ingredientes dará un material endurecido con poros conectados, cuyo tamaño va de 2 a 8 mm, lo facilita que el agua filtre fácilmente a través de él. El contenido de vacíos puede variar de 15% a 35% y se pueden alcanzar resistencias a la compresión entre 28 a 280 kg/cm². La permeabilidad de un pavimento de concreto permeable variará con la densidad de la mezcla y el tamaño del agregado, pero por lo general varía entre 81 a 730 L/min/m² ó 0.14 a 1.22 cm/s.

2.2.2. Pavimento permeable

Un pavimento permeable es, básicamente, un agregado homogéneo, una mezcla de agregado grueso y cemento con poca cantidad de arena, que puede ser mezcla asfáltica o cemento Portland. (Reyes Lizcano, F., Torres, A. & Grupo CECATA, 2002). Estos tipos de pavimentos permeables pueden ser de drenaje distribuido (pavimento de drenaje permeable) y / o evacuación parcial (pavimento de drenaje retenido) Azzout, J.R., Barraud, S., Cres, F. y Alfakih, E. (1994).

Se trata de una especie de tecnología de infiltración, el material de soporte es un alto contenido de agregado grueso con alta porosidad (Trujillo López, A. y Quiroz Lasprilla, P., 2013). Esto logra que la escorrentía superficial penetre en el suelo a través de pavimentos permeables u otras superficies permeables (EPA, 1999).

Las aplicaciones más resaltantes de los suelos permeables son las que se mencionan a continuación (Scholz, M. y Grabowiecki, P., 2006):

- Acceso vehicular: acceso residencial, servicio y acceso, acequias, cruces peatonales y senderos de incendio.
- Estabilizar pendientes y controlar la erosión.

- patio de recreo.
- estacionamiento.
- Pasarelas.
- Senderos para bicicletas y ecuestres.

Generalmente, el pavimento permeable se puede utilizar en estacionamientos, carreteras y otras áreas pavimentadas. Son especialmente convenientes para calles y entradas de vehículos en áreas residenciales y zonas de estacionamiento; debido a que los poros son propensos a obstruirse, no son efectivos en áreas con mucha escorrentía (EPA, 1999).

El principio básico de un sistema de pavimento permeable es recolectar, tratar e infiltrar libremente toda escorrentía superficial para apoyar la recarga de agua subterránea. Estos proporcionan muchos potenciales beneficios, como reducir la escorrentía, reponer el agua subterránea, ahorrar agua a través del reciclaje y prevenir la contaminación. Por el contrario, se han desarrollado pavimentos permeables para minimizar la tasa de escorrentía y aumentar la cantidad de agua de lluvia recolectada en áreas urbanizadas (Scholz, M. y Grabowiecki, P., 2006).

El pavimento permeable está especialmente diseñado con el objetivo de facilitar la infiltración de agua pluvial en diferentes capas de base, trayendo así la gestión del agua de lluvia y beneficios ambientales. El agua de lluvia se filtra recolectándose para su reutilización o lenta liberación en el suelo subyacente o en el sistema de drenaje de agua de lluvia (Trujillo López, A. y Quiroz Lasprilla, P., 2013).

2.2.3. Materiales

2.2.3.1. Cemento Portland

Es un material conformado por la pulverización a altas temperaturas (1300C°-1450C°) de clinker con la adición de sílice, alúmina, óxido de calcio, óxido de hierro conformando una pasta conglomerante capaz de endurecer en el agua y aire mediante la adición de cantidades apropiadas de agua (Abanto, 2009).

2.2.3.2. Agregado Grueso

Es el agregado conservado en el tamiz normalizado 4.75mm (N°4) obtenido por la desintegración espontánea o mecánica de materiales pétreos, y que estén de acuerdo a los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede estar conformado por grava, piedra chancada, concreto reciclado o la combinación de ellos. Además, aquellos concretos en contacto permanente con suelos húmedos o sensibles a la acción de la humedad no deberán contener agregados reactivos, pues originan una expansión excesiva del concreto (NTP 400.037, 2014).

Por otra parte, para concretos permeables se usan agregados de un solo tamaño o cuya variación sea entre 3/4 a 3/8" (19 a 9.5mm). También se han obtenido buenos resultados usando agregados redondeados y triturados, de peso normal o liviano en tanto cumplan con los requisitos de las normas ASTM D448 y ASTM C33/C3M. Además, debe estar libre de recubrimientos, como polvo o arcilla, u otros químicos absorbidos que puedan afectar negativamente el enlace adhesivo de la pasta o la hidratación del cemento (ACI 522R, 2010).

Este es el componente más importante de asfalto y materiales de concreto. Este es el esqueleto estructural vital de los "pisos estructurales". En algunos pavimentos, solo se usa para formar una estructura de piso completamente de material agregado no unido (Ferguson, B. K., 2005).

2.2.3.3. Agregado Fino

Es aquel agregado, que pasa el tamiz 9.5mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 74 μ m (N°200), y que está de acuerdo con los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede estar conformado por arena natural, arena procesada o un porcentaje de ambas. (NTP 400.037, 2018)

En el concreto permeable el contenido de agregado fino está limitado porque compromete la conectividad del sistema de poros. Sin embargo, pequeñas cantidades de agregado fino pueden aumentar la resistencia a la compresión y la densidad reduciendo el caudal de agua que atraviesa a la masa del concreto permeable (ACI 522R, 2010)

2.2.3.4. Agua

El agua empleada en la elaboración de concreto permeable debe tener la misma calidad que la empleada en la producción de un concreto convencional, cumpliendo los requisitos de la norma NTP 339.088. Teniendo en cuenta como referente base la idoneidad del agua apta para el consumo humano.

2.2.3.5. Aditivos

Según el ACI 522R-6 (2006) Los aditivos son empleados en concretos permeables con el fin de obtener propiedades peculiares. Los aditivos empleados cumplen con satisfacer los requisitos de la norma ASTM C494. Los aditivos reductores de agua (de rango mediano a alto) son empleados según la relación a/c. Los otros aditivos se emplean para estabilizar y controlar la hidratación del cemento, y estos son, comúnmente seleccionados para mezclas rígidas, como el concreto permeable, sobre todo en aplicaciones en climas cálidos. Los aditivos retardantes actúan como lubricantes para mejorar la descarga de concreto desde una mezcladora y pueden ayudar en el manejo y las características de rendimiento en el lugar. Los acelerantes se utilizan para concretos permeables en climas fríos. Los aditivos incorporadores de aire no han sido empleados, con frecuencia, en concretos permeables, pero se emplean en ambientes susceptibles a la congelación y descongelación. Pero, no existe un método fiable, para controlar la cantidad de aire arrastrado en estos materiales.

2.2.4. Propiedades de los agregados

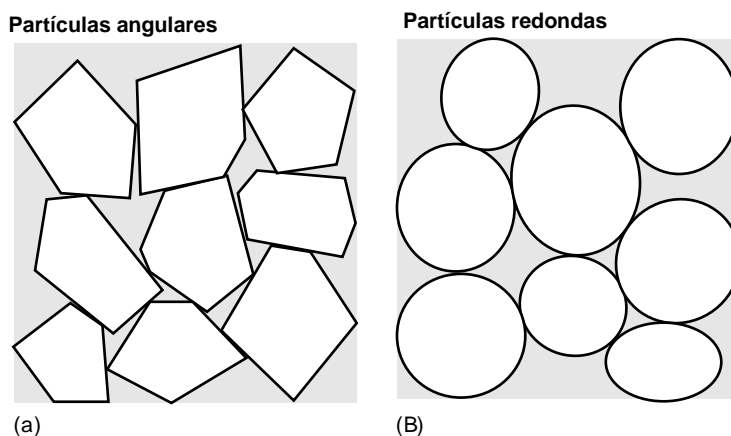
2.2.4.1. Forma.

Para una masa agregada estructuralmente estable, es obligatorio que las partículas sean angulares. Las partículas que tienen al menos algunas caras planas están firmemente entre ellas para apoyar la rotación y el desplazamiento (Rollings, M. P. and Rollings, R. S. Jr., 1996, p. 50-51). Por el contrario, las partículas redondas, como la grava del río, se deslizan y giran entre sí, de modo que el material "cede" bajo una carga.

Más, en general, el material de origen debe ser aplastado artificialmente para producir caras angulares. Los términos "piedra triturada" y "grava triturada" están relacionados con los agregados minerales que se trituraron en una planta de tratamiento. El hormigón y el ladrillo triturados pueden tener una forma angular adecuada. La rugosidad y la limpieza de la superficie (la ausencia de arcillas y otros sujetos de acceso también ayudan a la fricción y la unión entre las partículas.

Figura 1

Formas de partículas angulares (a) y redondas (B)



Nota. Adoptado de Ferguson, B. K. (2005)

2.2.4.2. Tamaño.

La influencia del tamaño del agregado sobre la porosidad, la permeabilidad, la estabilidad en el tráfico y la accesibilidad de los peatones materiales. La Tabla 1 enumera algunas unidades utilizadas para describir el tamaño de las partículas.

Tabla 1

Unidades utilizadas para describir tamaños de partículas en agregado

Unidad	Unidades equivalentes	Unidades equivalentes
1 μm	metro $\times 10^6$	0,000039 pulgadas
1 mm	metro $\times 10^3$	0.039 pulgadas
1 pulgada	0,0254 m	25.400 μm ; 25,4 milímetros

Nota. Adoptado de Ferguson, B. K. (2005)

La Tabla 2 enumera los tamaños de apertura de tamiz definidos por ASTM. De acuerdo con la convención ASTM, el agregado "grueso" se conserva en 1/4 pulgadas y aberturas más grandes y su tamaño se indica en pulgadas; El agregado "fino" atraviesa las aberturas de menos de 1/4 pulgadas y su tamaño se nombra por una serie de tamices o "calibre". El número de tamices aumenta con un tamaño de apertura más pequeño, ya que más cables en un bastidor de tamiz produce aberturas más pequeñas.

Tabla 2*Tamaños de apertura de los tamices estándar de ASTM (ASTM E 11)*

Designación ASTM	Tamaño de apertura del tamiz (pulgadas)	Tamaño equivalente (mm)
Aberturas gruesas		
4 pulgadas	4.0	100
3 1/2 pulgadas	3,5	90
3 pulgadas	3,0	75
2 1/2 pulgadas	2.5	63
2 pulgadas	2.0	50
1 1/2 pulgada	1,5	37,5
1 pulgada	1.0	25,0
3/4 pulgada	0,75	19,0
1/2 pulgada	0,5	12,5
3/8 pulgada	0.375	9.5
1/4 pulgada	0,25	6.3
Aberturas finas		
Tamiz No. 4	0,187	4,75
Tamiz No. 5	0,157	4,00
Tamiz No. 6	0,132	3.35
Tamiz No. 8	0.0937	2,36
Tamiz No. 10	0.0787	2,00
Tamiz No. 12	0.0661	1,70
Tamiz No. 16	0.0469	1,18
Tamiz No. 20	0.0331	0,850 (850 µm)
Tamiz No. 30	0.0234	0,600 (600 µm)
Tamiz No. 40	0.0165	0,425 (425 µm)
Tamiz No. 50	0.0117	0,300 (300 µm)
Tamiz No. 60	0,0098	0,250 (250 µm)
Tamiz No. 80	0,0070	0,180 (180 µm)
Tamiz No. 100	0,0059	0,150 (150 µm)
Tamiz No. 200	0,0029	0,075 (75 µm)
Tamiz No. 400	0,0015	0,038 (38 µm)
Tamiz No. 500	0,0010	0,025 (25 µm)

Nota: Adaptado de ASTM E 11

2.3. Marco conceptual

- Aditivo

Actualmente es considerado como un material de suma importancia para modificar las propiedades de la mezcla. Existen diferentes tipos: Acelerantes, retardantes, reductores de agua, incorporadores de aire.

- Agregados

Son materiales inorgánicos naturales o artificiales, particulados que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos).

- Agregado fino

Es aquel material que pasan por el tamiz 3/8" y se retienen en el tamiz N°200. Sus partículas están conformadas entre 0.075 y 4.75 mm.

- Agregado grueso

Es el material que está compuesto por partículas superiores a 4.75 mm. El agregado a emplear en el proyecto es de 3/8" y 3/4".

- American Concrete Institute (ACI)

Es una institución de Estados Unidos sin ánimo de lucro aperturada en 1904, la misma que está enfocada en producir normas, estándares y recomendaciones técnicas para el concreto reforzado o variantes.

- ASTM

Siglas que corresponden a la entidad AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (Sociedad americana para pruebas y materiales).

- Cemento

Es el más usado en la construcción, más aún en el concreto rígido; sus propiedades principales son de cohesión y adhesión.

- Concreto (hormigón)

Agregado ligado por cemento Portland, o de manera común, agregado ligado por cualquier tipo de cemento.

- Concreto permeable

Mezcla de agregados, cemento y agua; en donde se tiene muy poca arena o en algunos casos se elimina del todo, lo que contribuye a crear espacios vacíos alrededor de los agregados gruesos.

- Cribado (tamizado)

Clasificación por tamaño mediante una serie de tamices.

- Durabilidad

Capacidad de un material para conservar sus cualidades o capacidades originales a lo largo del tiempo, resistiendo las condiciones de servicio, incluida la carga y el clima.

- Falla

Son roturas que aparecen generalmente en la superficie del mismo, debido a la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia.

- Gradación

Distribución de la diversidad de tamaños de las partículas que componen el agregado, esto es encontrar la cuantía de cada fracción de la diversidad de tamaños de las partículas que lo componen.

- Pavimento

El pavimento es una estructura multicapa construida sobre el lecho de la carretera, que puede resistir y dispersar la presión causada por los vehículos, y aumentar la seguridad y comodidad del tráfico.

- Pavimento Permeable

Es el pavimento hecho a base de agregado grueso y cemento, que tiene las características de ser resistentes y a la vez permite el paso de agua hacia el sub suelo, producto de los vacíos que se encuentran en su interior.

- Permeabilidad

La permeabilidad es la destreza que tiene el concreto para permitir que el agua pase a través de su superficie sin que este afecte sus condiciones de

sus partículas.

- Porosidad

Capacidad de un material para poder pasar los fluidos a través de los poros o pequeños agujeros.

- Precipitaciones

Se dan producto de la acumulación de agua en las nubes, que al caer a la superficie terrestre se manifiesta mediante lluvias, granizadas o nevadas.

- Probeta

Muestra de material endurecido, por regla general hormigón o roca, de dimensiones determinadas y conservada en condiciones preestablecidas, para posteriormente ser sometida a ensayos.

- Relación agua/cemento

Se puede definir como la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del concreto fresco.

- Resistencia

Capacidad que alcanza una mezcla de concreto al estar sometida a una fuerza. Esto es consecuencia del proceso de hidratación del cemento.

2.4. Sistema de hipótesis

2.4.1. Hipótesis

Las propiedades físicas de los agregados influyen considerablemente en el comportamiento del concreto permeable.

2.4.2. Variables. Operacionalización de variables.

2.4.2.1. Variable Independiente

- Propiedades físicas de los agregados.

2.4.2.2. Variables dependientes

- Concreto permeable

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica e instrumentos
Concreto permeable	Mezcla de agregados, cemento y agua; en donde se tiene muy poca arena o en algunos casos se elimina del todo, lo que contribuye a crear espacios vacíos alrededor de los agregados gruesos.	Se refiere a realizar probetas a partir de un diseño de concreto permeable, las cuales se someten a fuerzas para determinar su resistencia a la compresión y flexión sometiendo a fuerzas cada una de las probetas.	Resistencia a la compresión	Esfuerzo medido en kg/cm2	Ensayo de compresión NTP 339.034
		Se refiere al uso del permeámetro para determinar el tiempo que demora en filtrar el agua en la probeta.	Resistencia a la flexión	Módulo de rotura medido en kg/cm2	Ensayo de flexión NTP 339.078
			Permeabilidad	Tasa de drenaje medido en pulg/hr o cm/seg	Ensayo de permeabilidad ACI 522-R
Propiedades físicas de los agregados	Las propiedades físicas son aquellas propiedades que pueden ser medibles sin alterar la composición de la materia, por ejemplo, tamaño forma color, densidad, etc.	Se refiere a utilizar diferentes configuraciones que resultan de combinar diferentes porcentajes de agregado fino con diferentes gradaciones de agregado grueso.	Contenido de agregado fino.	0% 5% 10% 15% 20%	Volumen agregado fino/ Volumen agregado global
			Granulometría	3/8" 1/2" 3/4"	Análisis granulométrico NTP 400.012

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad

- **Aplicada:** el proyecto tiene como finalidad determinar la influencia de las propiedades físicas de los agregados en el concreto permeable, para evaluar si es factible su uso en la aplicación de futuros pavimentos.

3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

- **Experimental:** para cumplir el objetivo principal de la investigación se realizaron pruebas y ensayos en laboratorio. Los resultados obtenidos se analizarán y presentarán en gráficos para su comprensión.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

La población estará conformada por las mezclas de concreto permeable elaboradas con porcentajes de agregado fino de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ".

3.2.2. Muestra

Se tiene una muestra probabilística aleatoria simple ya que las unidades de estudio tienen la misma probabilidad de ser elegidos para ser parte de la muestra.

Se realizará probetas cilíndricas de 20 cm de alto y un diámetro de 10 cm con el fin de comprobar la resistencia a la compresión ($f'c$) y medir la permeabilidad. Por otro lado, la resistencia a la flexión se medirá elaborando probetas de concreto tipo viga de 50 cm de largo por 15 cm de ancho y 15 cm de alto. Estas mediciones se realizarán de acuerdo a las normas citadas en la investigación.

Se tomará una muestra de 3 especímenes de concreto para realizar los ensayos a flexión al ser esta la variable de mayor importancia en el proyecto, que tiene como finalidad el uso del concreto permeable en pavimentos urbanos, respecto a los ensayos a compresión y permeabilidad se tomara una muestra de 3 especímenes de concreto las cuales deben satisfacer los coeficientes de variación indicadas en las normas respectivas de cada ensayo. Las muestras para los ensayos serán evaluadas a los 28 días, para cada mezcla de estudio.

3.3. Mezclas de Estudio

Las mezclas de estudio se realizarán en base al porcentaje de agregado fino y la granulometría del agregado grueso. A continuación, se muestran las variables de la mezcla de estudio:

Tabla 4

Variables en la mezcla de estudio.

Variables en la mezcla de estudio		
	0%	
	5%	
Porcentaje agregado fino	10%	5
	15%	
	20%	
	3/4"	
Granulometría	1/2"	3
	3/8"	

Nota. Variables: % Agregado fino y granulometría

En base a las variables de estudio se identificaron 15 mezclas de estudio. Como se muestra en la **Tabla N°5**:

Tabla 5*Mezclas de estudio*

Mezclas de Estudio		
Muestra	% agregado fino	Gradación
M1	0%	3/4"
M2	5%	3/4"
M3	10%	3/4"
M4	15%	3/4"
M5	20%	3/4"
M6	0%	1/2"
M7	5%	1/2"
M8	10%	1/2"
M9	15%	1/2"
M10	20%	1/2"
M11	0%	3/8"
M12	5%	3/8"
M13	10%	3/8"
M14	15%	3/8"
M15	20%	3/8"

Nota. Cinco mezclas de estudio por gradación.**Tabla 6***Numero de probetas por ensayo.*

Ensayo	Muestra	N° Mezcla de estudios	N° Probetas
Resistencia a la flexión (NTP 339.078)	3	15	45
Resistencia a la compresión (NTP 339.034)	3	15	45
Permeabilidad (ACI 522-R)	3	15	45
Total			135

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental. Las variables de estudio serán medidas en base a ensayos normados y realizados en laboratorio, al igual que las propiedades de la variable independiente.

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación

“Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (Arias, 2012, p.67).

- **Observación:** En la siguiente investigación usaremos la técnica de observación para la recolección de datos de los ensayos de laboratorio para la obtención de resultados confiables luego de su validez.
- **Análisis Documental:** Consiste en la obtención y recolección de información de documentos relacionadas al problema y objetivo de la investigación, como: Normas (ACI, NTP y ASTM), libros, tesis (nacionales e internacionales), blogs y revistas; que serán citadas en el presente trabajo de investigación. Con la finalidad de dar respuesta al problema de investigación a través del análisis de las variables de interés.
- **Guías de documentos:** Se utilizará formatos que ayuden en la recolección de información de los ensayos realizados en laboratorio para medir las variables de estudio.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Ensayos de los agregados

3.6.1.1. Análisis granulométrico y módulo de finura.

Se realizó el análisis granulométrico de agregado fino considerando los parámetros dados por la norma ASTM C136.

3.6.1.1.1. Equipos y herramientas:

- Balanza electrónica, precisión (± 0.1 gr)
- Tamices: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200
- Taras.
- Horno
- Cepillo

3.6.1.1.2. Procedimiento:

- Se seco la muestra de agregado fino en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- Se retiro la muestra del horno en un plazo de $24h \pm 5h$, una vez retirada se dejó enfriar posteriormente se realizó el cuarteo tomándose 3 muestras de 500gr.
- Se ordeno los tamices en orden decreciente de mayor a menor abertura (3/8" – N°200), se introdujo la muestra y se tapó la parte posterior para evitar pérdidas.
- Se realizo el proceso de tamizado manual, agitando el grupo de tamices de manera circular.
- Se coloco el material retenido de cada malla incluyendo el fondo en taras y se procedió a pesar.
- Se realiza el mismo procedimiento para cada muestra, siendo un total de 3 muestras.
- Se registro los datos en el formato correspondiente para su posterior calculo.
- Se verifico que la muestra perdida no se mayor al 2% de la muestra.
- Para el registro de datos se utilizó el formato mostrado en la Tabla 7.

Tabla 7*Formato de análisis granulométrico A. Fino*

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - AGREGADO FINO					
TAMICES	ABERTURA	PESO	RETENIDO	RETENIDO	% QUE PASA
ASTM		RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	
pulg.	mm.	gr	%	%	%
3/8"					
N°4					
N°8					
N°16					
N°30					
N°50					
N°100					
N°200					
Fondo					
Muestra (gr)					
Muestra Perdida (gr)					
TM					
TMN					
Módulo de Finura					

3.6.1.2. Ensayo de Abrasión de los ángeles

Este ensayo nos permite conocer la resistencia a la degradación de los agregados gruesos que son usados en concretos hidráulicos, mezclas asfálticas y tratamientos superficiales. Los resultados del ensayo pueden ser usado como un indicador de calidad del agregado garantizando la elaboración de concretos resistentes.

El ensayo se realizará bajo la guía de la norma ASTM C131, la cantidad de agregado grueso a usar y el número de esferas en el tambor, dependen de la granulometría del agregado grueso.

Tabla 8*Peso de agregados y numero de esferas para tamaños menos 1½"*

Gradación		A	B	C	D
Tamaño del Tamiz		Cantidad de Material (gr)			
Pasa	Retiene				
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 25	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 25	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N°4			2500 ± 10	
N°4	N°8				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Numero de esferas		12.00	11.00	8.00	6.00
Numero de revoluciones		500.00	500.00	500.00	500.00

Nota. Se utilizarán esferas de acero de 420g aproximadamente.

3.6.1.2.1. Equipos

- Máquinas de los ángeles
- Bandeja y/o recipientes
- Balanza electrónica
- Horno eléctrico
- Tamices
- Esferas de acero

3.6.1.2.2. Procedimiento

- Se lavo la muestra y se secó al horno por un periodo de 24 horas.
- Se retiro la muestra del horno y se registró el peso para cada fracción de acuerdo a la gradación correspondiente.
- Se coloco la muestra y la carga en la máquina de los ángeles y se roto a una velocidad de 30 rpm, por 500 revoluciones.
- Se retiro la muestra de la máquina de los ángeles.
- Se tamizo la muestra por el tamiz N°12.

- Se realizo el lavado del material más grueso que la malla N°12.
- Se seco la muestra en el horno.
- Se retiro la muestra del horno se dejó enfriar por 30 minutos y se tomó su peso seco.
- Se registro los datos y se realizó el cálculo con ayuda del formato mostrado en la Tabla 9.

Tabla 9

Formato de ensayo de abrasión de los ángeles

ID	Descripción	Und.	Muestra
A	Peso muestra 3/8"	kg	
B	Peso muestra 1/2"	kg	
C	Peso de la muestra total	kg	
D	Peso retenido en el tamiz N°12	kg	
E	Desgaste a la abrasión de los ángeles $E = ((C - D) * 100) / C$	%	

3.6.1.3. Ensayo de contenido de humedad

El ensayo se realizó con la guía de la norma ASTM C566.

3.6.1.3.1. Equipos y herramientas

- Balanza
- Fuente de calor: Horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Recipientes metálicos
- Guantes

3.6.1.3.2. Procedimiento

- Se realizo el cuarteo del material tomando una muestra representativa la cual depende del tamaño del agregado como se muestra en la Tabla 10.
- Se tomo el peso de los recipientes donde luego se colocó el material registrando el peso total.
- Se coloco las muestras en el horno dejando secar por 24 horas.

- Se retiró las muestras del horno y se dejó enfriar por 10 minutos y se tomó el peso seco de la muestra.
- Se realizó el mismo procedimiento para 3 muestras, tomando como valor el promedio de estas.
- Se registró los datos en el formato mostrado en la Tabla 11, para el posterior cálculo del contenido de humedad.

Tabla 10

Tamaño de la muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulgada)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (N°4)	0.5
9,5 (3/8)	1.5
12,5 (1/2)	2.0
19,0 (3/4)	3.0
5,0 (1)	4.0
37,5 (2.1/2)	6.0
50,0 (2)	8.0
63,0 (2.1/2)	10.0
75,0 (3)	13.0
90,0 (3.1/2)	16.0
100,0 (4)	25.0
150 (6)	50.0

Nota. Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC

Tabla 11

Formato de contenido de humedad Agregado Fino y Grueso

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO/GRUESO					
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
A	Peso de tara	gr			
B	Peso tara + Muestra húmeda	gr			
C	Peso tara + Muestra seca	gr			
D	Peso del agua (B-C)	gr			
E	Peso de la muestra seca (A-C)	gr			
F	Contenido de Humedad ((D/E *100)	%			
G	Contenido de Humedad promedio	%			

3.6.1.4. Ensayo de peso unitario

Se realizó este ensayo en base a la norma ASTM C29

3.6.1.4.1. Equipos y herramientas

- Balanza electrónica
- Molde metálico (de 1/3 pie³ para el agregado grueso y de 1/10 pie³ para el agregado fino)
- Regla metálica
- Cuchara metálica
- Brocha

3.6.1.4.2. Procedimiento

- Se colocó la muestra sobre una superficie lisa, limpia y seca.
- Se homogenizó la muestra.
- Se colocó la muestra de tal manera que formó una pila cónica la cual fue aplanada.

- Se cuarteó la muestra y se seleccionó las dos porciones diagonales opuestas.
- Con la muestra seleccionada se volvió a realizar otro cuarteo y selección de la misma manera descrita en los pasos anteriores.
- Se colocó la muestra en el molde metálico sólo para sopesar la cantidad de muestra que se necesitará.
- A la cantidad de muestra sopesada se le sumó un aproximado de 50% más de muestra para meter al horno a secar a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se tomó el peso del molde y no hizo falta determinar el volumen de este, ya que ese dato fue proporcionado por el laboratorio.
- Una vez atemperada la muestra, con ayuda de la cuchara metálica se colocó la muestra por gravedad dentro del molde dibujando un espiral hasta llenarlo.
- Se agregó un poco más de muestra para proceder a enrasar con ayuda de la regla metálica.
- En el caso del agregado grueso quedarán muchos vacíos y de igual manera sobresalientes de este, se colocó el molde con la muestra a la altura de los ojos para asegurarnos de que los vacíos y los excesos al ras de molde sean proporcionales unos con otros.
- Con ayuda de la brocha se limpió los excesos en las superficies externas del molde.
- Se tomó el peso de la muestra más el molde.
- Se repitió el proceso dos veces más.
- Se usó el formato mostrado en la Tabla 12 para el registro de los datos y los posteriores cálculos.

Tabla 12*Formato de ensayo de peso unitario*

ENSAYO DE PESO UNITARIO						
Tamaño máximo nominal			Volumen del molde			
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	Prom
A	Peso del molde	kg				
B	Peso del molde + Agregado compactado	kg				
C	Peso del Agregado compactado: (C=B-A)	kg				
D	Peso unitario compactado: (D=C/Vol. Molde)	kg/m ³				
E	Peso del molde + Agregado suelto	kg				
F	Peso del Agregado suelto: (F=E-A)	kg				
G	Peso unitario suelto: (G=F/Vol. Molde)	kg/cm ³				

3.6.1.5. Ensayo de peso específico y absorción agregado grueso

Se realizo este ensayo en base a la norma ASTM C127

3.6.1.5.1. Equipos y herramientas

- Balanza electrónica
- Recipiente metálico
- Trapo absorbente
- Horno eléctrico
- Canastilla de suspensión

3.6.1.5.2. Procedimiento

- Se tomó 3 kg de muestra del agregado grueso de 3/4", y 2 kg de muestra para el agregado grueso de 1/2" y 3/8", según lo indica la tabla 9.1 de la guía ASTM 127.
- Se lavó cuidadosamente la muestra hasta retirar el polvo de la superficie.
- Se llevó la muestra al horno durante 24 horas a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para su secado.
- Después de retirar la muestra del horno, se dejó enfriar y posteriormente se colocó está en un recipiente cubierta por agua durante 24 horas.
- Se decantó cuidadosamente el agua del recipiente evitando pérdidas de la muestra.
- Se esparció la muestra sobre un trapo absorbente para secarlo superficialmente y lograr el estado saturado superficialmente seco (SSS), se determinó el peso al aire.
- Se colocó la muestra en la canastilla previamente tarada en la balanza del sistema de medición de peso específico, se tomó el peso del material en la canastilla sumergida en agua.
- Se colocó la muestra en un recipiente metálico para ser secada en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por un periodo de tiempo de 24 horas. Luego de enfriar la muestra, se tomó el peso.
- Se registro los datos y se realizó los cálculos con ayuda del formato mostrado en la Tabla 13.

Tabla 13*Formato de ensayo de peso específico y absorción agregado grueso*

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - GRADACIÓN						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	Prom.
A	Peso saturado superficialmente seco de la muestra al aire	gr				
B	Peso saturado superficialmente seco de la muestra en agua	gr				
C	Volumen de masa + volumen de vacíos C=A-B	cm ³				
D	Peso seco de la muestra	gr				
E	Volumen de masa: E=C-(A-D)	cm ³				
F	Peso específico (Base seca): F=D/C	gr/cm ³				
G	Peso específico (Base saturada) : G=A/C	gr/cm ³				
H	Peso específico aparente (Base seca) H=D/E	gr/cm ³				
I	Absorción: K=(A-D/D) *100	%				

3.6.1.6. Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino

Se realizo este ensayo en base a la norma ASTM C128

3.6.1.6.1. Equipos y herramientas

- Balanza electrónica
- Frasco volumétrico de 500 ml de capacidad
- Molde de cono truncado y apisonador estandarizados
- Horno eléctrico
- Recipiente metálico
- Brocha

3.6.1.6.2. Procedimiento

- Se tomó 1 kilogramo de muestra de agregado fino.
- Se secó en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Luego de retirar la muestra del horno y una vez enfriada se agregó agua hasta sumergir la muestra y se dejó saturar por 24 horas.
- Se decantó el exceso de agua evitando en todo momento la pérdida de finos.
- Se realizó el secado superficial de las muestras de agregado fino con ayuda de una estufa eléctrica, la muestra se agitó con ayuda de un cucharón de tal forma de mantener un secado uniforme.
- Posteriormente se realizó la prueba de humedad superficial:
- Se sujetó firmemente el molde de cono trunco sobre una superficie impermeable con el diámetro pequeño hacia arriba.
- Se colocó agregado fino dentro del molde, sin aplastar, hasta que el material rebalse el molde.
- Se apisonó el agregado fino dejando caer por gravedad el apisonador, a una distancia de 5 mm del agregado, un total de 25 veces.
- Se retiró el agregado alrededor del molde usando una brocha.
- Se retiró el molde levantándolo lentamente sin que esto influya en la deformación de la muestra apisonada.
- Se verificó que el agregado no mantenga la forma del molde, desplomándose una vez retirado el molde.
- Se procedió con el método volumétrico:
 - ❖ Se llenó parcialmente con agua el frasco volumétrico.
 - ❖ Se introduce la muestra de 500gr de agregado ya preparado.
 - ❖ Se agitó el frasco para eliminar las burbujas de aire.
 - ❖ Se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada de 500ml y se toma su peso total del frasco el agua y agregado.
 - ❖ Se removió el agregado fino del frasco y se lleva al horno a una temperatura de 110°C para su secado.
 - ❖ Se retiró la muestra del horno y se deja enfriar por $\frac{1}{2}$ hora y se toma su peso.
- Se realizó el mismo procedimiento 3 veces registrando los datos en el siguiente formato para los cálculos posteriores.

Tabla 14

Formato de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	Prom
A	Peso saturado superficialmente seco de la muestra.	gr				
B	Peso de la fiola + agua hasta marca de 500ml	gr				
C	Peso saturado superficialmente seco de la muestra + peso de la fiola + agua; C=A+B	gr				
D	Peso de la fiola + Peso saturado superficialmente seco + agua hasta marca de 500ml	gr				
E	Volumen de masa + volumen de vacío: E=C-D	cm ³				
F	Peso seco de la muestra	gr				
G	Volumen de masa: G=E-(A-F)	gr/cm ³				
H	Peso específico (Base seca), H=F/E	gr/cm ³				
I	Peso específico (Base saturada), I=A/E	gr/cm ³				
J	Peso específico aparente (Base seca), J=F/G	gr/cm ³				
K	Absorción; K=((A-F)/F) *100	%				

3.6.2. Diseño de mezcla

La dosificación del diseño de mezcla se basó en las indicaciones dadas en el informe del comité ACI 522R-10 en su sexto capítulo.

3.6.2.1. Descripción de los materiales

3.6.2.1.1. Cementante:

El cemento portland elegido fue de la marca Pacasmayo y del tipo MS, por tener propiedades anti salitre. La ACI 522R-10 menciona que cualquier cemento portland puede ser empleado como cementante, y siendo que el concreto poroso tiene la característica de tener una alta tasa de percolación, es más propensa a formar salitre y a verse perjudicado por sus efectos.

Figura 2

Ficha técnica cemento portland tipo MS

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA **FORTIMAX3**
Cemento Portland Tipo MS (MH) (R)
 Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
 Piura, 21 de Septiembre del 2017

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	7	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.049	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	4050	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	2.9	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.02	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	24.3 (248)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	30.0 (306)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	36.3 (371)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	146	Mínimo 45
Fraguado Final	min	283	Máximo 420
Expansión Barra de Mortero Edad 14 días	%	0.011	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato Edad 6 meses	%	0.034	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 Días	Kcal/Kg	70	Máximo 70

Nota. Fuente: CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

3.6.2.1.2. Agregados:

Para el desarrollo de la tesis se utilizó agregado fino y grueso, lo cuales se obtuvieron de la cantera LEKERSA, Ubicado en el distrito El Milagro. El agregado grueso a utilizar es el de piedra chancada en tres gradaciones distintas: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ".

Tabla 15

Propiedades obtenidas de los agregados utilizados

PROPIEDADES DEL AGREGADO	UNIDAD	AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO
		$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "	
Peso Específico	g/cm ³	2.69	2.66	2.76	2.63
Peso Específico SSS	g/cm ³	2.70	2.68	2.76	2.69
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1377.76	1330.68	1285.98	1732.91
Peso Unitario Compacto	g/cm ³	1479.22	1489.97	1447.40	1856.61
Contenido de Humedad	%	0.25	0.25	0.26	0.81
Absorción	%	0.60	0.74	0.94	0.92
Tamaño Máximo Nominal	-	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "	N°4

Nota. Valores promedio obtenido de ensayos de laboratorio

3.6.2.1.3. Agua

Se utilizo agua potable brindado por servicio público de Sedalib.

3.6.2.2. Gradaciones del agregado grueso empleadas en los diseños

Para esta tesis se utilizó agregado grueso de tres gradaciones diferentes que van así: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ", para estudiar su influencia en el concreto permeable.

3.6.2.3. Porcentajes del agregado fino en los diseños

Para cada gradación de agregado grueso se utilizó un diseño patrón con 0% de agregado fino y adiciones de 5, 10, 15 y 20% de agregado fino, para estudiar su influencia en el concreto permeable.

3.6.2.4. Elección de la relación agua cemento (a/c)

En el procedimiento de diseño de mezcla se tomó un valor de 0.39 para la relación agua cemento, esta relación está en la media del rango, el mismo es de

0.33 a 0.45 para este concreto (Meininger,1988), donde se busca obtener la resistencia deseada y la estructura de vacíos en el concreto permeable.

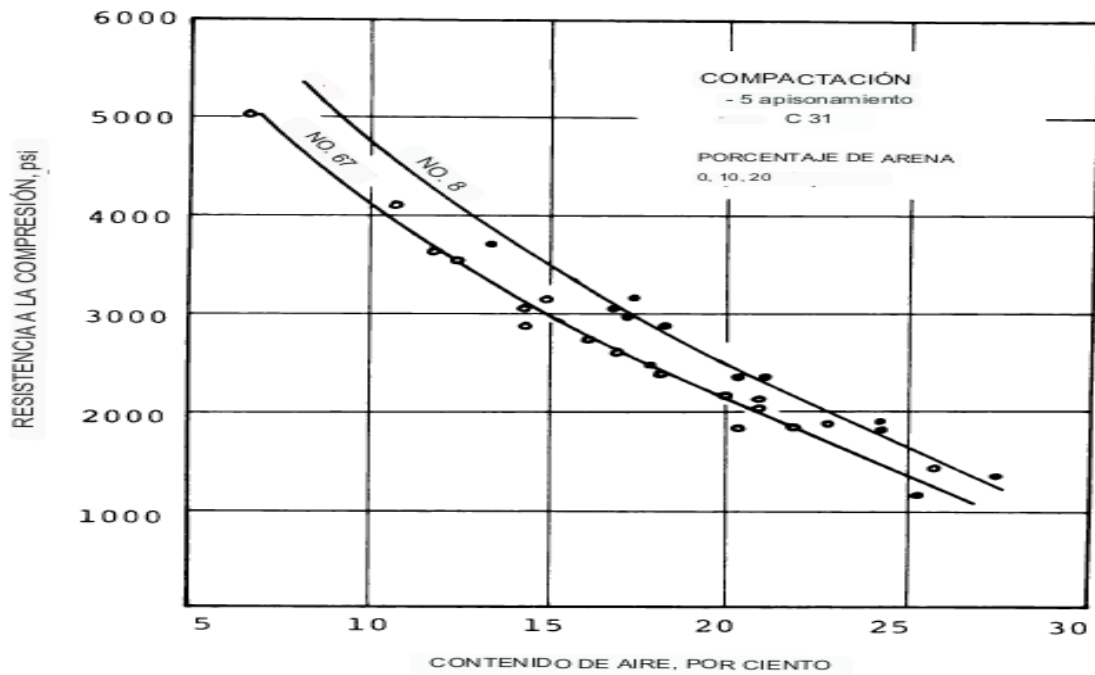
3.6.2.5. Contenido de vacíos

La ACI 522R-10 cita a Meininger (1988), para establecer en este punto el contenido de vacíos en base a una resistencia a la compresión de valor empírico cuyo valor se desea obtener en los diseños desarrollados y la misma que sirve de valor de entrada para el desarrollo de la dosificación de este concreto con 28 días de curado. Para esta tesis se planteó llegar a una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², para esto se utiliza la Figura 3, la que nos indica en base al tamaño del agregado grueso, que contenido de vacíos se consideraron en estos diseños.

Para entender bien esta figura, debemos conocer la clasificación de tamaño que le da la ASTM C33, al agregado grueso en base al Tamaño Máximo Nominal (TMN), para nuestro interés tenemos que para los agregados de ¾", ½" y 3/8" vienen siendo de tamaño N°67, N°7 y N°8 respectivamente.

Figura 3

Relación entre el contenido de aire y resistencia a la compresión.



Nota. Resistencia a la compresión a los 28 días. Fuente: Meininger 1988

La Figura 3 representa gráficamente la relación existente entre el contenido de vacíos (en %) y la resistencia a la compresión (en PSI), para agregado de 3/4" (N°67) y 3/8" (N°8), para lo cual se procedió a convertir los valores de la resistencia a la compresión en unidades de kg/cm², seguidamente se tabuló los datos obtenidos manualmente por interpolación en base a la Figura 3, y posteriormente se obtuvo el valor de vacíos para el agregado grueso N°7 considerando el promedio de los porcentajes obtenidos para el tamaño de agregado grueso N°67 y N°8, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16

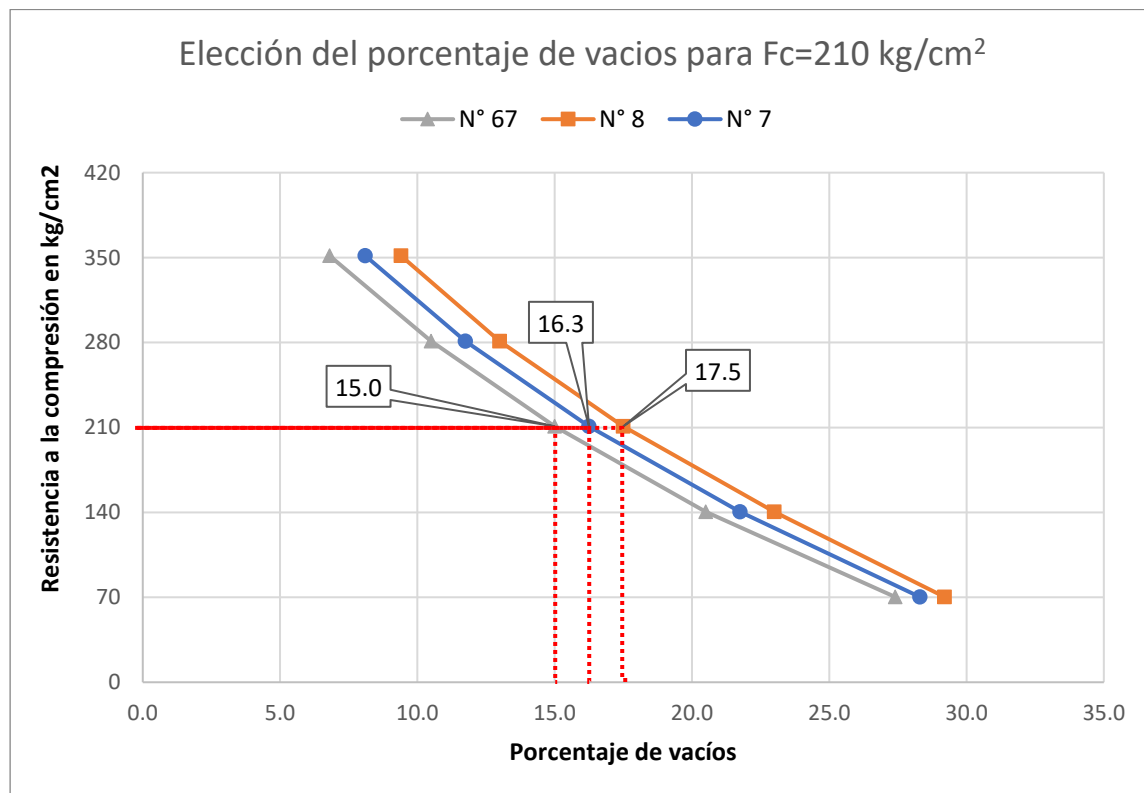
Porcentaje de vacíos obtenida mediante interpolación de la Figura 3

f'c		% aire		
PSI	Kg/cm2	ASTM C-33	ASTM C-33	ASTM C-33
		Tamaño N°67	Tamaño N°7	Tamaño N°8
1000	70	27.4	*28.3	29.2
2000	141	20.5	*21.8	23.0
3000	211	15.0	*16.3	17.5
4000	281	10.5	*11.8	13.0
5000	352	6.8	*8.1	9.4

Nota. *Valor obtenido con el promedio de % aire N°67 y N°8

Figura 4

Porcentaje de vacíos vs Resistencia a la compresión



Nota. Valores para resistencia a la compresión 210kg/cm²

De la Figura 4 encontramos por interpolación los porcentajes de vacíos, siendo de 15, 16.3 y 17.5% para concreto con agregado grueso de ¾", ½" y 3/8" respectivamente.

3.6.2.6. Valores de b/bo efectivos

Determinar el valor de b/bo nos sirve como método para calcular la cantidad de agregado grueso que emplearemos en el diseño. La ACI 522R-10 proporciona la tabla xxx que nos muestra el valor de b/bo con respecto al contenido de agregado fino dentro de la pasta. Podemos observar que los valores obtenidos para tamaño N°8 y N°64 son muy parecidos por lo que no hace falta interpolar para hallar los valores de b/bo para agregado grueso de tamaño N°7. En este caso se eligió los valores de b/bo del tamaño N°8 para las 3 gradaciones de agregado grueso empleados en esta tesis, ya que la referencia no hace mención de valores para tamaño N°7 y se observa que los valores de tamaño N°67 son muy cercanos, prácticamente los mismos que para tamaño N°8.

Tabla 17

Valores efectivos de b/bo para concreto bien compactado

Porcentaje de Agregados finos	b/bo	
	ASTM C33/C33M	ASTM C33/C33M
	Tamaño N°8	Tamaño N°67
0%	0.99	0.99
5%	*0.96	*0.96
10%	0.93	0.93
15%	*0.89	*0.90
20%	0.85	0.86

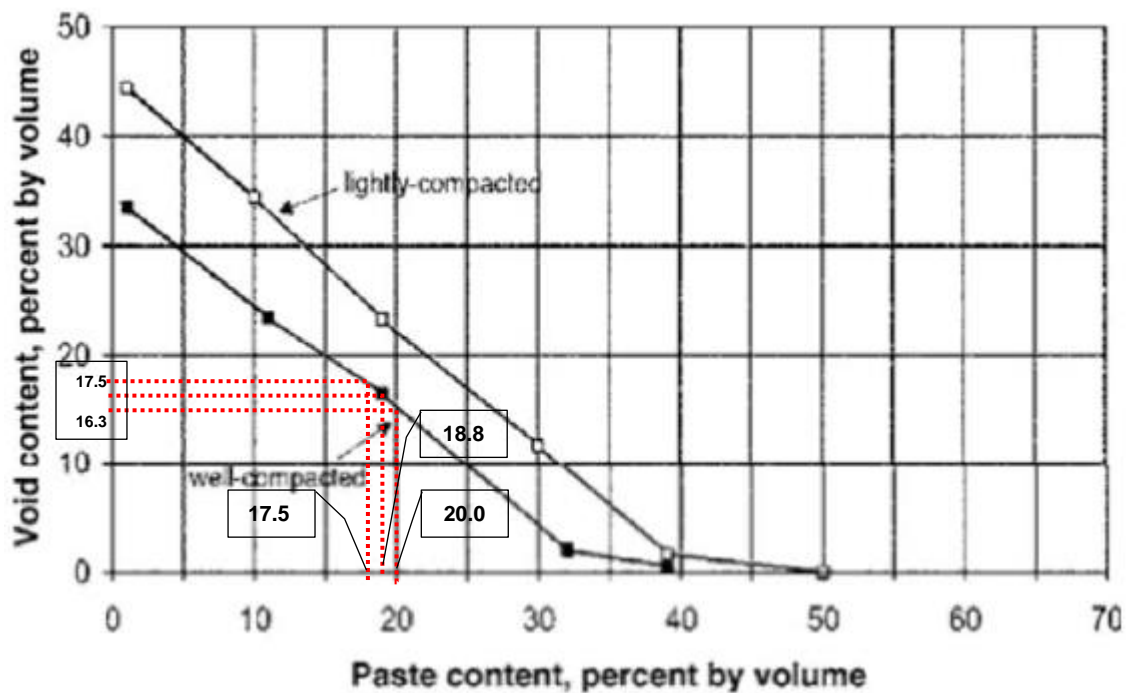
Nota. *Valores obtenidos por interpolación. Fuente: ASTM C31

3.6.2.7. Volumen de pasta

La dosificación del concreto permeable busca establecer el volumen mínimo de pasta necesario para unir las partículas de agregado, manteniendo la estructura de vacío, la resistencia y la trabajabilidad necesarias. Se puede estimar el volumen de la pasta para una mezcla, usando la Figura 5.

Figura 5

Relación entre el volumen de pasta y el contenido de vacíos.



Nota. Designaciones del tamaño de agregado grueso N°8. Fuente: ACI 522R-10.

Gráficamente obtenemos que, para un contenido de vacío de 15, 16.3 y 17.5 % un volumen de pasta de 20, 18.8 y 17.5 % respectivamente.

Para diseños de concreto permeable con adiciones de agregado fino, debe corregirse el volumen de pasta, esta corrección depende del compactado; siendo que para esta tesis las probetas se compactaron según el procedimiento descrito por ASTM C31, corresponde una corrección por un buen compactado, donde el volumen de pasta debe reducirse en un 2% por cada 10% de adición de agregado fino.

Tabla 18

Volumen de pasta corregido por adición de agregado fino.

A. GRUESO (pulg.)	Tamaño ASTM C33	% AIRE	VOLUMEN DE PASTA SEGÚN CONTENIDO DE AGREGADO FINO				
			0%	5%	10%	15%	20%
3/4	N°67	15	20	19	18	17	16
1/2	N°7	16.3	18.8	17.8	16.8	15.8	14.8
3/8	N°8	17.5	17.5	16.5	15.5	14.5	13.5

3.6.2.8. Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de 3/4"

Se realiza el diseño a detalle para la mezcla N°3; agregado grueso de 3/4 y porcentaje de fino de 10%. Los cálculos para los siguientes diseños con agregado grueso de 3/4 se resume en tablas.

Paso 1: Determinar el contenido de cemento y agua.

- Volumen de pasta (V_p)

$$V_p = \frac{c}{P_{ec}} + \frac{a}{P_{ea}} \quad \dots (1)$$

Donde:

- ❖ P_{ec} : Peso específico del cemento
- ❖ P_{ea} : Peso específico del agua
- ❖ c : Contenido de cemento
- ❖ a : Contenido de agua
- ❖ a/c : relación agua cemento (0.39)

Reemplazando valores para diseño de mezcla N°3:

$$0.180 = \frac{c}{3020.00} + \frac{039c}{1000.00}$$

$$c = 249.61 \text{ kg}$$

$$a = 97.35 \text{ L}$$

- En la siguiente tabla se resume los valores de contenido de cemento para los diseños con agregado de ¾", para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 19

Contenido de cemento y agua A. Grueso ¾"

CONTENIDO DE CEMENTO Y AGUA						
Código	Und.	% Porcentaje Agregado Fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pec	Kg/m3	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00
Pea	Kg/m3	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
a/c	-	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Vp	-	0.200	0.190	0.180	0.170	0.160
c	Kg/m3	277.34	263.48	249.61	235.74	221.88
a	L	108.16	102.76	97.35	91.94	86.53

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

Paso 2: Determinar el peso del agregado grueso

- Peso unitario seco compactado

$$PUSC = \frac{PUC}{1 + \% \text{ de humedad}} \quad \dots (2)$$

Donde:

- ❖ PUC : Peso unitario compactado
- ❖ PUSC: Peso unitario seco compactado

Reemplazando:

$$PUSC = \frac{1479.22 \text{ kg/m}^3}{1 + \frac{0.25}{100}}$$

$$PUSC = 1475.53 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag)

$$Pag = \frac{b}{bo} * PUSC \text{ del agregado grueso} * m^3 \quad \dots (3)$$

Reemplazando:

$$Pag = 0.99 * 1475.53 \frac{kg}{m^3} * m^3$$

$$Pag = 1372.24 \text{ kg}$$

- Corrección por absorción

$$Pag (SSS) = Pag * (1 + \%Absorción) \quad \dots (4)$$

Donde:

- ❖ Pag : Peso del agregado grueso seco
- ❖ Pag (SSS) : Peso del agregado grueso saturado superficialmente seco.

Reemplazando:

$$Pag (SSS) = 1372.24 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.60}{100}\right)$$

$$Pag (SSS) = 1380.47 \text{ kg}$$

- Corrección por presencia de agregado fino

$$Pag \text{ final } (SSS) = Pag(SSS) * (1 - \%A. \text{ fino}) \quad \dots (5)$$

Donde:

- ❖ Pag (SSS) : Peso del agregado grueso saturado superficialmente seco.
- ❖ Pag final (SSS): Peso del agregado grueso final saturado superficialmente seco.

Reemplazando:

$$Pag \text{ final } (SSS) = 1380.47 \text{ kg} * \left(1 - \frac{10}{100}\right)$$

$$Pag \text{ final (SSS)} = 1242.42 \text{ kg}$$

- En la siguiente tabla se muestra los pesos de agregado grueso de ¾" para los diseños de mezcla: 1, 2, 3, 4 y 5. Para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 20

Pesos del agregado grueso de ¾" para distintos porcentajes de fino.

PESO DEL AGREGADO GRUESO FINAL SSS						
Descripción	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
PUC	kg/m ³	1479.22	1479.22	1479.22	1479.22	1479.22
% Humedad	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
PUSC	kg/m ³	1475.53	1475.53	1475.53	1475.53	1475.53
b/bo	-	0.99	0.96	0.93	0.89	0.85
Pag	kg	1460.77	1416.51	1372.24	1313.22	1254.20
% Absorción	%	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Pag (SSS)	kg	1469.53	1425.01	1380.47	1321.10	1261.73
Pag final (SSS)	kg	1469.53	1353.76	1242.42	1122.94	1009.38

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

Paso 3: Determinar el peso de agregado fino

- Peso del agregado fino en estado S.S.S.:

$$Paf (SSS) = Pag(SSS) - Pag \text{ final}(SSS) \quad \dots (6)$$

Donde:

- ❖ Pag final (SSS): Peso A. grueso final saturado superficialmente seco.
- ❖ Pag (SSS) : Peso A. grueso saturado superficialmente seco.
- ❖ Paf (SSS) : Peso A. fino saturado superficialmente seco.

Reemplazando:

$$Paf (SSS) = 1380.47 \text{ kg} - 1242.42 \text{ kg}$$

$$Paf (SSS) = 138.05 \text{ kg}$$

- Peso del agregado fino seco:

$$Paf = \frac{Paf (SSS)}{(1 + \% \text{ de absorción})} \quad \dots (7)$$

Reemplazando:

$$Paf = \frac{138.05 \text{ kg}}{1 + \frac{0.92}{100}}$$

$$Paf = 136.79 \text{ kg}$$

Tabla 21

Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de ¾"

PESO DEL AGREGADO FINO						
Descripción	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag (SSS)	kg	1469.53	1425.01	1380.47	1321.10	1261.73
Pag final (SSS)	kg	1469.53	1353.76	1242.42	1122.94	1009.38
Paf (SSS)	kg	0.00	71.25	138.05	198.16	252.35
% Absorción	%	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Paf	kg	0.00	70.60	136.79	196.35	250.05

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾"

Paso 4: Determinar los volúmenes absolutos

Tabla 22

Volúmenes absolutos de materiales para diseños con A. grueso de ¾"

VOLUMENES ABSOLUTOS						
Material	Porcentaje de agregado fino					
	0%	5%	10%	15%	20%	
Pesos SSSS (kg)	Cemento	277.34	263.48	249.61	235.74	221.88
	Agua	108.16	102.76	97.35	91.94	86.53
	A. Grueso	1469.53	1353.76	1242.42	1122.94	1009.38
	A. Fino	0.00	71.25	138.05	198.16	252.35
Pe SSSS (kg/m3)	Cemento	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00
	Agua	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
	A. Grueso	2700.00	2700.00	2700.00	2700.00	2700.00
	A. Fino	2690.00	2690.00	2690.00	2690.00	2690.00
Vol. (m3)	Cemento	0.092	0.087	0.083	0.078	0.073
	Agua	0.108	0.103	0.097	0.092	0.087
	A. Grueso	0.544	0.501	0.460	0.416	0.374
	A. Fino	0.000	0.026	0.051	0.074	0.094
	Total	0.744	0.717	0.691	0.660	0.628

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

Paso 5: Corregir por humedad y absorción

- Agregado grueso seco final

$$Pag\ final = Pag - Paf \quad \dots (8)$$

Donde:

- ❖ Pag final : Peso agregado grueso seco final
- ❖ Pag : Peso agregado grueso seco
- ❖ Paf : Peso agregado fino

Reemplazando:

$$Pag\ final = 1372.24\ kg - 136.79\ kg$$

$$Pag\ final = 1235.45\ kg$$

Tabla 23

Pesos del agregado grueso final ¾"

PESO AGREGADO GRUESO FINAL						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag	kg	1460.77	1416.51	1372.24	1313.22	1254.20
Paf	kg	0.00	70.60	136.79	196.35	250.05
Pag final	kg	1460.77	1345.91	1235.45	1116.87	1004.15

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

- Balance de agua en agregado grueso:

$$Adicion\ de\ agua = (\%Absorción - \%Humedad) * Pag\ final \quad \dots (9)$$

Reemplazando:

$$Adicion\ de\ agua = \left(\frac{0.60 - 0.25}{100} \right) * 1235.45\ kg$$

$$Adicion\ de\ agua = 4.32\ kg$$

Tabla 24

Adición de agua por agregado grueso de ¾"

ADICION DE AGUA AGREGADO GRUESO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag final	kg	1460.77	1345.91	1235.45	1116.87	1004.15
% Absorción	%	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
% Humedad	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Adición de agua	kg	5.11	4.71	4.32	3.91	3.51

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

- Balance de agua en agregado fino:

$$\text{Adición de agua} = (\% \text{Absorción} - \% \text{Humedad}) * Paf \quad \dots (10)$$

Reemplazando:

$$\text{Adición de agua} = \left(\frac{0.92 - 0.81}{100} \right) * 136.79 \text{ kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.15 \text{ kg}$$

Tabla 25

Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso 3/4"

ADICION DE AGUA AGREGADO FINO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Paf	kg	0.00	70.60	136.79	196.35	250.05
% Absorción	%	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
% Humedad	%	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Adición de agua	kg	0.00	0.08	0.15	0.22	0.28

- Agua efectiva

$$A. \text{ efectiva} = A. \text{ de diseño} + \text{Adición de agua por agregados} \quad \dots (11)$$

Reemplazando:

$$A. \text{ efectiva} = 97.35 \text{ kg} + 4.32 \text{ kg} + 0.15 \text{ kg}$$

$$A. \text{ efectiva} = 101.82 \text{ kg}$$

Tabla 26

Agua efectiva para diseños con A. grueso ¾"

AGUA EFECTIVA						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Agua de diseño	kg	108.16	102.76	97.35	91.94	86.53
Adición de agua	kg	5.11	4.71	4.32	3.91	3.51
Adición de agua	kg	0.00	0.08	0.15	0.22	0.28
Agua efectiva	kg	113.27	107.55	101.82	96.07	90.32

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

- Corrección por humedad
 - ❖ Agregado grueso

$$\text{Pag corregido} = \text{Pag final} * (1 + \% \text{Humedad}) \quad \dots \quad (12)$$

Donde:

- ❖ Pag corregido : Peso agregado grueso corregido
- ❖ Pag : Peso agregado grueso final

Reemplazando:

$$\text{Pag corregido} = 1235.45 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.25}{100}\right)$$

$$\text{Pag corregido} = 1238.54 \text{ kg}$$

Tabla 27*Peso agregado grueso corregido de ¾"*

PESO AGREGADO GRUESO CORREGIDO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag final	Kg	1460.77	1345.91	1235.45	1116.87	1004.15
%Humedad	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Pag corregido	Kg	1464.42	1349.27	1238.54	1119.66	1006.66

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de ¾" y distintos porcentajes de agregado fino.

❖ Agregado fino

$$Paf \text{ corregido} = Paf * (1 + \%Humedad) \quad \dots (13)$$

Reemplazando:

$$Paf \text{ corregido} = 136.79 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.81}{100}\right)$$

$$Paf \text{ corregido} = 137.90 \text{ kg}$$

Tabla 28*Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso ¾"*

PESO AGREGADO FINO CORREGIDO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Paf	Kg	0.00	70.60	136.79	196.35	250.05
%Humedad	%	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Paf corregido	Kg	0.00	71.17	137.90	197.94	252.08

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ¾".

Paso 6: Valores del diseño de mezcla

Tabla 29

Diseño de mezcla N°1: A. grueso ¾"; %A. fino 0%

DISEÑO DE MEZCLA N°1		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	277.34	1.00
Agua efectiva	113.27	17.35
Agregado grueso	1464.42	5.28
Agregado fino	0.00	0.00
Peso total	1855.03	

Tabla 30

Diseño de mezcla N°2: A. grueso ¾"; %A. fino 5%

DISEÑO DE MEZCLA N°2		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	263.48	1.00
Agua efectiva	107.55	17.35
Agregado grueso	1349.27	5.12
Agregado fino	71.17	0.27
Peso total	1791.47	

Tabla 31

Diseño de mezcla N°3: A. grueso ¾"; %A. fino 10%

DISEÑO DE MEZCLA N°3		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	249.61	1.00
Agua efectiva	101.82	17.35
Agregado grueso	1238.54	4.96
Agregado fino	137.90	0.55
Peso total	1727.87	

Tabla 32*Diseño de mezcla N°4: A. grueso ¾"; %A. fino 15%*

DISEÑO DE MEZCLA N°4		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	235.74	1.00
Agua efectiva	96.07	17.31
Agregado grueso	1119.66	4.75
Agregado fino	197.94	0.84
Peso total	1649.41	

Tabla 33*Diseño de mezcla N°5: A. grueso ¾"; %A. fino 20%*

DISEÑO DE MEZCLA N°5		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	221.88	1.00
Agua efectiva	90.32	17.30
Agregado grueso	1006.66	4.54
Agregado fino	252.08	1.14
Peso total	1570.94	

3.6.2.9. Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de ½"

Se realiza el diseño a detalle para la mezcla N°8; agregado grueso de ½" y porcentaje de fino de 10%. Los cálculos para los siguientes diseños con agregado grueso de ½" se resume en tablas.

- Paso 1: Determinar el contenido de cemento y agua.

Reemplazando:

$$0.168 = \frac{c}{3020.00} + \frac{0.39c}{1000.00}$$

$$c = 232.97 \text{ kg}$$

$$a = 90.86 \text{ L}$$

- En la siguiente tabla se resume los valores de contenido de cemento para los diseños con agregado de ½”, para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 34

Contenido de cemento y agua A. Grueso ½”

CONTENIDO DE CEMENTO Y AGUA						
Código	Und.	% Porcentaje Agregado Fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pec	Kg/m3	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00
Pea	Kg/m3	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
a/c	-	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Vp	-	0.188	0.178	0.168	0.158	0.148
c	Kg/m3	260.70	246.84	232.97	219.10	205.23
a	L	101.67	96.27	90.86	85.45	80.04

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de ½”.

Paso 2: Determinar el peso del agregado grueso

- Peso unitario seco compactado

Reemplazando:

$$PUSC = \frac{1489.97 \text{ kg/m}^3}{1 + \frac{0.25}{100}}$$

$$PUSC = 1486.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag)

Reemplazando:

$$Pag = 0.93 * 1486.25 \frac{kg}{m^3} * m^3$$

$$Pag = 1382.21 kg$$

- Corrección por absorción

Reemplazando:

$$Pag (SSS) = 1382.21 kg * \left(1 + \frac{0.74}{100}\right)$$

$$Pag (SSS) = 1392.44 kg$$

- Corrección por presencia de agregado fino

Reemplazando:

$$Pag final (SSS) = 1392.44 kg * \left(1 - \frac{10}{100}\right)$$

$$Pag final (SSS) = 1253.20 kg$$

- En la siguiente tabla se muestra los pesos de agregado grueso de ½" para los diseños de mezcla: 6,7,8,9 y 10. Para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 35*Pesos del agregado grueso de ½" para distintos porcentajes de fino.*

PESO DEL AGREGADO GRUESO FINAL SSS						
Descripción	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
PUC	kg/m ³	1489.97	1489.97	1489.97	1489.97	1489.97
% Humedad	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
PUSC	kg/m ³	1486.25	1486.25	1486.25	1486.25	1486.25
b/bo	-	0.99	0.96	0.93	0.89	0.85
Pag	kg	1471.39	1426.80	1382.21	1322.76	1263.31
% Absorción	%	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Pag (SSS)	kg	1482.28	1437.36	1392.44	1332.55	1272.66
Pag final (SSS)	kg	1482.28	1365.49	1253.20	1132.67	1018.13

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½".

Paso 3: Determinar el peso de agregado fino

- Peso del agregado fino en esta S.S.S.:

Reemplazando:

$$Paf (SSS) = 1392.44 \text{ kg} - 1253.20 \text{ kg}$$

$$Paf (SSS) = 139.24 \text{ kg}$$

- Peso del agregado fino seco:

Reemplazando:

$$Paf = \frac{139.24 \text{ kg}}{1 + \frac{0.92}{100}}$$

$$Paf = 137.97 \text{ kg}$$

Tabla 36*Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de ½"*

PESO DEL AGREGADO FINO						
Descripción	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag (SSS)	kg	1482.28	1437.36	1392.44	1332.55	1272.66
Pag final (SSS)	kg	1482.28	1365.49	1253.20	1132.67	1018.13
Paf (SSS)	kg	0.00	71.87	139.24	199.88	254.53
% Absorción	%	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Paf	kg	0.00	71.21	137.97	198.06	252.21

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½"

Paso 4: Determinar los volúmenes absolutos

Tabla 37*Volúmenes absolutos diseños con A. grueso de ½"*

VOLUMENES ABSOLUTOS						
Material		Porcentaje de agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pesos SSSS	Cemento	260.70	246.84	232.97	219.10	205.23
	Agua	101.67	96.27	90.86	85.45	80.04
	A. Grueso	1482.28	1365.49	1253.20	1132.67	1018.13
	A. Fino	0.00	71.87	139.24	199.88	254.53
Pe SSSS	Cemento	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00
	Agua	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
	A. Grueso	2680.00	2680.00	2680.00	2680.00	2680.00
	A. Fino	2690.00	2690.00	2690.00	2690.00	2690.00
Vol. (m3)	Cemento	0.086	0.082	0.077	0.073	0.068
	Agua	0.102	0.096	0.091	0.085	0.080
	A. Grueso	0.553	0.510	0.468	0.423	0.380
	A. Fino	0.000	0.027	0.052	0.074	0.095
	Total	0.741	0.715	0.688	0.655	0.623

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½"

Paso 5: Corregir por humedad y absorción

- Agregado grueso seco final

Reemplazando:

$$Pag\ final = 1382.21\ kg - 137.97\ kg$$

$$Pag\ final = 1244.24\ kg$$

Tabla 38

Pesos de agregado grueso final ½"

PESO AGREGADO GRUESO FINAL						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag	kg	1471.39	1426.80	1382.21	1322.76	1263.31
Paf	kg	0.00	71.21	137.97	198.06	252.21
Pag final	kg	1471.39	1355.59	1244.24	1124.70	1011.10

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½".

- Balance de agua en agregado grueso:

Reemplazando:

$$Adicion\ de\ agua = \left(\frac{0.74 - 0.25}{100} \right) * 1244.24\ kg$$

$$Adicion\ de\ agua = 6.10\ kg$$

Tabla 39*Adición de agua agregado grueso de ½"*

ADICION DE AGUA AGREGADO GRUESO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag final	kg	1471.39	1355.59	1244.24	1124.70	1011.10
% Absorción	%	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
% Humedad	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Adición de agua	kg	7.21	6.64	6.10	5.51	4.95

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½".

- Balance de agua en agregado fino:

Reemplazando:

$$\text{Adición de agua} = \left(\frac{0.92 - 0.81}{100} \right) * 137.97 \text{ kg}$$

$$\text{Adición de agua} = 0.15 \text{ kg}$$

Tabla 40*Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso ½"*

ADICION DE AGUA AGREGADO FINO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Paf	kg	0.00	71.21	137.97	198.06	252.21
% Absorción	%	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
% Humedad	%	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Adición de agua	kg	0.00	0.08	0.15	0.22	0.28

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de ½".

- Agua efectiva

Reemplazando:

$$A. efectiva = 90.86 \text{ kg} + 6.10 \text{ kg} + 0.15 \text{ kg}$$

$$A. efectiva = 97.11 \text{ kg}$$

Tabla 41

Agua efectiva para diseños con A. grueso ½"

		AGUA EFECTIVA				
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Agua de diseño	kg	101.67	96.27	90.86	85.45	80.04
Adición de agua	kg	7.21	6.64	6.10	5.51	4.95
Adición de agua	kg	0.00	0.08	0.15	0.22	0.28
Agua efectiva	kg	108.88	102.99	97.11	91.18	85.27

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½".

- Corrección por humedad
 - ❖ Agregado grueso

Reemplazando:

$$Pag \text{ corregido} = 1244.24 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.25}{100}\right)$$

$$Pag \text{ corregido} = 1247.34 \text{ kg}$$

Tabla 42*Peso agregado grueso corregido de ½”*

PESO AGREGADO GRUESO CORREGIDO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag final	Kg	1471.39	1355.59	1244.24	1124.70	1011.10
%Humedad	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Pag corregido	Kg	1475.07	1358.98	1247.35	1127.51	1013.63

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de ½”.

❖ Agregado fino

Reemplazando:

$$Paf \text{ corregido} = 137.97 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.81}{100}\right)$$

$$Paf \text{ corregido} = 139.09 \text{ kg}$$

Tabla 43*Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso ½”*

PESO AGREGADO FINO CORREGIDO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Paf	Kg	0.00	71.21	137.97	198.06	252.21
%Humedad	%	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Paf corregido	Kg	0.00	71.79	139.09	199.66	254.25

Nota. Valores para diseños de mezcla con agregado grueso de ½”.

Paso 6: Valores del diseño de mezcla

Tabla 44

Diseño de mezcla N°6: A. grueso ½"; %A. fino 0%

DISEÑO DE MEZCLA N°6		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	260.70	1.00
Agua efectiva	108.88	17.76
Agregado grueso	1475.07	5.66
Agregado fino	0.00	0.00
Peso total	1844.65	

Tabla 45

Diseño de mezcla N°7: A. grueso ½"; %A. fino 5%

DISEÑO DE MEZCLA N°7		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	246.84	1.00
Agua efectiva	102.99	17.73
Agregado grueso	1358.98	5.51
Agregado fino	71.79	0.29
Peso total	1780.60	

Tabla 46

Diseño de mezcla N°8: A. grueso ½"; %A. fino 10%

DISEÑO DE MEZCLA N°8		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	232.97	1.00
Agua efectiva	97.11	17.72
Agregado grueso	1247.35	5.35
Agregado fino	139.09	0.60
Peso total	1716.52	

Tabla 47*Diseño de mezcla N°9: A. grueso ½"; %A. fino 15%*

DISEÑO DE MEZCLA N°9		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	219.10	1.00
Agua efectiva	91.18	17.67
Agregado grueso	1127.51	5.15
Agregado fino	199.66	0.91
Peso total	1637.45	

Tabla 48*Diseño de mezcla N°10: A. grueso ½"; %A. fino 20%*

DISEÑO DE MEZCLA N°10		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	205.23	1.00
Agua efectiva	85.27	17.65
Agregado grueso	1013.63	4.94
Agregado fino	254.25	1.24
Peso total	1558.38	

3.6.2.10. Diseño de mezcla concreto permeable A. grueso de ¾"

Se realiza el diseño a detalle para la mezcla N°13; agregado grueso de ¾" y porcentaje de fino de 10%. Los cálculos para los siguientes diseños con agregado grueso de ¾" se resume en tablas.

Paso 1: Determinar el contenido de cemento y agua.

Reemplazando:

$$0.155 = \frac{c}{3020.00} + \frac{0.39c}{1000.00}$$

$$c = 214.94 \text{ kg}$$

$$a = 83.83 \text{ L}$$

- En la siguiente tabla se resume los valores de contenido de cemento para los diseños con agregado de $3/8''$; para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 49

Contenido de cemento y agua A. Grueso 3/8''

CONTENIDO DE CEMENTO Y AGUA						
Código	Und.	% Porcentaje Agregado Fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pec	Kg/m ³	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00
Pea	Kg/m ³	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
a/c	-	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Vp	-	0.175	0.165	0.155	0.145	0.135
c	Kg/m ³	242.68	228.81	214.94	201.07	187.21
a	L	94.65	89.24	83.83	78.42	73.01

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de $3/8''$ y distintos porcentajes de agregado fino.

Paso 2: Determinar el peso del agregado grueso

- Peso unitario seco compactado

Reemplazando:

$$PUSC = \frac{1447.40 \text{ kg/m}^3}{1 + \frac{0.26}{100}}$$

$$PUSC = 1443.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Peso del agregado grueso seco (Pag)

Reemplazando:

$$Pag = 0.93 * 1443.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \text{m}^3$$

$$Pag = 1342.59 \text{ kg}$$

- Corrección por absorción

Reemplazando:

$$Pag (SSS) = 1342.59 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.94}{100}\right)$$

$$Pag (SSS) = 1355.21 \text{ kg}$$

- Corrección por presencia de agregado fino

Reemplazando:

$$Pag \text{ final } (SSS) = 1355.21 \text{ kg} * \left(1 - \frac{10}{100}\right)$$

$$Pag \text{ final } (SSS) = 1219.69 \text{ kg}$$

- En la siguiente tabla se muestra los pesos de agregado grueso de ½" para los diseños de mezcla: 6,7,8,9 y 10. Para distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 50*Pesos del agregado grueso de 3/8"; para distintos porcentajes de fino.*

PESO DEL AGREGADO GRUESO FINAL SSS						
Descripción	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
PUC	kg/m ³	1447.40	1447.40	1447.40	1447.40	1447.40
% Humedad	%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
PUSC	kg/m ³	1443.65	1443.65	1443.65	1443.65	1443.65
b/bo	-	0.99	0.96	0.93	0.89	0.85
Pag	kg	1429.21	1385.90	1342.59	1284.85	1227.10
% Absorción	%	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Pag (SSS)	kg	1442.64	1398.93	1355.21	1296.93	1238.63
Pag final (SSS)	kg	1442.64	1328.98	1219.69	1102.39	990.90

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8" y distintos porcentajes de agregado fino

Paso 3: Determinar el peso de agregado fino

- Peso del agregado fino en esta S.S.S.:

Reemplazando:

$$Paf (SSS) = 1355.21 \text{ kg} - 1219.69 \text{ kg}$$

$$Paf (SSS) = 133.52 \text{ kg}$$

- Peso del agregado fino seco:

Reemplazando:

$$Paf = \frac{133.52 \text{ kg}}{1 + \frac{0.92}{100}}$$

$$Paf = 134.28 \text{ kg}$$

Tabla 51*Pesos del agregado fino para diseños con A. grueso de 3/8"*

PESO DEL AGREGADO FINO						
Descripción	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag (SSS)	kg	1442.64	1398.93	1355.21	1296.93	1238.63
Pag final (SSS)	kg	1442.64	1328.98	1219.69	1102.39	990.90
Paf (SSS)	kg	0.00	69.95	135.52	194.54	247.73
% Absorción	%	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Paf	kg	0.00	69.31	134.28	192.77	245.47

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

Paso 4: Determinar los volúmenes absolutos

Tabla 52*Volúmenes absolutos para diseños con A. grueso de 3/8"*

VOLUMENES ABSOLUTOS						
Material		Porcentaje de agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pesos SSSS (kg)	Cemento	242.68	228.81	214.94	201.07	187.21
	Agua	94.65	89.24	83.83	78.42	73.01
	A. Grueso	1442.64	1328.98	1219.69	1102.39	990.90
	A. Fino	0.00	69.95	135.52	194.54	247.73
Pe SSSS (kg/m3)	Cemento	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00	3020.00
	Agua	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
	A. Grueso	2760.00	2760.00	2760.00	2760.00	2760.00
	A. Fino	2690.00	2690.00	2690.00	2690.00	2690.00
Vol. (m3)	Cemento	0.080	0.076	0.071	0.067	0.062
	Agua	0.095	0.089	0.084	0.078	0.073
	A. Grueso	0.523	0.482	0.442	0.399	0.359
	A. Fino	0.000	0.026	0.050	0.072	0.092
	Total	0.698	0.673	0.647	0.616	0.586

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

Paso 5: Corregir por humedad y absorción

- Agregado grueso seco final

Reemplazando:

$$Pag \text{ final} = 1342.59 \text{ kg} - 134.28 \text{ kg}$$

$$Pag \text{ final} = 1208.31 \text{ kg}$$

Tabla 53

Pesos de agregado grueso final 3/8"

PESO AGREGADO GRUESO FINAL						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag	kg	1429.21	1385.90	1342.59	1284.85	1227.10
Paf	kg	0.00	69.31	134.28	192.77	245.47
Pag final	kg	1429.21	1316.59	1208.31	1092.08	981.63

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

- Balance de agua en agregado grueso:

Reemplazando:

$$Adicion \text{ de agua} = \left(\frac{0.94 - 0.26}{100} \right) * 1208.31 \text{ kg}$$

$$Adicion \text{ de agua} = 8.22 \text{ kg}$$

Tabla 54*Adición de agua agregado grueso de 3/8"*

ADICION DE AGUA AGREGADO GRUESO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag final	kg	1429.21	1316.59	1208.31	1092.08	981.63
% Absorción	%	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
% Humedad	%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Adición de agua	kg	9.72	8.95	8.22	7.43	6.68

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

- Balance de agua en agregado fino:

Reemplazando:

$$Adicion\ de\ agua = \left(\frac{0.92 - 0.81}{100} \right) * 134.28\ kg$$

$$Adicion\ de\ agua = 0.15\ kg$$

Tabla 55*Adición de agua agregado fino para diseños con A. grueso 3/8"*

ADICION DE AGUA AGREGADO FINO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Paf	kg	0.00	69.31	134.28	192.77	245.47
% Absorción	%	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
% Humedad	%	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Adición de agua	kg	0.00	0.08	0.15	0.21	0.27

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

- Agua efectiva

Reemplazando:

$$A.\ efectiva = 83.83\ kg + 8.22\ kg + 0.15\ kg$$

$$A. efectiva = 92.20 \text{ kg}$$

Tabla 56

Agua efectiva para diseños con A. grueso 3/8"

AGUA EFECTIVA						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Agua de diseño	kg	94.65	89.24	83.83	78.42	73.01
Adición de agua	kg	9.72	8.95	8.22	7.43	6.68
Adición de agua	kg	0.00	0.08	0.15	0.21	0.27
Agua efectiva	kg	104.37	98.27	92.20	86.06	79.96

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

- Corrección por humedad
 - ❖ Agregado grueso

Reemplazando:

$$Pag \text{ corregido} = 1208.31 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.26}{100}\right)$$

$$Pag \text{ corregido} = 1211.45 \text{ kg}$$

Tabla 57

Peso agregado grueso corregido de 3/8"

PESO AGREGADO GRUESO CORREGIDO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Pag final	Kg	1429.21	1316.59	1208.31	1092.08	981.63
%Humedad	%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Pag corregido	Kg	1432.93	1320.01	1211.45	1094.92	984.18

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8" y distintos porcentajes de agregado fino.

❖ Agregado fino

Reemplazando:

$$Paf\ corregido = 134.28\ kg * \left(1 + \frac{0.81}{100}\right)$$

$$Paf\ corregido = 135.37\ kg$$

Tabla 58

Peso agregado fino corregido para diseños con A. grueso 3/8"

PESO AGREGADO FINO CORREGIDO						
Descripción	Und.	Porcentaje de Agregado fino				
		0%	5%	10%	15%	20%
Paf	Kg	0.00	69.31	134.28	192.77	245.47
%Humedad	%	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Paf corregido	Kg	0.00	69.87	135.37	194.33	247.46

Nota. Valores para diseño de mezcla con agregado grueso de 3/8".

Paso 6: Valores del diseño de mezcla

Tabla 59

Diseño de mezcla N°11: A. grueso 3/8"; %A. fino 0%

DISEÑO DE MEZCLA N°11		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	242.68	1.00
Agua efectiva	104.37	18.28
Agregado grueso	1432.93	5.90
Agregado fino	0.00	0.00
Peso total	1779.98	

Tabla 60*Diseño de mezcla N°12: A. grueso 3/8"; %A. fino 5%*

DISEÑO DE MEZCLA N°12		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	228.81	1.00
Agua efectiva	98.27	18.27
Agregado grueso	1320.01	5.77
Agregado fino	69.87	0.31
Peso total	1716.96	

Tabla 61*Diseño de mezcla N°13: A. grueso 3/8"; %A. fino 10%*

DISEÑO DE MEZCLA N°13		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	214.94	1.00
Agua efectiva	92.20	18.22
Agregado grueso	1211.45	5.64
Agregado fino	135.37	0.63
Peso total	1653.96	

Tabla 62*Diseño de mezcla N°14: A. grueso 3/8"; %A. fino 15%*

DISEÑO DE MEZCLA N°14		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	201.07	1.00
Agua efectiva	86.06	18.19
Agregado grueso	1094.92	5.45
Agregado fino	194.33	0.97
Peso total	1576.38	

Tabla 63

Diseño de mezcla N°15: A. grueso 3/8"; %A. fino 20%

DISEÑO DE MEZCLA N°15		
Material	Pesos por m3 (kg)	Proporción en volumen
Cemento	187.21	1.00
Agua efectiva	79.96	18.17
Agregado grueso	984.18	5.26
Agregado fino	247.46	1.32
Peso total	1498.81	

3.6.3. Ensayos del concreto en estado endurecido

3.6.3.1. Elaboración de testigos de concreto

3.6.3.1.1. Equipos y herramientas

- Moldes cilíndricos de PVC de 20cm de altura y 10cm de diámetro.
- Moldes rectangulares de madera de ancho: 15cm, altura: 15cm y largo: 52cm.
- Varilla compactadora:
 - ❖ Vigas: Varilla de acero liso de 600 mm de longitud y diámetro de 5/8" con extremo hemisférico.
 - ❖ Probetas: Varilla de acero liso de 300mm de longitud y diámetro de 3/8" con extremo hemisférico.
- Martillo de goma.

3.6.3.1.2. Procedimiento

- Se realizó la mezcla de concreto permeable para cada mezcla de estudio con ayuda de trompo eléctrico.
- Se roció con aceite los moldes.
- Se relleno los moldes cilíndricos con concreto en dos capas de 10cm compactando cada capa uniformemente sobre su área transversal con un total de 25 golpes con la varilla de 3/8" de diámetro. Para los moldes rectangulares (Vigas) se relleno con concreto en 2 capas realizando el

compactado con un total de 75 golpes distribuidos uniformemente sobre su área transversal, usando la varilla compactadora de 5/8" de diámetro.

- Luego de compactar cada capa se golpeó ligeramente los lados del molde con el martillo de goma.
- Luego de compactar la última capa se enraso al borde del molde para eliminar cualquier excedente.
- Se cubrió los moldes con una lámina de plástico para evitar la evaporación de agua del concreto.
- Se extrajo las muestras de los moldes después de 24 horas.
- Finalmente se introdujo las muestras en la piscina para su curado final, hasta el día del ensayo respectivo.

3.6.3.2. Resistencia a la compresión

Para la realización del ensayo se usó como guía la norma ASTM C39

3.6.3.2.1. Equipos y herramientas

- Máquina de ensayo
- Vernier

3.6.3.2.2. Procedimiento

- Se retiró las probetas de la poza de curado a los 28 días.
- Se tomó el diámetro con dos mediciones ortogonales en la parte central de la probeta, usando el vernier.
- Se tomó la medida de la altura de la muestra.
- Se colocó las capas de neopreno en ambas caras de la muestra.
- Se coloca la probeta en la máquina de ensayo, centrándola con respecto al bloque superior y limpiando las superficies previamente.
- Se procedió a realizar el ensayo con apoyo del encargado de laboratorio aplicando una carga uniforme y continua sobre el espécimen de concreto hasta que se produzca la rotura.
- Se observa el tipo de patrón de la falla.
- Se registra la carga máxima soportada hasta la falla de la probeta.

- Se realizo el registro de datos para su posterior calculo en el formato mostrado en la Tabla 64.

Tabla 64

Formato de ensayo de compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS					
Gradación:	3/8"	% A. Fino:	15%		
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Diámetro 1	mm			
B	Diámetro 2	mm			
C	Diámetro promedio ((A+B) /2)	mm			
D	Altura	mm			
E	Carga de aplicación	kg			
F	Área de contacto	cm ²			
G	Resistencia (E/F)	kg/cm ²			
H	Resistencia Promedio	kg/cm²			

3.6.3.3. Resistencia a la Flexión

Para la realización del ensayo se usó como guía la norma ASTM C78

3.6.3.3.1. Equipos y herramientas

- Máquina de ensayo
- Wincha
- Marcador

3.6.3.3.2. Procedimiento

- Se retiro las vigas de la poza de curado a los 28 días.
- Se tomo las medidas de las vigas y se giró la viga a un lado con respecto a su posición de moldeo.
- Se realizo marcas en la superficie de la viga a 3.5cm de cada extremo de la viga, quedando una luz de 45 cm donde se ubicó el tercio central midiendo 15cm hacia el centro respecto a cada marca de los extremos.

- Se colocó la viga en la máquina de ensayo alineando las marcas de los extremos con los apoyos y las marcas del tercio central alineadas a los bloques de aplicación de carga.
- Se procedió a realizar el ensayo con ayuda del operador aplicando una carga uniforme y continua sobre el espécimen de concreto hasta que se produzca la rotura.
- Se registró la carga máxima a la cual ocurre la rotura, y se localiza la línea de rotura en la sección de falla, la localización de la falla influye en los cálculos.

3.6.3.4. Permeabilidad

Para la realización del ensayo se usó como guía la ACI 522R-10.

3.6.3.4.1. Equipos y herramientas

- Permeámetro
- Nivel
- Wincha
- Marcador
- Amoladora
- Disco de concreto para amoladora
- Agua
- Plástico para embalaje

3.6.3.4.2. Procedimiento

- Las muestras fueron cortadas hasta lograr una longitud de 15 cm, con ayuda de la amoladora.
- Se construyó un permeámetro hecho de cabeza descendente simple (Neithalath et al. 2008). Este consta de un tubo acrílico transparente de 30 cm de largo con un diámetro interior de 10 cm, tubo Y de pvc de 4 pulgadas con salida de 2 pulgadas, una tapa de pvc de 4 pulgadas, tubo de 2 pulgadas con 35 cm de largo, codo de 2 pulgadas y una unión de 2 pulgadas, se ensamblan las partes con ayuda de pegamento y teflón.

- Una vez armado el equipo, se embolsó la probeta con plástico para evitar fugas de agua por las laterales de la muestra, dejando ambas caras descubiertas.
- Se colocó la muestra en el equipo.
- Se acondicionó el acrílico alrededor de la muestra.
- Se selló las uniones con ayuda de abrazaderas metálicas.
- Se verificó que el equipo quede correctamente nivelado.
- Se agregó agua sobre la muestra hasta que el otro extremo del equipo comience a dejar salir agua.
- Se tapó el extremo de salida del agua.
- Se agregó agua en el interior del acrílico hasta una altura de 30cm.
- Se destapó el extremo para dejar salir el agua y controlar el tiempo en que esta deja de salir.
- Se repitió la prueba 3 veces por muestra.
- Se registro los datos obtenidos en el siguiente formato mostrado en la Tabla 65.

Tabla 65

Formato de ensayo de permeabilidad

ENSAYO DE PERMEABILIDAD										
Ítem	L	D	Ap	At	h1	h2	t	k	k prom	k medio
	cm	cm	cm ²	cm ²	cm	cm	s	cm/s	cm/s	cm/s
P1										
P2										
P3										

Nota. Se toma tres tiempos para cada probeta.

IV. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis y presentación de resultados

4.1.1. Caracterización del agregado grueso

En la Tabla 66 se muestra el resumen de los ensayos realizado para las distintas gradaciones del agregado grueso obtenido de la cantera LEKERSA.

Tabla 66

Propiedades físicas del agregado grueso

Ensayo	Und.	AGREGADO GRUESO		
		3/4"	1/2"	3/8"
Peso Específico	g/cm ³	2.69	2.66	2.76
Peso Específico SSS	g/cm ³	2.70	2.68	2.76
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1377.76	1330.68	1285.98
Peso Unitario Compacto	g/cm ³	1479.22	1489.97	1447.40
Contenido de Humedad	%	0.25	0.25	0.26
Absorción	%	0.60	0.74	0.94

4.1.2. Caracterización del agregado fino

En la Tabla 67 se resume las propiedades físicas del agregado fino.

Tabla 67

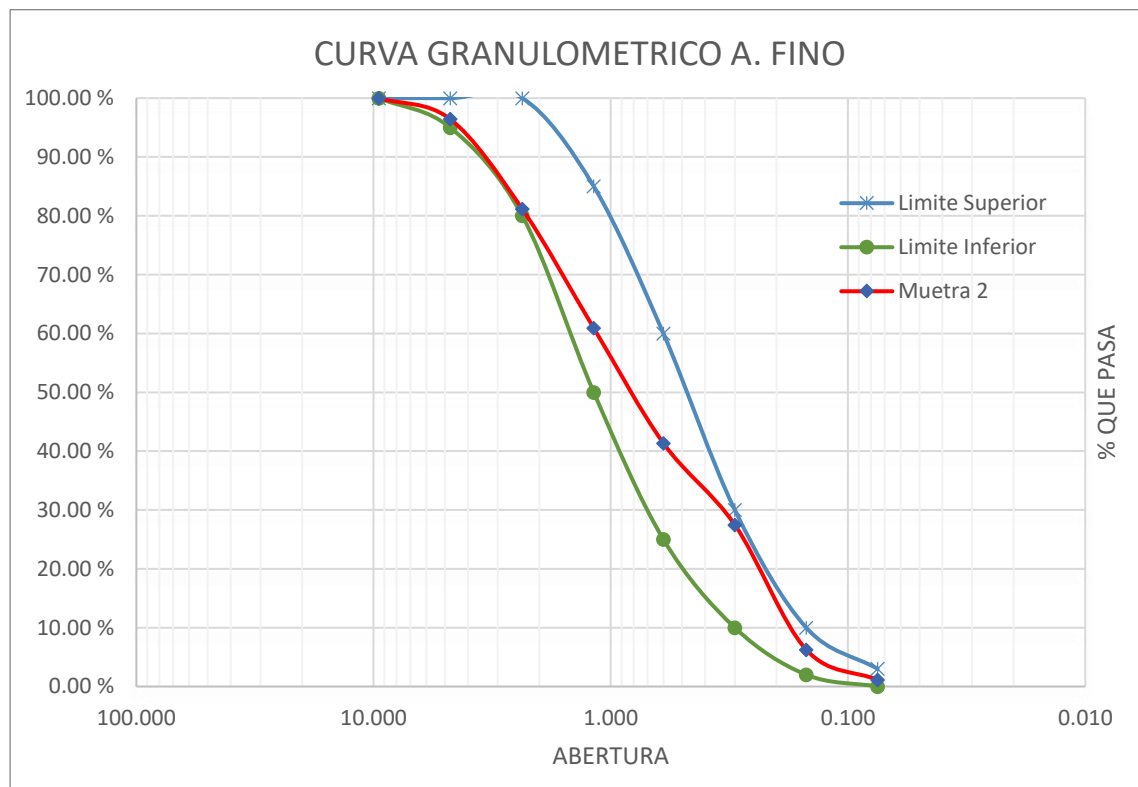
Resumen propiedades físicas del agregado fino

Ensayo	Und.	AGREGADO FINO
Módulo de finura	-	2.80
Peso Específico	g/cm ³	2.63
Peso Específico SSS	g/cm ³	2.69
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1732.91
Peso Unitario Compacto	g/cm ³	1856.61
Contenido de Humedad	%	0.81
Absorción	%	0.92

En la Figura 6 se muestra la curva granulométrica del agregado fino, así mismo se muestra el límite superior e inferior para el agregado fino.

Figura 6

Curva granulométrica del agregado fino.



Nota. Curva granulométrica para la muestra N°2; módulo de finura: 2.86.

Se realizó el análisis granulométrico para tres muestras de agregado fino, los análisis granulométricos para cada muestra se presentan en el anexo C; en la Tabla 68 se muestra el módulo de finura promedio.

Tabla 68

Módulo de finura

MODULO DE FINURA	
Muestra	Valor
Muestra 1	2.74
Muestra 2	2.86
Muestra 3	2.81
Promedio	2.80

4.1.3. Diseños de mezcla del concreto permeable

4.1.3.1. Diseño de mezcla agregado grueso de ¾"

En la Tabla 69 se muestra el resumen de pesos por m³ para los diseños de mezcla con agregado grueso de ¾" y en la Tabla 70 se muestra la proporción en volumen.

Tabla 69

Pesos por m³ para diseños con A. grueso de ¾".

PESOS POR M ³						
Material	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
Cemento	kg	277.34	263.48	249.61	235.74	221.88
Agua efectiva	kg	113.27	107.55	101.82	96.07	90.32
Agregado grueso	kg	1464.42	1349.27	1238.54	1119.66	1006.66
Agregado fino	kg	0.00	71.17	137.90	197.94	252.08

Nota. Diseño de mezclas del 1 al 5 con agregado grueso ¾" y distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 70

Proporción en volumen para diseños agregado grueso ¾".

PROPORCION EN VOLUMEN						
Material	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
Cemento	kg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agua efectiva	kg	17.35	17.35	17.35	17.31	17.30
Agregado grueso	kg	5.28	5.12	4.96	4.75	4.54
Agregado fino	kg	0.00	0.27	0.55	0.84	1.14

Nota. Diseño de mezclas del 1 al 5 con agregado grueso ¾" y distintos porcentajes de agregado fino.

4.1.3.2. Diseño de mezcla agregado grueso de ½”

En la Tabla 71 se muestra el resumen de pesos por m³ para los diseños de mezcla con agregado grueso de ½” y en la Tabla 72 se muestra la proporción en volumen.

Tabla 71

Pesos por m³ para diseños con A. grueso de ½”.

PESOS POR M ³						
Material	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
Cemento	kg	277.34	263.48	249.61	235.74	221.88
Agua efectiva	kg	113.27	107.55	101.82	96.07	90.32
Agregado grueso	kg	1464.42	1349.27	1238.54	1119.66	1006.66
Agregado fino	kg	0.00	71.17	137.90	197.94	252.08

Nota. Diseño de mezclas del 6 al 10 con agregado grueso ½” y distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 72

Proporción en volumen para diseños agregado grueso ½”.

PROPORCION EN VOLUMEN						
Material	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
Cemento	kg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agua efectiva	kg	17.76	17.73	17.72	17.67	17.65
Agregado grueso	kg	5.66	5.51	5.35	5.15	4.94
Agregado fino	kg	0.00	0.29	0.60	0.91	1.24

Nota. Diseño de mezclas del 6 al 10 con agregado grueso ½” y distintos porcentajes de agregado fino.

4.1.3.3. Diseño de mezcla agregado grueso de 3/8”

En la Tabla 73 se muestra el resumen de pesos por m³ para los diseños de mezcla con agregado grueso de 3/8” y en la Tabla 74 se muestra la proporción en volumen.

Tabla 73

Pesos por m³ para diseños con A. grueso de 3/8".

PESOS POR M3						
Material	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
Cemento	kg	242.68	228.81	214.94	201.07	187.21
Agua efectiva	kg	104.37	98.27	92.20	86.06	79.96
Agregado grueso	kg	1432.93	1320.01	1211.45	1094.92	984.18
Agregado fino	kg	0.00	69.87	135.37	194.33	247.46

Nota. Diseño de mezclas del 11 al 15 con agregado grueso 1/2" y distintos porcentajes de agregado fino.

Tabla 74

Proporción en volumen para diseños agregado grueso 3/8".

PROPORCION EN VOLUMEN						
Material	Und.	Porcentaje de agregado fino				
		0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
Cemento	kg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agua efectiva	kg	18.28	18.27	18.22	18.19	18.17
Agregado grueso	kg	5.90	5.77	5.64	5.45	5.26
Agregado fino	kg	0.00	0.31	0.63	0.97	1.32

Nota. Diseño de mezclas del 11 al 15 con agregado grueso 3/8" y distintos porcentajes de agregado fino.

4.1.4. Resistencia a la compresión del concreto permeable

En la Tabla 75 se muestra el ensayo de resistencia a la compresión los 28 días de curado para el diseño de Mezcla 3: agregado grueso de 3/4" y porcentaje de agregado fino 10%, los ensayos correspondientes a los demás diseños de mezcla se encuentran en el capítulo de anexos.

Tabla 75*Resistencia a la compresión a los 28 días Diseño de Mezcla 3*

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS					
Gradación:	3/4"	% A. Fino:		10%	
ID	Descripción	Und.	1	2	3
A	Diámetro 1	mm	100.00	100.00	100.00
B	Diámetro 2	mm	100.00	100.00	100.00
C	Diámetro promedio ((A+B) /2)	mm	100.00	100.00	100.00
D	Altura	mm	200.00	200.00	200.00
E	Carga de aplicación	kg	9712.00	9358.00	9500.00
F	Área de contacto	cm ²	78.54	78.54	78.54
G	Resistencia (E/F)	kg/cm ²	123.66	119.15	120.96
H	Resistencia Promedio	kg/cm²		121.26	

Tabla 76*Resistencia a la compresión gradación 3/4"*

RESISTENCIA A LA COMPRESION 3/4"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M1 0% A.F.	M2 5% A.F.	M3 10% A.F.	M4 15% A.F.	M5 20% A.F.
1	kg/cm ²	85.10	98.64	123.66	144.08	176.27
2	kg/cm ²	83.66	92.46	119.15	141.93	175.18
3	kg/cm ²	86.90	94.67	120.96	137.40	174.89
Prom.	kg/cm ²	85.22	95.26	121.26	141.14	175.45

Figura 7

Grafica resistencia a la compresión promedio gradación 3/4"

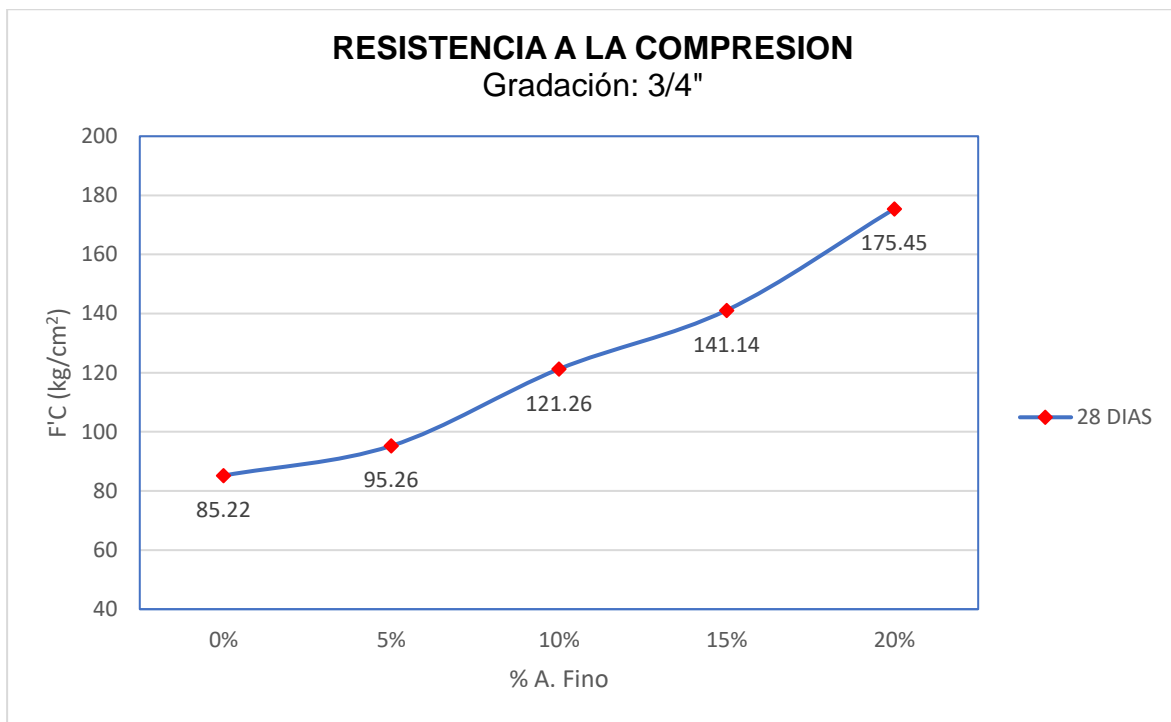


Tabla 77

Resistencia a la compresión gradación 1/2"

RESISTENCIA A LA COMPRESION 1/2"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M6	M7	M8	M9	M10
		0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
1	kg/cm ²	92.84	109.69	144.17	186.94	211.15
2	kg/cm ²	92.06	107.08	142.40	180.37	206.50
3	kg/cm ²	87.41	112.52	140.74	186.44	213.85
Prom.	kg/cm ²	90.77	109.76	142.44	184.58	210.50

Figura 8

Grafica resistencia a la compresión promedio 1/2"

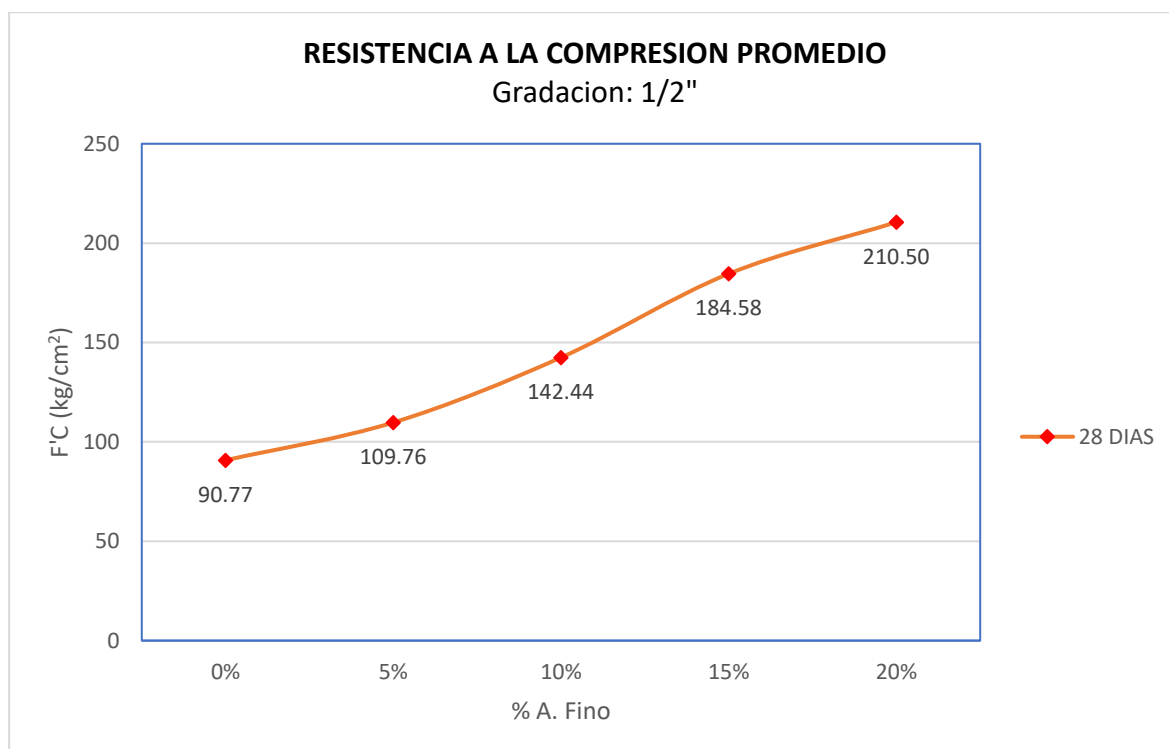


Tabla 78

Resistencia a la compresión gradación 3/8"

RESISTENCIA A LA COMPRESION 3/8"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M11	M12	M13	M14	M15
		0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
1	kg/cm ²	82.16	88.85	108.05	124.59	132.31
2	kg/cm ²	80.61	91.95	110.77	116.72	132.56
3	kg/cm ²	77.58	95.00	108.23	119.93	129.49
Prom.	kg/cm ²	80.12	91.93	109.02	120.41	131.45

Figura 9

Grafica resistencia a la compresión promedio 3/8"

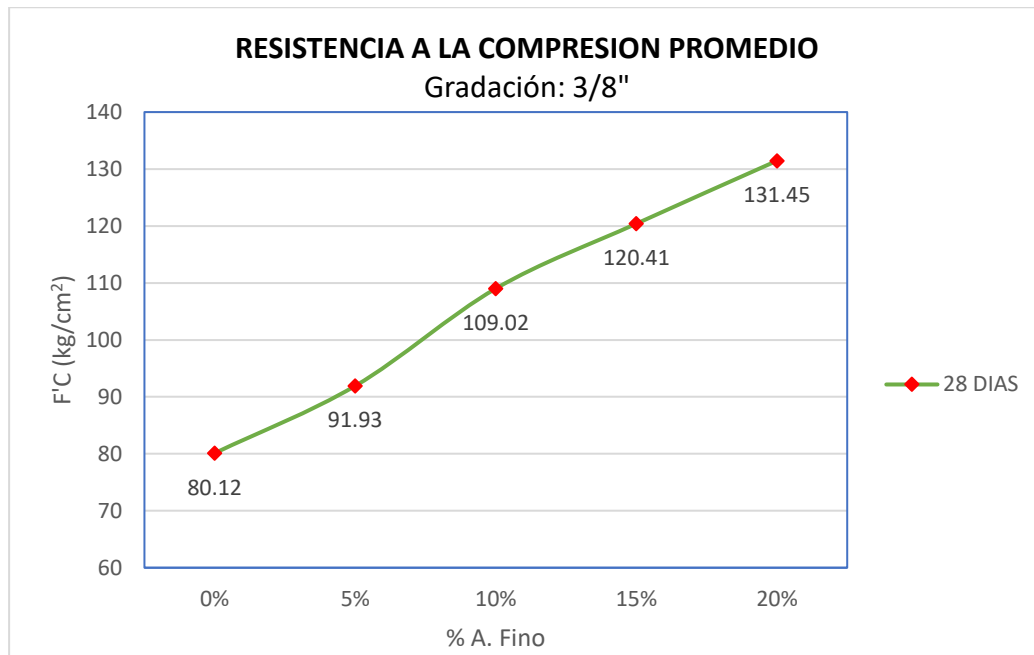


Figura 10

Grafica comparativa de resistencia a la compresión promedio



4.1.5. Resistencia a la flexión del concreto permeable

En la Tabla 79 se muestra el ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días de curado para el diseño de Mezcla 3: agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y porcentaje de agregado fino 10%, los ensayos correspondientes a los demás diseños de mezcla se encuentran en el capítulo de anexos.

Tabla 79

Resistencia a la flexión a los 28 días Diseño de Mezcla 3

RESISTENCIA A LA FLEXION A LOS 28 DIAS					
Gradación:	3/4"	% A. Fino:	10%		
ID	Descripción	Und.	1	2	3
b	Ancho	cm	15.00	15.00	15.00
h	Altura	cm	15.00	15.00	15.00
-	Longitud	cm	52.00	52.00	52.00
L	Luz libre entre apoyos	cm	45.00	45.00	45.00
P	Carga de aplicación	kg	2378.96	2331.03	2296.36
-	Tipo de falla	-	Medio	Medio	Medio
MR	Resistencia (P*L)/(b*h²)	kg/cm²	31.72	31.08	30.62
MR	Resistencia Promedio	kg/cm²		31.14	

Nota. Se ensayo especímenes de concreto rectangulares de 15x15x60 cm.

Tabla 80

Resistencia a la gradación Flexión gradación 3/4

RESISTENCIA A LA FLEXION 3/4"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M1 0% A.F.	M2 5% A.F.	M3 10% A.F.	M4 15% A.F.	M5 20% A.F.
1	kg/cm²	25.90	31.18	32.32	37.04	48.66
2	kg/cm²	26.82	29.56	33.09	36.21	45.59
3	kg/cm²	28.48	30.13	34.74	37.66	42.77
Prom.	kg/cm²	27.07	30.29	33.38	36.97	45.67

Figura 11

Grafica resistencia a la flexión promedio gradación 3/4"



Tabla 81

Resistencia a la flexión gradación 1/2"

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 1/2"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M6	M7	M8	M9	M10
		0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
1	kg/cm ²	24.98	35.30	42.39	52.11	60.07
2	kg/cm ²	31.07	35.64	38.31	49.18	60.34
3	kg/cm ²	26.25	34.85	35.59	49.42	59.33
Prom.	kg/cm ²	27.43	35.26	38.76	50.24	59.91

Figura 12

Grafica resistencia a la flexión promedio gradación 1/2"

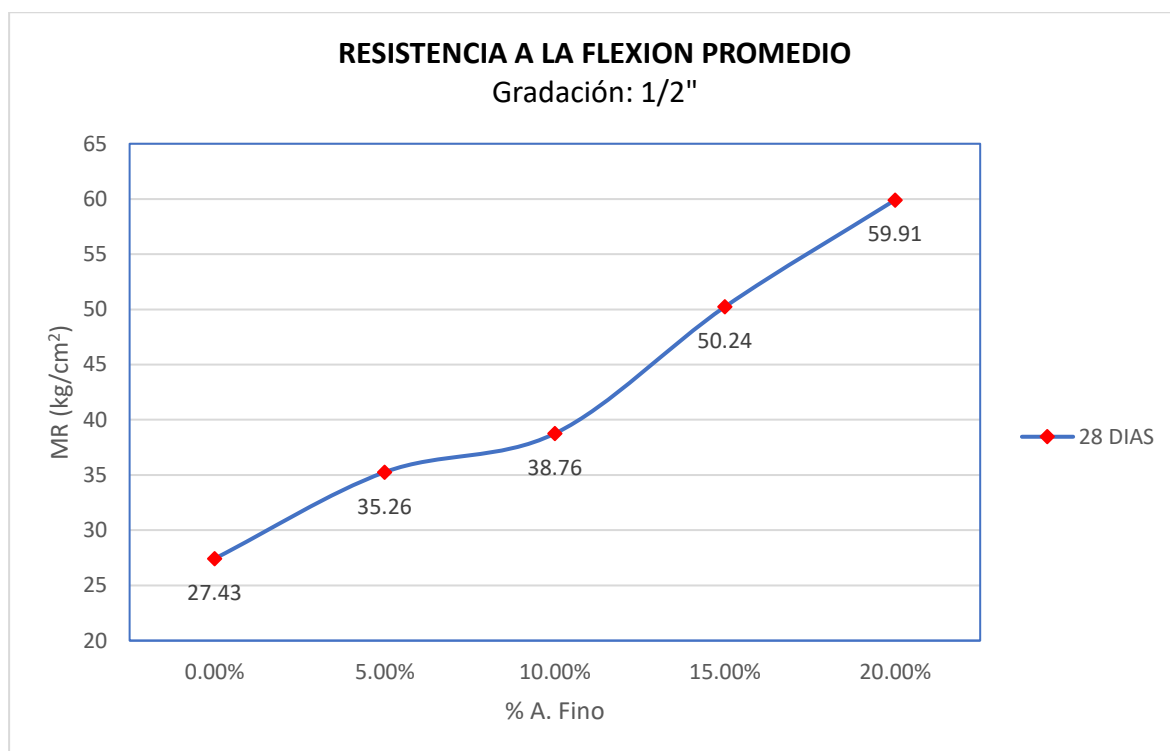


Tabla 82

Resistencia a la flexión gradación 3/8"

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN 3/8"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M11	M12	M13	M14	M15
		0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
1	kg/cm ²	24.60	26.96	31.72	35.50	38.41
2	kg/cm ²	25.45	27.90	31.08	34.90	37.95
3	kg/cm ²	25.66	28.71	30.62	35.38	36.08
Prom.	kg/cm ²	25.24	27.86	31.14	35.26	37.48

Figura 13

Resistencia a la flexión promedio gradación de 3/8"

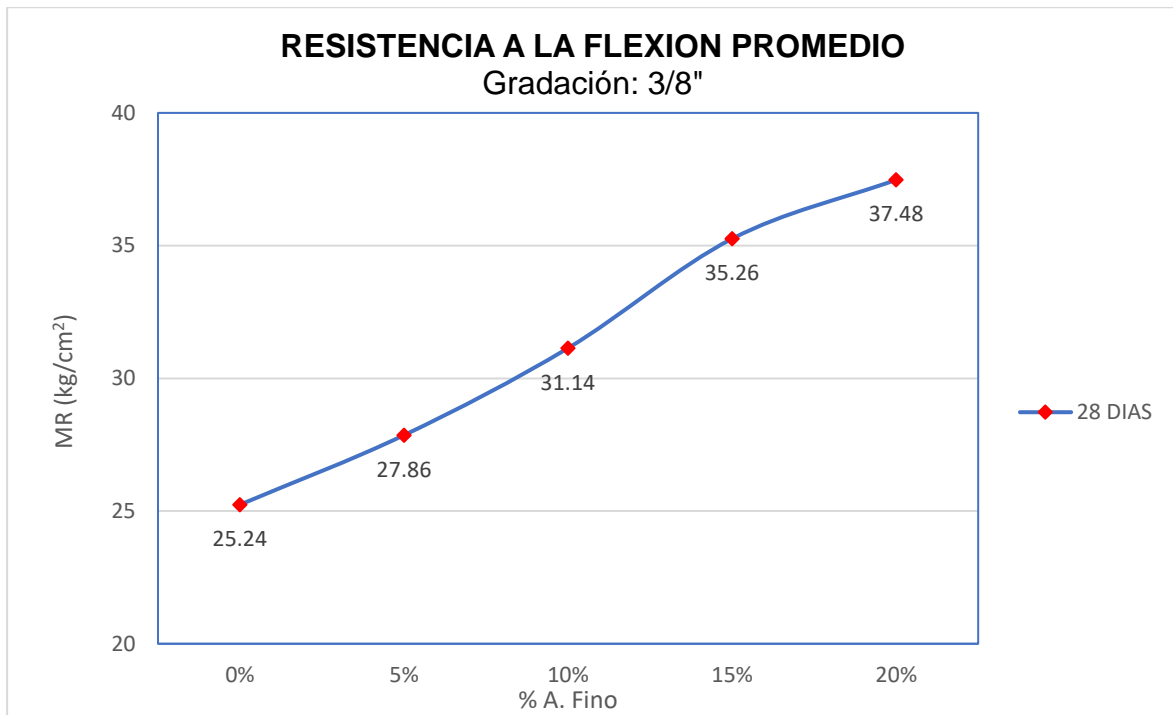
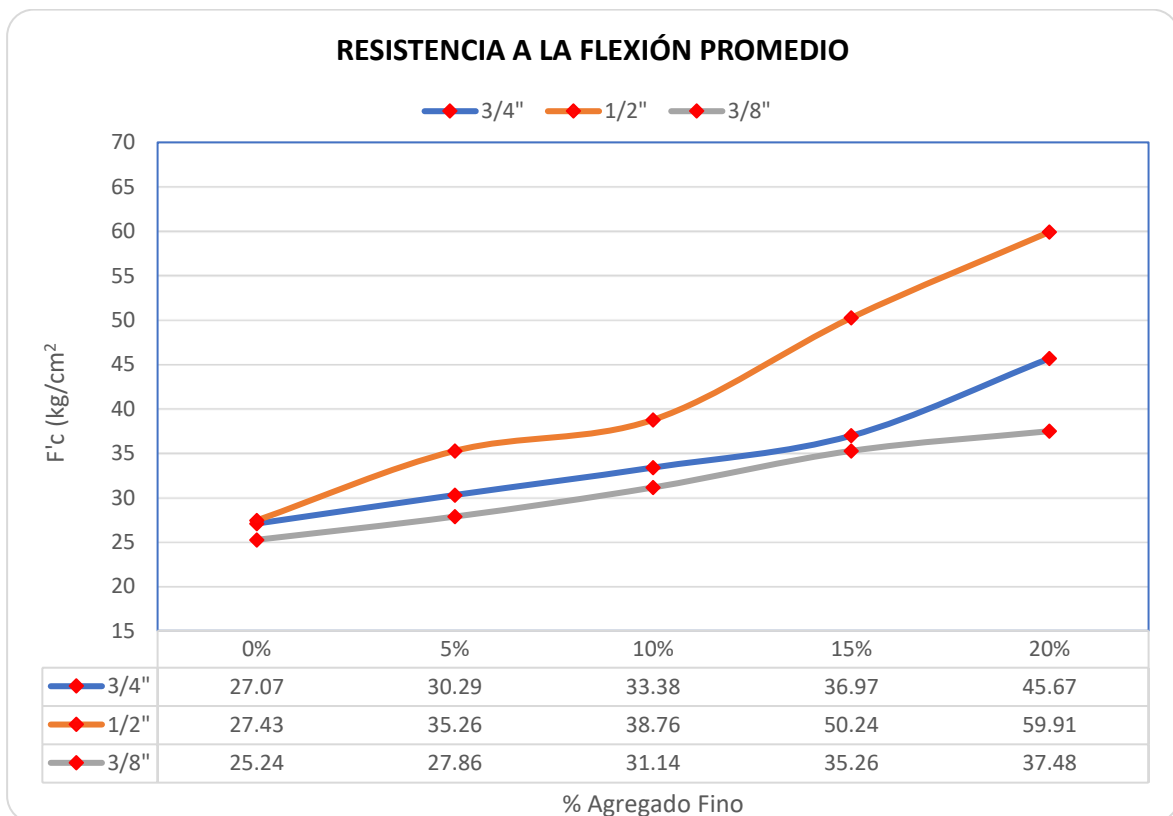


Figura 14

Grafica comparativa resistencia a la flexión promedio



4.1.6. Permeabilidad del concreto permeable

En la Tabla 83 se muestra el ensayo de permeabilidad del concreto permeable para la mezcla de estudio 1 la cual se elaboró a los 28 días de curado, los ensayos se realizaron con el equipo de permeámetro elaborado siguiendo las recomendaciones del ACI-522R. Los ensayos para los siguientes diseños de mezcla se encuentran en el capítulo de anexos.

Tabla 83

Permeabilidad a los 28 días Diseño de Mezcla 1

ENSAYO DE PERMEABILIDAD										
Ítem	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom cm/s	k medio cm/s
PA04	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	65.00	0.817		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	63.00	0.842	0.829	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	64.00	0.829		
PA05	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	67.00	0.792		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	61.00	0.870	0.839	0.834
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	62.00	0.856		
PA06	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	64.00	0.829		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	63.00	0.842	0.834	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	64.00	0.829		

Tabla 84

Permeabilidad gradación 3/4"

PERMEABILIDAD GRADACION 3/4"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M1	M2	M3	M4	M5
		0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
1	kg/cm ²	0.829	0.645	0.451	0.297	0.196
2	kg/cm ²	0.839	0.635	0.423	0.298	0.203
3	kg/cm ²	0.834	0.590	0.398	0.277	0.196
Prom.	kg/cm ²	0.834	0.623	0.424	0.291	0.198

Figura 15

Grafica permeabilidad promedio gradación 3/4"

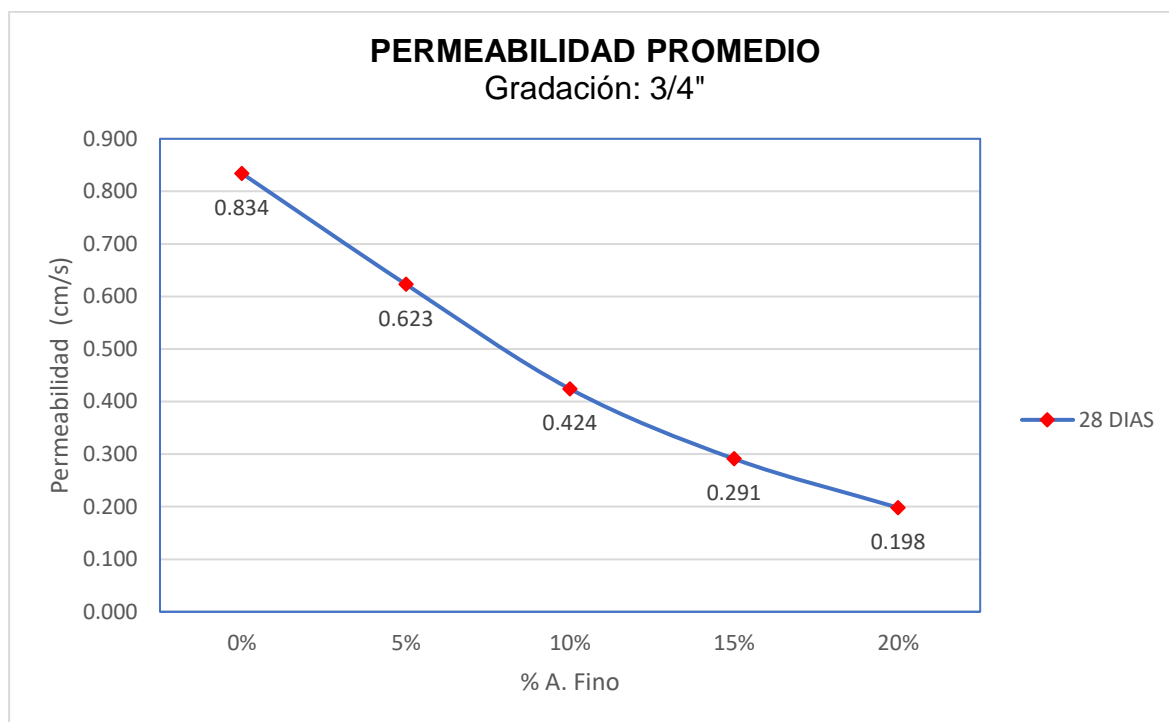


Tabla 85

Permeabilidad gradación 1/2"

PERMEABILIDAD GRADACIÓN 1/2"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M6	M7	M8	M9	M10
		0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
1	kg/cm ²	0.731	0.576	0.416	0.231	0.153
2	kg/cm ²	0.745	0.568	0.399	0.233	0.157
3	kg/cm ²	0.726	0.553	0.377	0.212	0.152
Prom.	kg/cm ²	0.734	0.566	0.397	0.225	0.154

Figura 16

Grafica permeabilidad promedio gradación 1/2"

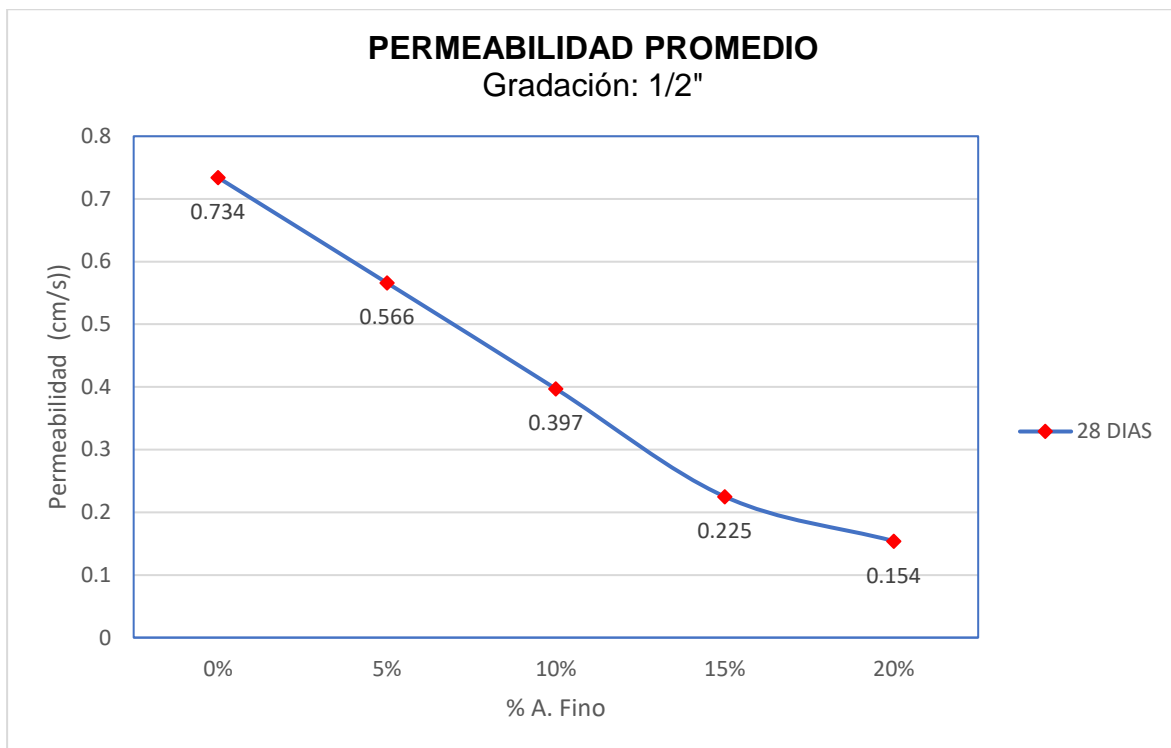


Tabla 86

Permeabilidad gradación 3/8"

PERMEABILIDAD GRADACIÓN 3/8"						
Muestra	Und.	DISEÑO DE MEZCLA				
		M11	M12	M13	M14	M15
		0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
1	kg/cm ²	0.392	0.295	0.223	0.205	0.134
2	kg/cm ²	0.381	0.302	0.215	0.200	0.133
3	kg/cm ²	0.376	0.276	0.224	0.210	0.128
Prom.	kg/cm ²	0.383	0.291	0.221	0.205	0.132

Figura 17

Grafica permeabilidad promedio gradación 3/8"

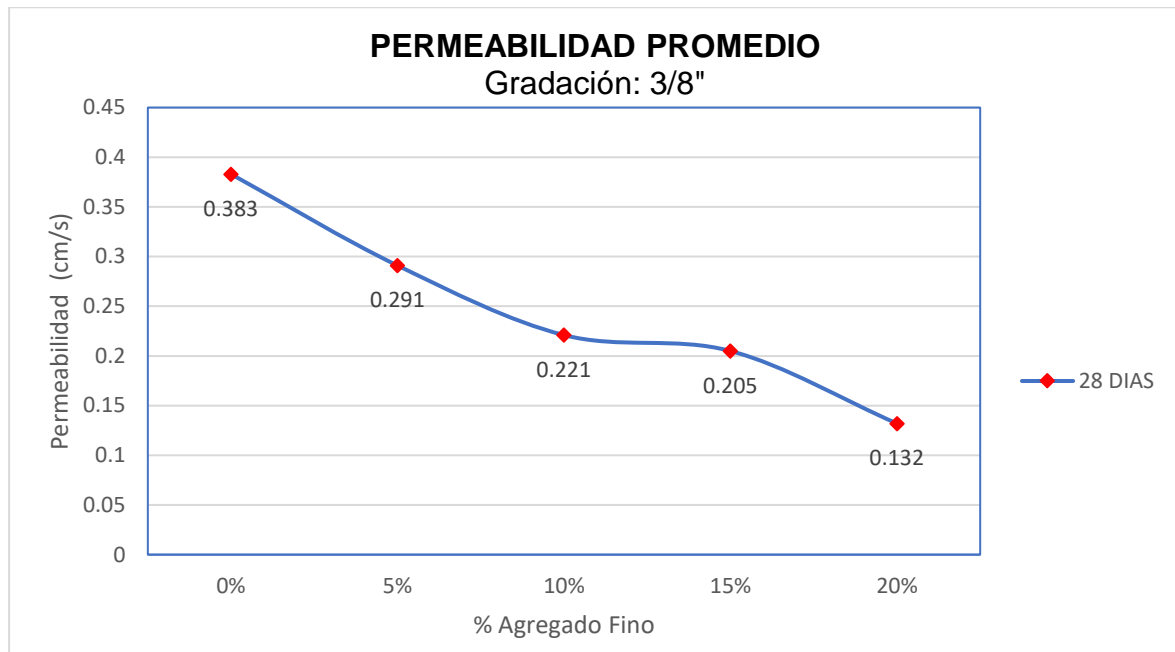
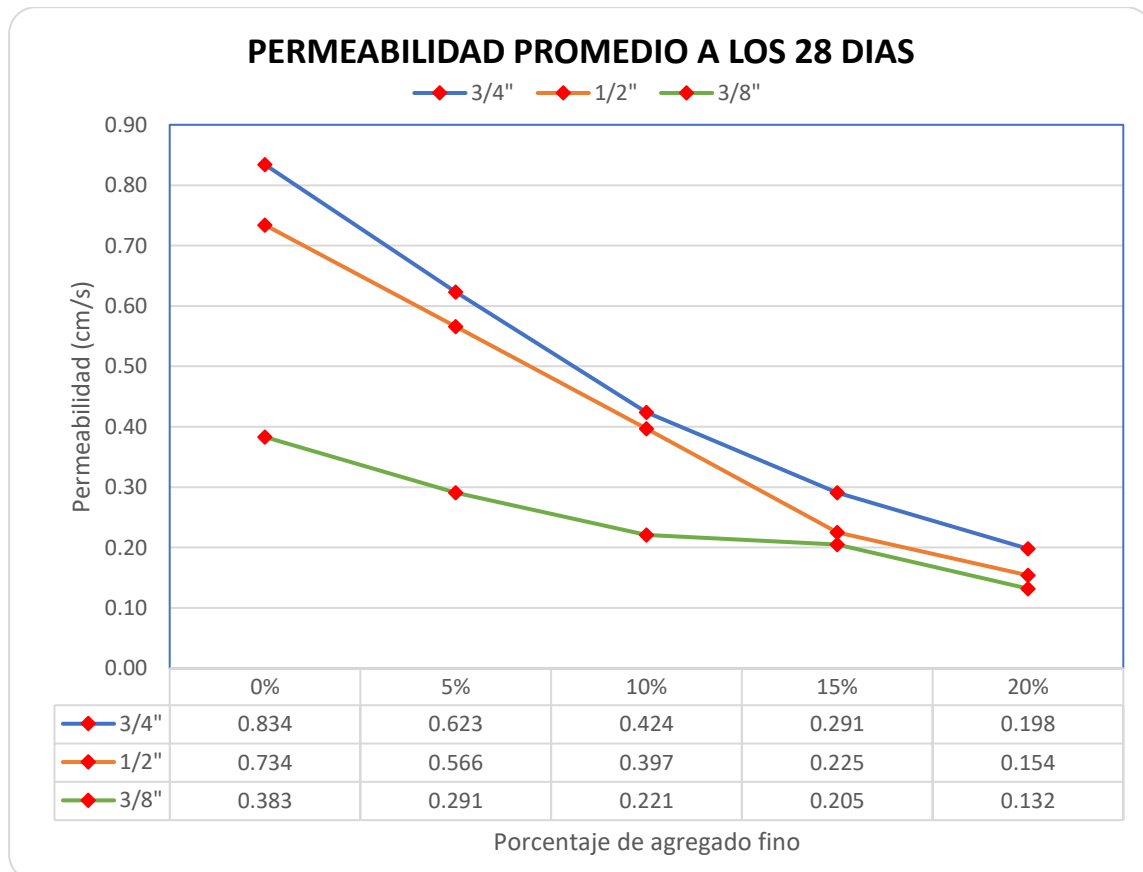


Figura 18

Grafica comparativa permeabilidad promedio



4.1.7. Relación entre propiedades del concreto permeable

En la figura 19,20 y 21 se muestra la relación que existe entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión con la permeabilidad del concreto permeable para las distintas gradaciones de $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ "; respectivamente.

En la figura 22 se muestra la relación que existe entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión para el concreto permeable.

Figura 19

Resistencia vs Permeabilidad gradación $\frac{3}{4}$ "

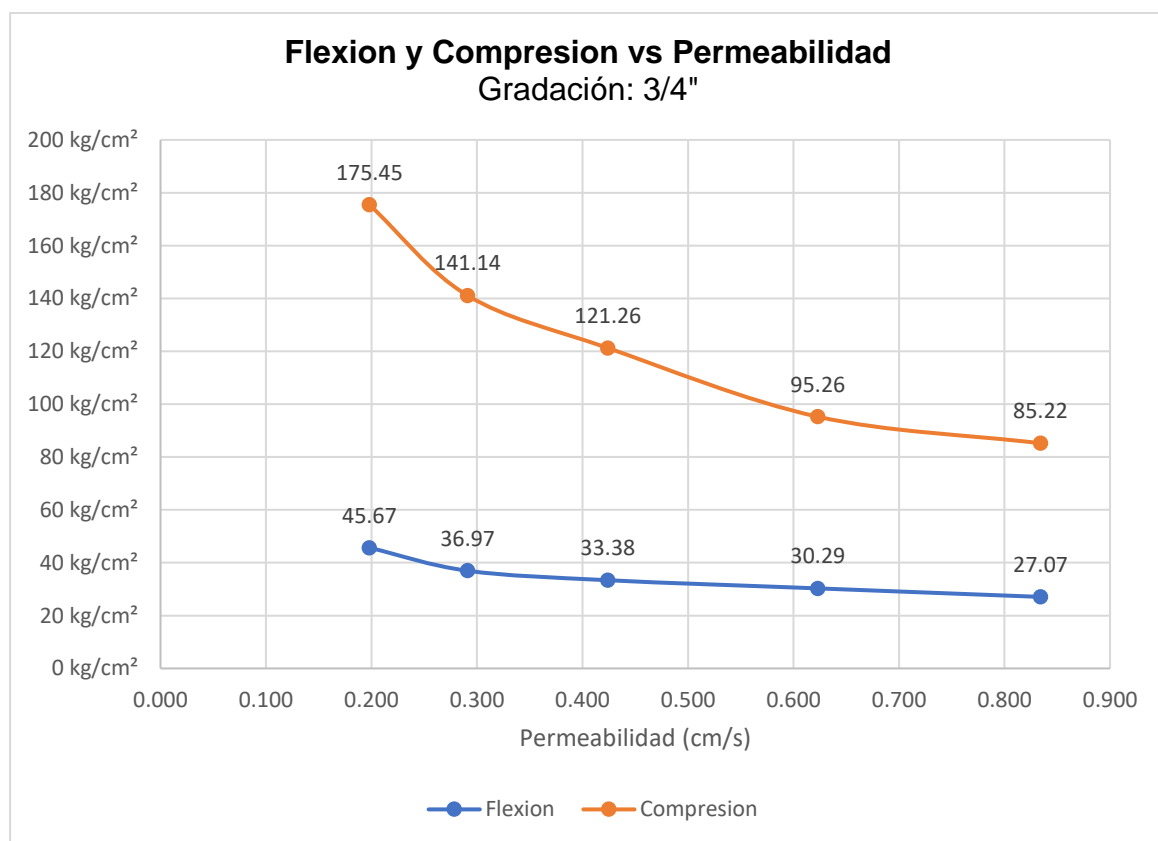


Figura 20

Resistencia vs Permeabilidad gradación 1/2"

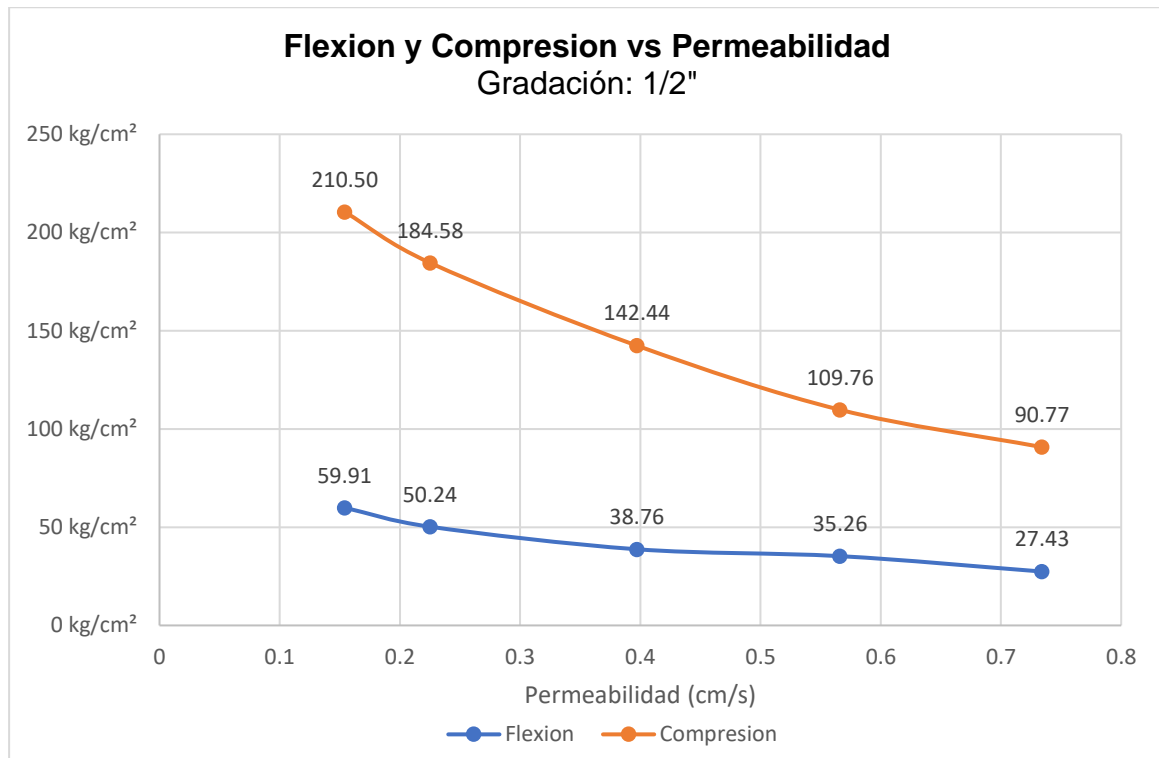


Figura 21

Resistencia vs Permeabilidad gradación 3/8"

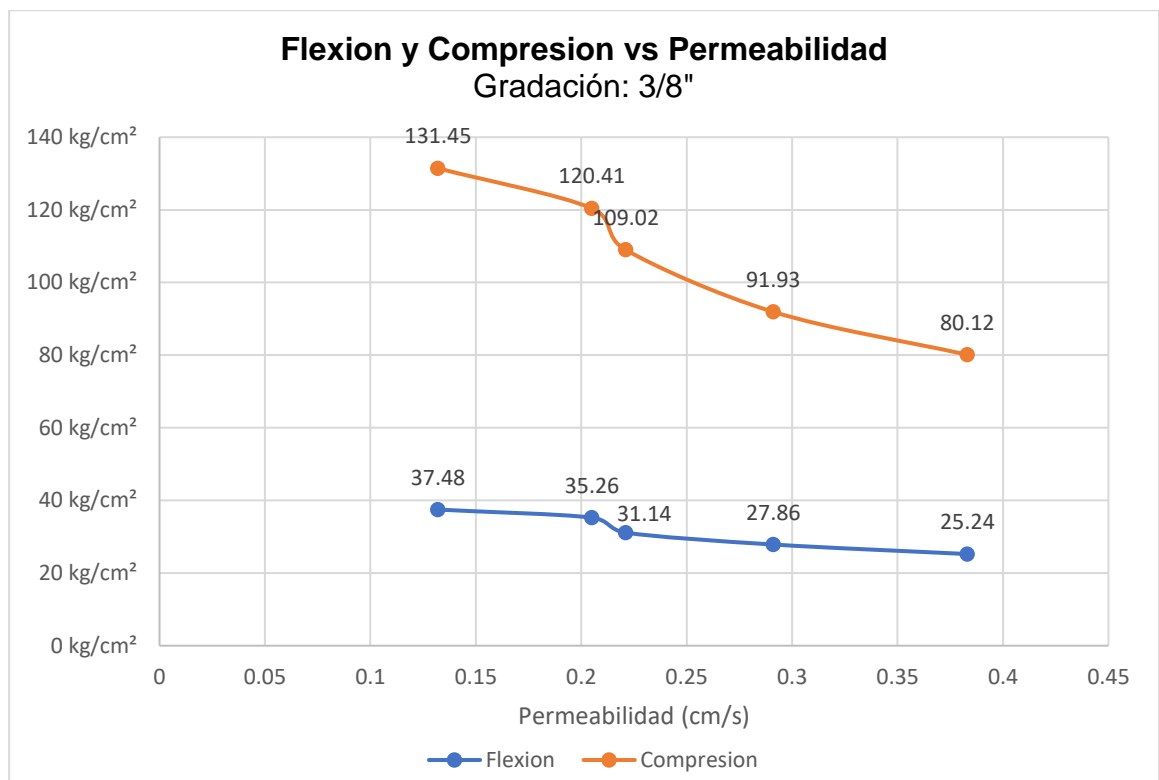
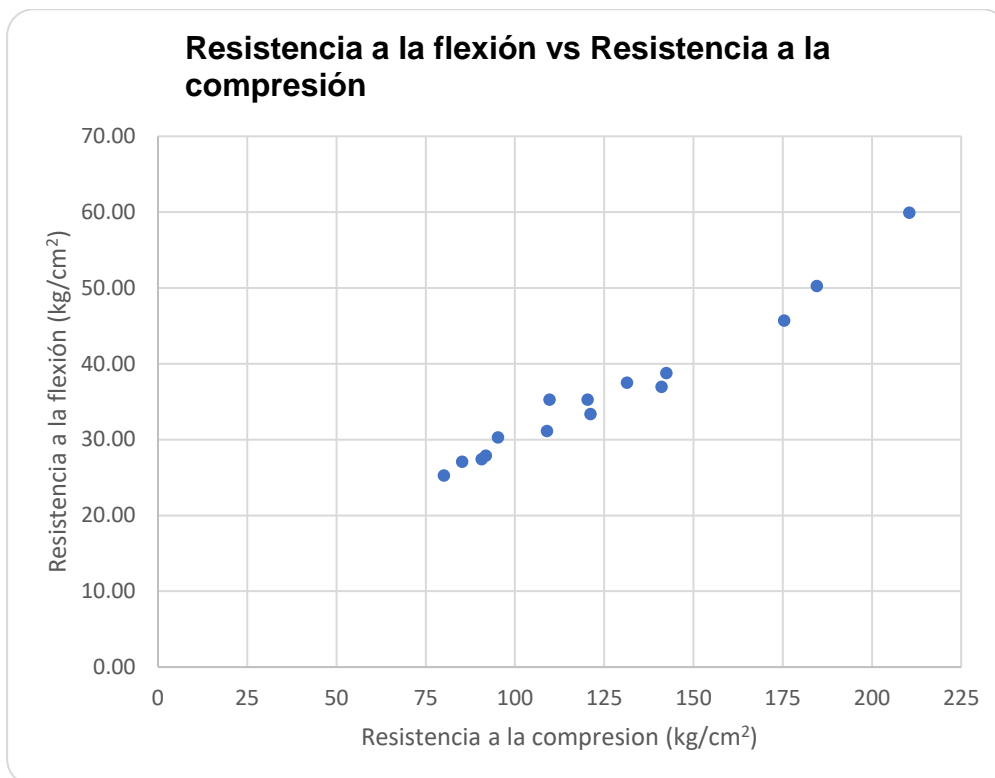


Figura 22

Resistencia a la flexión vs Resistencia a la compresión



4.2. Docimasia de hipótesis

La presente investigación busca determinar la influencia de las propiedades físicas de los agregados en el comportamiento del concreto permeable.

Para realizar la prueba de hipótesis se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula (H₀):** Las propiedades físicas de los agregados no influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.
- **Hipótesis alterna (H₁):** Las propiedades físicas de los agregados influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.

Para validar la hipótesis se realizará el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia $\alpha=0.05$.

Se aceptará la hipótesis alterna o del investigador si el valor de significancia es menor a 0.05 (5%). Los resultados obtenidos del análisis se discutirán en el capítulo 5 de la presente investigación.

4.2.1. Análisis de varianza (ANOVA)

Como se muestra en la Tabla 87 se evalúan 2 factores por consiguiente se realizará el análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo. El análisis de varianza se realizará independientemente para la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión; evaluando la influencia que tiene el contenido de agregado fino y la granulometría del agregado.

Tabla 87

Dimensiones de variables para análisis de varianza

Dimensiones de variables	
Propiedades físicas	Concreto permeable
Contenido de agregado fino ^(a)	Resistencia a la compresión
Granulometría ^(b)	Resistencia a la flexión
	Permeabilidad

Nota. a y b factores para análisis de varianza.

Tabla 88

Datos de permeabilidad para análisis de varianza

DATOS DE PERMEABILIDAD					
Gradación	Contenido de agregado fino				
	0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
3/4"	0.829	0.645	0.451	0.297	0.196
	0.839	0.635	0.423	0.298	0.203
	0.834	0.590	0.398	0.277	0.196
1/2"	0.731	0.576	0.416	0.231	0.153
	0.745	0.568	0.399	0.233	0.157
	0.726	0.553	0.377	0.212	0.152
3/8"	0.392	0.295	0.223	0.205	0.134
	0.381	0.302	0.215	0.200	0.133
	0.376	0.276	0.224	0.210	0.128

Nota. Valores de permeabilidad a los 28 días de curado.

Tabla 89

Tabla resumen varianza para permeabilidad

Descripción	Porcentaje de agregado fino					Total	
	0%	5%	10%	15%	20%		
Cuenta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00	
Gradación	Suma	2.5020	1.8700	1.2720	0.8720	0.5950	7.1110
3/4"	Promedio	0.8340	0.6233	0.4240	0.2907	0.1983	0.4741
	Varianza	0.0000	0.0009	0.0007	0.0001	0.0000	0.0568
Cuenta	3.00000	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00	
Gradación	Suma	2.2020	1.6970	1.1920	0.6760	0.4620	6.2290
1/2"	Promedio	0.7340	0.5657	0.3973	0.2253	0.1540	0.4153
	Varianza	0.0001	0.0001	0.0004	0.0001	0.0000	0.0492
Cuenta	3.00000	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00	
Gradación	Suma	1.1490	0.8730	0.6620	0.6150	0.3950	3.6940
3/8"	Promedio	0.3830	0.2910	0.2207	0.2050	0.1317	0.2463
	Varianza	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0078
Total	Cuenta	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	
	Suma	5.85300	4.44000	3.12600	2.16300	1.45200	
	Promedio	0.65033	0.49333	0.34733	0.24033	0.16133	
	Varianza	0.04212	0.02395	0.00944	0.00158	0.00087	

Nota. Tabla elaborada en base a resultados del programa Excel.

Tabla 90

Tabla ANOVA de dos factores para permeabilidad.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de		Sig.	Valor crítico para F
			los	F		
			cuadrados			
Gradación	0.419556	2	0.209778	1120.743	0.000	3.315830
% A. Fino	1.388725	4	0.347181	1854.821	0.000	2.689628
Interacción	0.198454	8	0.024807	132.531	0.000	2.266163
Dentro del grupo	0.005615	30	0.000187	-	-	-
Total	2.012351	44	-	-	-	-

Nota. Factores de análisis gradación: del A. grueso y porcentaje de A. fino. GL: grados de libertad.

Tabla 91

Datos de resistencia a la flexión para análisis de varianza

Gradación	Porcentaje de agregado fino				
	0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
3/4"	25.90	31.18	32.32	37.04	48.66
	26.82	29.56	33.09	36.21	45.59
	28.48	30.13	34.74	37.66	42.77
1/2"	24.98	35.30	42.39	52.11	60.07
	31.07	35.64	38.31	49.18	60.34
	26.25	34.85	35.59	49.42	59.33
3/8"	24.60	26.96	31.72	35.50	38.41
	25.45	27.90	31.08	34.90	37.95
	25.66	28.71	30.62	35.38	36.08

Tabla 92

Tabla resumen para varianza resistencia a la flexión

Descripción	Porcentaje de agregado fino					Total	
	0%	5%	10%	15%	20%		
3/4"	Cuenta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00
	Suma	81.20	90.87	100.15	110.91	137.02	520.15
	Promedio	27.07	30.29	33.38	36.97	45.67	34.68
	Varianza	1.71	0.68	1.53	0.53	8.68	45.81
1/2"	Cuenta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00
	Suma	82.30	105.79	116.29	150.71	179.74	634.83
	Promedio	27.43	35.26	38.76	50.24	59.91	42.32
	Varianza	10.32	0.16	11.71	2.65	0.27	144.21
3/8"	Cuenta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00
	Suma	75.71	83.57	93.42	105.78	112.44	470.92
	Promedio	25.24	27.86	31.14	35.26	37.48	31.39
	Varianza	0.32	0.77	0.31	0.10	1.52	22.39
Total	Cuenta	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	

Suma	239.21	280.23	309.86	367.40	429.20
Promedio	26.58	31.14	34.43	40.82	47.69
Varianza	4.13	11.09	14.90	51.22	99.26

Tabla 93

Tabla ANOVA de dos factores para resistencia a la flexión.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Sig	Valor crítico para F
Gradación	943.15	2.00	471.57	171.50	0.000	3.316
% A. Fino	2472.08	4.00	618.02	224.76	0.000	2.690
Interacción	419.16	8.00	52.40	19.05	0.000	2.266
Dentro del grupo	82.49	30.00	2.75	-	-	-
Total	3916.88	44.00	-	-	-	-

Tabla 94

Datos para análisis de varianza resistencia a la compresión.

DATOS PARA ANALISIS DE VARIANZA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
Gradación	Porcentaje de agregado fino				
	0% A.F.	5% A.F.	10% A.F.	15% A.F.	20% A.F.
3/4"	85.10	98.64	123.66	144.08	176.27
	83.66	92.46	119.15	141.93	175.18
	86.90	94.67	120.96	137.40	174.89
1/2"	92.84	109.69	144.17	186.94	211.15
	92.06	107.08	142.40	180.37	206.50
	87.41	112.52	140.74	186.44	213.85
3/8"	82.16	88.85	108.05	124.59	132.31
	80.61	91.95	110.77	116.72	132.56
	77.58	95.00	108.23	119.93	129.49

Tabla 95

Tabla resumen varianza resistencia a la compresión

Descripción	Porcentaje de agregado fino					Total	
	0%	5%	10%	15%	20%		
3/4"	Cuenta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00
	Suma	255.66	285.77	363.77	423.41	526.34	1854.95
	Promedio	85.22	95.26	121.26	141.14	175.45	123.66
	Varianza	2.64	9.81	5.15	11.63	0.53	1135.13
1/2"	Cuenta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00
	Suma	272.31	329.29	427.31	553.75	631.50	2214.16
	Promedio	90.77	109.76	142.44	184.58	210.50	147.61
	Varianza	8.62	7.40	2.94	13.38	13.82	2152.04
3/8"	Cuenta	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	15.00
	Suma	240.35	275.80	327.05	361.24	394.36	1598.80
	Promedio	80.12	91.93	109.02	120.41	131.45	106.59
	Varianza	5.43	9.46	2.31	15.66	2.91	376.00
Total	Cuenta	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	
	Suma	768.32	890.86	1118.13	1338.40	1552.20	
	Promedio	85.37	98.98	124.24	148.71	172.47	
	Varianza	25.46	74.09	217.02	814.52	1180.88	

Tabla 96

Tabla ANOVA de dos factores para resistencia a la compresión

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio	F	Sig	Valor crítico para F
			de los cuadrados			
Gradación	12740.28	2	6370.14	855.63	0.000	3.32
% A. Fino	45528.95	4	11382.24	1528.84	0.000	2.69
Interacción	5532.15	8	691.52	92.88	0.000	2.27
Dentro del grupo	223.35	30	7.44	0.00	-	-
Total	64024.72	44	-	-	-	-

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Análisis de la resistencia a la compresión:

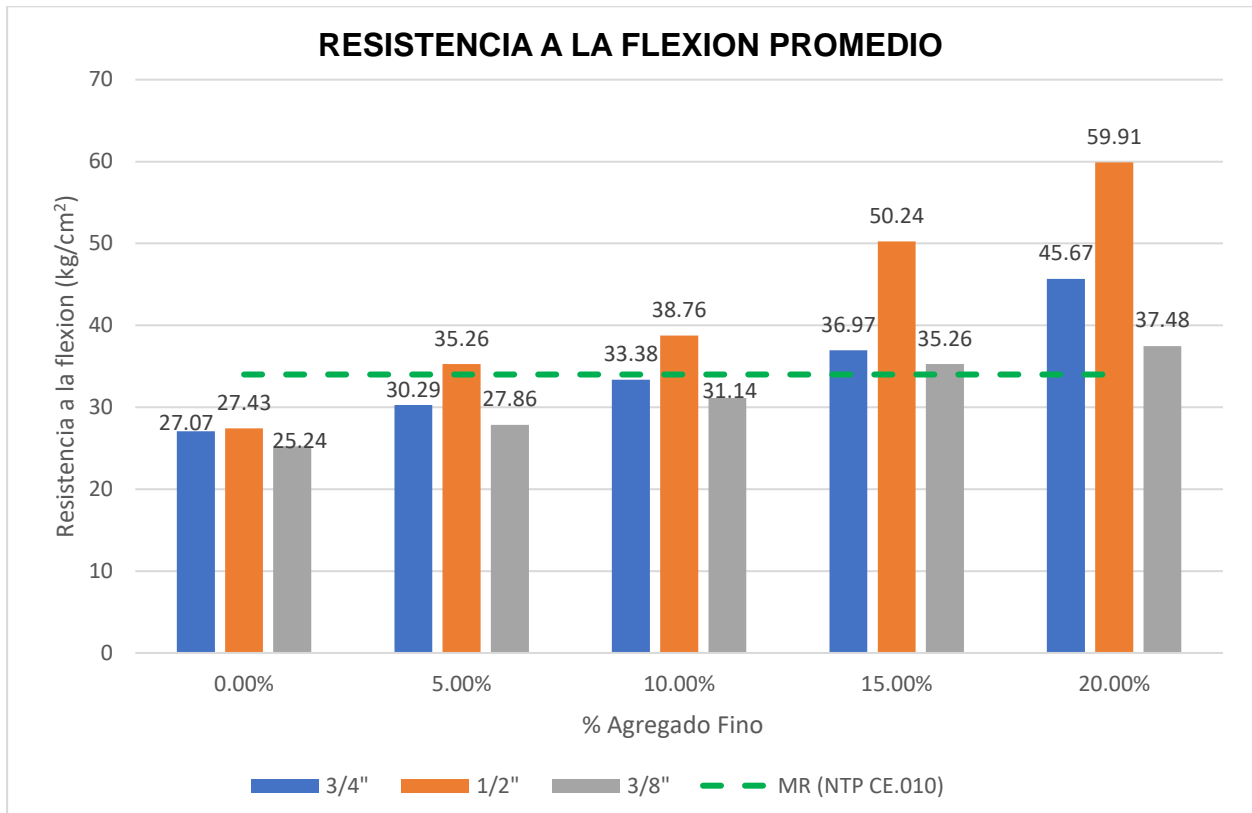
- En la figura 10 se observa que la resistencia a la compresión tiene un comportamiento ascendente conforme aumenta el contenido de agregado fino.
- También se observa que la mayor resistencia se obtiene utilizando agregado de 1/2" con valores aproximados desde el 43.22% al 100.24 % de la resistencia de diseño, seguido por el agregado de 3/4" con valores obtenidos desde el 40.59% al 83.54% de la resistencia de diseño, por último el agregado de 3/8" con cual se obtiene valores desde el 38.15% al 62.60% de la resistencia de diseño.
- Los valores obtenidos para la resistencia a la compresión se encuentran dentro del rango de 28 kg/cm² a 280kg/cm² (2.8MPa a 28 MPa) brindado por la norma ACI-522R para concreto permeable.

Análisis de resistencia a la flexión:

- Como se muestra en la figura 14 la resistencia a la flexión tiene una relación directamente proporcional al contenido de agregado fino. A mayor presencia de agregado fino la resistencia a la flexión será mayor.
- En la figura 23 se observa que la resistencia a la flexión es mayor utilizando agregado grueso de 1/2", seguido por agregado grueso de 3/4" y finalmente agregado grueso de 3/8"; lo cual indica que no hay una relación directa entre el tamaño del agregado y la resistencia a la flexión.
- También se observa que los diseños de mezcla con contenido de 15% y 20% de agregado fino, al igual que los diseños de mezcla de agregado grueso de 1/2" con contenido de 5% y 10% de agregado fino superan el límite mínimo de resistencia a la flexión de 34 kg/cm² para su aplicación en vías urbanas como indica la Norma CE.010 para pavimentos urbanos, no obstante se debe tener en cuenta la resistencia a la compresión para su posible aplicación.

Figura 23

Resistencia a la flexión a los 28 días y límite mínimo vías urbanas.



Nota. MR: resistencia mínima para pavimento rígido aplicado a vías urbanas.

Análisis de permeabilidad:

- En la figura 18 se observa que la permeabilidad tiene una relación inversamente proporcional con el contenido de agregado fino. A mayor presencia de finos la permeabilidad disminuye, esto se debe a que los vacíos se reducen por la presencia de agregado fino.
- También se observa que la permeabilidad es directamente proporcional al tamaño del agregado grueso. Se obtiene mejores resultados de permeabilidad para la gradación de 3/4", seguido por gradación de 1/2" y finalmente gradación de 3/8".
- Los valores obtenidos para la permeabilidad a excepción del diseño de mezcla 15 se encuentran dentro del rango de 0.14 a 1.22 cm/s, establecido por el ACI 522R para concreto permeable. En el caso de diseño de mezcla

15 se obtuvo un valor para la permeabilidad de 0.132 cm/s por debajo del límite mínimo para un concreto permeable.

Relación entre la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión:

- En la figura 19, 20 y 21 se observa que la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión tienen una relación inversamente proporcional con la permeabilidad. Estas disminuyen mientras las características de permeabilidad del concreto aumentan.
- En la figura 22 se observa que la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión tienen una relación directamente proporcional. La resistencia a la flexión tiene una relación promedio del 29% de la resistencia a la compresión.

Contrastación de hipótesis:

- En la tabla 90, 93 y 96 se muestra el análisis de varianza de 2 factores (ANOVA) para la permeabilidad, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión respectivamente, obteniendo como resultados que el valor de significancia es menor al 5% (0.05); por lo cual se acepta la hipótesis alterna o hipótesis del investigador, siendo esta hipótesis: las propiedades físicas de los agregados influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.

Análisis de diseños de mezcla de estudio

- Como se muestra en la tabla 97 las mezclas M5, M9 y M10 cumplen los requerimientos mínimos ($f'c > 175\text{kg/cm}^2$) para su aplicación en pavimentos especiales como veredas, ciclovías y pases peatonales, también superan el módulo de rotura mínimo de 34 kg/cm^2 para su aplicación en vías urbanas (vías locales, vías arteriales y vías colectoras) de acuerdo a la norma CE.010 de pavimentos urbanos.
- Las mezclas M4 y M8 pueden ser empleadas para veredas de bajo tránsito donde la resistencia promedio es de 140kg/cm^2 .
- Las mezclas M3, M7, M13, M14 pueden ser aplicados como sardineles o pisos en áreas verdes donde la resistencia promedio es de 100kg/cm^2 .
- Las mezclas M1, M2, M6, M11 y M12 pueden ser aplicados a pases peatonales circundantes a árboles o jardines, ya que estas mezclas tienen una resistencia superior a 50kg/cm^2 .

- La mezcla M15 no supera el límite mínimo (0.14 cm/s) para permeabilidad brindado por el ACI 522R-10.

Tabla 97

Resumen de las propiedades en diseños de mezcla de estudio.

Diseño de mezcla	Permeabilidad (cm/s)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1	0.834	27.07	85.22
M2	0.623	30.29	95.26
M3	0.424	33.38	121.26
M4	0.291	36.97	141.14
M5	0.198	45.67	175.45
M6	0.734	27.43	90.77
M7	0.566	35.26	109.76
M8	0.397	38.76	142.44
M9	0.225	50.24	184.58
M10	0.154	59.91	210.50
M11	0.383	25.24	80.12
M12	0.291	27.86	91.93
M13	0.221	31.14	109.02
M14	0.205	35.26	120.41
M15	0.132	37.48	131.45

Nota. Valores obtenidos a los 28 días de curado.

CONCLUSIONES

- Se logro realizar el estudio de las propiedades mecánicas del agregado grueso y fino de la cantera LEKERSA, usados para la elaboración de las mezclas de estudio.
- Se determinó que la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión tienen una relación directamente proporcional al contenido de agregado fino.
- Se evaluó la influencia del tamaño del agregado grueso en la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión obteniendo mejores resultados al utilizar agregado con gradación de $\frac{1}{2}$ " , seguido por la gradación de $\frac{3}{4}$ " y por último la gradación de $\frac{3}{8}$ " .
- Se obtuvo la resistencia a la compresión a los 28 días para las 15 mezclas de estudios, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de 28kg/cm^2 a 280kg/cm^2 , brindado por la norma ACI-522R.
- Se determinó que la permeabilidad tiene una relación inversamente proporcional al contenido de agregado fino y directamente proporcional al tamaño del agregado grueso.
- Se determinó que la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión son inversamente proporcional a la permeabilidad.
- Se realizo el análisis de varianza (ANOVA) obteniendo una significancia menor a la 5%, por lo que se concluye que las propiedades físicas de los agregados influyen significativamente en el comportamiento del concreto permeable.
- Se determino que las mezclas M5, M9 y M10 pueden ser utilizadas en pavimentos especiales como ciclovías, veredas y pases peatonales.

RECOMENDACIONES

- Cubrir los especímenes de concreto con una lámina de plástico durante su curado inicial antes de su desmolde para evitar la pérdida de agua en el concreto.
- Verificar el correcto funcionamiento del equipo de permeabilidad durante los ensayos, revisando que no exista fugas entre las uniones del equipo y el espécimen de concreto y la unión entre el espécimen de concreto y el tubo acrílico haciendo uso de abrazaderas jebes y teflón de tal forma evitar cualquier fuga de agua que afecte los resultados de permeabilidad.
- Se recomienda el uso de aditivos que mejoren la resistencia del concreto permeable y evaluar su posible aplicación en pavimentos urbanos.
- Se recomienda el empleo del diseño de mezcla M5 y M9, para su aplicación en ciclovías y veredas.
- Se recomienda el empleo del diseño de mezcla M10 con 20% de agregado fino y gradación de 1/2" para su aplicación en vías urbanas de bajo tránsito que requieran una resistencia a la compresión de 210 kg/cm².
- Se recomienda realizar un estudio hidrológico en la zona de aplicación para determinar la tasa de infiltración necesaria para el pavimento permeable.

REFERENCIAS

- ACI522R-6. (2006). *Pervious Concrete*. American Concrete Institute.
- ACI522R-10. (2010). *Report on Pervious Concrete*.
- ASTM C33 (2018). *Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- ASTM C494 (s.f.) *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*.
- ASTM E11 (s.f.) *U.S.A. STANDARD SIEVES SPECIFICATION Nominal Dimensions, Permissible Variations for Wirecloth of Standard Test Sieves (U.S.A.) Standard Series*.
- Azzout, J.-R., Barraud, S., Cres, F. y Alfakih, E. (1994). *Techniques alternatives en assainissement pluvial*. Paris: Tec et Doc, 372 p.
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación*. 6ª Ed. Caracas: Episteme.
- Barahona Aguiluz, R., Martinez Guerrero, M. y Zelaya Zelaya, S. (2013). *Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de la cantera, el Carmen, Aramuaca y la Pedrera, de la zona oriental de el Salvador, San Miguel*. San Miguel: El Salvador. Recuperado de: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6259/1/50107992.pdf>
- Cardona Maldonado, 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>
- EPA. (1999). *Preliminary data summary of urban storm water* (p. 214). Washington DC.
- Ferguson, B. K. (2005). *Porous Pavements*.
- Jacinto Aquino, J. (2021). *Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo* (Tesis de grado). Chiclayo, Perú.
- Medina Torres, D. (2020). *Influencia de diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable y su aplicación como pavimento rígido, Trujillo 2019*. (Tesis de grado) Trujillo, Perú.

- Meininger, R. C. (1988). *No-Fines Pervious Concrete for Paving*. *Concrete International*. V. 10, Agosto, pp. 20-27.
- Morales Córdova, A. (2018). *Diseño de pavimento rígido permeable $f'c=210$ kg/cm² utilizando agregado de río Huallaga - Jr. Los Andes, Morales - San Martín – 2018*. San Martín, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30719>.
- Neithalath, N.; Weiss, W. J.; and Olek (2008). *Predicting the Permeability of Pervious Concrete (Enhanced Porosity Concrete) from Non-Destructive Electrical Measurements*.
- NTP 400.037 (2018). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos*. Norma Técnica Peruana.
- NTP 339.088 (2014). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Norma Técnica Peruana, 3° edición (revisada el 2019).
- Pérez Gordillo, 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>
- Reyes Lizcano, F., Torres, A. & Grupo CECATA. (2002). *Efecto de las Fibras Plásticas en la Flexión de Estructuras de Pavimentos Drenantes*. Ingeniería de construcción, 17 (2), 93-102. [En línea]. Recuperado de: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/248/pdf>
- Rollings, M. P. and Rollings, R. S. Jr. (1996). *Geotechnical Materials in Construction*, New York: McGraw-Hill.
- Scholz, M. y Grabowiecki, P. (2006). *Review of permeable pavement systems*. *Science Direct*, Building and Environment.

Trujillo López, A. y Quiroz Lasprilla, P. (2013). *Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano* (Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana) Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11174>

Villanueva Quispe, K. (2020). *Influencia de diferentes porcentajes del agregado fino en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, en Trujillo 2020*. (Tesis de grado) Trujillo, Perú.

ANEXOS

Anexo A: Panel fotográfico ensayos de los agregados

Figura 24

Gradaciones del agregado grueso



Nota. Gradación de ¾", gradación de ½" y gradación de 3/8" respectivamente.

Figura 25

Análisis granulométrico agregado fino



Nota. Cuarteo y tamizado de agregado fino

Figura 26

Ensayo de contenido de humedad agregado grueso y fino



Figura 27

Ensayo de peso unitario agregado grueso



Nota. Peso unitario suelto y peso unitario compactado

Figura 28

Ensayo peso unitario agregado fino



Figura 29

Ensayo peso unitario agregado fino



Nota. Lavado, saturacion, secado superficial y peso sumergido del A. grueso.

Figura 30

Ensayo de absorción y peso específico del agregado fino







	
<p>Saturacion de la muestra</p>	<p>Secado de la muestra</p>
	
<p>Cono truncado</p>	<p>Frasco volumetrico + muestra + agua hasta marca 500ml</p>
	
<p>Peso frasco volumetrico + muestra + agua hasta marca 500ml</p>	<p>Muestra secada al horno</p>

Figura 31

Ensayo de abrasión de los ángeles

	
<p>Peso agregado 1/2"</p>	<p>Peso agregado 3/8"</p>
	
<p>Equipo de abrasión de los ángeles</p>	<p>Esferas y muestra en maquina</p>
	
<p>Muestra extraída de máquina de los ángeles</p>	<p>Peso final de muestra</p>

Anexo B: Panel fotográfico de ensayos del concreto permeable.

Figura 32

Preparación de especímenes de concreto permeable

	
<p>Mezclado de concreto</p>	<p>Apisonamiento</p>
	
<p>Enrase de especímenes</p>	<p>Vigas prismáticas</p>
	
<p>Curado inicial de vigas</p>	<p>Probetas cilíndricas</p>
	
<p>Curado de vigas prismáticas</p>	<p>Curado de probetas cilíndricas</p>

Figura 33

Ensayo de resistencia a la flexión



Figura 34

Ensayo de resistencia a la compresión





Figura 35

Ensayo de permeabilidad



Anexo C: Ensayos de los agregados

 UPAO	FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL	ANALISIS GRANULOMETRICO																																																																																											
ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO NTP 400.021 / ASTM C-127																																																																																													
<p><u>Datos generales</u></p> <p>Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO</p> <p>Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres Br. Alex Navarro Chistama</p> <p>Camtera: LEKERSA, El milagro - Trujillo</p> <p>Muestra: M1</p> <p>Fecha: 7/07/2023</p>																																																																																													
<p><u>Datos técnicos</u></p> <table border="1" data-bbox="252 965 1268 1400"> <thead> <tr> <th colspan="7" style="text-align: center;">ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - AGREGADO FINO</th> </tr> <tr> <th>TAMICES</th> <th>ABERTURA</th> <th>PESO</th> <th>RETENIDO</th> <th>RETENIDO</th> <th colspan="2">RETENIDO</th> </tr> <tr> <th>ASTM</th> <th></th> <th>RETENIDO</th> <th>PARCIAL</th> <th>ACUMULADO</th> <th colspan="2">% QUE PASA</th> </tr> <tr> <th>pulg.</th> <th>mm.</th> <th>gr</th> <th>%</th> <th>%</th> <th colspan="2">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.500</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td colspan="2">100.00</td> </tr> <tr> <td>N°4</td> <td>4.750</td> <td>12.60</td> <td>2.52</td> <td>2.52</td> <td colspan="2">97.48</td> </tr> <tr> <td>N°8</td> <td>2.360</td> <td>66.50</td> <td>13.31</td> <td>15.83</td> <td colspan="2">84.17</td> </tr> <tr> <td>N°16</td> <td>1.180</td> <td>91.10</td> <td>18.23</td> <td>34.06</td> <td colspan="2">65.94</td> </tr> <tr> <td>N°30</td> <td>0.600</td> <td>100.00</td> <td>20.01</td> <td>54.07</td> <td colspan="2">45.93</td> </tr> <tr> <td>N°50</td> <td>0.300</td> <td>92.70</td> <td>18.55</td> <td>72.62</td> <td colspan="2">27.38</td> </tr> <tr> <td>N°100</td> <td>0.150</td> <td>111.00</td> <td>22.21</td> <td>94.84</td> <td colspan="2">5.16</td> </tr> <tr> <td>N°200</td> <td>0.075</td> <td>21.00</td> <td>4.20</td> <td>99.04</td> <td colspan="2">0.96</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td>----</td> <td>4.80</td> <td>0.96</td> <td>100.00</td> <td colspan="2">0.00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Muestra (gr) 500.00</p> <p>Muestra Perdida (gr) 0.30</p> <p>TM 3/8"</p> <p>TM N N°4</p> <p>Módulo de Finura 2.74</p>			ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - AGREGADO FINO							TAMICES	ABERTURA	PESO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO		ASTM		RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	% QUE PASA		pulg.	mm.	gr	%	%	%		3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		N°4	4.750	12.60	2.52	2.52	97.48		N°8	2.360	66.50	13.31	15.83	84.17		N°16	1.180	91.10	18.23	34.06	65.94		N°30	0.600	100.00	20.01	54.07	45.93		N°50	0.300	92.70	18.55	72.62	27.38		N°100	0.150	111.00	22.21	94.84	5.16		N°200	0.075	21.00	4.20	99.04	0.96		Fondo	----	4.80	0.96	100.00	0.00	
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - AGREGADO FINO																																																																																													
TAMICES	ABERTURA	PESO	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO																																																																																								
ASTM		RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	% QUE PASA																																																																																								
pulg.	mm.	gr	%	%	%																																																																																								
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																																								
N°4	4.750	12.60	2.52	2.52	97.48																																																																																								
N°8	2.360	66.50	13.31	15.83	84.17																																																																																								
N°16	1.180	91.10	18.23	34.06	65.94																																																																																								
N°30	0.600	100.00	20.01	54.07	45.93																																																																																								
N°50	0.300	92.70	18.55	72.62	27.38																																																																																								
N°100	0.150	111.00	22.21	94.84	5.16																																																																																								
N°200	0.075	21.00	4.20	99.04	0.96																																																																																								
Fondo	----	4.80	0.96	100.00	0.00																																																																																								
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO																																																																																													
<p><u>Coordinador de laboratorio:</u></p> <p>Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel</p>																																																																																													



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam terna: LEKERSA, El milagro - Trujillo

M uestra: M2

Fecha: 7/ 07/ 2023

D atos tecnicos

Table with 6 columns: TAM ICES ASTM, ABERTURA, PESO RETENIDO, RETENIDO PARCIAL, RETENIDO ACUMULADO, % QUE PASA. Includes data for various sieve sizes and a summary section for sample weight and loss.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Co rdinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon , Luis M iguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS GRANULOMETRICO

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO
Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres, Br. Alex Navarro Chistama
Cam terna: LEKERSA, El milagro - Trujillo
M uestra: M3
Fecha: 7/07/2023

D atos tecnicos

Table with 6 columns: TAM ICES ASTM, ABERTURA, PESO RETENIDO, RETENIDO PARCIAL, RETENIDO ACUMULADO, % QUE PASA. Includes data for various sieve sizes and a summary row for 'Fondo'.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Co rdinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 399.185 / ASTM C-566

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam era: LEKERSA, El milagro - Trujillo Fecha 11/07/2023

Datos tecnicos

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO GRADACIÓN DE 3/4"

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows A-G showing moisture content data for 3/4 inch aggregate.

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO GRADACIÓN DE 1/2"

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows A-G showing moisture content data for 1/2 inch aggregate.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Cordinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon , Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP 399.185 / ASTM C-566

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam t era: LEKERSA, El milagro - Trujillo Fecha 12/ 07/ 2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
GRADACIÓN DE 3/8"

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include: A Peso de tara, B Peso tara + Muestra húmeda, C Peso tara + Muestra seca, D Peso del agua (B- C), E Peso de la muestra seca (A- C), F Contenido de Humedad ((D/ E)*100), G Contenido de Humedad promedio.

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include: A Peso de tara, B Peso tara + Muestra húmeda, C Peso tara + Muestra seca, D Peso del agua (B- C), E Peso de la muestra seca (A- C), F Contenido de Humedad ((D/ E)*100), G Contenido de Humedad promedio.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

N om bre : Ing. Soto Leon , LuisM iguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO UNITARIO

ENSAYO PESO UNITARIO

NTP 400.017 / ASTM C-29

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Camtera: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 12/ 07/ 2023

Datos técnicos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO 3/4"

Table with 7 columns: ID, DESCRIPCIÓN, UND, 1, 2, 3, Prom. Rows include: A Peso del molde, B Peso del molde + Agregado compactado, C Peso del Agregado compactado, D Peso unitario compactado, E Peso del molde + Agregado suelto, F Peso del Agregado suelto, G Peso unitario suelto.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon , Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO UNITARIO

ENSAYO PESO UNITARIO

NTP 400.017 / ASTM C-29

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Camtera: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 12/ 07/ 2023

Datos técnicos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO 1/2"

Table with 7 columns: ID, DESCRIPCIÓN, UND, 1, 2, 3, Prom. Rows include measurements for mold weight, compacted aggregate, loose aggregate, and unit weight calculations.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon , Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO UNITARIO

ENSAYO PESO UNITARIO

NTP 400.017 / ASTM C-29

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Camtera: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 12/07/2023

Datos técnicos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO 3/8"

Table with 7 columns: ID, DESCRIPCIÓN, UND, 1, 2, 3, Prom. Rows include: A Peso del molde, B Peso del molde + Agregado compactado, C Peso del Agregado compactado, D Peso unitario compactado, E Peso del molde + Agregado suelto, F Peso del Agregado suelto, G Peso unitario suelto.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO UNITARIO

ENSAYO PESO UNITARIO

NTP 400.017 / ASTM C-29

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam era: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 13/ 07/ 2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO

Table with 7 columns: ID, DESCRIPCIÓN, UND, 1, 2, 3, Prom. Rows include measurements for mold weight, compacted aggregate, loose aggregate, and unit weight calculations.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre : Ing. Soto Leon , Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECIFICO

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres

Br. Alex Navarro Chistama

Camtera: LEKERSA, El Milagro - Trujillo

Fecha: 18/07/2023

Datos técnicos

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - GRADACIÓN 3/4"

ID	Descripción	Und.	1	2	3	Prom
A	Peso saturado superficialmente seco de la muestra al aire	gr	3306.10	3016.00	3351.30	-
B	Peso saturado superficialmente seco de la muestra en agua	gr	2078.70	1903.50	2108.20	-
C	Volumen de masa + volumen de vacíos; $C = A - B$	gr	1227.40	1112.50	1243.10	-
D	Peso seco de la muestra	gr	3285.10	2999.10	3331.20	-
E	Volumen de masa; $E = C - (A - D)$	cm ³	1206.40	1095.60	1223.00	-
F	Peso específico (Base seca) $F = D / C$	gr/cm ³	2.68	2.70	2.68	2.69
G	Peso específico (Base saturada) $G = A / C$	gr/cm ³	2.69	2.71	2.70	2.70
H	Peso específico aparente (Base seca); $H = D / E$	gr/cm ³	2.72	2.74	2.72	2.73
I	Absorción $K = (A - D / D) * 100$	%	0.64	0.56	0.60	0.60

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECIFICO

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam tera: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 18/07/2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - GRADACIÓN 1/2"

Table with 7 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3, Prom. Rows include A (Peso saturado superficialmente seco de la muestra al aire), B (Peso saturado superficialmente seco de la muestra en agua), C (Volumen de masa + volumen de vacíos; C = A - B), D (Peso seco de la muestra), E (Volumen de masa; E = C - (A - D)), F (Peso específico (Base seca) F = D / C), G (Peso específico (Base saturada) G = A / C), H (Peso específico aparente (Base seca); H = D / E), I (Absorción K = (A - D / D) * 100).

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

N om bre : Ing. Soto Leon, Luis M iguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECIFICO

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.021 / ASTM C-127

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam terna: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 18/07/2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO - GRADACIÓN 3/8"

Table with 7 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3, Prom. Rows include A (Peso saturado superficialmente seco), B (Peso saturado superficialmente seco en agua), C (Volumen de masa + volumen de vacíos), D (Peso seco), E (Volumen de masa), F (Peso específico Base seca), G (Peso específico Base saturada), H (Peso específico aparente Base seca), I (Absorción).

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PESO ESPECIFICO

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

NTP 400.022 / ASTM C-128

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam era: LEKERSA, El milagro - Trujillo

Fecha: 19/ 07/ 2023

D atos tecnicos

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

Table with 7 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3, Prom. Rows include A (Peso saturado superficialmente seco), B (Peso de la fiola + agua hasta marca de 500ml), C (Peso saturado superficialmente seco de la muestra + peso de la fiola + agua), D (Peso de la fiola + Peso saturado superficialmente seco + agua hasta marca de 500ml), E (Volumen de masa + volumen de vacío), F (Peso seco de la muestra), G (Volumen de masa), H (Peso específico (Base seca)), I (Peso específico (Base saturada)), J (Peso específico aparente (Base seca)), K (Absorción).

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

ABRASION DE LOS ANGELES

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES

NTP 400.019 / ASTM C-131

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Cam terna: LEKERSA, El milagro - Trujillo Fecha: 19/07/2023

D atos tecnicos

Table with 5 columns: Gradacion, A, B, C, D. Rows include Tam año del Tam iz, Pasa, Retiene, Cantidad de M aterial (gr), Total, Num ero de esferas, and Num ero de revoluciones.

Table with 4 columns: ID, Descripción, U nd., M uestra. Rows include A, B, C, D, and E (D esgaste a la abrasion de los angeles).



LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

C ordinador de laboratorio:

N om bre : Ing. Soto Leon, Luis M iguel



Anexo D: Ensayos del concreto permeable

 UPAO	FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 / ASTM C-39				
<u>Datos generales</u>					
Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.					
Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres Br. Alex Navarro Chistama					
<u>Datos técnicos</u>					
Fecha Elaboración: 22/ 08/ 2023 Fecha Rotura: 19/ 09/ 2023					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS					
Gradación: 3/4" % A. Fino: 20%					
ID	Descripción	Und.	1	2	3
A	Diámetro 1	mm	101.17	101.62	101.28
B	Diámetro 2	mm	101.38	101.82	101.72
C	Diámetro promedio ((A+B)/ 2)	mm	101.28	101.72	101.50
D	Altura	mm	200.00	200.00	200.00
E	Carga de aplicación	kg	14200.00	14235.00	14150.00
F	Área de contacto	cm ²	80.56	81.26	80.91
G	Resistencia (E/ F)	kg/ cm ²	176.27	175.18	174.89
H	Resistencia Promedio	kg/ cm ²	175.45		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS					
Gradación: 1/2" % A. Fino: 20%					
ID	Descripción	Und.	1	2	3
A	Diámetro 1	mm	101.51	101.64	101.21
B	Diámetro 2	mm	101.57	101.39	101.18
C	Diámetro promedio ((A+B)/ 2)	mm	101.54	101.52	101.20
D	Altura	mm	200.00	200.00	200.00
E	Carga de aplicación	kg	17098.00	16714.00	17200.00
F	Área de contacto	cm ²	80.98	80.94	80.43
G	Resistencia (E/ F)	kg/ cm ²	211.14	206.50	213.85
H	Resistencia Promedio	kg/ cm ²	210.50		
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO					
Coordinador de laboratorio:					
Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel					



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 22/08/2023
Fecha Rotura: 19/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, contact area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

D atos tecnicos

Fecha Elaboracion: 22/ 08/ 2023
Fecha Rotura: 19/ 09/ 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación (3/4"), % A. Fino (15%), ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, area, and resistance values.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación (1/2"), % A. Fino (15%), ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 22/08/2023
Fecha Rotura: 19/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, contact area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel



**UPAO****FACULTAD DE INGENIERIA**

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales**Proyecto:** INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.**Autores:** Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro ChistamaDatos técnicos**Fecha Elaboración:** 23/08/2023
Fecha Rotura: 20/09/2023**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS**

Gradación:		3/4"	% A. Fino:		10%
ID	Descripción	Und.	1	2	3
A	Diámetro 1	mm	100.00	100.00	100.00
B	Diámetro 2	mm	100.00	100.00	100.00
C	Diámetro promedio ((A+B)/2)	mm	100.00	100.00	100.00
D	Altura	mm	200.00	200.00	200.00
E	Carga de aplicación	kg	9712.00	9358.00	9500.00
F	Área de contacto	cm ²	78.54	78.54	78.54
G	Resistencia (E/F)	kg/cm ²	123.66	119.15	120.96
H	Resistencia Promedio	kg/cm ²	121.26		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS

Gradación:		1/2"	% A. Fino:		10%
ID	Descripción	Und.	1	2	3
A	Diámetro 1	mm	100.80	101.60	100.30
B	Diámetro 2	mm	101.20	101.30	101.56
C	Diámetro promedio ((A+B)/2)	mm	101.00	101.45	100.93
D	Altura	mm	200.00	200.00	200.00
E	Carga de aplicación	kg	11551.00	11489.00	11261.00
F	Área de contacto	cm ²	80.12	80.83	80.01
G	Resistencia (E/F)	kg/cm ²	144.17	142.14	140.74
H	Resistencia Promedio	kg/cm ²	142.35		

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLOCoordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 23/08/2023
Fecha Rotura: 20/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include Gradación (3/8"), % A.Fino (10%), and various test parameters like Diámetro, Altura, Carga, Área, and Resistencia.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 23/08/2023
Fecha Rotura: 20/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación (3/4"), % A. Fino (5%), ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include Diámetro 1, Diámetro 2, Diámetro promedio, Altura, Carga de aplicación, Área de contacto, Resistencia (E/F), and Resistencia Promedio.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación (1/2"), % A. Fino (5%), ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include Diámetro 1, Diámetro 2, Diámetro promedio, Altura, Carga de aplicación, Área de contacto, Resistencia (E/F), and Resistencia Promedio.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 23/08/2023
Fecha Rotura: 20/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: Gradación, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

D atos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: B r. Italo Miguel Amaya Torres
B r. Alex Navarro Chistama

D atos tecnicos

Fecha Elaboracion: 25/ 08/ 2023
Fecha Rotura: 22/ 09/ 2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Row 1: Gradación: 3/4", % A. Fino: 0%. Row 2: ID A, Descripción Diámetro 1, Und. mm, 100.73, 100.79, 101.08.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Row 1: Gradación: 1/2", % A. Fino: 0%. Row 2: ID A, Descripción Diámetro 1, Und. mm, 100.73, 100.15, 101.30.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034 / ASTM C-39

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha Elaboración: 25/08/2023
Fecha Rotura: 22/09/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS

Table with 6 columns: ID, Descripción, Und., 1, 2, 3. Rows include diameter, height, load, contact area, and resistance values.

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO - TRUJILLO

Coordinador de laboratorio:

Nombre: Ing. Soto Leon, Luis Miguel





UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboración : 22/08/2023

Fecha de ensayo: 19/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom cm/s	k medio cm/s
PA204	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	273.00	0.194		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	268.00	0.198	0.196	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	271.00	0.196		
PA205	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	261.00	0.203		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	258.00	0.206	0.203	0.198
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	265.00	0.200		
PA206	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	270.00	0.197		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	275.00	0.193	0.196	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	269.00	0.197		

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom cm/s	k medio cm/s
PA154	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	175.00	0.303		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	180.00	0.295	0.297	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	182.00	0.292		
PA155	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	180.00	0.295		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	175.00	0.303	0.298	0.291
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	179.00	0.297		
PA156	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	189.00	0.281		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	190.00	0.279	0.277	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	195.00	0.272		

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

ING. LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL
ING. CIVIL
R. CIP. 76295



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboración : 23/08/2023
Fecha de ensayo: 20/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PA104	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	112.00	0.472		
	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	117.00	0.451	0.451	
	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	123.00	0.429		
PA105	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	128.00	0.413		
	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	120.00	0.440	0.423	0.424
	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	127.00	0.416		
PA106	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	132.00	0.400		
	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	130.00	0.406	0.398	
	15.00	10.00	78.54	81.71	29.50	1.00	136.00	0.388		

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PA54	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	86.00	0.617		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	81.00	0.655	0.645	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	80.00	0.663		
PA55	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	82.00	0.647		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	86.00	0.617	0.635	0.623
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	83.00	0.639		
PA56	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	88.00	0.603		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	92.00	0.577	0.590	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	90.00	0.590		

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

Mg. LUCIO MEDINA CARBAJAL
ING CIVIL
R CIP 76395



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboracion : 25/08/2023

Fecha de ensayo: 22/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PA04	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	65.00	0.817		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	63.00	0.842	0.829	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	64.00	0.829		
PA05	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	67.00	0.792		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	61.00	0.870	0.839	0.834
PA06	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	62.00	0.856		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	64.00	0.829		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	63.00	0.842	0.834	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	64.00	0.829		

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

Mg. LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
ING CIVIL
R. CIP. 74.35



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI 522R-10

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos tecnicos

Fecha de elaboracion : 22/08/2023
Fecha de ensayo: 19/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Table with 12 columns: Item, L, D, Ap, At, h1, h2, t, k, k prom, k medio. Rows include items PB204, PB205, and PB206 with multiple test results.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Table with 12 columns: Item, L, D, Ap, At, h1, h2, t, k, k prom, k medio. Rows include items PB154, PB155, and PB156 with multiple test results.

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

Handwritten signature and stamp: Ing. Lucio S. Medina Carbajal, Ing. Civil, R. G.P. 76395



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboracion : 23/08/2023

Fecha de ensayo: 20/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PB104	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	120.00	0.434		
	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	125.00	0.416	0.416	
	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	131.00	0.397		
PB105	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	136.00	0.390		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	128.00	0.415	0.399	0.397
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	135.00	0.393		
PB106	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	140.00	0.379		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	138.00	0.385	0.377	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	144.00	0.369		

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PB54	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	94.00	0.554		
	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	89.00	0.585	0.576	
	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	88.00	0.591		
PB55	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	90.00	0.578		
	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	94.00	0.554	0.568	0.566
	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	91.00	0.572		
PB56	15.00	9.90	76.98	81.71	30.00	1.00	96.00	0.564		
	15.00	9.90	76.98	81.71	30.00	1.00	100.00	0.542	0.553	
	15.00	9.90	76.98	81.71	30.00	1.00	98.00	0.553		

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal


 Mg. LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
 ING. CIVIL
 R. O.P. 76095



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos tecnicos

Fecha de elaboracion : 25/08/2023

Fecha de ensayo: 22/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PB04	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	75.00	0.708		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	71.00	0.748	0.731	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	72.00	0.737		
PB05	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	75.00	0.708		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	69.00	0.769	0.745	0.734
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	70.00	0.758		
PB06	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	72.00	0.723		
	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	71.00	0.733	0.726	
	15.00	10.10	80.12	81.71	30.00	1.00	72.00	0.723		

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal



 Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal
 ING CIVIL
 N. CIP. 70005



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI 522R-10

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboracion : 22/08/2023
Fecha de ensayo: 19/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PC204	15.00	10.05	79.33	82.52	30.00	1.00	395.00	0.134		
	15.00	10.05	79.33	82.52	30.00	1.00	393.00	0.135	0.134	
	15.00	10.05	79.33	82.52	30.00	1.00	397.00	0.134		
PC205	15.00	10.10	80.12	83.32	30.00	1.00	395.00	0.134		
	15.00	10.10	80.12	83.32	30.00	1.00	398.00	0.133	0.133	0.132
PC206	15.00	10.10	80.12	83.32	30.00	1.00	400.00	0.133		
	15.00	10.40	84.95	88.25	30.00	1.00	410.00	0.129		
	15.00	10.40	84.95	88.25	30.00	1.00	413.00	0.128	0.128	
	15.00	10.40	84.95	88.25	30.00	1.00	415.00	0.128		

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PC154	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	300.00	0.21		
	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	305.00	0.20	0.205	
	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	307.00	0.20		
PC155	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	310.00	0.20		
	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	315.00	0.20	0.200	0.205
PC156	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	312.00	0.20		
	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	297.00	0.21		
	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	298.00	0.21	0.210	
	20.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.50	294.00	0.21		

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

ING. LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL
ING CIVIL
R. CIP. 76035



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboración : 23/08/2023
Fecha de ensayo: 20/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom cm/s	k medio cm/s
PC104	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	243.00	0.218		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	237.00	0.224	0.223	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	235.00	0.226		
PC105	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	250.00	0.212		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	242.00	0.219	0.215	0.221
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	248.00	0.214		
PC106	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	235.00	0.226		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	238.00	0.223	0.224	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	239.00	0.222		

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom cm/s	k medio cm/s
PC54	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	180.00	0.295		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	175.00	0.303	0.295	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	185.00	0.287		
PC55	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	177.00	0.300		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	175.00	0.303	0.302	0.291
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	176.00	0.302		
PC56	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	192.00	0.276		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	190.00	0.279	0.276	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	195.00	0.272		

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal



 Ing. LUCIO MEDINA CARBAJAL
 ING CIVIL
 R CIP. 76895



UPAO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL

PERMEABILIDAD

ENSAYO DE PERMEABILIDAD - CARGA VARIABLE

ACI-522R

Datos generales

Proyecto: INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022.

Autores: Br. Italo Miguel Amaya Torres
Br. Alex Navarro Chistama

Datos técnicos

Fecha de elaboración : 25/08/2023

Fecha de ensayo: 22/09/2023

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Item	L cm	D cm	Ap cm ²	At cm ²	h1 cm	h2 cm	t s	k cm/s	k prom	k medio
PC04	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	138.00	0.385		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	133.00	0.399	0.392	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	135.00	0.393		
PC05	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	141.00	0.376		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	140.00	0.379	0.381	0.383
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	137.00	0.387		
PC06	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	144.00	0.369		
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	136.00	0.390	0.376	
	15.00	10.00	78.54	81.71	30.00	1.00	144.00	0.369		

LABORATORIO DE PAVIMENTOS, ESTRUCTURAS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO - UPAO TRUJILLO

Asesor:

Nombre : Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal

.....
 Ing. LUCIO S. MEDINA CARBAJAL
 ING. CIVIL
 R. CIP. 76095

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACION, TRUJILLO 2022."
SOLICITANTE : Br. AMAYA TORRES, ITALO MIGUEL, Br. NAVARRO CHISTAMA, ALEX
UBICACION : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
EMISION DE INFORME : AGOSTO DE 2023

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DE PROBETAS PRISMATICAS DE CONCRETO

PROBETA PRISMÁTICA		Diseño R. Compresión Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos cm	Carga			Resistencia M _r Kg/cm ²
Nº	Elemento		Elaboración	Rotura						KN	Kgs.	Lbs.	
01	V.A. Piedra de 3/4" 001	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	19.05	1942.53	4282.54	25.90
02	V.A. Piedra de 3/4" 002	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	20.95	2136.27	4709.67	28.48
03	V.A. Piedra de 3/4" 003	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	19.73	2011.87	4435.41	26.82
04	V.A. Piedra de 3/4" 051	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	22.93	2338.17	5154.79	31.18
05	V.A. Piedra de 3/4" 052	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	21.74	2216.83	4887.27	29.56
06	V.A. Piedra de 3/4" 053	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	22.16	2259.66	4981.69	30.13
07	V.A. Piedra de 3/4" 101	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	23.77	2423.83	5343.62	32.32
08	V.A. Piedra de 3/4" 102	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	24.34	2481.95	5471.76	33.09
09	V.A. Piedra de 3/4" 103	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	25.55	2605.33	5743.78	34.74
010	V.A. Piedra de 3/4" 151	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	27.24	2777.66	6123.70	37.04
011	V.A. Piedra de 3/4" 152	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	26.63	2715.46	5986.57	36.21
012	V.A. Piedra de 3/4" 153	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	27.70	2824.62	6227.22	37.66

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.
El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el modulo de rotura:

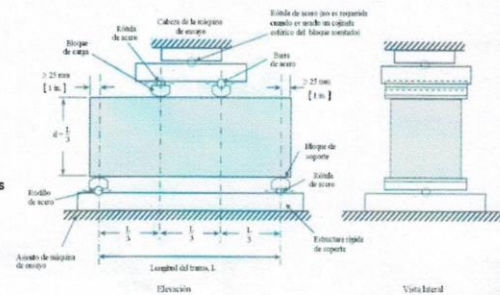
$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

M_r : es el módulo de rotura, en Kg/cm².
P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg
L : Es la luz libre entre apoyos, en mm
b : Es el ancho promedio de la viga, en cm
h : Es la altura promedio de la viga, en cm.
NOTA 2. El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)
CAPACIDAD: 100 000 Kg.
CERTIFICADO DE CALIBRACION: 1378/20 (12-12-2022)
LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS



Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Teléf.: 044 - 615690 - Cel.: 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

OBRA : "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022."
SOLICITANTE : Br. AMAYA TORRES, ITALO MIGUEL, Br. NAVARRO CHISTAMA, ALEX
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME : AGOSTO DE 2023

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO

PROBETA PRISMÁTICA	Diseño R.	Compresión Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos cm	Carga			Resistencia Mr Kg/cm ²
			Elaboración	Rotura						KN	Kgs.	Lbs.	
01	V.A. Piedra de 34" 201	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	35.79	3649.51	8045.78	48.66
02	V.A. Piedra de 34" 202	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	33.53	3419.05	7537.72	45.59
03	V.A. Piedra de 34" 203	210 Kg/cm ²	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	31.46	3207.98	7072.38	42.77
04	V.B. Piedra de 1/2" 001	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	18.37	1873.19	4129.67	24.98
05	V.B. Piedra de 1/2" 002	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	22.85	2330.01	5136.80	31.07
06	V.B. Piedra de 1/2" 003	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	19.31	1969.04	4340.99	26.25
07	V.B. Piedra de 1/2" 051	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	25.96	2647.14	5835.95	35.30
08	V.B. Piedra de 1/2" 052	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	26.21	2672.63	5892.15	35.64
09	V.B. Piedra de 1/2" 053	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	25.63	2613.49	5761.76	34.85
010	V.B. Piedra de 1/2" 101	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	31.18	3179.42	7009.43	42.39
011	V.B. Piedra de 1/2" 102	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	28.18	2873.51	6335.02	38.31
012	V.B. Piedra de 1/2" 103	210 Kg/cm ²	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	26.18	2669.57	5885.40	35.59

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.
El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el modulo de rotura:

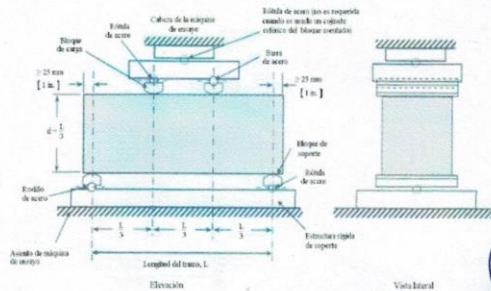
$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr : es el módulo de rotura, en Kg/cm².
P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg
L : Es la luz libre entre apoyos, en mm
b : Es el ancho promedio de la viga, en cm
h : Es la altura promedio de la viga, en cm.
NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MÁQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 20002021)
CAPACIDAD: 500 000 kgf.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (12-12-2022)
LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
GERENTE GENERAL

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Teléf.: 044 - 615690 - Cel.: 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com

Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

OBRA : "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022."
SOLICITANTE : Br. AMAYA TORRES, ITALO MIGUEL, Br. NAVARRO CHISTAMA, ALEX
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME : AGOSTO DE 2023

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO

PROBETA PRISMÁTICA	Diseño R. CompresiónK g/cm2	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos cm	Carga			Resistencia Mr Kg/cm2	
		Elaboración	Rotura						KN	Kgs.	Lbs.		
01	V.B. Piedra de 1/2" 151	210 Kg/cm2	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	38.33	3908.51	8616.79	52.11
02	V.B. Piedra de 1/2" 152	210 Kg/cm2	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	36.17	3688.25	8131.21	49.18
03	V.B. Piedra de 1/2" 153	210 Kg/cm2	18/07/2023	15/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	36.35	3706.61	8171.68	49.42
04	V.B. Piedra de 1/2" 201	210 Kg/cm2	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	44.18	4505.03	9931.90	60.07
05	V.B. Piedra de 1/2" 202	210 Kg/cm2	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	44.38	4525.43	9976.86	60.34
06	V.B. Piedra de 1/2" 203	210 Kg/cm2	21/07/2023	18/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	43.64	4449.97	9810.51	59.33
07	V.C. Piedra de 3/8" 001	210 Kg/cm2	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	18.72	1908.88	4208.36	25.45
08	V.C. Piedra de 3/8" 002	210 Kg/cm2	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	18.09	1844.64	4066.73	24.60
09	V.C. Piedra de 3/8" 003	210 Kg/cm2	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	18.87	1924.17	4242.08	25.66
010	V.C. Piedra de 3/8" 051	210 Kg/cm2	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	21.12	2153.61	4747.89	28.71
011	V.C. Piedra de 3/8" 052	210 Kg/cm2	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	19.83	2022.07	4457.89	26.96
012	V.C. Piedra de 3/8" 053	210 Kg/cm2	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	20.52	2092.42	4613.01	27.90

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión. El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr : es el módulo de rotura, en Kg/cm²
P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L : Es la luz libre entre apoyos, en mm

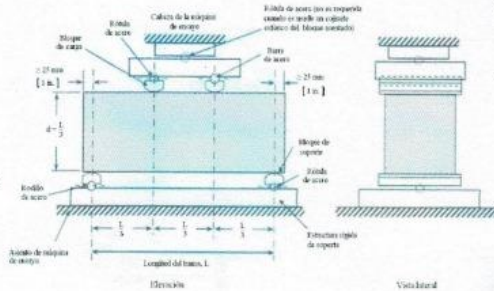
b : Es el ancho promedio de la viga, en cm

h : Es la altura promedio de la viga, en cm.

NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MÁQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 20002021)
CAPACIDAD: 300 000 Kg.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (12-12-2022)
LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS



(Firma manuscrita)

Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
GERENTE GENERAL

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Teléf.: 044 - 615690 - Cel.: 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078 / MTC E 709

OBRA : "INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO PERMEABLE PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN, TRUJILLO 2022."
SOLICITANTE : BR. AMAYA TORRES, ITALO MIGUEL, BR. NAVARRO CHISTAMA, ALEX
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME : AGOSTO DE 2023

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO

PROBETA PRISMÁTICA	Diseño R. Compresión Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos cm	Carga			Resistencia Mr Kg/cm ²	
		Elaboración	Rotura						KN	Kgs.	Lbs.		
01	V.C. Piedra de 3/8" 101	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	23.33	2378.96	5244.71	31.72
02	V.C. Piedra de 3/8" 102	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	22.86	2331.03	5139.05	31.08
03	V.C. Piedra de 3/8" 103	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	22.52	2296.36	5062.62	30.62
04	V.C. Piedra de 3/8" 151	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	25.67	2617.57	5770.75	34.90
05	V.C. Piedra de 3/8" 152	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	26.02	2653.26	5849.44	35.38
06	V.C. Piedra de 3/8" 153	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	26.11	2662.44	5869.67	35.50
07	V.C. Piedra de 3/8" 201	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	28.25	2880.65	6350.75	38.41
08	V.C. Piedra de 3/8" 202	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	27.91	2845.98	6274.32	37.95
09	V.C. Piedra de 3/8" 203	210 Kg/cm ²	25/07/2023	22/08/2023	28	52.00	15.00	15.00	45.00	26.54	2706.28	5966.33	36.08

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.
El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

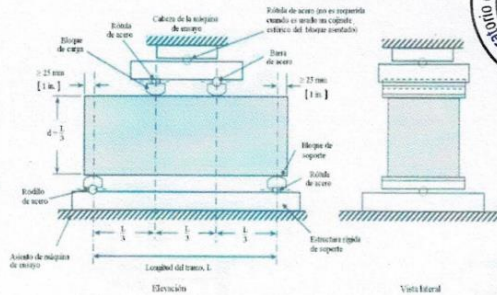
$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr : es el módulo de rotura, en Kg/cm².
P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg
L : Es la luz libre entre apoyos, en mm
b : Es el ancho promedio de la viga, en cm
h : Es la altura promedio de la viga, en cm.
NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)
CAPACIDAD: 100 000 Kgf.
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (-12-2022)
LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Jr. Los Diamantes 365 Dpto. 101 Urb. Santa Inés - Trujillo
Teléf.: 044 - 615690 - Cel.: 971492979 / 973994030
consultoriageotecniajvc@gmail.com