



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**T E S I S**

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y  
PERMEABILIDAD PARA UN CONCRETO POROSO  
DE  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  CON ADITIVO,  
MOQUEGUA 2019**

**PRESENTADA POR**

**BACHILLER ISAIAS YIYE SANTOS ROMERO QUISPE**

**ASESOR:**

**MGR. FABRIZIO DEL CARPIO DELGADO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2022**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
Página de jurado .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Contenido.....	iv
CONTENIDO DE TABLAS.....	viii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xii
CONTENIDO DE ECUACIONES.....	xiv
CONTENIDO DE APÉNDICES.....	xv
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	xix

**CAPÍTULO I**  
**PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

	<b>Pág.</b>
1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2. Definición del problema .....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problema específico .....	4
1.3. Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación .....	5
1.5. Alcances y limitaciones .....	6
1.5.1. Alcances .....	6
1.5.2. Limitaciones .....	7
1.6. Variables .....	8
1.6.1. Operacionalización de variables.....	9
1.7. Hipótesis de la investigación .....	9
1.7.1. Hipótesis general .....	9
1.7.2. Hipótesis específicas .....	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

	<b>Pág.</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	10
2.2. Bases teóricas .....	20
2.3. Definición de términos.....	34

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

	<b>Pag.</b>
3.1. Tipo de investigación .....	37
3.2. Diseño de la investigación .....	38
3.3. Población y muestra.....	38
3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos .....	42

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

	<b>Pág.</b>
4.1. Presentación de resultados .....	46
4.2. Contrastación de hipótesis .....	81
4.3. Discusión de resultados.....	118

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	<b>Pág.</b>
5.1. Conclusiones .....	120
5.2. Recomendaciones .....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
APÉNDICES.....	131
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	191
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	192

## CONTENIDO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Operacionalización de variables en la investigación .....	9
Tabla 2 Propiedades típicas del concreto poroso .....	26
Tabla 3 Probetas o testigos de concreto con 0% de aditivo plastificante.....	40
Tabla 4 Probetas de concreto con 0,5 % de aditivo plastificante.....	40
Tabla 5 Probetas de concreto con 1,0 % de aditivo plastificante.....	40
Tabla 6 Probetas de concreto con 1,5 % de aditivo plastificante.....	41
Tabla 7 Probetas de concreto con 2,0 % de aditivo plastificante.....	41
Tabla 8 Cuadro de resumen de probetas .....	41
Tabla 9 Probetas para ensayo de permeabilidad a los 28 días de curado.....	41
Tabla 10 Peso del material retenido en los tamices .....	47
Tabla 11 Resumen de resultados - A. Grueso .....	48
Tabla 12 Peso del material retenido en los tamices .....	49
Tabla 13 Resumen de resultado - A. Fino.....	50
Tabla 14 Resultados de la resistencia a compresión SF-0.0 .....	51
Tabla 15 Resultados de la resistencia a compresión SF-0,5 .....	53
Tabla 16 Resultados de la resistencia a compresión SF-1.0 .....	55
Tabla 17 Resultados de la resistencia a compresión SF-1.5 .....	57
Tabla 18 Resultados de la resistencia a compresión SF-2.0 .....	60
Tabla 19 Resultados de la resistencia a compresión CF-0.0.....	64
Tabla 20 Resultados de la resistencia a compresión CF-0.5.....	66
Tabla 21 Resultados de la resistencia a compresión CF-1.0.....	69
Tabla 22 Resultados de la resistencia a compresión CF-1.5.....	71

Tabla 23 Resultados de la resistencia a compresión CF-2.0.....	73
Tabla 24 Resultados coeficiente de permeabilidad del diseño 1.....	77
Tabla 25 Resultados coeficiente de permeabilidad, diseño 2 .....	79
Tabla 26 Prueba de Normalidad diseño sin agregado fino – tres días de curado..	81
Tabla 27 Prueba de Normalidad diseño sin agregado fino – 14 días de curado. ..	82
Tabla 28 Prueba de Normalidad diseño sin agregado fino – 28 días de curado. ..	83
Tabla 29 Estadístico de los resultados a tres días de curado diseño sin agregado fino. .....	84
Tabla 30 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a tres días de curado. ....	85
Tabla 31 Prueba de correlación - resistencia a la compresión a tres días de curado. .....	86
Tabla 32 Estadístico de los resultados a 14 días de curado diseño sin agregado fino. .....	87
Tabla 33 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 14 días de curado.....	89
Tabla 34 Prueba de correlación - resistencia a la compresión de 14 días de curado. .....	90
Tabla 35 Estadístico de los resultados a 28 días de curado diseño sin agregado fino. .....	91
Tabla 36 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado.....	92
Tabla 37 Prueba de correlación - resistencia a la compresión de 28 días de curado .....	93

Tabla 38 Propiedades físicas del agregado fino de la cantera Marón. ....	95
Tabla 39 Propiedades físicas del agregado fino de la cantera Marón. ....	96
Tabla 40 Propiedades físicas del agregado fino de la cantera Marón. ....	97
Tabla 41 Estadístico de los resultados a tres días de curado diseño con agregado fino. ....	98
Tabla 42 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a tres días de curado. ....	99
Tabla 43 Prueba de correlación - resistencia a la compresión de tres días de curado. ....	101
Tabla 44 Estadístico de los resultados a 14 días de curado diseño con agregado fino. ....	102
Tabla 45 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 14 días de curado. ....	103
Tabla 46 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 14 días de curado. ....	105
Tabla 47 Estadístico de los resultados a 28 días de curado diseño con agregado fino. ....	106
Tabla 48 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado. ....	107
Tabla 49 Prueba de correlación - resistencia a la compresión de 28 días de curado. ....	109
Tabla 50 Prueba de Normalidad diseño sin agregado fino – tres días de curado. ....	110
Tabla 51 Estadístico de los grados de permeabilidad del diseño sin agregado fino. ....	111

Tabla 52 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado.....	112
Tabla 53 Prueba de correlación - resistencia a la compresión de 28 días de curado. .....	113
Tabla 54 Prueba de Normalidad diseño con agregado fino – tres días de curado. .....	114
Tabla 55 Estadístico de los grados de permeabilidad del diseño con agregado fino. .....	115
Tabla 56 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado.....	116
Tabla 57 Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado.....	117

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ovalo principal de la ciudad de Moquegua .....	3
Figura 2. Pabellón laboratorio de suelos de la UJCM.....	3
Figura 3. Representación de los volúmenes .....	34
Figura 4. Curva granulométrica .....	48
Figura 5. Curva granulométrica A. Fino .....	50
Figura 6. Resistencia a la compresión por probetas SF-0.0 .....	52
Figura 7. Curva resistencia a la compresión promedio SF-0.0 .....	53
Figura 8. Resistencia a la compresión por probetas SF-0.5 .....	54
Figura 9. Curva resistencia a la compresión promedio SF-0.5 .....	55
Figura 10. Resistencia a la compresión por probetas SF-1.0 .....	56
Figura 11. Curva resistencia a la compresión promedio SF-1.0 .....	57
Figura 12. Resistencia a la compresión por probetas SF-1.5 .....	58
Figura 13. Curva resistencia a la compresión promedio SF-1.5 .....	59
Figura 14. Resistencia a la compresión por probetas SF-2.0 .....	61
Figura 15. Curva resistencia a la compresión promedio SF-2.0 .....	62
Figura 16. Comparativo de las curvas evolutivas de las resistencias a compresión .....	63
Figura 17. Resistencia a la compresión por probetas CF-0.0.....	65
Figura 18. Curva resistencia a la compresión promedio CF-0.0.....	66
Figura 19. Resistencia a la compresión por probetas CF-0.5.....	67
Figura 20. Curva resistencia a la compresión promedio CF-0.5.....	68
Figura 21. Resistencia a la compresión por probetas CF-1.0.....	70

Figura 22. Curva resistencia a la compresión promedio CF-1.0.....	71
Figura 23. Resistencia a la compresión por probetas CF-1.5.....	72
Figura 24. Curva resistencia a la compresión promedio CF-1.5.....	73
Figura 25. Resistencia a la compresión por probetas CF-2.0.....	74
Figura 26. Curva resistencia a la compresión promedio CF-2.0.....	75
Figura 27. Comparativo de las curvas evolutivas de las resistencias a compresión .....	76
Figura 28. Ensayo de permeabilidad sin agregado fino .....	78
Figura 29. Ensayo de permeabilidad con agregado fino .....	80

**CONTENIDO DE ECUACIONES**

	<b>Pág.</b>
Ecuación 1. ....	27
Ecuación 2. ....	33

## CONTENIDO DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
Tabla A 1. Resistencia a la compresión y espesor máximo CAPPING.....	131
Tabla A 2. Propiedades típicas del concreto permeable (poroso).....	131
Tabla A 3. Dosis de cemento para hormigones porosos .....	132
Tabla A 4. Plastiment HE 98.....	132
Tabla A 5. Diseño de mezcla patrón usando agregado grueso (piedra de 1/2”) y con 0% de aditivo plastificante .....	133
Tabla A 6. Diseño de mezcla patrón usando agregado grueso (piedra de 1/2”) y agregado fino (arena gruesa) con 0% de aditivo plastificante.....	136
Imagen B 1. Peso específico del agregado grueso .....	139
Imagen B 2. Dosificación AG+cemento+agua+0% aditivo.....	140
Imagen B 3. Dosificación AG+cemento+agua+0,5% aditivo.....	141
Imagen B 4. Dosificación AG+cemento+agua+1% aditivo.....	142
Imagen B 5. Dosificación AG+cemento+agua+1,5% aditivo.....	143
Imagen B 6. Dosificación AG+cemento+agua+2% aditivo.....	144
Imagen B 7. Peso específico del agregado fino .....	145
Imagen B 8. Dosificación AG+AF+cemento+agua+0% aditivo .....	146
Imagen B 9. Dosificación AG+AF+cemento+agua+0,5% aditivo .....	147
Imagen B 10. Dosificación AG+AF+cemento+agua+1% aditivo .....	148
Imagen B 11. Dosificación AG+AF+cemento+agua+1,5% aditivo .....	149
Imagen B 12. Dosificación AG+AF+cemento+agua+2% aditivo .....	150
Imagen B 13. Resistencia a la compresión AG+cemento+agua+0% aditivo ....	151

Imagen B 14. Resistencia a la compresión AG+cemento+agua+0,5% aditivo .	152
Imagen B 15. Resistencia a la compresión AG+cemento+agua+1% aditivo ....	153
Imagen B 16. Resistencia a la compresión AG+cemento+agua+1,5% aditivo .	154
Imagen B 17. Resistencia a la compresión AG+cemento+agua+2% aditivo ....	155
Imagen B 18. Resistencia a la compresión AG+AF+cemento+agua+0% aditivo .....	156
Imagen B 19. Resistencia a la compresión AG+AF+cemento+agua+0,5% aditivo .....	157
Imagen B 20. Resistencia a la compresión AG+AF+cemento+agua+1% aditivo .....	158
Imagen B 21. Resistencia a la compresión AG+AF+cemento+agua+1,5% aditivo .....	159
Imagen B 22. Resistencia a la compresión AG+AF+cemento+agua+2% aditivo .....	160
Imagen B 23. Permeabilidad AG+cemento+agua+(0; 0,5; 1)% aditivo .....	161
Imagen B 24. Permeabilidad AG+cemento+agua+(1,5; 2)% aditivo .....	162
Imagen B 25. Permeabilidad AG+AF+cemento+agua+(0; 0,5; 1)% aditivo.....	163
Imagen B 26. Permeabilidad AG+AF+cemento+agua+(1,5; 2)% aditivo.....	164
Fotografía C 1. Cantera de materiales Maron .....	165
Fotografía C 2. Cucharón de metal .....	165
Fotografía C 3. Escobilla metálica y brocas.....	166
Fotografía C 4. Balanza digital .....	166
Fotografía C 5. Horno de laboratorio .....	167

Fotografía C 6. Colocación de muestra al horno.....	167
Fotografía C 7. Armado de tamices .....	168
Fotografía C 8. Cuarteo del A. Grueso .....	168
Fotografía C 9. Tamizado manual.....	169
Fotografía C 10. Peso del material retenido por tamices .....	169
Fotografía C 11. Colocación del A. Grueso al horno.....	170
Fotografía C 12. Colocación de la muestra al horno.....	170
Fotografía C 13. Peso del molde para peso unitario .....	171
Fotografía C 14. Peso del molde + A. Grueso .....	171
Fotografía C 15. Varillado del agregado grueso .....	172
Fotografía C 16. Muestra de A. Grueso saturado.....	172
Fotografía C 17. Secado natural de la muestra saturada .....	173
Fotografía C 18. Colocación de agregado a la malla sumergida.....	173
Fotografía C 19. Cemento IP yura .....	174
Fotografía C 20. Preparación de la muestra – consistencia .....	174
Fotografía C 21. Peso requerido del agregado grueso .....	174
Fotografía C 22. Peso del cemento IP .....	175
Fotografía C 23. Materiales según el diseño y para 10 probetas. ....	175
Fotografía C 24. Recibiendo indicaciones antes del vaciado.....	175
Fotografía C 25. Concreto poroso fresco .....	176
Fotografía C 26. Ensayo de asentamiento - cono de abrams .....	176
Fotografía C 27. Probetas de concreto poroso .....	177
Fotografía C 28. Probetas de concreto poroso para el ensayo de permeabilidad.....	177
Fotografía C 29. Prueba de permeabilidad instantánea.....	178

Fotografía C 30. Curado de las probetas de concreto poroso. ....	178
Fotografía C 31. Aditivo plastificante.....	178
Fotografía C 32. Mezclado de los materiales en trompo eléctrico.....	179
Fotografía C 33. Varillado del concreto poroso para ensayos de compresión....	179
Fotografía C 34. Varillado del concreto poroso para ensayos de permeabilidad.	179
Fotografía C 35. Desencofrado de las probetas .....	180
Fotografía C 36. Porosidad del fondo de la probeta.....	180
Fotografía C 37. Porosidad del fondo de la probeta.....	181
Fotografía C 38. Ensayo de asentamiento CF-0% .....	181
Fotografía C 39. Ensayo de asentamiento CF-0.5% .....	182
Fotografía C 40. Ensayo de asentamiento CF-2% .....	182
Fotografía C 41. Segunda tanda de probetas de concreto poroso .....	182
Fotografía C 42. Datos físicos de las probetas .....	183
Fotografía C 43. Relación cemento: yeso .....	183
Fotografía C 44. Proceso de mezclado para el capping .....	184
Fotografía C 45. Colocación de capping.....	184
Fotografía C 46. Probetas con capping a romper.....	185
Fotografía C 47. Máquina para ensayo de compresión.....	185
Fotografía C 48. Rotura de probeta.....	186
Fotografía C 49. Secado de probetas recién desencofradas .....	186
Fotografía C 50. Probetas con capping antes de la rotura.....	187
Fotografía C 51. Asentamiento producto del aditivo plastificante .....	187
Fotografía C 52. Probetas para el ensayo de permeabilidad .....	188
Fotografía C 53. Permeámetro de elaboración propia .....	188

Fotografía C 54. Proceso de llenado del permeámetro .....	189
Fotografía C 55. Llenado final del permeámetro .....	189
Fotografía C 56. Inicio de expulsión del agua .....	190
Fotografía C 57. Etapa final de la prueba de permeabilidad.....	190

## RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación consistió en la utilización de agregado de Moquegua de la cantera Marón, con este material se obtuvo dos diseños de mezcla a los cuales se les agregó aditivo plastificante Sika Plastiment HE-98 en proporciones de 0,5%; 1%; 1,5%; 2% del peso del cemento, con lo cual se obtuvo 90 testigos de concreto poroso, del mismo modo se obtuvieron 30 testigos para el ensayo de permeabilidad, los testigos para el ensayo a compresión fueron sumergidos en agua por tres, 14 y 28 días, los testigos para el ensayo de permeabilidad se sumergieron en agua por 28 días, dichos procedimientos fueron de acuerdo a la NTP 339,183. De los ensayos a compresión se obtuvo un resultado máximo promedio de  $F'c = 174,90 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de curado, el cual corresponde al diseño de mezcla: agregado grueso, agregado fino, cemento, agua y 1% de aditivo plastificante y se concluyó que los grados de permeabilidad más altos son los diseños que no contienen agregado fino, se determinó que si cumplen con los parámetros impuestos por ACI-522R-10, a su vez se determinó que a mayor porcentaje de aditivo plastificante reduce la resistencia a compresión y la permeabilidad.

Palabras clave: concreto poroso, resistencia a la compresión, permeabilidad, agregados, aditivo.

## ABSTRACT

The following research work consisted in the use of Moquegua aggregate from the Maron quarry, with this material two mixture designs were obtained to which Sika Plastiment HE-98 plasticizer additive was added in proportions of 0.5%; 1%; 1.5%; 2% of the weight of the cement, with which 90 porous concrete controls were obtained, in the same way 30 controls were obtained for the permeability test, the controls for the compression test were immersed in water for three, 14 and 28 days, the controls for the permeability test were immersed in water for 28 days, said procedures were according to the NTP 339,183. From the compression tests, an average maximum result of  $F'_c = 174.90 \text{ kg / cm}^2$  was obtained at 28 days of curing, which corresponds to the mix design: coarse aggregate, fine aggregate, cement, water and 1% of plasticizer additive and it was concluded that the highest degrees of permeability are the designs that do not contain fine aggregate, it was determined that if they comply with the parameters imposed by ACI-522R-10, in turn it was determined that the higher the percentage of plasticizer additive reduces compressive strength and permeability.

Keywords: porous concrete, compressive strength, permeability, aggregates, additive

## INTRODUCCIÓN

El concreto permeable se comenzó a usar desde 1870, no obstante, hace veinte años; fue puesto en costumbre para distintos usos constructivos de varias zonas de los estados unidos, Este concreto permeable se desarrolló en la época de la década de los 90 y se utiliza fundamentalmente en pavimentos, bermas y veredas. Su primordial efecto es llevar el agua producto de las precipitaciones a los yacimientos acuíferos, por lo tanto, hablamos de un concreto permeable moderno que facilita satisfactoriamente la filtración del agua al subsuelo. El concreto poroso o concreto permeable, mucho más que presentar un acabado satisfactorio, tiene una estructura de resistencia aceptable según los reglamentos constructivos; impide las acumulaciones de agua y sobre saturación del suelo, de igual modo en caso de lluvias torrenciales

Durante la última década el concreto poroso o permeable ha llamado la atención de muchos profesionales debido a su capacidad de ahorrar el recurso hídrico, igualmente presenta una capa superficial o capa de rodadura apta para el tránsito vehicular; en Moquegua es un tema que no se ha explorado dejando un tema muy importante de investigación.

Esta investigación se refiere al tema “evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad para concreto poroso de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con aditivo, Moquegua 2019.”

Este estudio tiene la finalidad de hallar una resistencia haciendo uso del material de la ciudad de Moquegua con diversas cantidades de aditivo las cuales determinarán su resistencia y permeabilidad las cuales tendrán que estar dentro de

los parámetros impuesto por los reglamentos constructivos. Esta investigación servirá como base para futuros estudios sobre el tema del concreto poroso.

En el capítulo I se realiza la descripción de la realidad del problema ¿Cómo influye la incorporación del aditivo en los resultados de la evaluación en la resistencia a compresión y permeabilidad para un concreto poroso de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, Moquegua 2019?

En el capítulo II se refiere al marco teórico, donde se realiza la recopilación de definiciones de diferentes autores sobre los conceptos relacionados al tema de investigación.

En el capítulo III muestra el método, Se utiliza el método correlacional con el fin de relacionar la permeabilidad y la resistencia a compresión con la adición de porcentajes de aditivos de cero a dos por ciento en intervalos de 0,5%. El diseño de la investigación es del campo experimental.

En el capítulo IV, se detalló el análisis e interpretación de resultados. Se mostraron los resultados obtenidos de las roturas de las probetas y los resultados del grado de permeabilidad, el primero con agregado grueso, cemento, agua y aditivo desde cero a dos por ciento en intervalos de 0,5. El segundo diseño se incluyó el agregado fino y partiendo desde estos diseños se realizó gráficos de comparación y uso de programas estadísticos con el cual se determinó la correlación.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Descripción de la realidad del problema**

Los usos más reconocidos del concreto poroso o permeable se dieron en Europa en el siglo XIX, pero su uso aumento al concluir la segunda guerra mundial, por las exigencias que habían de reconstruir obras de edificación y pavimentos con escasos recursos que se contaba en esa época. El limitado material y el costo elevado de estos, obligo a tomar ideas para reducir el costo lo cual llevo a no usar el material de agregado fino y ayudaba a reusar escombros (Fernández y Navas, 2011, p. 40).

El concreto poroso o permeable usado en las vías de transporte como pavimento permeable ha llamado la atención de muchos profesionales, Porque se observa que el aumento del calentamiento global está provocando en diversas zonas del planeta escases de agua, obligando a tener más conciencia en las personas de cuidar este elemento importante que es el agua. El concreto poroso o permeable aporta su cualidad de filtrar el agua al subsuelo sin contaminarla ayudando a construir ciudades sostenibles

El concreto poroso o permeable permite que el agua de lluvia sea transportada al subsuelo, llenando los acuíferos o haciéndola llegar al mar para que esta cumpla su ciclo del agua.

Se investigó que en el Perú no hay un análisis minucioso sobre el concreto poroso o permeable, sin embargo en otros países es muy utilizado este tipo de concreto por sus cualidades, es muy común ver este tipo de concreto en obras de pavimentación de tránsito ligero u otras similares y a su vez en otros países se ha hecho el estudio económico, dando respuesta que su costo es menor que el concreto convencional y el impacto ambiental al ayudar a almacenar agua sin que esta se contamine al llegar al alcantarillado

En la región de Moquegua no se ha hecho estudio de las cualidades y beneficios que aportaría el concreto poroso, al no ser un concreto típico y poco estudiado tradicional pierde interés para el investigador del sur del Perú, la cantidad de agua de lluvia en los parkings, veredas, plazas, losas en época de lluvia, repercute negativamente a las condiciones de servicio.

Si ocurriera que nuestras obras de drenaje no cumplieran al 100% con su objetivo de evacuar el agua de nuestras plazas, pistas, calles y pasos peatonales, se generaría estancamientos o grandes charcos de agua; dichas acciones generarían el deterioro de las obras mencionada, a obras cercanas generando hundimientos y malogrando la arquitectura y belleza de las construcciones.

Al cubrir grandes áreas de la tierra con concreto de nuestras casas, parques y pavimentos de nuestra vía reducimos la superficie por donde el agua se infiltraría lo

cual esta agua se va por los drenajes contaminándola y perdiéndose, ocasionando la perdida de los niveles freáticos en distintos mantos acuíferos.



*Figura 1.* Ovalo principal de la ciudad de Moquegua



*Figura 2.* Pabellón laboratorio de suelos de la UJCM

## **1.2. Definición del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cómo influye la incorporación del aditivo en los resultados de la evaluación en la resistencia a compresión y permeabilidad para un concreto poroso de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Moquegua 2019?

### **1.2.2. Problema específico.**

PE1: ¿Cómo influye el uso del aditivo en la resistencia a la compresión del concreto poroso?

PE2: ¿Cómo influye el uso de aditivo en el grado de permeabilidad del concreto poroso?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general.**

Determinar la influencia del aditivo plastificante en la evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad para un concreto poroso  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Moquegua 2019.

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

OE1: Determinar la resistencia a compresión del concreto poroso que tienen incorporado aditivo.

OE2: Determinar el grado de permeabilidad del concreto poroso que tienen incorporado aditivo.

#### **1.4. Justificación**

##### **¿Cuál es el grado de importancia que tiene el estudio?**

Actualmente en la región Moquegua no hay registros de diseño de concreto poroso y mucho menos se observa la aplicación de este concreto en la ciudad. Es por esto que se pretende obtener un diseño de mezcla que este dentro de los parámetros permitidos para luego aplicarlo a los pavimentos y así ayudar al drenaje de agua pluvial que se registra todos los años de enero a marzo.

##### **¿Cuál es el aporte fundamental que se espera alcanzar?**

El aporte fundamental que se pretende demostrar es la evaluación de un diseño de mezcla con agregado grueso de la cantera con distintos porcentajes de aditivo súper plastificante, que cumplan los requisitos de resistencia a compresión y permeabilidad.

##### **¿El estudio es nuevo?**

El estudio no es nuevo puesto que se está aplicando en ciudades de gran crecimiento constructivo y en donde se quiere dar un buen drenaje de las aguas pluviales, pero en ciudades que están en el inicio de la construcción no son muy aplicados por la falta de estudio de diseño de mezcla y de la sensibilización al aprovechamiento de las aguas pluviales. Es por esto que se pretende realizar un diseño de mezcla de concreto permeable con agregado grueso de la cantera Marón con aditivo súper plastificante.

##### **¿El estudio es de interés?**

El estudio es de interés puesto que en la región Moquegua no existe pavimentos de concreto poroso por la falta de un diseño de mezcla con agregado grueso de la zona que cumpla con los parámetros de compresión y permeabilidad.

### **¿Es factible?**

Sí, porque se observa en la región Moquegua, hay temporadas de lluvia las cuales inundan las calles y avenidas generando malestar a la población y a las estructuras, por lo cual se necesita un sistema que ayude al drenaje automático de las aguas pluviales.

### **¿Existen otros estudios sobre este problema?**

Sí, pero no son muy utilizadas por falta de conocimiento de este nuevo método, la región de Moquegua está en pleno desarrollo, pero, a medida que el crecimiento sea mayor, las ciudades de la región Moquegua necesitarán aplicar todo tipo de estructura que de una buena calidad de vida.

## **1.5. Alcances y limitaciones**

### **1.5.1. Alcances.**

El proyecto se desarrollará a escala de laboratorio, en las instalaciones de la Universidad José Carlos Mariátegui. El diseño de la mezcla de concreto poroso será realizado en el laboratorio donde se utilizará materiales disponibles en la ciudad, que permitan desarrollar mezclas adecuadas para la implementación del pavimento poroso. Se utilizarán las herramientas necesarias para la obtención de datos e información para el diseño y cumplimiento de los objetivos. El desarrollo a nivel de laboratorio permitirá que a futuro los estudiantes de ingeniería civil tengan la oportunidad por medio de probetas ver el funcionamiento del concreto poroso en el ensayo de permeabilidad y tener un acercamiento a esta técnica innovadora.

Se elaborará un equipo de forma cacerera el cual será el permeámetro de carga variable recomendado en el reporte ACI 522R, para obtener el grado de permeabilidad de las muestras de concreto poroso, este equipo será entregado al responsable del laboratorio de la universidad para ser usada para estudios similares.

### **1.5.2. Limitaciones.**

La investigación se delimitará en el diseño de las diferentes mezclas de concreto poroso que se pueden realizar con los distintos tipos de materiales para realizar un análisis comparativo de los diferentes parámetros para la selección de un solo modelo que sea el más óptimo y adecuado para el entorno.

La investigación no tendrá en cuenta la colmatación de los poros ya que según, Kumar, Kozak, Hundal, Cox, y Zhang (2015) La colmatación de las partículas en los poros se presenta a los cuatro años de construido el pavimento permeable producido por la fuerza cortante ejercida por el tránsito y por todos los sedimentos que comenzaban a taponar los espacios vacíos o poros, disminuyendo el rendimiento drenante del pavimento.

El tiempo estimado para la realización del proyecto de investigación es de cuatro meses, en el cual serán presentadas todas las bases teóricas, serán realizados los ensayos de laboratorio, se presentaran los resultados, el análisis y las conclusiones.

El estudio incluirá solo agregado grueso de media pulgada de una cantera de Moquegua, cemento portland tipo IP, agua potable del laboratorio de la universidad y aditivo plastificante.

## **1.6. Variables**

Estos son factores que se pueden medir, manipular y cambiar durante el proceso de investigación (Pérez y Gardey, 2008).

### **• Variable dependiente**

Los valores de este tipo de variables no dependen de los valores de otras variables. Se concibe como la causa o fenómeno que debe ser investigado e identificado como causa o antecedente. El investigador puede manipular o modificar esta variable (Mejía, 2008).

En esta investigación nuestras variables dependientes serán: la permeabilidad y resistencia a la compresión

### **• Variable independiente**

Las variables dependientes son las variables medibles, las observaciones se centran en ellas para conocer la respuesta a los cambios en la variable independiente. Son el resultado del fenómeno en estudio (Mejía, 2008).

Las variables independientes de nuestra investigación serán: aditivo plastificante.

En esta investigación nuestra variable independiente será: el aditivo plastificante

### 1.6.1. Operacionalización de variables.

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables en la investigación*

<b>Variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>
Aditivo plastificante	Independiente	Dosis	A/c	%
Resistencia a la compresión	Dependiente	Propiedad	F´c	Kg/cm <sup>2</sup>
Permeabilidad	Dependiente	Propiedad hidráulica	K	Cm/s

*Nota:* La expresión A/c indican la relación entre el peso del aditivo plastificante con relación con el peso del cemento; K = grado de permeabilidad

### 1.7. Hipótesis de la investigación

#### 1.7.1. Hipótesis general.

La incorporación del aditivo tiene una influencia significativa positiva en los resultados de la evaluación en la resistencia a compresión y permeabilidad para un concreto poroso de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con agregado de Moquegua 2019

#### 1.7.2. Hipótesis específicas.

HD1 : El concreto poroso con incorporación del aditivo plastificante presentara un aumento en la resistencia a la compresión, en cuanto al concreto poroso sin aditivo.

HD2 : El concreto poroso con incorporación del aditivo plastificante presenta un aumento en el grado de permeabilidad, en cuanto al concreto poroso sin aditivo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.**

Guzman (2016) para la obtención de título de ingeniero civil desarrollan la tesis denominada “Concreto permeable, ventajas y desventajas de su uso en vías urbanas de bajo tránsito, en comparación con el concreto hidráulico convencional como solución a los problemas de inundaciones en zonas aledañas al humedal de Jaboque, localidad de Engativá” se ejecutó en el país de Colombia ciudad de Nueva Granada en la Universidad Militar. Tiene como objetivo general hacer una comparación entre el concreto hidráulico convencional y el concreto poroso permeable y revisar las ventajas y desventajas al aplicarlo en tránsito liviano (de bajo nivel) dando así solución a los problemas de drenaje en zonas donde se presenta inundaciones constantes. Esta tesis realiza una exhaustiva revisión bibliográfica y técnica, con el fin de demostrar las grandes ventajas que existen al aplicar el concreto permeable como pavimento como sistema de drenaje.

Bautista, Rivera y Cantillo (2016) para la obtención de título de ingeniero civil desarrollan la tesis denominada “Fase experimental para obtener concretos permeable a partir de un concreto convencional con agregados de los ríos Sumapaz, Magdalena y Coello” se ejecutó en el país de Colombia ciudad de Bogotá, en la universidad Piloto de Colombia. Tiene como objetivo principal obtener un concreto permeable con material pétreo del rio Sumapaz, Magdalena y Coello en una fase experimental. Esta investigación tiene una metodología que se basó en diseñar una fase experimental de un concreto permeable tomando como base un diseño convencional, el cual tiene un punto de vista cuantitativo basado en datos medibles en laboratorios certificados, con el objeto de analizar la resistencia a compresión, su grado de permeabilidad, porosidad y humedad de las muestras cilíndricas. Se tomaron tres muestra diferentes de agregado grueso de las siguientes zonas: Magdalena, Coello y Sumapaz , las cuales se les llevo a laboratorio para realizar el estudio de granulometría, humedad, la absorción y diseño experimental para elaborar un concreto permeable eliminando por completo el agregado fino. Se ejecutaron 108 muestras de concreto permeable con 6 diseño de mezcla diferente, las que fueron puestas a la prueba de resistencia a la compresión a la edad de 7, 14 y 28 días. Las resistencias a compresión alcanzadas a los 28 días fueron: Sumapaz 1100.23 PSI, Coello 665.07 PSI y Magdalena 634.32 PSI.

Foulkes (2016) para la obtención de título de ingeniero civil desarrollan la tesis denominada “Evaluación del desempeño en campo de tres diseños de mezcla de concreto permeable con agregado de 12,5 mm y aditivo reductores de agua” esta tesis se ejecutó en el país de Costa Rica, universidad de Costa Rica. El objetivo principal de

esta tesis consistió en evaluar la trabajabilidad y la resistencia en campo de tres diferentes diseños de mezcla, para la producción de concreto permeable premezclado. Se utilizó los métodos de moldeo y de capeo. En conclusiones generales obtenemos un porcentaje de vacíos para los tres diseños de 22%. La variación porcentual de la resistencia entre los diseños fue de aproximadamente un 70% para D1 y D2. Y en 75% entre D1 y D3. Entre D2 y D3 la diferencia de resistencia fue menor, aproximado a un 5%. La relación que existe entre la resistencia a la tracción diagonal, la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión se encuentra entre un 10% y un 15%. En la etapa de aplicación en campo el diseño intermedio de relación w/c de 0,36, fue el que logro un mejor desempeño. Los diseño de mezcla con resistencia a la compresión mayores (D1), presentan obstrucción de permeabilidad, por el motivo de que los poros están bloqueados en mayor proporción. A nivel de campo los resultados mecánicos son mayores, el incremento se debe al incremento de los tiempos de mezclado de los materiales que logra mayor integración de todos los componentes de la mezcla.

Castañeda y Moujir (2014) para la obtención de título de ingeniero civil desarrollan la tesis denominada “Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos” se ejecutó en el país de Colombia ciudad de Cali en la Pontificia Universidad Javeriana, el objetivo principal es revisar la adecuada aplicación del concreto poroso para pavimentos, para cumplir esta meta se realizó una serie de ensayos para dos tipos de mezcla de concreto permeable, con agregado fino y sin agregado fino para obtener sus resistencias a la compresión y su resistencia a la flexión grado de permeabilidad, módulo de elasticidad, módulo de rotura, cantidad de

porcentaje de vacíos con el fin de comprobar las características del concreto permeable que debemos utilizar en obras de construcción para obras de arquitectura vial. Se abordan tres fases, la primera, una de tipo hermenéutico, con la recopilación, análisis y estructuración de información de tipo bibliográfica, fruto de fuentes científicas de investigación, que brindan la posibilidad de respaldar la investigación con argumentos científicos; En la segunda fase se detallará la metodología con la cual se procede a verificar el adecuado diseño de la mezcla, según sus relaciones agua cemento llegando a los valores apropiados de resistencia a la compresión, en esta fase se exponen los procedimientos, las herramientas y demás factores involucrados en el trabajo; Finalmente, se discuten los resultados de las pruebas realizadas sobre diferentes mezclas, con los cuales se analizan las características de permeabilidad, resistencia y compresión de las diferentes muestras.

### **2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.**

Choque (2016) para la obtención de título de ingeniero civil desarrolla la tesis denominada “Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras Vicho y Zurite, adicionando aditivo súper-plastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>.” En la ciudad de cusco, universidad Andina del Cusco, tiene como objetivo principal evaluar la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso, haciendo uso de agregados de las canteras Vicho y Zurite, suministrándole aditivo súper-plastificante de densidad 1.2 kg/l, esto con la única finalidad de mejorar su resistencia a la compresión del concreto poroso, para esto se realizó cinco objetivos específicos, primer

objetivo determinar las características de los agregados a utilizar para la elaboración del concreto poroso, segundo objetivo determinar la resistencia a compresión del concreto poroso elaborado con agregados de la cantera Vicho y Zurite

sin el uso del aditivo súper-plastificante, tercer objetivo determinar la resistencia a compresión del concreto poroso elaborado con agregados de la cantera Vicho y Zurite agregando aditivo súper-plastificante, cuarto objetivo se determinó en qué medida varia la resistencia a compresión entre el concreto poroso sin aditivo súper-plastificante y con aditivo, quinto objetivo se determinó el grado de permeabilidad que posee el concreto poroso elaborado con agregado de las canteras mencionadas, con y sin adición del aditivo súper-plastificante. Se elaboró dos grupos de muestras cilíndricas de concreto poroso, donde un grupo se denominaron patrón y el otro grupo experimental con un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, donde se adicionaron aditivo súper-plastificante en porcentajes de 0.50%, 1.00%, 1.50%, 2.0% y 2.50%, con relación al peso del cemento. En conclusión se obtuvieron las siguientes resultados, se demostró que los agregados de ambas canteras no cumplen con la NTP, se demostró que la mezcla sin adición del aditivo plastificante no cumple con alcanzar la resistencia esperada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se demostró que las muestras con adición de aditivo súper-plastificante muestra un incremento alcanzando 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Riveros (2019) para la obtención de título de ingeniero civil desarrolla la tesis denominada “Evaluación del comportamiento del concreto permeable para su aplicación en pavimentos urbanos, fabricado con agregados de piedra chancada de la cantera de Taclán, provincia de Huaraz” en la ciudad de Huaraz, universidad nacional

Santiago Antunez de Mayolo, tiene el objetivo de investigar el concreto permeable para aplicarlo como un método alternativo de construcción para el pavimento urbano, en vista que, los tradicionales métodos de pavimentación en las zonas urbanas, como primer objetivos específicos se determinó las propiedades mecánicas como compresión y flexión del concreto permeable elaborado con el agregado de la cantera de Tacllan, segundo objetivo específico se determinó la capacidad de infiltración de este concreto permeable fabricado con los materiales mencionados y como tercer objetivo específico se determinó un diseño de mezcla para concreto permeable que tenga una mejor resistencia a la compresión y flexión para aplicarlo en pavimentos. Como metodología de ensayo para obtener la resistencia a la compresión del concreto con muestras cilíndricas (NTP 339.034 - 2013), Método de ensayo para obtener la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas puntuales en el centro del tramo (NTP 339.079 - 2012), y también se ejecutaron ensayos de infiltración en muestras de concreto cilíndricas mediante un permeámetro de fabricación casera, adicionalmente se elaboraron dos losas rectangulares de concreto permeable, las cuales fueron sometidas a ensayos para la determinación de la capacidad de infiltración del concreto permeable colocado en el sitio (ASTM C1701). Mediante la ejecución del ensayo a compresión se determinó que, usando agregado grueso (piedra chancada) de tamaño máximo de 1/2'' para la fabricación del concreto permeable, los valores de los resultados variaron de 7,81 MPa a 16,56 MPa, mientras tanto, usando agregado grueso (piedra chancada) de tamaño máximo de 3/8'', los valores de los resultados variaron de 19,87 MPa a 21,75 MPa. Por otra parte, por medio del ensayo de resistencia a flexión, usando agregado grueso (piedra chancada) de tamaño máximo de 1/2'' los

valores de los resultados obtenidos variaron de 3,06 MPa a 3,76 MPa, mientras que, usando agregado grueso (piedra chancada) de tamaño máximo de 3/8'' los valores de los resultados obtenidos, tuvieron una variación de 4,50 MPa a 5,08 MPa. Asimismo, según los ensayos ejecutados de infiltración a las muestras cilíndricas, la variación fue de 8,26 mm/s a 18,38 mm/s usando agregado grueso (piedra chancada) de tamaño máximo de 1/2'', mientras que haciendo uso de agregado grueso (piedra chancada) de tamaño máximo de 3/8'' la infiltración dio datos variables de 3,62 mm/s a 3,76 mm/s. Por último, los ensayos ejecutados de infiltración de las losas rectangulares resultaron 17,68 mm/s y 0,67 mm/s usando agregado grueso de tamaño máximo de 1/2'' y de 3/8'' respectivamente. Con esta tesis de investigación se llegó a los resultados que los diseños de mezcla que se propusieron para la elaboración de concreto permeable con agregado grueso (piedra chancada) de tamaño máximo de 3/8'' demuestra un óptimo comportamiento mecánico (resistencia a compresión y flexión) a diferencia de aquellos diseños propuestos con el uso de agregado grueso (piedra chancada) de tamaño máximo de 1/2'', obedeciendo con los requisitos mínimos establecidos para su aplicación en pavimentos urbanos.

Gamarra (2019) para la obtención de título de ingeniero civil desarrolla la tesis denominada "Estudio comparativo de la permeabilidad y la resistencia a la compresión del concreto poroso con el uso de agregado fino y aditivo plastificante - Huánuco 2019", se ejecutó en la ciudad Huánuco, universidad nacional Hermilio Valdizán, tiene el objetivo la comparación de la permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto poroso, agregando a la mezcla base conformada con agregado grueso (piedra)

de 3/8”, cemento y agua, contenidos de agregado fino y aditivo plastificante en grupos separados. Para obtener resultados en este estudio se elaboraron 60 probetas cilíndricas de concreto: 30 probetas cilíndricas para someterlo a ensayos de resistencia a compresión y 30 probetas cilíndricas para someterlo a ensayos de permeabilidad a los 28 días. Esta tesis de investigación se realizó en periodo de tres etapas: la primera etapa consistió en la recopilación de antecedentes y consideraciones teóricas en donde se sustenta nuestro estudio, empleando técnicas de análisis de contenido, fichajes y apuntes; la segunda etapa consistió en los diseños de mezcla teórica y ejecución de las muestras de probetas cilíndricas dentro del laboratorio con técnicas e instrumentos de campo basados en las normas ACI, NTP y ASTM relacionadas con las propiedades del concreto permeable para la verificación de las hipótesis; por último, se discuten los resultados obtenidos en las tablas y figuras de los procedimientos estadísticos realizados. La investigación se ajusta a un nivel de estudios explicativos o de comparación de hipótesis causales. La hipótesis se validó mediante la distribución T de student. Finalmente, se concluye que el agregado fino disminuye la permeabilidad y no aumenta la resistencia a la compresión comparado con el uso de aditivo plastificante.

Gallo (2018) para la obtención de título de ingeniero civil desarrolla la tesis denominada “Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , usando el aditivo sikament-290n con agregados de la cantera del Rio Chonta de la ciudad de Cajamarca, 2017)”, se ejecutó en la ciudad de Cajamarca, universidad privada del norte, tiene como objetivo principal calcular la

resistencia a la compresión del concreto permeable  $f^c = 210 \text{ kg/cm}$  y la permeabilidad del mismo, adicionando el aditivo sikament – 290N con agregados de la cantera del rio Chonta de la Ciudad de Cajamarca, en esta investigación se usó la técnica de observación directa para la recolección de datos, para la recolección de datos se utilizaron instrumentos que fueron formatos de ensayos otorgados por la universidad privada del norte, basadas en las Normas Técnicas Peruanas: NTP 400:012:2013/ASTM C-136, NTP: 339.185:2002/ASTM C566, NTP 400.017:2011/ASTM C-29, NTP 400.021:2013/ASTM C-127, NTP 400.022:2013, NTP 339.035:2009/ASTM C-143, NTP 339.034:2008/ASTM C-39. El tipo de investigación presentada para esta investigación es del tipo experimental cuyos resultados obtenidos son fuente directa de la manipulación, calculo y rotura de probetas cilíndricas en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte. Consiguiendo como resultado una resistencia a la compresión promedio máxima de  $107,3 \text{ kg/cm}^2$  , a los 28 días con aditivo sikament-290N y un coeficiente de permeabilidad de las probetas cilíndricas promedio de  $22 \text{ mm/s}$  teniendo como muestra 24 probetas cilíndricas ensayadas; obteniendo la conclusión de que con cinco por ciento de agregado fino la mezcla no posee una cohesión entre dichos materiales motivo por el cual no se logró llegar a la resistencia deseada, por último, a modo de seguir fomentado la investigación del concreto permeable, se elaboró una probeta de ensayo con 12% de agregado fino, la cual fue ensayada a los 3 días llegando a obtener una resistencia a la compresión de  $81,92 \text{ kg/cm}^2$  ; es decir un 39% de la resistencia deseada en función del tiempo, logrando así el valor deseado a los tres días que es del 35% al 40%.

Pérez (2017) para la obtención de título de ingeniero civil desarrolla la tesis denominada “Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017” se ejecutó en la ciudad de Trujillo, en la Universidad privada del Norte, el objetivo principal es hacer el análisis del efecto que tiene la variación del agregado grueso respecto a su granulometría en los resultados de sus propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable de estudio. Las principales propiedades evaluadas en este trabajo de investigación es la resistencia a compresión que puede soportar este concreto permeable, resistencia a flexión y su característica principal la permeabilidad, estas características consideradas de mayor importancia en este tipo de concreto. Se tuvo tres gradaciones de agregado, de 1/2” (1/2” a 3/8”), de 3/8” (3/8” a N° 4) y N° 4 (N° 4 a N° 8), afirmando que los valores dentro de los paréntesis representan los tamices por los cuales las partículas de agregado grueso pasan y se quedan retenidas respectivamente. Estas granulometría se obtuvieron realizando el tamizado a un agregado grueso natural de TMN 1/2”, obtenido de la cantera Calderón ubicada en el sector El Milagro - Huanchaco, provincia de Trujillo-Perú. Para la elaboración de este trabajo de investigación, se fabricaron 3 diseños de mezcla examinado los mismos criterios de diseño, relación a/c de 0,35 a 15% de vacíos, ocho por ciento% de agregado fino y 25,2% de volumen de pasta; siguiendo la metodología brindada por el ACI 522 R-10 (“Reporte en Concreto Permeable”). A continuación, se ejecutó los ensayos de laboratorio para hallar las resistencias mecánicas, permeabilidad, contenido de vacíos y densidad. Pudiendo así, evaluar y comparar el comportamiento de las tres gradaciones de agregado grueso en estudio reflejado en las propiedades de los concretos permeables

elaborados. De los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión que el concreto permeable elaborado con la gradación número cuatro nos dio las mayores resistencias a compresión y flexión, siendo estas 209,68 kg/cm<sup>2</sup> y 33,81 kg/cm<sup>2</sup>. Con relación a la permeabilidad, la gradación de 3/8” fue la que obtuvo mayores valores presentando una tasa de percolación promedio de 0,222 cm/s. Además, se analizó la relación de estas propiedades con los valores obtenidos en los ensayos complementarios para determinar el contenido de vacíos y densidad en estado fresco y endurecido del concreto, encontrándose una relación directa.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El concreto.**

El concreto es el resultado de la mezcla de cemento portland u otro, agregado grueso, agregado fino, aire y agua para la mezcla, las proporciones a usarse fueron establecidas en diseño según la utilización del mismo. El material cementante y el agua de mezcla generan una reacción química juntando las partículas del agregado grueso y agregado fino, formando una mezcla heterogénea. (Abanto, 2017, p. 11).

Harmsen (2017) afirma que el “Concreto es el resultado del batido o mezclado del cemento, piedra o agregado grueso, arena o agregado fino y agua de mezcla. El producto de la mezcla del cemento, el agregado fino y el agua de mezcla es el mortero el cual se encarga de la unión de todas las partículas del agregado grueso acaparando o llenando todos los vacíos que hay entre ellos” (p. 11).

#### **2.2.1.1. Componentes del concreto.**

*a. Cemento.*

La palabra cemento nos indica que es un material conglomerante que presenta propiedades físicas y químicas de adherencia y cohesión, y estas cualidades le permiten enlazar todos los fragmentos minerales entre ellos, para adquirir una mezcla compacta con la resistencia deseada y durabilidad convenientes. (Sánchez De Guzmán, 2001, p. 27)

*b. Cemento portland Puzolánico IP.*

El cementante portland Puzolánico IP está compuesto por elementos de origen volcánico. “Es un cemento que ha sido cuidadosamente fabricado respetando los estándares más estrictos de la industria del cemento, apoyando a disminuir la contaminación ambiental, por cada metro cubico se reduce considerablemente las emisiones CO<sub>2</sub>, aportando la disminución de gases contaminantes que provocan el efecto. (Yura S.A., 2017, p. 1)

*c. Agregado grueso.*

El agregado grueso es aquel material retenido en el tamiz No. cuatro, es la piedra producto de la desintegración. (INDECOPI, 2001).

*d. Agregado fino.*

Agregado fino es el material que pasa el tamiz estándar de 9,5 milímetros (3/8 pulgada), este agregado puede ser producto de la desintegración natural o artificial y debe cumplir con los límites impuestos por la NTP 400.037, 2001 (INDECOPI, 2001).

#### *e. Agua.*

El agua es un material importante en la preparación del concreto y morteros, es el responsable de que todas las partículas del cemento se hidraten y logre su máxima capacidad de unión. La cantidad de cemento que se usa en la mezcla le corresponde una cantidad de agua del agregado total que se necesita para la hidratación de todas las partículas de cemento; la cantidad de agua restante su función es maximizar la fluidez de la pasta de la mezcla, el agua restante cumple una función de lubricante entre los agregados y obtener la capacidad de gestión adecuada de las mezclas recién preparadas. Un parámetro que debe de respetar el agua de mezcla es que debe ser adecuada para el consumo humano (potable) y no debe contener sustancias como aceites, ácidos, álcalis o materia orgánica. (Gutiérrez De López, 2003, p. 46).

#### **2.2.2. Concreto poroso.**

El concreto poroso o permeable es considerado un tipo especial de concreto este tipo especial muestra una gran cantidad de porosidad, su diseño es a base de un alto contenido de vacíos entre las partículas. En su proceso de fabricación puede llegar a tener una mínima cantidad de agregado fino o nada de agregado fino (menor a 4,75 mm). El concreto poroso o permeable presenta una buena cantidad de masa o pasta de cemento para cubrir el área superficial de todas las partículas del agregado grueso manteniendo siempre la conexión y el porcentaje de vacíos. (Torre, 2014, p. 1)

El concreto poroso o permeable es un material aplicado, entre otras cosas, en aceras de bajo volumen, caminos de urbanización o estacionamientos. Se obtiene de la mezcla del cemento, agregado grueso de cantera y agua de mezclado. Su resistencia a

compresión o dureza y su permeabilidad del concreto poroso o permeable son sus propiedades más relevantes y estarán equilibrados para obtener un buen rendimiento de este tipo de concreto. (Fernandez y Navas, 2011, p. 42)

El concreto poroso, es un considerado un concreto especial que presenta un revenimiento mínimo y un alto contenido de porosidad entre las partículas de agregado grueso; su preparación consiste en la mezcla de cemento portland, piedra o agregado grueso, una mínima cantidad de agregado fino o nada de este agregado, agua de mezcla y aditivos. El producto de la mezcla de estos cinco componentes nos dará como resultado un concreto rígido poroso, esto poros tendrán un grosor de dos milímetros a ocho milímetros, permitiendo el paso del agua de forma fluida.

El porcentaje de vacíos puede presentar cambios entre el quince por ciento (15%) a un treinta y cinco por ciento (35%), y según el diseño de mezcla se puede tener una dureza o resistencia a la compresión que oscilaran entre los 28 kg/cm<sup>2</sup> a 280 kg/cm<sup>2</sup>. Este concreto presentará una capacidad de drenaje el cual dependerá del grosor del agregado y de la densidad de la combinación, sin embargo, normalmente están variando en el orden de 81 L/min/m<sup>2</sup> a 730 L/min/m<sup>2</sup> (Pérez, 2009, p. 6)

### **2.2.3. Propiedades importantes del concreto poroso.**

#### ***2.2.3.1. Propiedades en estado fresco.***

Según Guaita (2016) afirma las propiedades del concreto poroso (permeable) en estado fresco son las descritas a continuación:

*a. Revenimiento del concreto fresco poroso.*

El revenimiento del concreto fresco poroso es cero; aunque, se han observado valores que están en el rango de dos a cinco cm. El ensayo de revenimiento según el ASTM Internacional (2015) se sabe que no es una prueba que se estudia con la finalidad de control de calidad, como se usaría en un concreto convencional, solamente se toma como un valor de referencia, puesto que, principalmente que la mezcla de concreto poroso es demasiado rígida y el cálculo del revenimiento mayormente no se aplica.

*b. Peso unitario del concreto fresco poroso.*

El peso unitario del concreto fresco poroso está en el rango de un 70% del concreto tradicional (ASTM Internacional, 2005).

*c. Tiempo de fraguado del concreto fresco poroso.*

El tiempo de fraguado del concreto fresco poroso presenta una reducción, debido a lo cual es necesario el uso de aditivos químicos para lograr una adecuada colocación.

**2.2.3.2. Propiedades en estado endurecido.**

*a. Porosidad en el concreto poroso en estado endurecido.*

Los poros del concreto determinan la exposición ambiental del material y los daños causados por líquidos y gases que lo penetran, como dióxido de carbono, agua, oxígeno, cloruros, sulfatos, etc. Estos elementos o compuestos dan lugar a diversas reacciones químicas, cuyo efecto más crítico es la corrosión del acero del elemento de construcción. Por lo tanto, el concepto de durabilidad en el concreto está asociado con el mantenimiento de su forma original, calidad y buen rendimiento cuando se expone al entorno de servicio. (Vélez, 2010, p. 173).

La porosidad es la cantidad de espacio vacío entre todos los agregados. El carácter para que un concreto sea llamado permeable su estructura debe presentar un contenido de vacíos sea mayor al 15%. (Guaita, 2016).

*b. Permeabilidad en el concreto poroso en estado endurecido.*

Se refiere a la cantidad de agua u otras sustancias que atraviesan el concreto por medio de sus poros de este concreto especial en cualquier momento. (Vélez, 2010, p. 173)

La permeabilidad en el concreto poroso lo mismo que la porosidad están relacionados con las propiedades de los materiales a usar en su preparación, la compactación y métodos de colocación del concreto poroso. Si se excede en la compactación se observara una reducción de la permeabilidad, porque esta actividad generara que se selle los poros por donde pasa el agua. (Guaita, 2016).

*c. Absorción acústica en el concreto poroso en estado endurecido.*

La absorción acústica en el concreto poroso es altamente eficaz a causa de los poros interconectados presente en su estructura. El concreto poroso es eficaz para ser utilizado como un medio para disminuir el ruido producido por la fricción entre el neumático y el pavimento de concreto. El pavimento poroso cambia la generación de ruido, disminuyendo el bombeo de aire entre la llanta del vehículo y la superficie de concreto poroso. Asimismo, los poros del concreto poroso tienen la capacidad de absorber el ruido a través de la fricción interna entre las moléculas de aire y las paredes de los poros del concreto poroso. (Guaita, 2016).

### **2.2.3.3. Propiedades mecánicas del concreto poroso.**

La propiedad mecánica del concreto poroso comprende la resistencia a compresión que está en la clase de 17 MPa; a pesar de ello, se puede diseñar para que este concreto poroso alcance resistencias de 28 MPa. El contenido de vacíos, el esfuerzo de compactación y Los materiales que componen al concreto poroso influyen considerablemente la resistencia a compresión del concreto poroso (ASTM Internacional, 2003).

**Tabla 2**

*Propiedades típicas del concreto poroso*

<b>Propiedades</b>	<b>Rangos</b>
Revenimiento, mm	20
Peso unitario, kg/m <sup>3</sup>	1600-2000
Tiempo de fraguado*, horas	1
Porosidad, %(en volumen)	15-35
Permeabilidad**, lt/m <sup>2</sup> /mm (cm/seg.)	120-320 (0.20-0.54)
Resistencia a la compresión, MPa	3.5-28
Resistencia a la flexión, MPa	1-3.8
Contracción	200x10 <sup>-6</sup>

\*con la adición de químicos se puede extender el tiempo

\*\*en el laboratorio se han encontrado valores de velocidad de flujo tan altas como 700 lt/m<sup>2</sup>/min.

Fuente: Gonzales, 2011

### **2.2.3.4. Ensayo de permeabilidad.**

Para poder realizar esta prueba de permeabilidad, se diseñó y confecciono un permeámetro a base de materiales de ferretería en donde aplicaremos la formula

demostrada por el ACI 522R, este diseño casero consiste en un elemento de forma cilíndrica vertical de sección del área A y L que es igual a la altura, esta permeabilidad presenta un coeficiente que está dentro del rango 0.14 cm/seg a 1.22 cm/seg. Para calcular el grado de permeabilidad usaremos la siguiente formula:

$$K = \frac{L * a * \ln\left(\frac{h1}{h2}\right)}{(t2 - t1) * A} \dots\dots\dots[Ecuación 1]$$

Donde:

L = Significa la medida de la Altura de la muestra que se someterá al ensayo de permeabilidad (centímetros)

A = Significara el área conformado por el tubo cilíndrico graduado (centímetros cuadrados)

h1 = Significará la altura en donde el pelo de agua se estabilizará el cual se tomará la lectura gracias al tubo graduado al iniciar el proceso. (Centímetros)

h2 = Significara la altura de la columna de agua en el tubo graduado al final de la prueba (centímetros)

t1 = Significara el periodo inicial (Segundos)

t2 = periodo final (Segundos)

A = significara el Área promedio de nuestro testigo (centímetros cuadrados)

K = significa el coeficiente de permeabilidad del testigo a ensayar. (Centímetros /segundo)

#### **2.2.4. El aditivo.**

El aditivo es un material muy distinto que el cemento portland, los agregados pétreos, el agua de mezcla, se mezclan en pequeñas cantidades y logran que el concreto alcance nuevos resultados. “estos son productos que se agregan en cantidades menores al concreto en el mismo instante del mezclado en porcentajes que van del uno por ciento (uno por ciento) al cinco por ciento (cinco por ciento) según el producto, con el fin de generar un cambio en las propiedades originales del concreto” (Asocem e Indecopi, 2009, p. 1)

Portugal (2007) explica que “el concepto del concreto de ser un material a base de cinco componentes adquirirá una mayor fuerza pasado los años, en donde los aditivos tienen un rol muy importante” (p. 84)

Harmsen (2017) explica que “los aditivos son sustancias químicas que, al ser mezcladas con el concreto, estos cambian sus propiedades originales en el estado fresco y también cuando ya están en estado sólido o endurecidos. Estos aditivos se clasifican en aditivos minerales y aditivos químicos” (p. 13).

Rivera (2015) comenta que “se sabe que en la época cuando dominaban los romanos ya se utilizaban aditivos mezclándolos con el hormigón de cal y puzolanas volcánicas. Los arqueólogos explican que los aditivos más antiguos fueron la clara de huevo de gallina y sangre de humano” (p. 233).

#### ***2.2.4.1. Aditivo plastificante.***

Rubio (2007) afirma que “Los aditivos plastificantes también son conocidos como fluidificantes aditivos químicos que maximizan la trabajabilidad y docilidad del concreto fresco. En cambio, estos aditivos actúan física y mecánicamente, logrando un porcentaje de retención de agua” (p. 31)

Rubio (2007) su más grande aporte “es cuando se realiza una mezcla con poco agregado fino o presenta agregado de bajo coeficiente de forma, sin embargo, una excesiva dosificación de este tipo de aditivo generaría una pérdida considerable de la resistencia mecánica del concreto, generado por el excesivo aumento del agua” (p. 32).

#### ***2.2.4.2. Sika plastiment HE 98.***

Es un aditivo plastificante e impermeabilizante excepto de cloruros que logra que el concreto adquiera un aumento en la trabajabilidad obteniendo una disminución en la relación agua/cemento.

El producto plastiment HE-98 es un aditivo que su uso común en la mayoría de los concretos a nivel universal su empleo está recomendado para todos los concretos frescos en obras de ingeniería, construcción así como, edificaciones, prefabricados, pavimentos y obras donde se requiera colocar concretos de alta calidad, elaboración de concretos frágiles, concreto de acabados caravista, obras hidráulicas.

El aditivo Plastiment HE-98 aporta una mejor trabajabilidad al concreto cuando está en su etapa de recién mezclado, permitiendo una fácil colocación del concreto fresco en el encofrado, logra reducir el agua en el concreto fresco y así logrando que el concreto

tenga una alta resistencia, aporta un aumento en la impermeabilidad del concreto, reduce las retracciones, este aditivo en su fórmula no cuenta con cloruros, ayuda al concreto cuando se quiere colocar en lugares poco accesibles y una acelerada colocación del concreto bombeado gracias a su revenimiento. (Sika Perú, 2018)

## **2.2.5. Ventajas y desventajas que destacan en el concreto poroso.**

### **2.2.5.1. Ventajas del concreto poroso.**

#### *a. Ventajas medio ambientales del concreto poroso.*

Su capacidad de permeabilidad del concreto poroso nos da la solución al gran problema de la escorrentía superficial de las aguas producto de las lluvias, cuando este concreto poroso es usado como pavimento, evitando las perjudiciales inundaciones. Un segundo beneficio es asociado con la capacidad de su rápida filtración de contaminantes de automóviles, este segundo beneficio evita que otros pavimentos o estructuras se contaminen, por ejemplo, aceras, veredas, superficies impermeables. Un uso importante de esta estructura porosa en áreas verdes facilita la entrada de agua y oxígeno, los cuales son muy importantes para el buen crecimiento de plantas, árboles que proporcionan sombra y calidad del aire. (González, 2011).

#### *b. Ventajas económicas del concreto poroso.*

El concreto poroso o permeable sería usado en zonas de tránsito ligero como estacionamientos y disminuir la construcción de pozos donde se almacene el agua producto de la lluvia. El mismo pavimento de concreto poroso tiene la capacidad de

filtrar y direccionar el agua por medio de un sistema de drenes, esto reducirá la construcción de pozos y cunetas. (González, 2011).

*c. Ventajas estructurales del concreto poroso.*

La forma porosa del concreto permeable da la suficiente tracción en las llantas de los vehículos y reduce considerablemente el hidropneumático este efecto se realiza incluso en plena lluvia, lo que permite que los choferes y transeúntes estén seguros. El concreto poroso o permeable es duradero y presenta resistencia al tiempo, y se ha comprobado que pueden llegar a de 20 a 30 años con un correcto mantenimiento. (González, 2011).

*d. Desventajas del concreto poroso.*

- La aplicación del concreto poroso está limitado a calles de tránsito ligero, a causa de su baja resistencia al desgaste de este.
- El concreto poroso no puede estar expuesta a aguas negras, por la razón que puede contaminar las aguas subterráneas.
- El concreto poroso no se puede aplicar en zonas que tengan una pendiente mayor a 20%.
- En climas con temperaturas bajo cero donde se presenta congelamiento se presenta diversos impedimentos como el sellado de los poros por el hielo.
- El concreto poroso en un determinado tiempo pierde la permeabilidad, a causa de que se van saturando los poros con todo tipo de material fino, el concreto poroso requiere un mantenimiento con agua a presión.

### **2.2.6. Aplicaciones del concreto poroso.**

El concreto poroso por su propiedad de infiltración, se puede aplicar a diversos campos, aunque su mayor aplicación en mundo de la construcción es en pavimentos.

El concreto poroso en nuestro entorno social se puede aplicar en:

- a. Se aplica en ciclo-pistas en la ciudad de Moquegua.*
- b. Se aplica en jardines y patios de viviendas.*
- c. Se aplica para pavimentos de tránsito ligero en la ciudad de Moquegua.*
- d. Se aplica en parqueaderos o estacionamiento.*
- e. Se aplica banquetas y andadores.*
- f. Se aplica en Plataformas en torno de albercas.*
- g. Se aplica en terraplenes de puente.*
- h. Se aplica para piso de invernaderos.*
- i. Se aplica en establo para animales, áreas de zoológico, graneros y canchas de tenis.*
- j. Se aplica en muros marinos (rompeolas, pisos para muelles) y estructuras de playa.*
- k. Se aplica en zonas donde se cagan lavados de autos.*

### **2.2.7. Método usado para hallar el diseño de mezcla.**

Concluyendo la falta de un método para el diseño de mezcla de concreto poroso para la región de Moquegua, hubo la necesidad de hallar una metodología de diseño que permita aguantar la aplicación de un método de dosificación de concreto poroso en función de la razón agua/cemento (A/C) y del porcentaje de vacíos interconectados posteriores al concreto poroso endurecido.

En consecuencia, se tomó como texto de referencia para esta tesis el documento titulado “*laboratory study of mixture proportioning for pervious concrete pavement*” (Castro, Solminihac, Videla, y Fernandez, 2009). Este documento propone una metodología de dosificación, empezando de la deducción de una ecuación que examina el comportamiento de 18 mezclas de concreto poroso, con diferentes relaciones agua / cemento entre 0,29 y 0,24 y su relación existente entre el contenido de vacíos.

De esta forma el sistema de dosificación desarrollado en esta investigación se basa en la relación entre la cantidad de vacíos disponibles originalmente en el árido y el aumento volumétrico final producto de la inclusión de la pasta a la mezcla.

De esta forma el método de dosificación desarrollado en esta investigación se fundamenta en la relación entre la cantidad de vacíos disponibles inicialmente en el árido y el incremento volumétrico final resultado de la inclusión de la pasta a la mezcla.

Para una unidad de volumen de agregado, la densidad de la mezcla se puede obtener sumando la masa de los componentes y dividiendo por la unidad de volumen. El autor la denomina densidad teórica, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$DT = \frac{M + C + W}{1} \dots\dots\dots[Ecuación 2]$$

Donde:

DT = densidad teórica

M = masa del árido

C = masa del cemento

W = masa del agua

El resultado de poner en práctica esta fórmula es que una vez mezclados los materiales y compactado el concreto poroso, la pasta no solo llenará los huecos entre los áridos, sino que también se introducirá entre los áridos, separándolos y aumentando el volumen. Debido al efecto de esta "esponjamiento" de la mezcla, el volumen final será mayor.

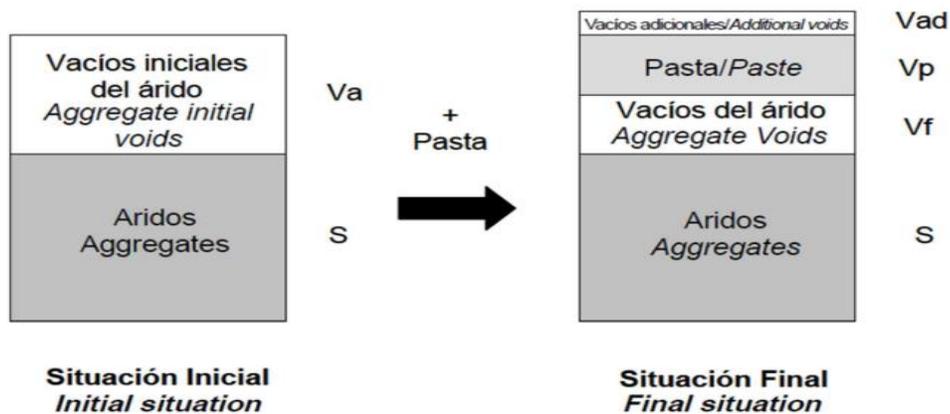


Figura 3. Representación de los volúmenes

### 2.3. Definición de términos

#### a. Definición de evaluación.

Se define como la acción de valorar, con esto se puede controlar o medir una determinada circunstancia, con la finalidad de conseguir resultados. El termino evaluación deriva de la palabra evaluar, que nace del francés évaluer, y su significado es determinar el valor de algo.

Rodríguez (2005) asegura que evaluación es el “Conjunto de procesos sistemáticos de recogida, análisis e interpretación de información válida y fiable, que en comparación con una referencia o criterio nos permita llegar a una decisión que favorezca a la mejora del objeto evaluado” (p. 129).

Zabalza (2001) asegura que evaluación consiste “En evaluar una actividad, una de las unidades de competencia puede ser el identificar los aspectos relevantes del aprendizaje a evaluar, otra preparar los protocolos de recogida de información, otra analizar los datos, otra preparar los informes de actividad” (p. 8).

*b. Definición de eficiencia.*

Es la capacidad de lograr ese efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles o en el menor tiempo posible. “La eficiencia se define como alcanzar los objetivos por medio de la elección de alternativas que puedan suministrar el mayor beneficio” (Lam y Hernández, 2008, p. 1).

*c. Tamaño de poros.*

Según el American Concrete Institute (2010): “El tamaño de los poros presente en el concreto poroso también es un gran factor que influye en sus propiedades, así como la permeabilidad y la absorción acústica” (p. 9).

*d. Infiltración.*

Según el American Concrete Institute (2010): “La infiltración es una de las propiedades de mayor importancia del concreto poroso, es la característica de infiltrar agua a través

de su estructura porosa. La infiltración en el concreto poroso está relacionada directamente con la porosidad y el tamaño de los vacíos del concreto poroso” (p. 10).

*e. American Concrete Institute (ACI).*

Es conocida también como sociedad americana del concreto, es una organización americana importante sin deseo de lucro que se fundó en 1904, la cual tiene como objetivo realizar normas, estándares y recomendaciones técnicas sobre el concreto reforzado o variantes. Su sede principal está ubicada en Farmington Halls, Michigan, Estados Unidos.

*f. ACI 522R-10.*

Según el American Concrete Institute (2010): Este informe proporciona información técnica sobre la aplicación, los métodos de construcción, las pruebas y la inspección del hormigón permeable.

El término "concreto" generalmente describe cero depresiones El material clasificado consiste en cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. La combinación de estos componentes producirá un material endurecido con orificios de comunicación, que varían en tamaño de 0.08 a 0.32 pulgadas (dos a ocho milímetros), permitiendo que el agua pase fácilmente. El contenido de vacío varía del 18% al 35% y la resistencia a la compresión típica es de 400 a 4 000 psi (2.8 a 28 MPa). La velocidad de drenaje del pavimento de concreto permeable variara con el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero generalmente caerá en el rango de dos a 18 gal./min/fr<sup>2</sup> (81 a 730 L/min /m<sup>2</sup>) (p. 4).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación correspondió al tipo CORRELACIONAL, su propósito fue vincular y relacionar las características del concreto poroso o permeable (la permeabilidad y la resistencia a la compresión,) con la adición de porcentajes aditivos de cero por ciento a dos por ciento en intervalos de 0,5%.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) expresan que “el estudio CORRELACIONAL vincula la variable independiente con la variable dependiente por medio de un patrón predecible para una población o grupo” (p. 83).

Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) define que “la investigación CORRELACIONAL se usa cuando se quiere implantar el grado de correlación o de asociación entre una variable y otra variable que no sean dependiente una de la otra” (p. 368)

### **3.2. Diseño de la investigación**

Nuestro diseño de investigación es del campo EXPERIMENTAL.

Tamayo (2004) afirma que “se publicó que el estudio experimental se observa cuando manipulamos una variable experimental no demostrado, en una posición altamente controlado, para obtener el resultado de por qué causa se genera un acontecimiento particular” (p. 47).

Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) define que “el método EXPERIMENTAL es el método o técnica de investigación más sofisticados para recopilar datos y probar hipótesis. Se dice que se ha mejorado porque utiliza técnicas complejas basadas en las matemáticas, la estadística y la lógica, como las técnicas estadísticas para el control de variables y la medición de diferencias estadísticas en los resultados” (p. 354).

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población de estudio.**

La población son los testigos de concreto poroso  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sin aditivo y adicionando aditivo plastificante en porcentajes de 0,5%; 1,0%; 1,5% y 2%.

#### **3.3.2. Muestra para la investigación.**

Se realizaron 90 testigos cilíndricos de concreto poroso para realizar las pruebas de resistencia a compresión y 30 testigos para la prueba de permeabilidad.

### ***3.3.2.1. Se realizaron dos tipos de diseños.***

#### ***a. Diseño 1.***

Se realizó una mezcla con agregado grueso de media pulgada (1/2”), cemento portland IP, agua potable de la universidad José Carlos Mariátegui y aditivos en porcentajes de 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%.

Se realizaron 45 testigos con este diseño, nueve testigos con 0% de aditivo, nueve testigos con 0,5% de aditivo, nueve testigos con 1,0% de aditivo, nueve testigos con 1,5% de aditivo y nueve testigos con 2,0% de aditivo. Las roturas de los testigos se realizó a los tres, 14 y 28 días de curado.

Se realizaron 15 testigos de diámetro de 0,10 metros y altura de 0,20 metros para las pruebas de permeabilidad, tres testigos con 0% de aditivo, tres testigos con 0,5% de aditivo, tres testigos con 1,0% de aditivo, tres testigos con 1,5% de aditivo y tres testigos con 2,0% de aditivo. El ensayo de permeabilidad se realizó a los 28 días de curado.

#### ***b. Diseño 2.***

Se realizó una mezcla con agregado grueso de media pulgada (1/2”), agregado fino, cemento portland IP, agua potable de la universidad José Carlos Mariátegui y aditivos en porcentajes de 0%; 0,5%; 1,0%; 1,5% y 2,0%.

se realizaron 45 testigos con este diseño, nueve testigos con 0% de aditivo, nueve testigos con 0,5% de aditivo, nueve testigos con 1,0% de aditivo, nueve testigos

con 1,5% de aditivo y nueve testigos con 2,0% de aditivo. Las roturas de los testigos se realizó a los tres, 14 y 28 días de curado.

Se realizaron 15 testigos de diámetro de 0,10 metros y altura de 0,20 metros para las pruebas de permeabilidad, tres testigos con 0% de aditivo, tres testigos con 0,5% de aditivo, tres testigos con 1,0% de aditivo, tres testigos con 1,5% de aditivo y tres testigos con 2,0% de aditivo. El ensayo de permeabilidad se realizó a los 28 días de curado.

**Tabla 3**

*Probetas o testigos de concreto con 0% de aditivo plastificante*

Tipo de diseño	Días de curado			Total
	3 días.	14 días.	28 días.	
Diseño 1	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos
Diseño 2	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos

**Tabla 4**

*Probetas de concreto con 0,5 % de aditivo plastificante*

Tipo de diseño	Días de curado			Total
	3 días.	14 días.	28 días.	
Diseño 1	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos
Diseño 2	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos

**Tabla 5**

*Probetas de concreto con 1,0 % de aditivo plastificante*

Tipo de diseño	Días de curado			Total
	3 días.	14 días.	28 días.	
Diseño 1	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos
Diseño 2	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos

**Tabla 6***Probetas de concreto con 1,5 % de aditivo plastificante*

<b>Tipo de diseño</b>	<b>Días de curado</b>			<b>Total</b>
	<b>3 días.</b>	<b>14 días.</b>	<b>28 días.</b>	
Diseño 1	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos
Diseño 2	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos

**Tabla 7***Probetas de concreto con 2,0 % de aditivo plastificante*

<b>Tipo de diseño</b>	<b>Días de curado</b>			<b>Total</b>
	<b>3 días.</b>	<b>14 días.</b>	<b>28 días.</b>	
Diseño 1	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos
Diseño 2	03 testigos	03 testigos	03 testigos	09 testigos

**Tabla 8***Cuadro de resumen de probetas*

<b>Aditivo</b>	<b>0%</b>	<b>0.5 %</b>	<b>1.0 %</b>	<b>1.5 %</b>	<b>2.0 %</b>	<b>Total</b>
Diseño 1	09 testigos	09 testigos	09 testigos	09 testigos	09 testigos	45
Diseño 2	09 testigos	09 testigos	09 testigos	09 testigos	09 testigos	45
Total de testigos						90

**Tabla 9***Probetas para ensayo de permeabilidad a los 28 días de curado*

<b>Aditivo</b>	<b>0%</b>	<b>0.5 %</b>	<b>1.0 %</b>	<b>1.5 %</b>	<b>2.0 %</b>	<b>Total</b>
Diseño 1	3 testigos	3 testigos	3 testigos	3 testigos	3 testigos	15
Diseño 2	3 testigos	3 testigos	3 testigos	3 testigos	3 testigos	15
Total de testigos						30

### **3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos**

#### **3.4.1. Cuarteo, extracción y elaboración de las muestras.**

##### ***3.4.1.1. Equipos y herramientas.***

- Pala
- carretilla
- Cubierta de jebe
- Regla metálica
- bandeja

#### **3.4.2. Contenido de humedad.**

##### ***3.4.2.1. Equipos y herramientas.***

- Balanza para Agregado Fino (arena gruesa)
- Balanza para Agregado Grueso (piedra de ½")
- Bandejas y Recipientes de Acero
- Horno Graduado a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $110^{\circ}\text{C}$ )

#### **3.4.3. Granulometría de los materiales.**

##### ***3.4.3.1. Equipos y herramientas.***

- Tamices para el agregado fino: # 04, # 08, # 16, # 30, # 50, # 100 y # 200.
- Tamices para el agregado grueso: 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼" y # 04.

#### **3.4.4. Densidad y absorción del agregado grueso.**

##### ***3.4.4.1. Equipos y herramientas.***

- Balanza de Agregado Grueso

- Soporte de madera
- Depósito o Balde de agua
- Cesta de malla de alambre
- Horno Graduado a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $110^{\circ}\text{C}$ )

### **3.4.5. Densidad y absorción del agregado fino.**

#### ***3.4.5.1. Equipos y herramientas.***

- Balanza de Agregado Fino
- Bandejas de Acero Quirúrgico
- Picnómetro (fiola), con capacidad de 500 ml.
- Molde metálico en forma de cono, de  $40 \pm 3$  mm de diámetro superior,  $90 \pm 3$  mm de diámetro inferior y  $75 \pm 3$  mm de altura.
- Pisón de metal, la cual es una varilla metálica
- Horno graduado.

### **3.4.6. Porcentaje de vacíos y peso unitario.**

#### ***3.4.6.1. Equipos y herramientas.***

- Olla para Peso Unitario de agregado grueso
- Olla para Peso Unitario de agregado fino
- Balanza de Agregado Grueso
- Varilla de Acero Liso, con punta semiesférica
- Pala
- Cucharón

### **3.4.7. Cono de Abrams – asentamiento del concreto poroso.**

#### ***3.4.7.1. Equipos y herramientas.***

- El cono de Abrams es un molde con una forma de cono cortado, en el cual su diámetro en la parte inferior (base) es de 0.20 m y en la parte superior del cono cortado presenta un diámetro de 0.10 m, con una altura del tronco cortado de 0.30 m.
- Vara con punta semiesférica de metal liso de diámetro de 5/8” (1.58 cm) y con una longitud de 24” (60.96 cm)
- Cucharón metálico de acabado liso con resistencia para mover concreto.
- Instrumento de medición (flexómetro o regla metálica).

### **3.4.8. Elaboración de probetas.**

#### ***3.4.8.1. Equipos y herramientas.***

- Moldes cilíndricos de PVC, cuyas dimensiones son 10 cm de diámetro x 20 cm de alto (prueba de permeabilidad)
- Moldes cilíndricos metálicos, cuyas dimensiones son 15 cm de diámetro x 45 cm de largo. Dichos moldes pueden ser madera o acero.
- Bandeja de Acero.
- Varilla de Acero Liso, con punta semiesférica (5/8” de diámetro y 24” de longitud).
- Pala
- Cucharón.
- Mazo con cabeza de caucho cuya masa puede ser de  $0.6 \pm 0.2$  kg.

### **3.4.9. Resistencia a compresión del concreto poroso.**

#### ***3.4.9.1. Equipos y herramientas.***

- Prensa Hidráulica Digital respectivamente calibrada.
- Platos de Retención, con almohadillas de neopreno.
- Vernier, para la medición exacta en milímetros de los diámetros de las probetas cilíndricas.

### **3.4.10. Ensayo coeficiente de permeabilidad.**

#### ***3.4.10.1. Equipos y herramientas.***

- Permeámetro de carga variable.
- Cronómetro.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Presentación de resultados**

##### **4.1.1. Características de los agregados a utilizados.**

###### ***4.1.1.1. Agregado grueso (piedra de ½”).***

###### ***a. Estudio de granulometría del agregado grueso.***

En la tabla 10, se presenta los resultados reales que se obtuvo en el laboratorio de la universidad José Carlos Mariátegui.

**Tabla 10***Peso del material retenido en los tamices*

Abertura tamiz ASTM		Peso	Peso retenido	% retenido	% retenido	% pasante
pulgadas	mm	retenido	acumulado	parcial	acumulado	
3"	76,20	0	0	0	0	100
2 1/2"	63,50	0	0	0	0	100
2"	50,80	0	0	0	0	100
1 1/2"	38,10	0	0	0	0	100
1"	25,40	0	0	0	0	100
3/4"	19,05	0	0	0	0	100
1/2"	12,70	440,40	440,40	14,62	14,62	85,38
3/8"	9,53	1 248,80	1 689,20	41,46	56,09	43,91
N° 04	4,76	1 302,4	2 991,60	43,24	99,33	0,67
N° 08	2,38	20,2	3 011,80	0,67	100	0
N° 16	1,19	0	0	0	100	0
N° 30	0,59	0	0	0	100	0
N° 50	0,279	0	0	0	100	0
N° 100	0,149	0	0	0	100	0
N° 200	0,074	0	0	0	100	0
sumatoria		3011.80				

*Nota:* las aberturas de los tamices utilizados son los normados para agregado grueso

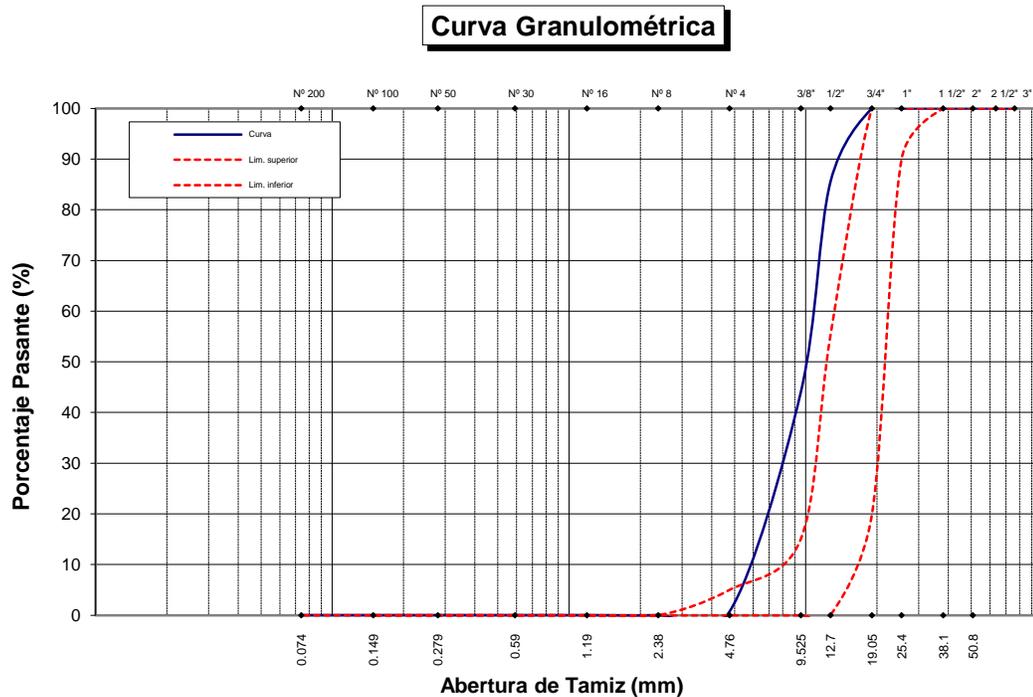


Figura 4. Curva granulométrica

*b. Resumen de resultados de ensayos al agregado grueso.*

Los siguientes resultados de la tabla 11, son ensayos que complemento al estudio granulométrico para la realización del diseño de mezcla.

**Tabla 11**

*Resumen de resultados - A. Grueso*

<b>Ensayo ejecutado</b>	<b>Resultado</b>	<b>unidad</b>
Módulo de fineza	1,70	-
Peso unitario suelto	1 405,35	Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1 531,03	Kg/m <sup>3</sup>
Peso específico saturado sup. seco	2 568,58	Kg/m <sup>3</sup>
Absorción	1,47	%
Contenido de humedad	0,39	%

*Nota:* resultados finales de las propiedades del A. Grueso para aplicar al diseño de mezcla.

#### 4.1.1.2. Agregado fino (arena gruesa).

##### a. Estudio de granulometría del agregado fino.

En la tabla 12, se presenta los resultados reales que se obtuvo en el laboratorio de la universidad José Carlos Mariátegui.

**Tabla 12**

*Peso del material retenido en los tamices*

Abertura tamiz ASTM		Peso	Peso retenido	% retenido	% retenido	% pasante
pulgadas	mm	retenido	acumulado	parcial	acumulado	
3"	76,20	0	0	0	0	100
2 1/2"	63,50	0	0	0	0	100
2"	50,80	0	0	0	0	100
1 1/2"	38,10	0	0	0	0	100
1"	25,40	0	0	0	0	100
3/4"	19,05	0	0	0	0	100
1/2"	12,70	0	0	0	0	100
3/8"	9,53	0	0	0	0	100
N° 04	4,76	22,64	22,64	4,71	4,71	95,29
N° 08	2,38	117,36	140,00	24,41	29,11	70,89
N° 16	1,19	102,49	142,49	21,31	50,43	49,57
N° 30	0,59	79,68	322,17	16,57	67,00	33,00
N° 50	0,279	69,12	391,29	14,37	81,37	18,63
N° 100	0,149	55,96	447,25	11,64	93,01	6,99
N° 200	0,074	32,79	480,04	6,82	99,83	0,17
< N° 200		0,83	480,87	0,17	100	0
sumatoria		480,87				

*Nota:* las aberturas de los tamices utilizados son los normados para A. Fino

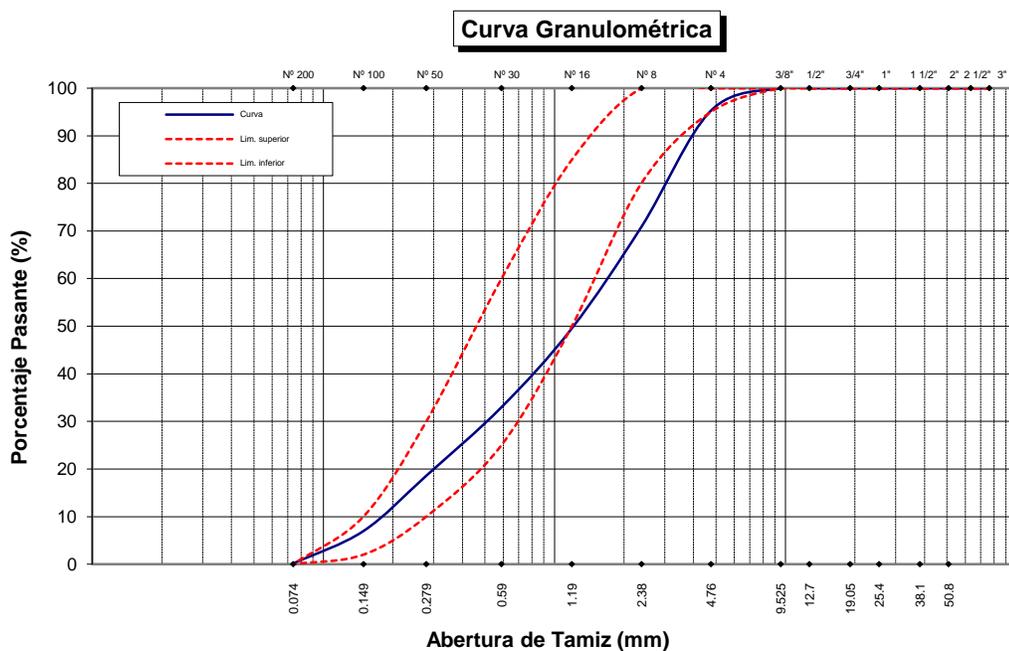


Figura 5. Curva granulométrica A. Fino

*b. Resumen de resultados de ensayos al agregado fino.*

Los siguientes resultados de la tabla 13, son ensayos que complemento al estudio granulométrico para la realización del diseño de mezcla.

**Tabla 13**

*Resumen de resultado - A. Fino*

Ensayo ejecutado	Resultado	unidad
Módulo de fineza	3,26	-
Peso unitario suelto	1 677,89	Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1 798,23	Kg/m <sup>3</sup>
Peso específico saturado sup. seco	2 498,13	Kg/m <sup>3</sup>
Absorción	1,46	%
Contenido de humedad	3,49	%

*Nota:* resultados finales de las propiedades del A. Fino para aplicar al diseño de mezcla

#### 4.1.2. Resultados de las roturas de probetas sin agregado fino.

##### 4.1.2.1. Resultados de roturas en el diseño de mezcla (patrón – SF-0.0): cemento +

##### a. grueso + 0 % aditivo + agua.

**Tabla 14**

*Resultados de la resistencia a compresión SF-0.0*

Código de Dosificación	Tiempo de curado	0 % aditivo	F'c kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
SF-0.0-3D-01	03 días	0 %	43,46	
SF-0.0-3D-02	03 días	0 %	73,77	64,84
SF-0.0-3D-03	03 días	0 %	77,30	
SF-0.0-14D-04	14 días	0 %	92,12	
SF-0.0-14D-05	14 días	0 %	86,64	91,45
SF-0.0-14D-06	14 días	0 %	95,59	
SF-0.0-28D-07	28 días	0 %	100,80	
SF-0.0-28D-08	28 días	0 %	98,50	105,07
SF-0.0-28D-09	28 días	0 %	115,90	

*Nota:* SF-0.0-28D-09=diseño de mezcla sin A. Fino-cero por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

##### a. Representación gráfica.

En la figura 6, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y sin aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

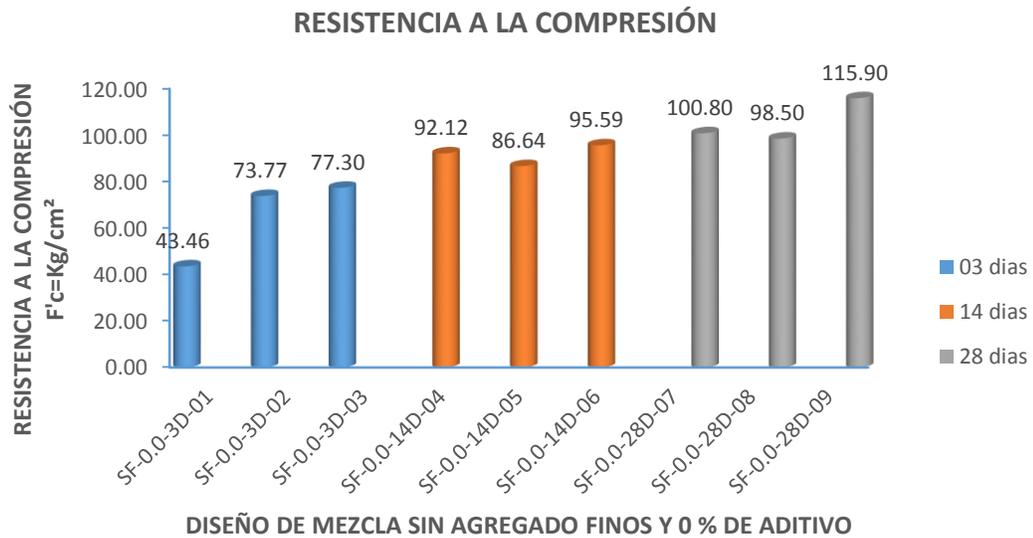


Figura 6. Resistencia a la compresión por probetas SF-0.0

Nota: SF-0.0-3D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – cero por ciento de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-0.0-14D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – cero por ciento de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-0.0-28D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – cero por ciento de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta;

*b. Representación gráfica curva evolutiva.*

En la figura 7, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y sin aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

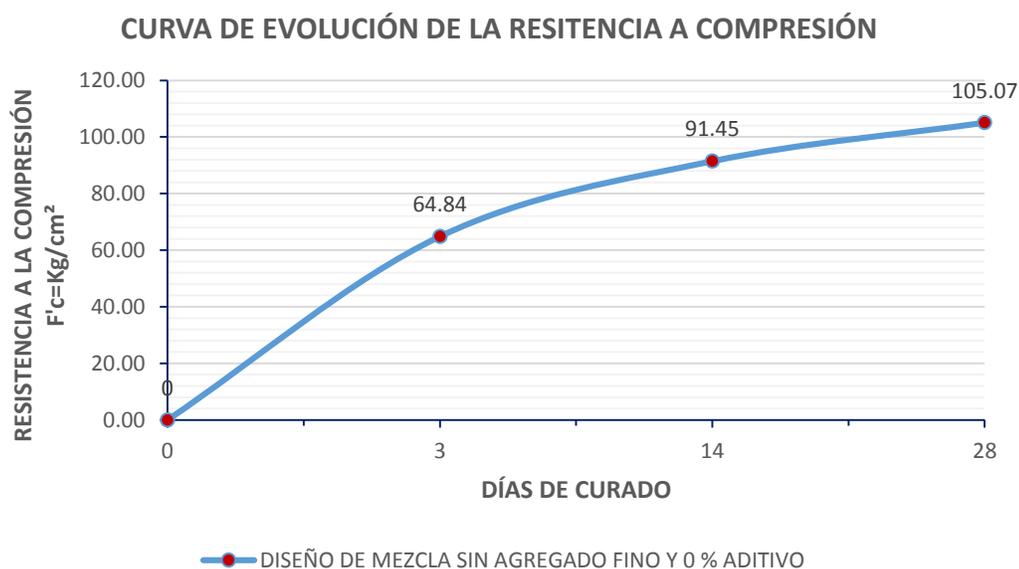


Figura 7. Curva resistencia a la compresión promedio SF-0.0

**4.1.2.2. Resultados de roturas en el Diseño de mezcla: cemento + a. grueso + 0,5 % aditivo + agua.**

**Tabla 15**

*Resultados de la resistencia a compresión SF-0,5*

Dosificación	Tiempo de curado	0,5 % aditivo	F'c kg/cm²	Promedio
SF-0.5-3D-01	03 días	0,5 %	62,61	62,35
SF-0.5-3D-02	03 días	0,5 %	63,51	
SF-0.5-3D-03	03 días	0,5 %	60,92	
SF-0.5-14D-04	14 días	0,5 %	76,99	78,07
SF-0.5-14D-05	14 días	0,5 %	77,12	
SF-0.5-14D-06	14 días	0,5 %	80,11	
SF-0.5-28D-07	28 días	0,5 %	107,40	110,20
SF-0.5-28D-08	28 días	0,5 %	113,30	
SF-0.5-28D-09	28 días	0,5 %	109,90	

*Nota:* SF-0.5-28D-09=diseño de mezcla sin A. Fino-0.5 por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

a. Representación gráfica de barras.

En la figura 8, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y con 0,5% de aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

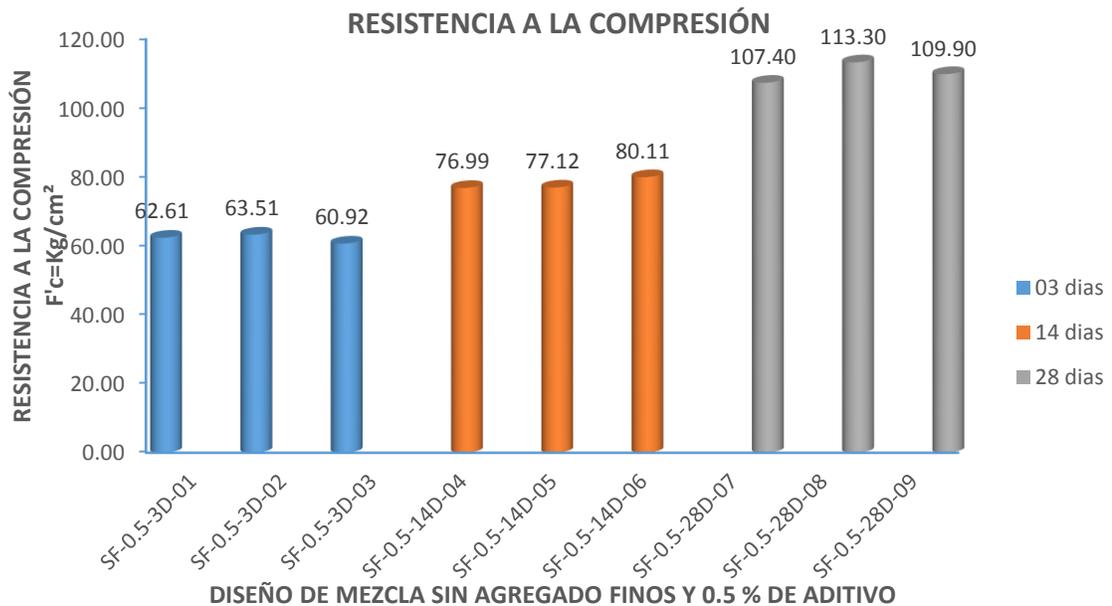


Figura 8. Resistencia a la compresión por probetas SF-0.5

Nota: SF-0.5-3D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-0.5-14D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-0.5-28D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta;

b. Representación gráfica curva evolutiva.

En la figura 9, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y con 0,5 % aditivo. Tres probetas

los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

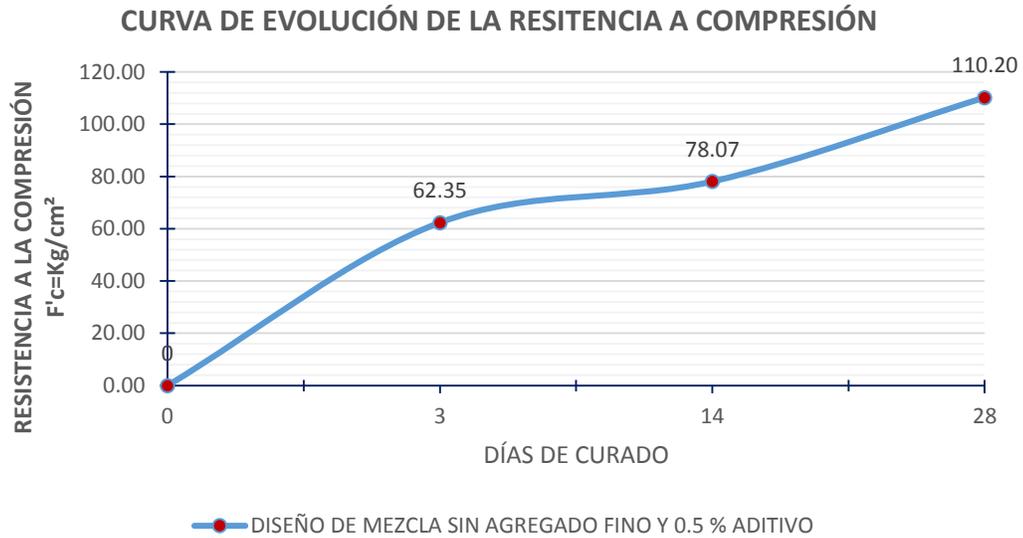


Figura 9. Curva resistencia a la compresión promedio SF-0.5

**4.1.2.3. Resultados de roturas en el Diseño de mezcla: cemento + a. grueso + 1 % aditivo + agua.**

**Tabla 16**

Resultados de la resistencia a compresión SF-1.0

Dosificación	Tiempo de curado	1% aditivo	F'c= kg/cm²	Promedio
SF-1.0-3D-01	03 días	1%	53,48	
SF-1.0-3D-02	03 días	1%	52,51	54,20
SF-1.0-3D-03	03 días	1%	56,60	
SF-1.0-14D-04	14 días	1%	91,15	
SF-1.0-14D-05	14 días	1%	110,12	100,48
SF-1.0-14D-06	14 días	1%	100,18	
SF-1.0-28D-07	28 días	1%	104,20	
SF-1.0-28D-07	28 días	1%	113,30	111,80
SF-1.0-28D-07	28 días	1%	117,90	

Nota: SF-1.0-28D-09=diseño de mezcla sin A. Fino-uno por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

a. Representación gráfica de barras.

En la figura 10, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y con 1,0 % de aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

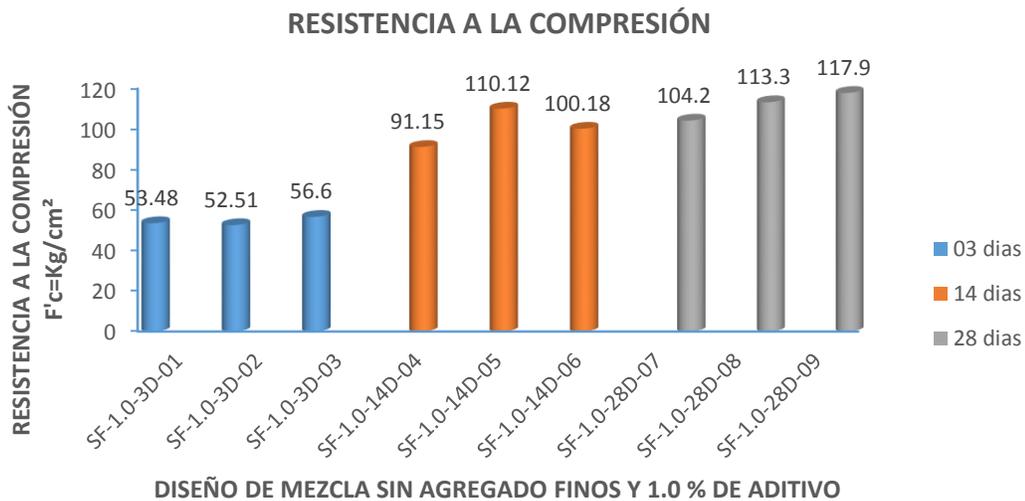


Figura 10. Resistencia a la compresión por probetas SF-1.0

Nota: SF-1.0-3D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-1.0-14D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-1.0-28D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta;

b. Representación gráfica curva evolutiva.

En la figura 11, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y con 1,0 % aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

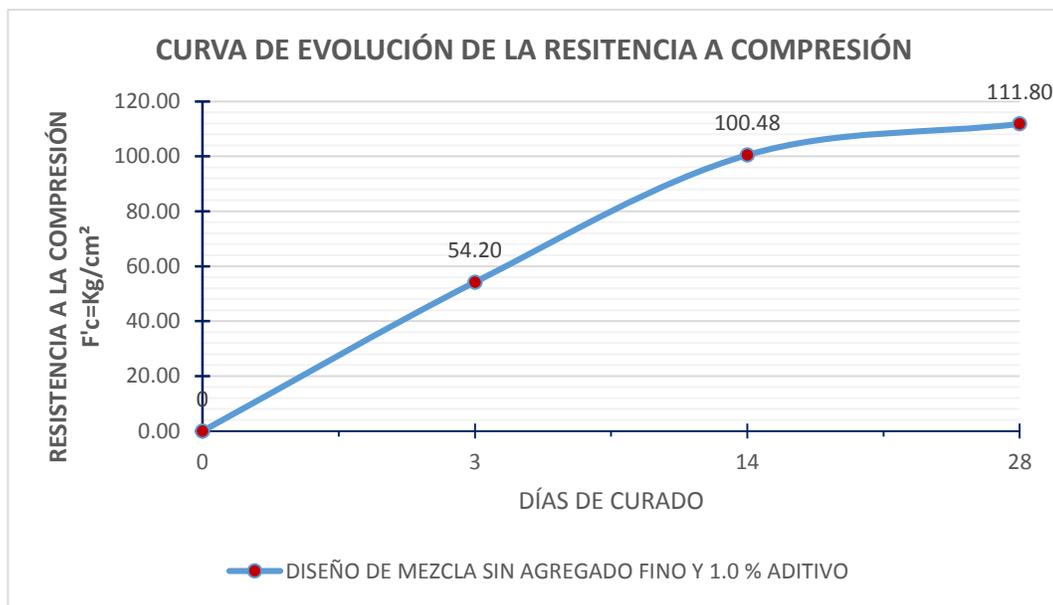


Figura 11. Curva resistencia a la compresión promedio SF-1.0

#### 4.1.2.4. Resultados de roturas en el diseño de mezcla: cemento + a. grueso + 1,5 % aditivo + agua.

Tabla 17

Resultados de la resistencia a compresión SF-1.5

Dosificación	Tiempo de curado	1,5 % aditivo	F'c = kg/cm²	Promedio
SF-1.5-3D-01	03	1,5	53,31	
SF-1.5-3D-02	03	1,5	50,55	55,39
SF-1.5-3D-03	03	1,5	62,30	
SF-1.5-14D-04	14	1,5	55,08	
SF-1.5-14D-05	14	1,5	57,56	58,61
SF-1.5-14D-06	14	1,5	63,20	
SF-1.5-28D-07	28	1,5	81,09	
SF-1.5-28D-08	28	1,5	81,27	80,71
SF-1.5-28D-09	28	1,5	79,77	

Nota: SF-1.5-28D-09=diseño de mezcla sin A. Fino-1.5 por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

a. Representación gráfica de barras.

En la figura 12, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y con 1,5% de aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

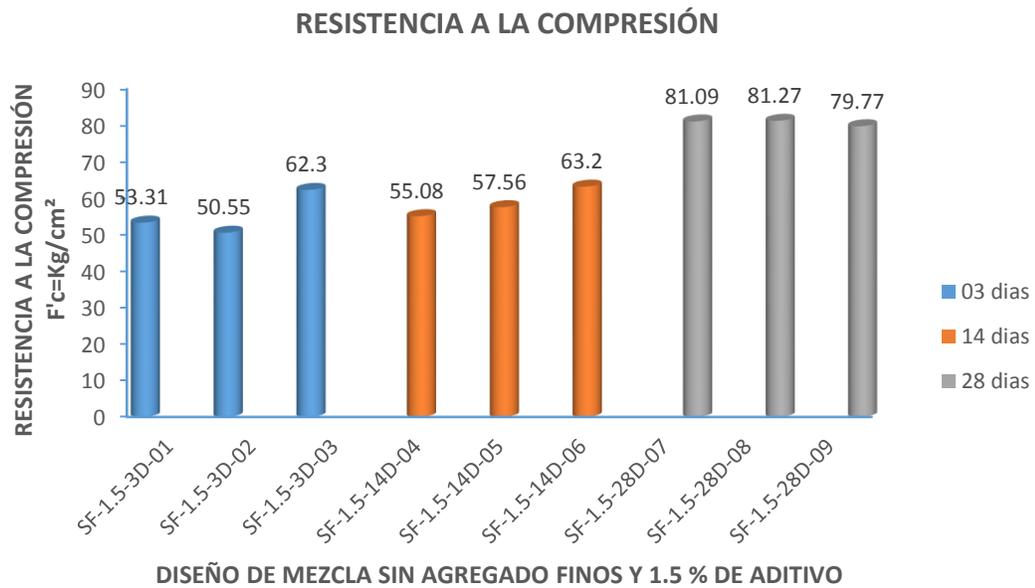


Figura 12. Resistencia a la compresión por probetas SF-1.5

Nota: SF-1.5-3D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-1.5-14D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-1.5-28D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta;

*b. Representación gráfica curva evolutiva.*

En la figura 13, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y con 1,5 % aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

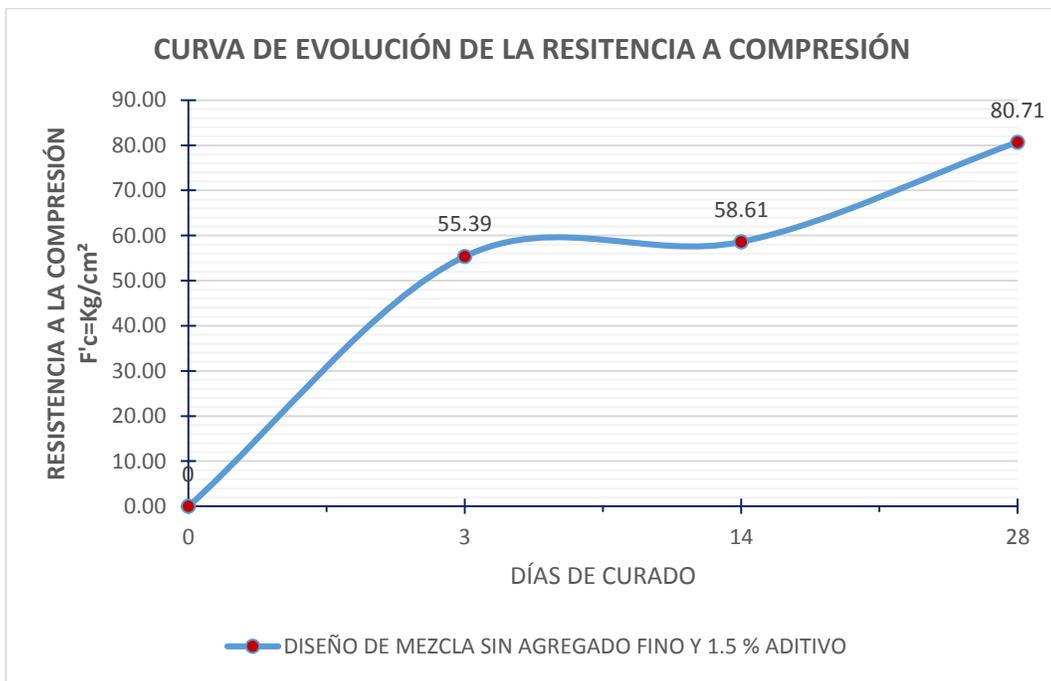


Figura 13. Curva resistencia a la compresión promedio SF-1.5

**4.1.2.5. Resultados de roturas en el diseño de mezcla: cemento + a. grueso + 2 % aditivo + agua.**

**Tabla 18***Resultados de la resistencia a compresión SF-2.0*

<b>Dosificación</b>	<b>Tiempo de curado</b>	<b>2 % aditivo</b>	<b>F<sup>3</sup>c = kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio</b>
SF-2.0-3D-01	03	2%	52,79	
SF-2.0-3D-02	03	2%	55,70	56,23
SF-2.0-3D-03	03	2%	60,20	
SF-2.0-14D-04	14	2%	65,09	
SF-2.0-14D-05	14	2%	70,02	67,81
SF-2.0-14D-06	14	2%	68,33	
SF-2.0-28D-07	28	2%	58,90	
SF-2.0-28D-07	28	2%	68,90	65,38
SF-2.0-28D-07	28	2%	68,33	

*Nota:* SF-2.0-28D-09=diseño de mezcla sin A. Fino-dos por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

*a. Representación gráfica de barras.*

En la figura 14, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y con 2,0 % de aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

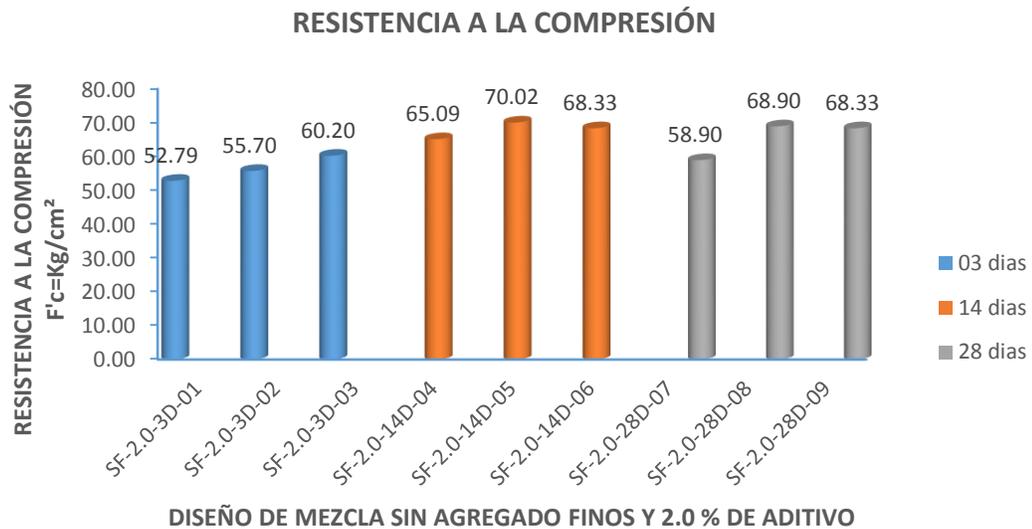


Figura 14. Resistencia a la compresión por probetas SF-2.0

Nota: SF-2.0-3D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-2.0-14D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-2.0-28D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta;

*b. Representación gráfica curva evolutiva.*

En la figura 15, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso sin agregado fino y con 0,5 % aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

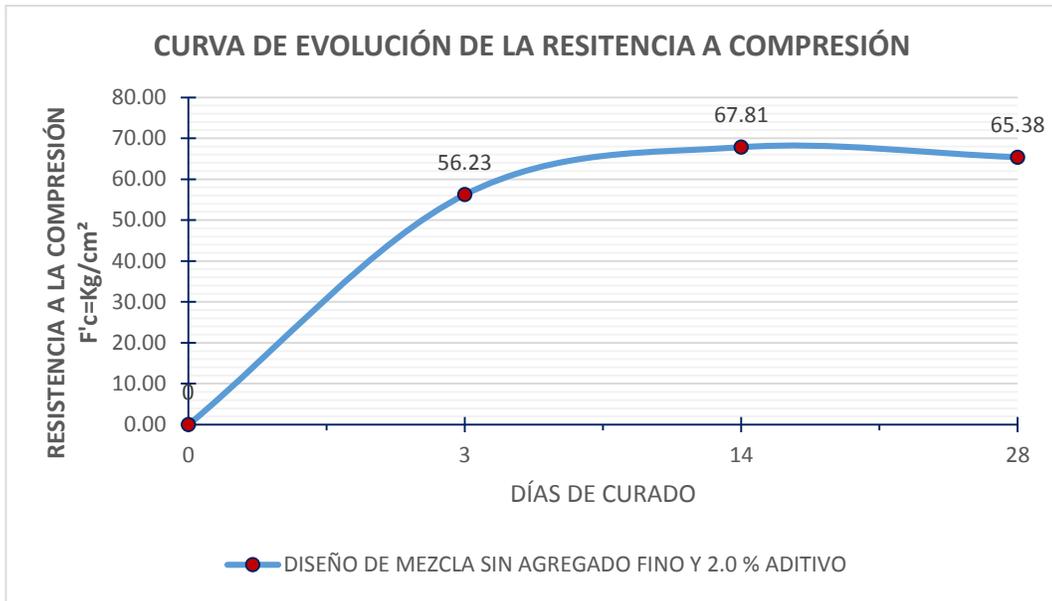


Figura 15. Curva resistencia a la compresión promedio SF-2.0

**4.1.2.6. Comparación de resultados, curvas de evolución de la resistencia a compresión (cemento + a. grueso + aditivo + agua).**

En la figura 16, se puede observar una comparación de las curvas evolutivas de a resistencia a compresión sin agregado fino y con 0 %; 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % de aditivo. Promedios de tres probetas a los tres días de curado, Promedios de tres probetas a los 14 días de curado y Promedios de tres probetas a los 28 días de curado. Donde se aprecia la diferencia el diseño que sobresale con mayor resistencia a la compresión.

### COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, CURVA EVOLUTIVA

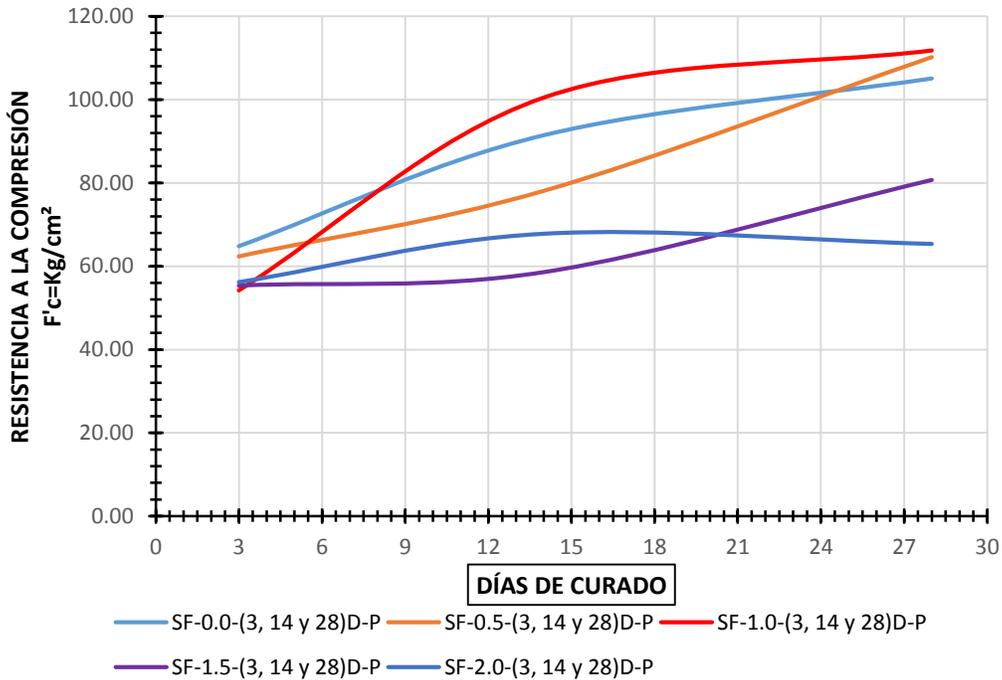


Figura 16. Comparativo de las curvas evolutivas de las resistencias a compresión

Nota: SF-0.0-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio; SF-0.5-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio; SF-1.0-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio; SF-1.5-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio; SF-2.0-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla sin agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio;

### 4.1.3. Resultados de las roturas de probetas con agregado fino.

#### 4.1.3.1. Resultados de roturas en el diseño de mezcla: cemento + a. grueso + a. fino

+ 0 % aditivo + agua.

**Tabla 19**

*Resultados de la resistencia a compresión CF-0.0*

Dosificación	Tiempo	de	0 % aditivo	F'c= kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
CF-0.0-3D-01	03 días		0 %	98,39	
CF-0.0-3D-02	03 días		0 %	100,35	99,43
CF-0.0-3D-03	03 días		0 %	99,55	
CF-0.0-14D-04	14 días		0 %	129,70	
CF-0.0-14D-05	14 días		0 %	122,50	126,83
CF-0.0-14D-06	14 días		0 %	128,30	
CF-0.0-28D-07	28 días		0 %	138,90	
CF-0.0-28D-08	28 días		0 %	171,60	153,43
CF-0.0-28D-09	28 días		0 %	149,80	

*Nota:* CF-0.0-28D-09=diseño de mezcla con A. Fino-cero por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

#### *a. Representación gráfica de barras.*

En la figura 17, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso con agregado fino y sin aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

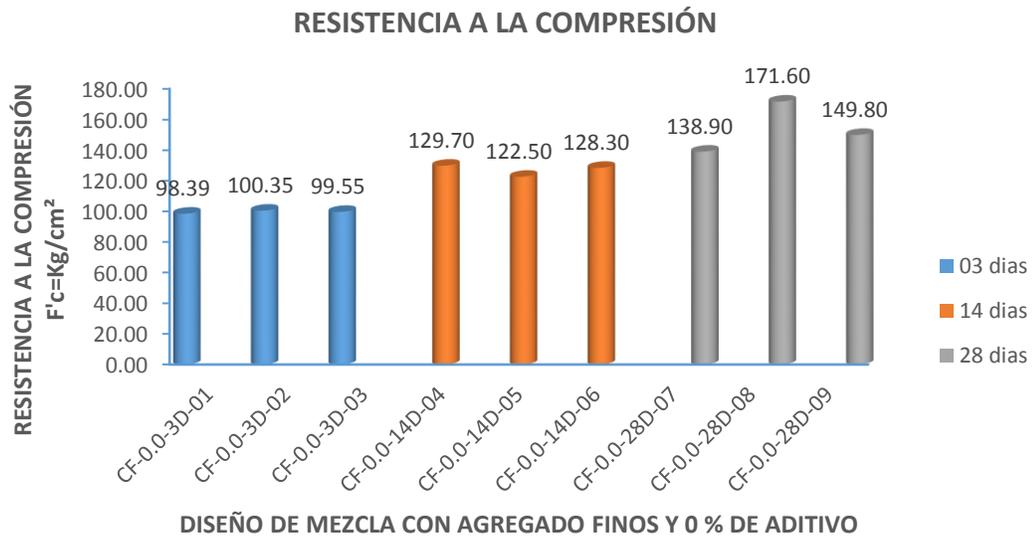


Figura 17. Resistencia a la compresión por probetas CF-0.0

Nota: CF-0.0-3D-01 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-0.0-14D-04 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-0.0-28D-07 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta.

*b. Representación gráfica curva evolutiva.*

En la figura 18, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso con agregado fino y sin aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

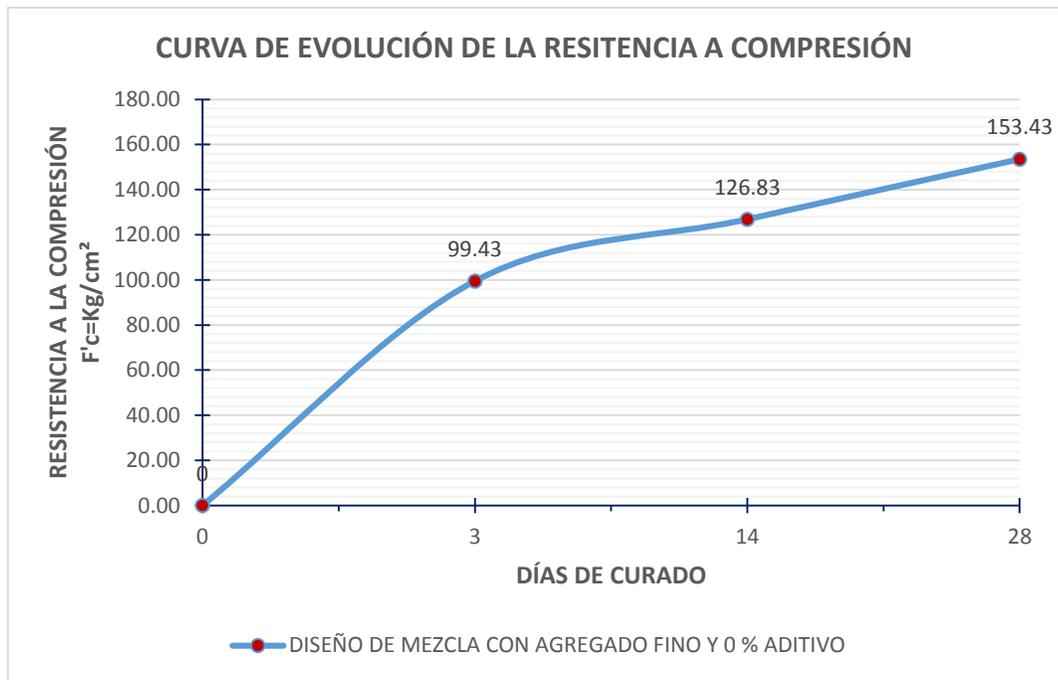


Figura 18. Curva resistencia a la compresión promedio CF-0.0

#### 4.1.3.2. Resultados de roturas en el diseño de mezcla: cemento + a. grueso + a. fino + 0,5 % aditivo + agua.

Tabla 20

Resultados de la resistencia a compresión CF-0.5

Dosificación	Tiempo de curado	0,5 % aditivo	F'c= kg/cm²	Promedio
CF-0.5-3D-01	03 días	0,5 %	58,90	57,43
CF-0.5-3D-02	03 días	0,5 %	57,60	
CF-0.5-3D-03	03 días	0,5 %	55,80	
CF-0.5-14D-04	14 días	0,5 %	103,30	100,04
CF-0.5-14D-05	14 días	0,5 %	96,30	
CF-0.5-14D-06	14 días	0,5 %	100,52	
CF-0.5-28D-07	28 días	0,5 %	157,10	157,17
CF-0.5-28D-08	28 días	0,5 %	159,80	
CF-0.5-28D-09	28 días	0,5 %	154,60	

Nota: CF-0.5-28D-09=diseño de mezcla con A. Fino-0.5 por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

a. Representación gráfica de barras.

En la figura 19, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso con agregado fino y con 0,5% de aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.



Figura 19. Resistencia a la compresión por probetas CF-0.5

Nota: CF-0.5-3D-01 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-0.5-14D-04 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-0.5-28D-07 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta.

*b. Representación gráfica curva evolutiva.*

En la figura 20, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso con agregado fino y con 0,5 % aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

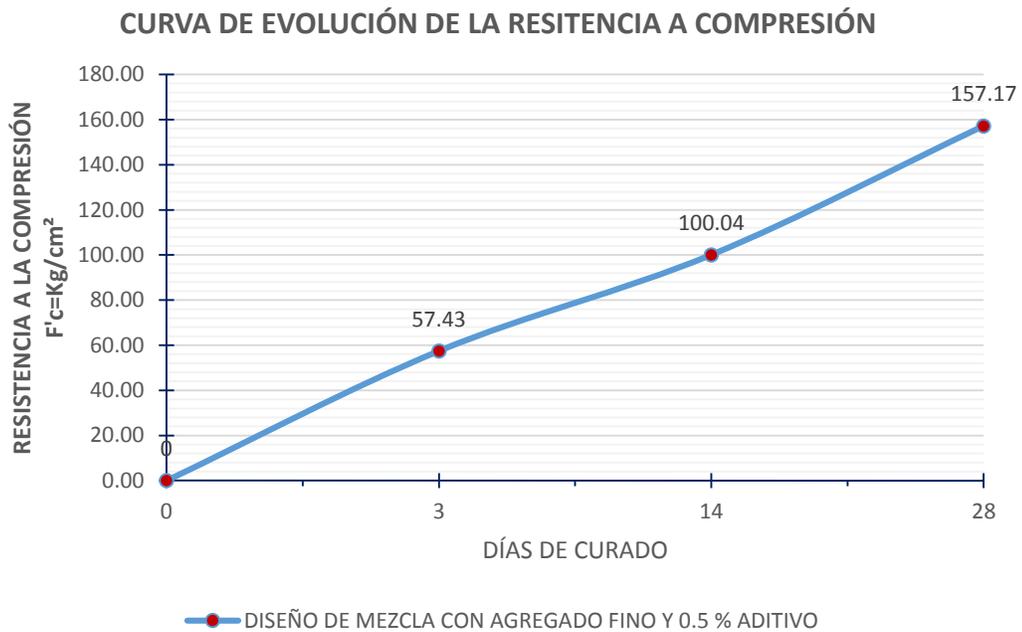


Figura 20. Curva resistencia a la compresión promedio CF-0.5

**4.1.3.3. Resultados de roturas en el diseño de mezcla: cemento + a. grueso + a. fino + 1 % aditivo + agua.**

**Tabla 21**

*Resultados de la resistencia a compresión CF-1.0*

*Dosificación*

<b>Dosificación</b>	<b>Tiempo de curado</b>	<b>1 % aditivo</b>	<b>F'c kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Promedio</b>
CF-1.0-3D-01	03 días	1 %	135	
CF-1.0-3D-02	03 días	1 %	105	116,67
CF-1.0-3D-03	03 días	1 %	110	
CF-1.0-14D-04	14 días	1 %	164,60	
CF-1.0-14D-05	14 días	1 %	163,30	161,13
CF-1.0-14D-06	14 días	1 %	155,50	
CF-1.0-28D-07	28 días	1 %	179,10	
CF-1.0-28D-07	28 días	1 %	158,80	174,90
CF-1.0-28D-07	28 días	1 %	186,80	

*Nota:* CF-1.0-28D-09=diseño de mezcla con A. Fino-uno por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

*a. Representación gráfica de barras.*

En la figura 21, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso con agregado fino y con 1,0 % de aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

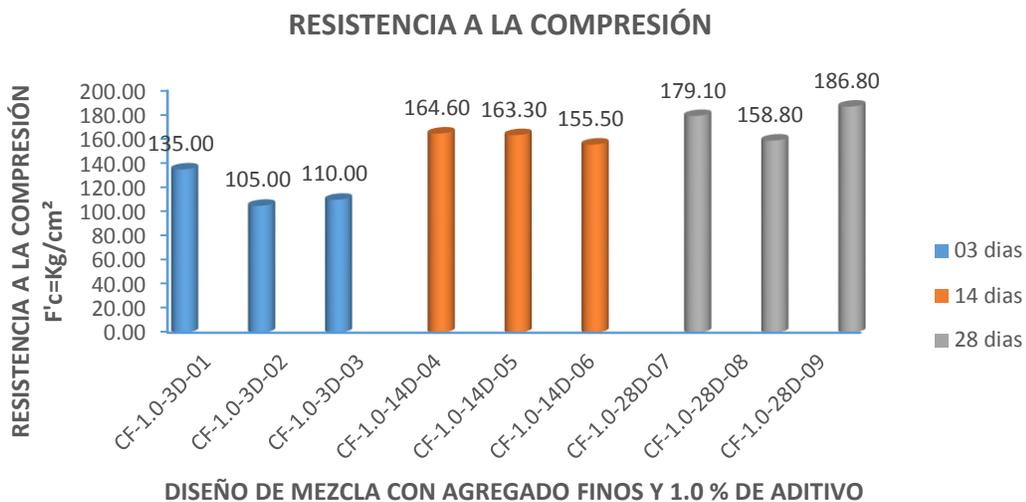


Figura 21. Resistencia a la compresión por probetas CF-1.0

Nota: CF-1.0-3D-01 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo dígito significa numeración de la probeta; CF-1.0-14D-04 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo dígito significa numeración de la probeta; CF-1.0-28D-07 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo dígito significa numeración de la probeta.

*b. Representación gráfica curva evolutiva.*

En la figura 22, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso con agregado fino y con 1,0 % aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

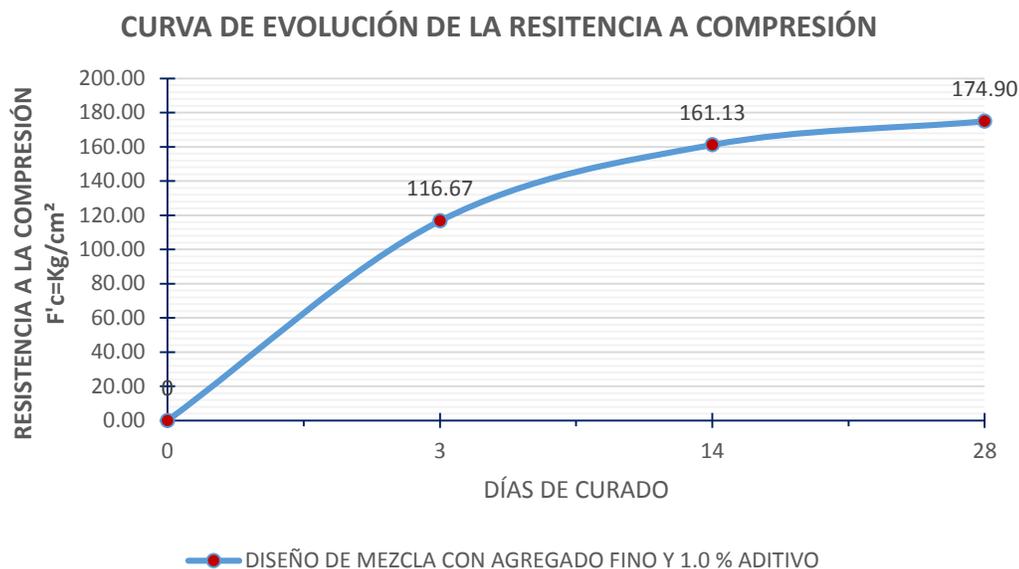


Figura 22. Curva resistencia a la compresión promedio CF-1.0

**4.1.3.4. Resultados de roturas en el diseño de mezcla: cemento + a. grueso + a. fino + 1,5 % aditivo + agua.**

**Tabla 22**

Resultados de la resistencia a compresión CF-1.5

Dosificación	Tiempo de curado	1,5 % aditivo	F'c = kg/cm²	Promedio
CF-1.5-3D-01	03 días	1,5 %	65,59	
CF-1.5-3D-02	03 días	1,5 %	57,50	62,56
CF-1.5-3D-03	03 días	1,5 %	64,60	
CF-1.5-14D-04	14 días	1,5 %	129,40	
CF-1.5-14D-05	14 días	1,5 %	114,90	123,17
CF-1.5-14D-06	14 días	1,5 %	125,20	
CF-1.5-28D-07	28 días	1,5 %	149,10	
CF-1.5-28D-08	28 días	1,5 %	156,50	155,57
CF-1.5-28D-09	28 días	1,5 %	161,10	

Nota: CF-1.5-28D-09=diseño de mezcla con A. Fino-1,5 por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

a. Representación gráfica de barras.

En la figura 23, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso con agregado fino y con 1,5% de aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

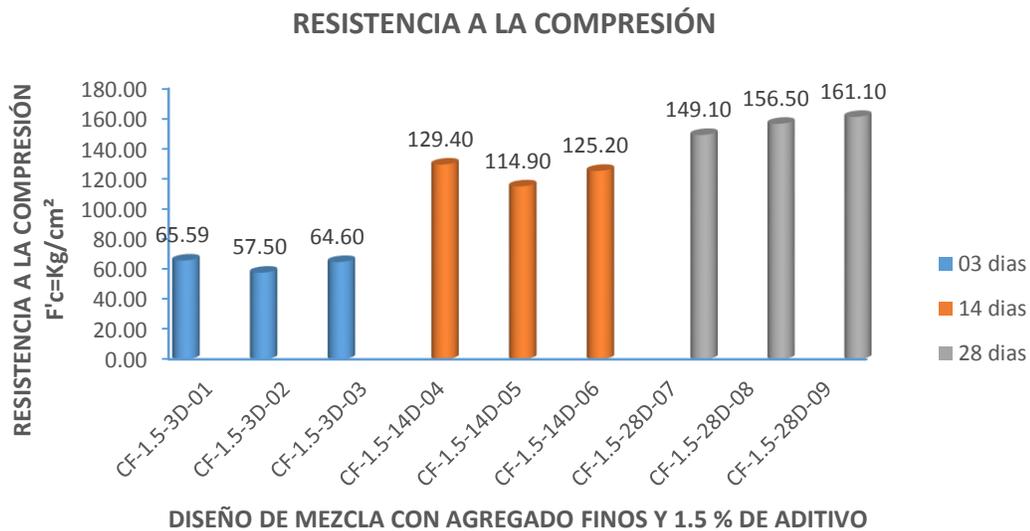


Figura 23. Resistencia a la compresión por probetas CF-1.5

Nota: CF-1.5-3D-01 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-1.5-14D-04 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-1.5-28D-07 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta.

b. Representación gráfica curva evolutiva.

En la figura 24, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso con agregado fino y con 1,5 % aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

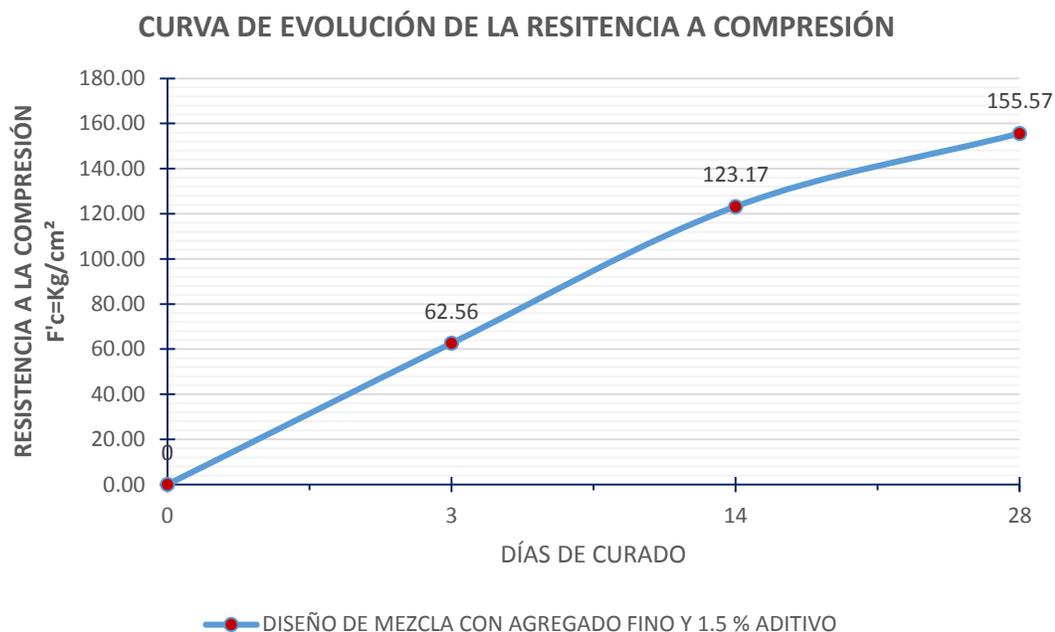


Figura 24. Curva resistencia a la compresión promedio CF-1.5

**4.1.3.5. Resultados de roturas en el diseño de mezcla: cemento + a. grueso + a. fino + 2 % aditivo + agua.**

**Tabla 23**

*Resultados de la resistencia a compresión CF-2.0*

Dosificación	Tiempo de curado	2 % aditivo	F'c = kg/cm <sup>2</sup>	Promedio
CF-2.0-3D-01	03 días	2 %	64,92	60,61
CF-2.0-3D-02	03 días	2 %	54,60	
CF-2.0-3D-03	03 días	2 %	62,30	
CF-2.0-14D-04	14 días	2 %	85,14	82,61
CF-2.0-14D-05	14 días	2 %	79,90	
CF-2.0-14D-06	14 días	2 %	82,80	
CF-2.0-28D-07	28 días	2 %	95,83	90,24
CF-2.0-28D-07	28 días	2 %	85,40	
CF-2.0-28D-07	28 días	2 %	89,50	

*Nota:* CF-2.0-28D-09=diseño de mezcla con A. Fino-dos por ciento de aditivo-veintiocho días de curado-muestra número nueve.

a. Representación gráfica de barras.

En la figura 25, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de las roturas de las probetas de concreto poroso con agregado fino y con 2,0% de aditivo. Tres probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

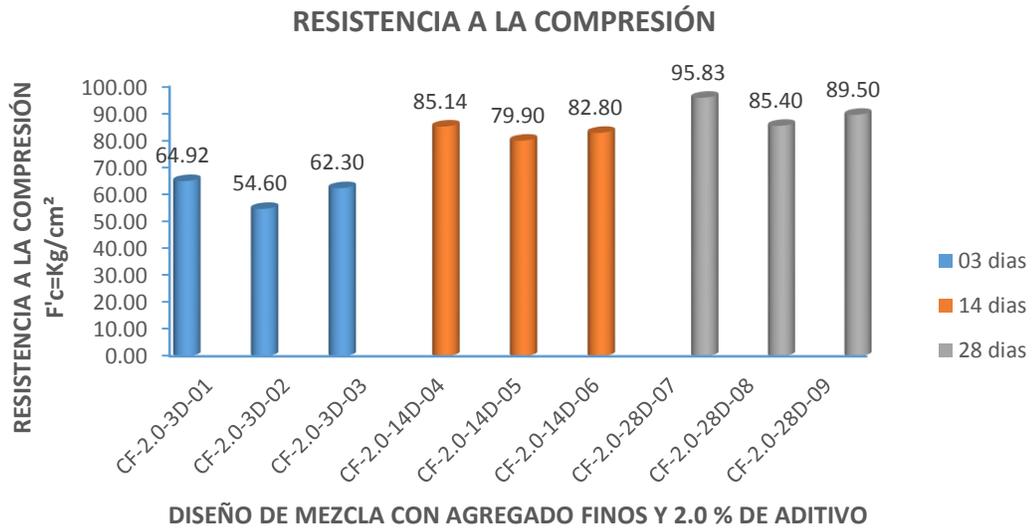


Figura 25. Resistencia a la compresión por probetas CF-2.0

Nota: CF-2.0-3D-01 = diseño de mezcla con agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-2.0-14D-04 = diseño de mezcla con agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 14 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-2.0-28D-07 = diseño de mezcla con agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta.

b. Representación gráfica curva evolutiva.

En la figura 26, se muestra la curva evolutiva de la resistencia a compresión promedio de las probetas de concreto poroso con agregado fino y con 2,0 % aditivo. Tres

probetas a los tres días de curado, tres probetas a los 14 días de curado y tres probetas a los 28 días curado.

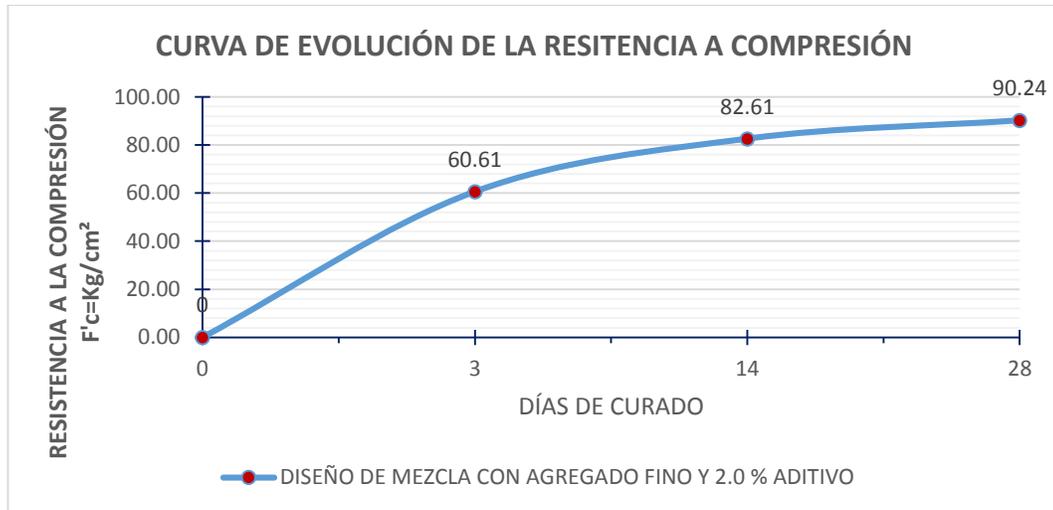


Figura 26. Curva resistencia a la compresión promedio CF-2.0

#### 4.1.3.6. Comparación de resultados, curvas de evolución de la resistencia a compresión (cemento + a. grueso + a. fino + aditivo + agua).

En la figura 27, se puede observar una comparación de las curvas evolutivas de a resistencia a compresión con agregado fino y con 0 %; 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % de aditivo. Promedios de tres probetas a los tres días de curado, Promedios de tres probetas a los 14 días de curado y Promedios de tres probetas a los 28 días de curado. Donde se aprecia la diferencia el diseño que sobresale con mayor resistencia a la compresión.

### COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, CURVA EVOLUTIVA

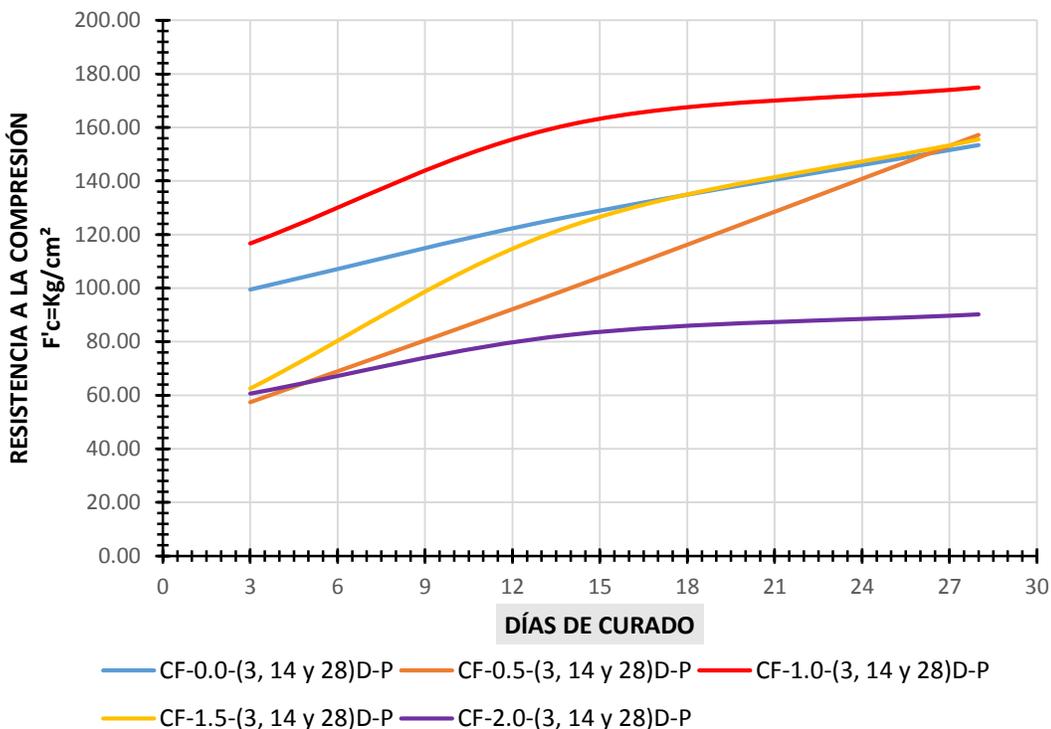


Figura 27. Comparativo de las curvas evolutivas de las resistencias a compresión

Nota: CF-0.0-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla con agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio; CF-0.5-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla con agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio; CF-1.0-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla con agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio; CF-1.5-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla con agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio; CF-2.0-(3, 14 y 28)D-P = diseño de mezcla con agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – rotura de probeta a los tres, 14 y 28 días de curado – el ultimo digito (P) significa que los datos usados son valores promedio

#### 4.1.4. Resultados de los ensayos de permeabilidad diseño sin agregado fino.

##### 4.1.4.1. Resultados de Coeficiente de permeabilidad de las probetas cilíndricas, diseño de mezcla: Cemento + A. Grueso + (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0) % de Aditivo + Agua.

**Tabla 24**

*Resultados coeficiente de permeabilidad del diseño 1*

Diseño 1 sin agregado fino	Tiempo de curado	% aditivo	K = cm/seg	Kpromedio = cm/seg
SF-0.0-28D-01	28 días	0 %	3,92	
SF-0.0-28D-02	28 días	0 %	2,83	3,15
SF-0.0-28D-03	28 días	0 %	2,69	
SF-0.5-28D-04	28 días	0,5 %	1,34	
SF-0.5-28D-05	28 días	0,5 %	1,42	1,33
SF-0.5-28D-06	28 días	0,5 %	1,24	
SF-1.0-28D-07	28 días	1 %	0,85	
SF-1.0-28D-08	28 días	1 %	0,71	0,77
SF-1.0-28D-09	28 días	1 %	0,74	
SF-1.5-28D-10	28 días	1,5 %	0,27	
SF-1.5-28D-11	28 días	1,5 %	0,26	0,25
SF-1.5-28D-12	28 días	1,5 %	0,23	
SF-2.0-28D-13	28 días	2 %	0,14	
SF-2.0-28D-14	28 días	2 %	0,14	0,14
SF-2.0-28D-15	28 días	2 %	0,13	

*Nota:* SF-0.0-28D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-0.5-28D-04 = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-1.0-28D-07 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-1.5-28D-10 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-2.0-28D-13 = diseño de mezcla sin agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; k= coeficiente de permeabilidad

a. Representación gráfica de barras.

En la figura 28, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de los ensayos de permeabilidad del concreto poroso sin agregado fino y con 0 %; 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % de aditivo, se realizaron tres probetas por cada porcentaje de aditivo y se realizó el ensayo a los 28 días de curado.

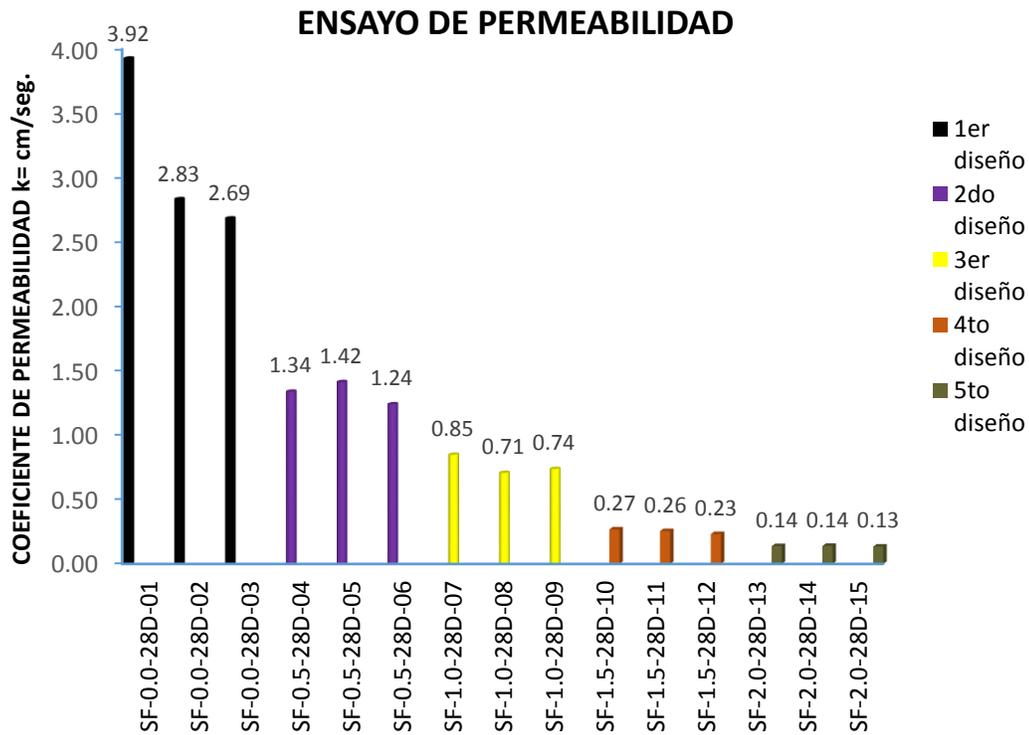


Figura 28. Ensayo de permeabilidad sin agregado fino

Nota: SF-0.0-28D-01 = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-0.5-28D-04 = diseño de mezcla sin agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-1.0-28D-07 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-1.5-28D-10 = diseño de mezcla sin agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; SF-2.0-28D-13 = diseño de mezcla sin agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; k= coeficiente de permeabilidad

#### 4.1.5. Resultados de los ensayos de permeabilidad diseño con agregado fino.

##### 4.1.5.1. Resultados de Coeficiente de permeabilidad de las probetas cilíndricas, diseño de mezcla: Cemento + A. Grueso + A. Fino + (0; 0,5; 1; 1,5; 2) % de Aditivo + Agua.

**Tabla 25**

*Resultados coeficiente de permeabilidad, diseño 2*

<b>Diseño 2 sin agregado fino</b>	<b>Tiempo de curado</b>	<b>% aditivo</b>	<b>K = cm/seg</b>	<b>Kpromedio= cm/seg</b>
CF-0.0-28D-01	28 días	0 %	0,77	
CF-0.0-28D-02	28 días	0 %	0,64	0,65
CF-0.0-28D-03	28 días	0 %	0,54	
CF-0.5-28D-04	28 días	0,5 %	0,44	
CF-0.5-28D-05	28 días	0,5 %	0,49	0,46
CF-0.5-28D-06	28 días	0,5 %	0,46	
CF-1.0-28D-07	28 días	1 %	0,38	
CF-1.0-28D-08	28 días	1 %	0,43	0,38
CF-1.0-28D-09	28 días	1 %	0,33	
CF-1.5-28D-10	28 días	1,5 %	0,24	
CF-1.5-28D-11	28 días	1,5 %	0,19	0,21
CF-1.5-28D-12	28 días	1,5 %	0,20	
CF-2.0-28D-13	28 días	2 %	0	
CF-2.0-28D-14	28 días	2 %	0	0
CF-2.0-28D-15	28 días	2 %	0	

*Nota:* CF-0.0-28D-01 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-0.5-28D-04 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-1.0-28D-07 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-1.5-28D-10 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-2.0-28D-13 = diseño de mezcla con agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; k= coeficiente de permeabilidad

a. Representación gráfica de barras.

En la figura 29, podemos observar el diagrama de barras de los resultados obtenidos de los ensayos de permeabilidad del concreto poroso con agregado fino y con 0 %; 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 % de aditivo, se realizaron tres probetas por cada porcentaje de aditivo y se realizó el ensayo a los 28 días de curado.

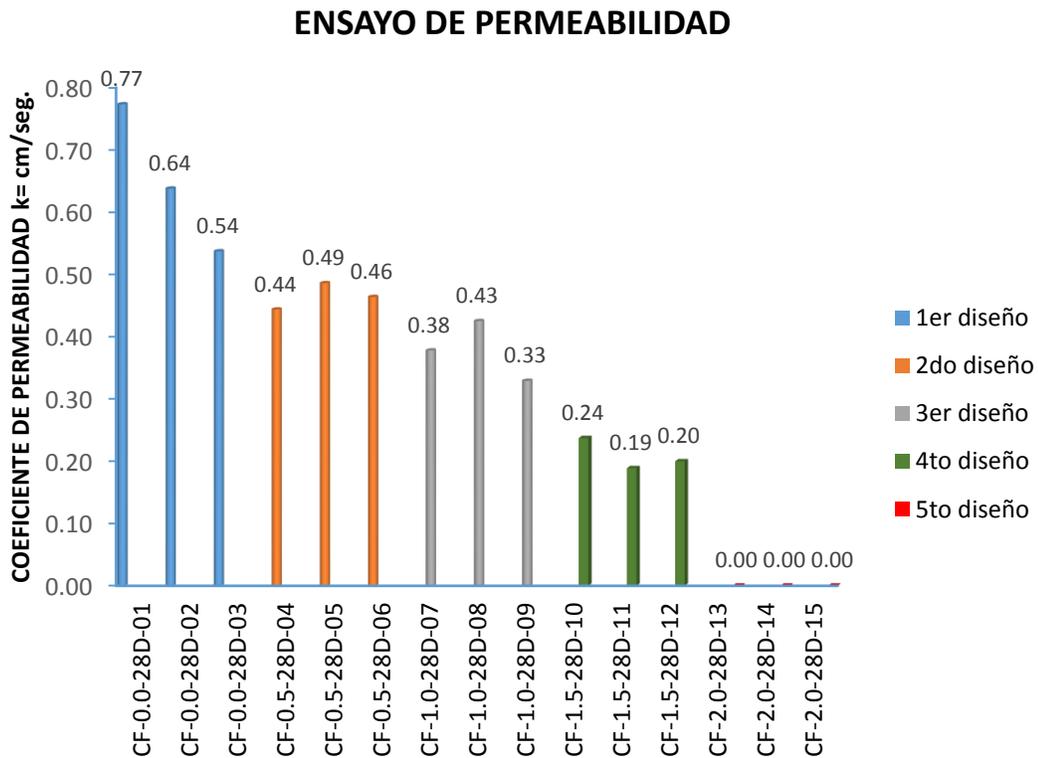


Figura 29. Ensayo de permeabilidad con agregado fino

Nota: CF-0.0-28D-01 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-0.5-28D-04 = diseño de mezcla con agregado fino – 0,5 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-1.0-28D-07 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-1.5-28D-10 = diseño de mezcla con agregado fino – 1,5 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; CF-2.0-28D-13 = diseño de mezcla con agregado fino – 2,0 % de aditivo plastificante – ensayo de grado de permeabilidad a los 28 días de curado – el ultimo digito significa numeración de la probeta; k= coeficiente de permeabilidad

## 4.2. Contrastación de hipótesis

### 4.2.1. Hipótesis N° 01, incremento en la resistencia a la compresión.

#### 4.2.1.1. Diseño de mezcla sin agregado fino.

a. Comprobación de la normalidad usando test de Shapiro – wilks.

Ho : Los resultados de la resistencia a compresión a los tres, 14 y 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, pertenecen a una distribución normal ( $P>0,05$ ).

Hi : Los resultados de la resistencia a compresión a los tres, 14 y 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, no pertenecen a una distribución normal ( $P<0,05$ ).

**Tabla 26**

*Prueba de Normalidad diseño sin agregado fino – tres días de curado*

código	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Dif.	P - valor
Rotura a los 03 días				
SF-0.0-3D-01	43,46	0,827	3	0,181
SF-0.0-3D-02	73,77			
SF-0.0-3D-03	77,30			
SF-0.5-3D-01	62,61	0,970	3	0,667
SF-0.5-3D-02	63,51			
SF-0.5-3D-03	60,92			
SF-1.0-3D-01	53,48	0,916	3	0,437
SF-1.0-3D-02	52,51			
SF-1.0-3D-03	56,60			
SF-1.5-3D-01	53,31	0,914	3	0,433
SF-1.5-3D-02	50,55			
SF-1.5-3D-03	62,30			
SF-2.0-3D-01	52,79	0,985	3	0,765
SF-2.0-3D-02	55,70			
SF-2.0-3D-03	60,20			

*Nota:* SF = diseño sin agregado fino; 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = porcentaje de aditivo por diseño; 3D = rotura de probeta a los tres días de curado.

**Tabla 27***Prueba de Normalidad diseño sin agregado fino – 14 días de curado*

código	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Dif.	P - valor
Rotura a los 14 días				
SF-0.0-14D-04	92,12			
SF-0.0-14D-05	86,64	0,983	3	0,754
SF-0.0-14D-06	95,59			
SF-0.5-14D-04	76,99			
SF-0.5-14D-05	77,12	0,781	3	0,070
SF-0.5-14D-06	80,11			
SF-1.0-14D-04	91,15			
SF-1.0-14D-05	110,12	0,999	3	0,947
SF-1.0-14D-06	100,18			
SF-1.5-14D-04	55,08			
SF-1.5-14D-05	57,56	0,952	3	0,578
SF-1.5-14D-06	63,20			
SF-2.0-14D-04	65,09			
SF-2.0-14D-05	70,02	0,968	3	0,657
SF-2.0-14D-06	68,33			

*Nota:* SF = diseño sin agregado fino; 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = porcentaje de aditivo por diseño; 14D = rotura de probeta a los 14 días de curado.

**Tabla 28***Prueba de Normalidad diseño sin agregado fino – 28 días de curado*

código	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Dif.	P - valor
Rotura a los 28 días				
SF-0.0-28D-07	100,80			
SF-0.0-28D-08	98,50	0,847	3	0,233
SF-0.0-28D-09	115,90			
SF-0.5-28D-07	107,40			
SF-0.5-28D-08	113,30	0,992	3	0,832
SF-0.5-28D-09	109,90			
SF-1.0-28D-07	104,20			
SF-1.0-28D-07	113,30	0,965	3	0,642
SF-1.0-28D-07	117,90			
SF-1.5-28D-07	81,09			
SF-1.5-28D-08	81,27	0,839	3	0,210
SF-1.5-28D-09	79,77			
SF-2.0-28D-07	58,90			
SF-2.0-28D-08	68,90	0,793	3	0,097
SF-2.0-28D-09	68,33			

*Nota:* SF = diseño sin agregado fino; 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = porcentaje de aditivo por diseño; 28D = rotura de probeta a los 28 días de curado.

En la tabla 19, tabla 20 y tabla 21, demuestran que los resultados de la resistencia a compresión a los tres, 14 y 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, provienen de una distribución normal (P – valor >0,05). Se acepta el Ho.

b. Resultado de la resistencia a compresión a los tres días de curado.

Estadístico de los resultados de resistencia a compresión del diseño de mezcla sin aditivo (patrón) y con aditivo plastificante a los tres días de curado.

**Tabla 29**

Estadístico de los resultados a tres días de curado diseño sin agregado fino

Tres días de curado	DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.	DM: C + AG + 0,5 % AD + A.	DM: C + AG + 1,0 % AD + A.	DM: C + AG + 1,5 % AD + A.	DM: C + AG + 2,0 % AD + A.
Media	64,8433	62,3467	54,1967	55,3867	56,2300
Mediana	73,7700	62,6100	53,4800	53,3100	55,7000
Desv. Tip.	18,60243	1,31493	2,13711	6,14411	3,73332
Mínimo	43,46	60,92	52,51	50,55	52,79
Máximo	77,30	63,51	56,60	62,30	60,20
Suma	194,53	187,04	162,59	166,16	168,69

Nota: DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en todas las muestras evaluadas con cuatro distintos porcentajes de aditivo plastificante (0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %) a los tres días de curado son menores que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los tres días de curado el aditivo plastificante no genera mejoras al concreto.

contrastación de hipótesis de la relación entre las fuerzas de resistencia a la compresión a los tres días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.

Ho: no existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de tres días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

Ha: si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de tres días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

**Tabla 30**

*Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a tres días de curado*

Tres días de curado	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig.
	Media	DT	ETM	95% ICD inferior				
Par 1 • DM (patron): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 0,5 % AD + A.	2,49	18,99	10,96	- 44,68	49,68	0,22	2	0,84
Par 2 • DM (patron): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 1,0 % AD + A.	10,65	17,90	10,33	- 33,82	55,11	1,03	2	0,41
Par 3 • DM (patron): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 1,5 % AD + A.	9,46	17,22	9,94	- 33,31	52,23	0,95	2	0,44
Par 4 • DM (patron): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 2,0 % AD + A.	8,61	15,55	8,98	- 30,01	47,23	0,96	2	0,44

*Nota:* DT=desviación típica; ETM=error típico de la media; ICD= intervalo confianza para la diferencia; t= t student; gl=grados de libertad; Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua

## Interpretación

Las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de tres días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), son no significativas. Se acepta el  $H_0$ .

*correlación de las resistencias a la compresión a los tres días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

$H_0$  : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con tres días de curado. La correlación no es significativa.

$H_a$  : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, si influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con tres días de curado. La correlación es significativa.

**Tabla 31**

*Prueba de correlación - resistencia a la compresión a tres días de curado*

	<b>Tres días de curado</b>	<b>N</b>	<b>Correlación</b>	<b>SIG.</b>
Par 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG + 0,5 % AD + A.</li></ul>	3	-0,266	0,829
Par 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG + 1,0 % AD + A.</li></ul>	3	0,380	0,752
Par 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG + 1,5 % AD + A.</li></ul>	3	0,382	0,750
Par 4	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG + 2,0 % AD + A.</li></ul>	3	0,852	0,351

*Nota:* Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua.

## Interpretación

La incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con tres días de curado. La correlación es poco significativa.

*c. Resultado de la resistencia a compresión a los 14 días de curado.*

*Estadístico de los resultados de resistencia a compresión del diseño de mezcla sin aditivo (patrón) y con aditivo plastificante a los 14 días de curado.*

**Tabla 32**

*Estadístico de los resultados a 14 días de curado diseño sin agregado fino*

<b>14 días de curado</b>	<b>DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG + 0,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG + 1,0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG + 1,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG + 2,0 % AD + A.</b>
Media	91,4500	78,0733	100,4833	58,6133	67,8133
Mediana	92,1200	77,1200	100,1800	57,5600	68,3300
Desv. Tip.	4,51246	1,76500	9,48864	4,16122	2,50528
Mínimo	86,64	76,99	91,15	55,08	65,09
Máximo	95,59	80,11	110,12	63,20	70,02
Suma	274,35	234,22	301,45	175,84	203,44

*Nota:* DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 0,5; 1,5; 2,0 % a los 14 días de curado son menores que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 14 días de curado el aditivo plastificante no genera mejoras al concreto.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en la muestra evaluada con aditivo plastificante 1,0 % a los 14 días de curado es mayor que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 14 días de curado el aditivo plastificante genera mejoras al concreto.

*contrastación de hipótesis de la relación entre las fuerzas de resistencia a la compresión a los 14 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho: no existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 14 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

Ha: si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 14 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

**Tabla 33***Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 14 días de curado*

14 días de curado	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig.
	Medi a	DT	ET M	95% ICD inferior				
Par 1 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 0,5 % AD + A.	13,37	3,34	1,93	5,06	21,68	6,92	2	0,02
Par 2 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 1,0 % AD + A.	-9,03	12,8 1	7,39	-40,87	22,80	-1,22	2	0,34
Par 3 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 1,5 % AD + A.	32,83	3,99	2,30	22,90	42,77	14,22	2	0,01
Par 4 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 2,0 % AD + A.	23,63	6,07	3,50	8,53	38,73	6,73	2	0,02

*Nota:* DT=desviación típica; ETM=error típica de la media; ICD= intervalo confianza para la diferencia; t= t student; gl=grados de libertad; Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua

### Interpretación

La resistencia a la compresión del concreto poroso de 14 días de curado con 1,5 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), existe relación significativa.

Se acepta el Ha.

Las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 14 días de curado con 0,5; 1,0 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), son no significativas. Se acepta el Ho.

*Correlación de las resistencias a la compresión a los 14 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 14 días de curado. La correlación no es significativa.

Ha : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, si influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 14 días de curado. La correlación es significativa.

**Tabla 34**

*Prueba de correlación - resistencia a la compresión de 14 días de curado*

	<b>14 días de curado</b>	<b>N</b>	<b>Correlación</b>	<b>SIG.</b>
Par 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG + 0,5 % AD + A.</li> </ul>	3	0,772	0,439
Par 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG + 1,0 % AD + A.</li> </ul>	3	-0,629	0,567
Par 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG + 1,5 % AD + A.</li> </ul>	3	0,578	0,608
Par 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG + 2,0 % AD + A.</li> </ul>	3	-0,456	0,699

*Nota:* Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua

### **Interpretación**

La incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con tres días de curado. La correlación es poco significativa.

d. Resultado de la resistencia a compresión a los 28 días de curado.

Estadístico de los resultados de resistencia a compresión del diseño de mezcla sin aditivo (patrón) y con aditivo plastificante a los 28 días de curado.

**Tabla 35**

Estadístico de los resultados a 28 días de curado diseño sin agregado fino

28 días de curado	DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.	DM: C + AG + 0,5 % AD + A.	DM: C + AG + 1,0 % AD + A.	DM: C + AG + 1,5 % AD + A.	DM: C + AG + 2,0 % AD + A.
Media	105,0667	110,2000	111,8000	80,7100	65,3767
Mediana	100,8000	109,9000	113,3000	81,0900	68,3300
Desv. Tip.	9,45216	2,96142	6,97209	,81902	5,61619
Mínimo	98,50	107,40	104,20	79,77	58,90
Máximo	115,90	113,30	117,90	81,27	68,90
Suma	315,20	330,60	335,40	242,13	196,13

Nota: DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 1,5 y 2,0 % a los 28 días de curado son menores que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 28 días de curado el aditivo plastificante no genera mejoras al concreto.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 0,5 y 1,0 % a los 28 días de curado es mayor que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 28 días de curado el aditivo plastificante genera mejoras al concreto.

*Contrastación de hipótesis de la relación entre las fuerzas de resistencia a la compresión a los 28 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho: no existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

Ha: si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

**Tabla 36**

*Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado*

28 días de curado	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig.
	Media	DT	ETM	95% ICD inferior				
Par 1 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 0,5 % AD + A.	-5,13	10,47	6,04	-31,16	20,89	-0,84	2	0,48
Par 2 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 1,0 % AD + A.	-6,73	7,02	4,05	-24,17	10,70	-1,66	2	0,23
Par 3 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 1,5 % AD + A.	24,35	10,27	5,93	-1,15	49,87	4,10	2	0,05
Par 4 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 2,0 % AD + A.	23,63	6,07	3,50	8,53	38,73	6,73	2	0,02

*Nota:* DT=desviación típica; ETM=error típica de la media; ICD= intervalo confianza para la diferencia; t= t student; gl=grados de libertad; Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua

## Interpretación

Las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,5; 1,0 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), son no significativas. Se acepta el Ho.

*Correlación de las resistencias a la compresión a los 28 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación no es significativa.

Ha : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, si influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es significativa.

**Tabla 37**

*Prueba de correlación - resistencia a la compresión de 28 días de curado*

	<b>28 días de curado</b>	<b>N</b>	<b>Correlación</b>	<b>SIG.</b>
Par 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG + 0,5 % AD + A.</li></ul>	3	-0,208	0,866
Par 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG + 1,0 % AD + A.</li></ul>	3	0,673	0,530
Par 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG + 1,5 % AD + A.</li></ul>	3	-1,000	0,008
Par 4	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG + 2,0 % AD + A.</li></ul>	3	0,344	0,777

*Nota:* Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua

## **Interpretación**

La incorporación de 0,5; 1,0 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es poco significativa.

La incorporación de 1,5 % de aditivo plastificante, influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es altamente significativa.

### ***4.2.1.2. Diseño de mezcla con agregado fino.***

#### ***a. Comprobación de la normalidad usando test de Shapiro – wilks.***

Ho : Los resultados de la resistencia a compresión a los tres, 14 y 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, pertenecen a una distribución normal ( $P > 0,05$ ).

Hi : Los resultados de la resistencia a compresión a los tres, 14 y 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, no pertenecen a una distribución normal ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 38***Propiedades físicas del agregado fino de la cantera Marón*

código	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Dif.	P - valor
Rotura a los 03 días				
CF-0.0-3D-01	98,39			
CF-0.0-3D-02	100,35	0,989	3	0,798
CF-0.0-3D-03	99,55			
CF-0.5-3D-01	58,90			
CF-0.5-3D-02	57,60	0,991	3	0,823
CF-0.5-3D-03	55,80			
CF-1.0-3D-01	135			
CF-1.0-3D-02	105	0,871	3	0,298
CF-1.0-3D-03	110			
CF-1.5-3D-01	65,59			
CF-1.5-3D-02	57,50	0,840	3	0,215
CF-1.5-3D-03	64,60			
CF-2.0-3D-01	64,92			
CF-2.0-3D-02	54,60	0,925	3	0,471
CF-2.0-3D-03	62,30			

*Nota:* CF = diseño con agregado fino; 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = porcentaje de aditivo por diseño; 3D = rotura de probeta a los tres días de curado.

**Tabla 39***Propiedades físicas del agregado fino de la cantera Marón*

código	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Dif.	P - valor
Rotura a los 14 días				
CF-0.0-14D-04	129,70			
CF-0.0-14D-05	122,50	0,889	3	0,352
CF-0.0-14D-06	128,30			
CF-0.5-14D-04	103,30			
CF-0.5-14D-05	96,30	0,986	3	0,774
CF-0.5-14D-06	100,52			
CF-1.0-14D-04	164,60			
CF-1.0-14D-05	163,30	0,855	3	0,253
CF-1.0-14D-06	155,50			
CF-1.5-14D-04	129,40			
CF-1.5-14D-05	114,90	0,944	3	0,545
CF-1.5-14D-06	125,20			
CF-2.0-14D-04	85,14			
CF-2.0-14D-05	79,90	0,996	3	0,882
CF-2.0-14D-06	82,80			

*Nota:* CF = diseño con agregado fino; 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = porcentaje de aditivo por diseño; 14D = rotura de probeta a los 14 días de curado.

**Tabla 40***Propiedades físicas del agregado fino de la cantera Marón*

código	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Dif.	P - valor
Rotura a los 28 días				
CF-0.0-28D-07	138,90			
CF-0.0-28D-08	171,60	0,964	3	0,637
CF-0.0-28D-09	149,80			
CF-0.5-28D-07	157,10			
CF-0.5-28D-08	159,80	1,000	3	0,958
CF-0.5-28D-09	154,60			
CF-1.0-28D-07	179,10			
CF-1.0-28D-07	158,80	0,937	3	0,515
CF-1.0-28D-07	186,80			
CF-1.5-28D-07	149,10			
CF-1.5-28D-08	156,50	0,982	3	0,744
CF-1.5-28D-09	161,10			
CF-2.0-28D-07	95,83			
CF-2.0-28D-08	85,40	0,985	3	0,765
CF-2.0-28D-09	89,50			

*Nota:* CF = diseño con agregado fino; 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = porcentaje de aditivo por diseño; 28D = rotura de probeta a los 28 días de curado.

En la tabla 39, tabla 40 y tabla 41, demuestran que los resultados de la resistencia a compresión a los tres, 14 y 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, provienen de una distribución normal (P – valor >0,05). Se acepta la Ho.

*b. Resultado de la resistencia a compresión a los tres días de curado.*

*Estadístico de los resultados de resistencia a compresión del diseño de mezcla sin aditivo (patrón) y con aditivo plastificante a los tres días de curado.*

**Tabla 41***Estadístico de los resultados a tres días de curado diseño con agregado fino*

<b>Tres días de curado</b>	<b>DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG + AF + 0,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG +AF+ 1,0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG +AF+ 1,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG+AF+2,0 % AD + A.</b>
Media	99,4300	57,4333	116,6667	62,5633	60,6067
Mediana	99,5500	57,6000	110,0000	64,6000	62,3000
Desv. Tip.	,98549	1,55671	16,07275	4,41283	5,36434
Mínimo	98,39	55,80	105,00	57,50	54,60
Máximo	100,35	58,90	135,00	65,59	64,92
Suma	298,29	172,30	350,00	187,69	181,82

*Nota:* DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 0,5; 1,5; 2,0 % a los tres días de curado son menores que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los tres días de curado el aditivo plastificante no genera mejoras al concreto.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en la muestra evaluada con aditivo plastificante 1,0 % a los tres días de curado es mayor que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los tres días de curado el aditivo plastificante genera mejoras al concreto.

*Contrastación de hipótesis de la relación entre las fuerzas de resistencia a la compresión a los tres días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho: no existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de tres días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

Ha: si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de tres días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

**Tabla 42**

*Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a tres días de curado*

Tres días de curado	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig.
	Media	DT	ETM	95% ICD inferior			
Par 1 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 0,5 % AD + A.	41,99	2,22	1,28	36,46 47,53	32,65	2	0,001
Par 2 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG + AF + 1,0 % AD + A.	-17,23	17,02	9,83	-59,53 25,05	-1,75	2	0,22
Par 3 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 1,5 % AD + A.	36,86	5,29	3,05	23,72 50,01	12,06	2	0,007
Par 4 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 2,0 % AD + A.	3 8,82	6,28	3,63	23,19 54,44	10,69	2	0,009

*Nota:* DT=desviación típica; ETM=error típica de la media; ICD= intervalo confianza para la diferencia; t= t student; gl=grados de libertad; Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua

*Interpretación.*

La resistencia a la compresión del concreto poroso de tres días de curado con 0,5; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), existe relación significativa. Se acepta el Ha.

Las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de tres días de curado con 1,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), son no significativas. Se acepta el Ho.

*Correlación de las resistencias a la compresión a los tres días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con tres días de curado. La correlación no es significativa.

Ha : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, si influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con tres días de curado. La correlación es significativa.

**Tabla 43***Prueba de correlación - resistencia a la compresión de tres días de curado*

	<b>28 días de curado</b>	<b>N</b>	<b>Correlación</b>	<b>SIG.</b>
Par 1	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	-0,511	0,659
	• DM: C + AG+ AF + 0,5 % AD + A.			
Par 2	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	-0,966	0,167
	• DM: C + AG + AF + 1,0 % AD + A.			
Par 3	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	-0,869	0,329
	• DM: C + AG+ AF + 1,5 % AD + A.			
Par 4	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	-0,928	0,244
	• DM: C + AG+ AF + 2,0 % AD + A.			

*Nota:* Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF=agregado fino; AD=aditivo; A=agua

*Interpretación.*

La incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con tres días de curado. La correlación es poco significativa.

*c. Resultado de la resistencia a compresión a los 14 días de curado.*

*Estadístico de los resultados de resistencia a compresión del diseño de mezcla sin aditivo (patrón) y con aditivo plastificante a los 14 días de curado.*

**Tabla 44**

*Estadístico de los resultados a 14 días de curado diseño con agregado fino*

<b>14 días de curado</b>	<b>DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG + AF + 0,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG +AF+ 1,0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG +AF+ 1,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG+AF+2,0 % AD + A.</b>
Media	126,8333	100,0400	161,1333	123,1667	82,6133
Mediana	128,3000	100,5200	163,3000	125,2000	82,8000
Desv. Tip.	3,81750	3,52460	4,92172	7,46079	2,62498
Mínimo	122,50	96,30	155,50	114,90	79,90
Máximo	129,70	103,30	164,60	129,40	85,14
Suma	380,50	300,12	483,40	369,50	247,84

*Nota:* DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 0,5; 1,5; 2,0 % a los 14 días de curado son menores que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 14 días de curado el aditivo plastificante no genera mejoras al concreto.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en la muestra evaluada con aditivo plastificante 1,0 % a los 14 días de curado es mayor que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 14 días de curado el aditivo plastificante genera mejoras al concreto.

*contrastación de hipótesis de la relación entre las fuerzas de resistencia a la compresión a los 14 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho: no existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 14 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

Ha: si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 14 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

**Tabla 45**

*Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 14 días de curado*

14 días de curado	Diferencias relacionadas		ET M	95% ICD inferior		t	gl	Sig.
	Media	DT						
Par 1 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 0,5 % AD + A.	26,79	,86	,49	24,65	28,93	53,94	2	0,00
Par 2 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG + AF + 1,0 % AD + A.	-34,30	6,81	3,93	-51,24	-17,35	-8,71	2	0,013
Par 3 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 1,5 % AD + A.	3,66	3,68	2,12	-5,48	12,81	1,72	2	0,227
Par 4 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 2,0 % AD + A.	44,22	1,47	0,85	40,54	47,89	51,76	2	,000

*Nota:* DT=desviación típica; ETM=error típica de la media; ICD= intervalo confianza para la diferencia; t= t student; gl=grados de libertad; Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua

*Interpretación.*

La resistencia a la compresión del concreto poroso de 14 días de curado con 0,5; 1,0 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), existe relación significativa. Se acepta el  $H_a$ .

Las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 14 días de curado con 1,5 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), son no significativas. Se acepta el  $H_o$ .

*Correlación de las resistencias a la compresión a los 14 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

$H_o$  : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 14 días de curado. La correlación no es significativa.

$H_a$  : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, si influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 14 días de curado. La correlación es significativa.

**Tabla 46***Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 14 días de curado*

	<b>14 días de curado</b>	<b>N</b>	<b>Correlación</b>	<b>SIG.</b>
Par 1	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	0,976	0,141
	• DM: C + AG+ AF + 0,5 % AD + A.			
Par 2	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	-0,205	0,868
	• DM: C + AG + AF + 1,0 % AD + A.			
Par 3	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	0,995	0,064
	• DM: C + AG+ AF + 1,5 % AD + A.			
Par 4	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	0,962	0,177
	• DM: C + AG+ AF + 2,0 % AD + A.			

*Nota:* Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF=agregado fino; AD=aditivo; A=agua

*Interpretación.*

La incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con 14 días de curado. La correlación es poco significativa.

*d. Resultado de la resistencia a compresión a los 28 días de curado.*

*Estadístico de los resultados de resistencia a compresión del diseño de mezcla sin aditivo (patrón) y con aditivo plastificante a los 28 días de curado.*

**Tabla 47***Estadístico de los resultados a 28 días de curado diseño con agregado fino*

<b>28 días de curado</b>	<b>DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG + AF + 0,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG +AF+ 1,0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG +AF+ 1,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG+AF+2,0 % AD + A.</b>
Media	153,4333	157,1667	174,9000	155,5667	90,2433
Mediana	149,8000	157,1000	179,1000	156,5000	89,5000
Desv. Tip.	16,65003	2,60064	14,46478	6,05420	5,25458
Mínimo	138,90	154,60	158,80	149,10	85,40
Máximo	171,60	159,80	186,80	161,10	95,83
Suma	460,30	471,50	524,70	466,70	270,73

*Nota:* DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 2,0 % a los 28 días de curado son menores que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 28 días de curado el aditivo plastificante no genera mejoras al concreto.

Se nota que el promedio de los valores de la resistencia a compresión en kg/cm<sup>2</sup> en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 0,5; 1,5 y 1,0 % a los 28 días de curado es mayor que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 28 días de curado el aditivo plastificante genera mejoras al concreto.

*contrastación de hipótesis de la relación entre las fuerzas de resistencia a la compresión a los 28 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho: no existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

Ha: si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

**Tabla 48**

*Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado*

28 días de curado	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig.
	Media	DT	ETM	95% ICD inferior			
Par 1 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 0,5 % AD + A.	-3,73	15,02	8,67	-41,06 33,59	-,43	2	0,709
Par 2 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG + AF + 1,0 % AD + A.	-21,46	29,71	17,15	-95,29 52,35	-1,25	2	0,337
Par 3 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 1,5 % AD + A.	-2,13	14,93	8,62	-39,23 34,96	-,247	2	0,828
Par 4 • DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A. • DM: C + AG+ AF + 2,0 % AD + A.	63,19	21,70	12,53	9,26 117,12	5,04	2	0,037

*Nota:* DT=desviación típica; ETM=error típica de la media; ICD= intervalo confianza para la diferencia; t= t student; gl=grados de libertad; Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua

*Interpretación.*

La resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), existe relación significativa.

Se acepta el Ha.

Las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0 y 1,5 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), son no significativas. Se acepta el Ho.

*Correlación de las resistencias a la compresión a los 28 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación no es significativa.

Ha : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, si influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es significativa.

**Tabla 49***Prueba de correlación - resistencia a la compresión de 28 días de curado*

	<b>14 días de curado</b>	<b>N</b>	<b>Correlación</b>	<b>SIG.</b>
Par	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	0,671	0,531
1	• DM: C + AG+ AF + 0,5 % AD + A.			
Par	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	-0,824	0,384
2	• DM: C + AG + AF + 1,0 % AD + A.			
Par	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	0,451	0,702
3	• DM: C + AG+ AF + 1,5 % AD + A.			
Par	• DM (patrón): C + AG + AF + 0 % AD + A.	3	-0,951	0,199
4	• DM: C + AG+ AF + 2,0 % AD + A.			

*Nota:* Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF=agregado fino; AD=aditivo; A=agua

### *Interpretación.*

La incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es poco significativa.

### **4.2.2. Hipótesis N° 02, incremento en el grado de permeabilidad.**

#### **4.2.2.1. Permeabilidad en diseño de mezcla sin agregado fino.**

##### *a. Comprobación de la normalidad usando test de Shapiro – wilks.*

Ho : Los resultados de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, pertenecen a una distribución normal ( $P > 0,05$ ).

Hi : Los resultados de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, no pertenecen a una distribución normal ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 50**

*Prueba de Normalidad diseño sin agregado fino – tres días de curado*

código	K Cm/seg.	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Dif.	P - valor
Muestras de				
SF-0.0-28D-01	3.92			
SF-0.0-28D-02	2.83	0,834	3	0,199
SF-0.0-28D-03	2.69			
SF-0.5-28D-01	1.34			
SF-0.5-28D-02	1.42	0,996	3	0,878
SF-0.5-28D-03	1.24			
SF-1.0-28D-01	0.85			
SF-1.0-28D-02	0.71	0,902	3	0,391
SF-1.0-28D-03	0.74			
SF-1.5-28D-01	0.27			
SF-1.5-28D-02	0.26	0,923	3	0,463
SF-1.5-28D-03	0.23			
SF-2.0-28D-01	0.14			
SF-2.0-28D-02	0.14	0,750	3	0,000
SF-2.0-28D-03	0.13			

*Nota:* SF = diseño sin agregado fino; 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = porcentaje de aditivo por diseño; 28D = rotura de probeta a los 28 días de curado.

En la tabla 51, demuestran que los resultados de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5% de aditivo plastificante, provienen de una distribución normal ( $P - \text{valor} > 0,05$ ). Se acepta el  $H_0$ .

b. Resultado de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado.

Estadístico de los grados de permeabilidad del diseño de mezcla sin aditivo (patrón)

y con aditivo plastificante a los 28 días de curado.

**Tabla 51**

Estadístico de los grados de permeabilidad del diseño sin agregado fino

28 días de curado	DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.	DM: C + AG + 0,5 % AD + A.	DM: C + AG + 1,0 % AD + A.	DM: C + AG + 1,5 % AD + A.	DM: C + AG + 2,0 % AD + A.
Media	3,1467	1,3333	,7667	,2533	,1367
Mediana	2,8300	1,3400	,7400	,2600	,1400
Desv. Tip.	,67337	,09018	,07371	,02082	,00577
Mínimo	2,69	1,24	,71	,23	,13
Máximo	3,92	1,42	,85	,27	,14
Suma	9,44	4,00	2,30	,76	,41

Nota: DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua.

Se nota que el promedio de los valores de los grados de permeabilidad en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % a los 28 días de curado son menores que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 28 días de curado el aditivo plastificante no genera mejoras al grado de permeabilidad.

contrastación de hipótesis de la relación entre los grados de permeabilidad a los 28 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.

Ho: no existe una relación significativa entre los grados de permeabilidad del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

Ha: si existe una relación significativa entre los grados de permeabilidad del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

**Tabla 52**

*Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado*

28 días de curado	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig.
	Media	DT	ETM	95% ICD inferior			
Par 1 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 0,5 % AD + A.	1,81	,664	,383	,163 3,46	4,72	2	,042
Par 2 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 1,0 % AD + A.	2,38	,603	,348	,88 3,87	6,83	2	,021
Par 3 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 1,5 % AD + A.	2,89	,657	,379	1,25 4,52	7,62	2	,017
Par 4 • DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A. • DM: C + AG + 2,0 % AD + A.	3,01	,670	,386	1,345 4,67	7,78	2	,016

*Nota:* DT=desviación típica; ETM=error típica de la media; ICD= intervalo confianza para la diferencia; t= t student; gl=grados de libertad; Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua

*Interpretación.*

Las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,5; 1,0 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), son significativas. Se acepta el Ha.

*Correlación de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye en los grados de permeabilidad del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación no es significativa.

Ha : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, si influye en los grados de permeabilidad del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación no es significativa.

**Tabla 53**

*Prueba de correlación - resistencia a la compresión de 28 días de curado*

	<b>28 días de curado</b>	<b>N</b>	<b>Correlación</b>	<b>SIG.</b>
Par 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG + 0,5 % AD + A.</li> </ul>	3	,167	,893
Par 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG + 1,0 % AD + A.</li> </ul>	3	,953	,197
Par 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG + 1,5 % AD + A.</li> </ul>	3	,765	,446
Par 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG + 2,0 % AD + A.</li> </ul>	3	,587	,600

*Nota:* Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AD=aditivo; A=agua

*Interpretación.*

La incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye significativamente en el grado de permeabilidad del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es poco significativa.

#### 4.2.2.2. Permeabilidad en diseño de mezcla con agregado fino.

##### a. Comprobación de la normalidad usando test de Shapiro – wilks.

Ho : Los resultados de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, pertenecen a una distribución normal ( $P>0,05$ ).

Hi : Los resultados de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5%; 2,0% de aditivo plastificante, no pertenecen a una distribución normal ( $P<0,05$ ).

**Tabla 54**

*Prueba de Normalidad diseño con agregado fino – tres días de curado*

código	K	Shapiro - Wilk		
		Estadístico	Dif.	P - valor
Muestras de				
CF-0.0-28D-01	3.92			
CF-0.0-28D-02	2.83	,994	3	,856
CF-0.0-28D-03	2.69			
CF-0.5-28D-01	1.34			
CF-0.5-28D-02	1.42	,987	3	,780
CF-0.5-28D-03	1.24			
CF-1.0-28D-01	0.85			
CF-1.0-28D-02	0.71	1,000	3	1,000
CF-1.0-28D-03	0.74			
CF-1.5-28D-01	0.27			
CF-1.5-28D-02	0.26	,893	3	,363
CF-1.5-28D-03	0.23			
CF-2.0-28D-01	0.14			
CF-2.0-28D-02	0.14	0,750	3	0,000
CF-2.0-28D-03	0.13			

*Nota:* CF = diseño con agregado fino; 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = porcentaje de aditivo por diseño; 28D = rotura de probeta a los 28 días de curado.

En la tabla 55, demuestran que los resultados de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado de las muestras de concreto sin aditivo y con 0,5%; 1,0%; 1,5% de aditivo plastificante, provienen de una distribución normal ( $P - \text{valor} > 0,05$ ). Se acepta el  $H_0$ .

*b. Resultado de los grados de permeabilidad a los 28 días de curado.*

*Estadístico de los grados de permeabilidad del diseño de mezcla sin aditivo (patrón) y con aditivo plastificante a los 28 días de curado.*

**Tabla 55**

*Estadístico de los grados de permeabilidad del diseño con agregado fino*

<b>28 DÍAS DE CURADO</b>	<b>DM (patrón): C + AG +AF+ 0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG+AF + 0,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG+AF + 1,0 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG+AF + 1,5 % AD + A.</b>	<b>DM: C + AG +AF + 2,0 % AD + A.</b>
Media	3,1467	1,3333	,7667	,2533	,1367
Mediana	2,8300	1,3400	,7400	,2600	,1400
Desv. Tip.	,67337	,09018	,07371	,02082	,00577
Mínimo	2,69	1,24	,71	,23	,13
Máximo	3,92	1,42	,85	,27	,14
Suma	9,44	4,00	2,30	,76	,41

*Nota:* DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua.

Se nota que el promedio de los valores de los grados de permeabilidad en las muestras evaluadas con aditivo plastificante 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % a los 28 días de curado son menores que la probeta sin aditivo (patrón), quiere decir que a los 28 días de curado el aditivo plastificante no genera mejoras al grado de permeabilidad.

*contrastación de hipótesis de la relación entre las fuerzas de resistencia a la compresión a los 28 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho: no existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

Ha: si existe una relación significativa entre las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón).

**Tabla 56**

*Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado*

	28 días de curado	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig.
		Media	DT	ETM	95% ICD inferior				
Par 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG +AF + 0,5 % AD + A.</li> </ul>	1,813	0,664	0,383	0,163	3,463	4,728	2	,042
Par 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG +AF + 1,0 % AD + A.</li> </ul>	2,380	0,603	0,348	0,880	3,879	6,830	2	,021
Par 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG +AF + 1,5 % AD + A.</li> </ul>	2,893	0,657	0,379	1,259	4,526	7,621	2	,017
Par 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</li> <li>• DM: C + AG +AF + 2,0 % AD + A.</li> </ul>	3,010	0,670	0,386	1,345	4,674	7,781	2	,016

*Nota:* DT=desviación típica; ETM=error típico de la media; ICD= intervalo confianza para la diferencia; t= t student; gl=grados de libertad; Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua

### *Interpretación.*

Las medidas de la resistencia a la compresión del concreto poroso de 28 días de curado con 0,5; 1,5; 1,0 y 2,0 % de aditivo plastificante y sin aditivo plastificante (patrón), son no significativas. Se acepta el Ho.

*Correlación de las resistencias a la compresión a los 28 días de curado de las muestras de concreto patrón, y con aditivo de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 %.*

Ho : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación no es significativa.

Ha : la incorporación de 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 % de aditivo plastificante, si influye en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es significativa.

**Tabla 57**

*Prueba de muestras relacionadas - resistencia a la compresión a 28 días de curado*

	<b>28 días de curado</b>	<b>N</b>	<b>Correlación</b>	<b>SIG.</b>
Par 1	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG +AF+ 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG +AF + 0,5 % AD + A.</li></ul>	3	,167	,893
Par 2	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG +AF + 1,0 % AD + A.</li></ul>	3	,953	,197
Par 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG +AF + 1,5 % AD + A.</li></ul>	3	,765	,446
Par 4	<ul style="list-style-type: none"><li>• DM (patrón): C + AG +AF + 0 % AD + A.</li><li>• DM: C + AG +AF + 2,0 % AD + A.</li></ul>	3	,587	,600

*Nota:* Sig.= significancia bilateral; DM=diseño de mezcla; C=cemento; AG= agregado grueso; AF= agregado fino; AD=aditivo; A=agua

### *Interpretación.*

La incorporación de 0,5; 1,0 y 2,0 % de aditivo plastificante, no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es poco significativa.

La incorporación de 1,5 % de aditivo plastificante, influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto poroso con 28 días de curado. La correlación es altamente significativa.

### **4.3. Discusión de resultados**

El objetivo de la investigación fue analizar la evaluación de la resistencia a compresión hasta 210 kg/cm<sup>2</sup> y permeabilidad del concreto poroso con aditivo en la ciudad de Moquegua, 2019; obteniéndose como el mayor resultado de resistencia a la compresión al diseño de mezcla con adición de agregado fino (arena gruesa) y aditivo plastificante siendo este de promedio 174,90 kg/cm<sup>2</sup> (tabla 21) y en ese mismo diseño se observó que el grado de permeabilidad tiene como promedio 0,38 cm/seg (tabla 26), estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la norma ACI 522 R-10 los cuales están en resistencia a compresión entre los 28 y 280 kg/cm<sup>2</sup> y un coeficiente de permeabilidad de 0,14 cm/seg a 1,22 cm/seg; esta evaluación se asemeja a lo estudiado por Castañeda y Moujir (2014) la resistencia promedio a la compresión y a la flexión de la mezcla tipo I con finos, es 7,71% y 3,0% mayor que la mezcla tipo II sin finos, brinda una mayor cohesión a la pasta que llena a los intersticios del agregado grueso, brindándole a las partículas una mayor superficie de contacto, lo que le permite a la mezcla comportarse mejor frente a los esfuerzos de compresión y flexión.

En referencia al primer objetivo específico: determinar la resistencia a compresión del concreto poroso que tienen incorporado aditivo. Se demuestra que los diseños de mezcla con agregado fino e incorporación de aditivo plastificante hasta 1,0% presenta un aumento máximo con relación al diseño sin aditivo, lo investigado se asemeja a lo hallado por Choque (2016) donde se demostró que la mezcla sin adición del aditivo plastificante no cumple con alcanzar la resistencia esperada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se demostró que las muestras con adición de aditivo súper-plastificante muestra un incremento alcanzando 210 kg/cm<sup>2</sup>. Según Gamarra (2019) se concluye que el agregado fino disminuye la permeabilidad y no aumenta la resistencia a la compresión comparado con el uso de aditivo plastificante. Gallo (2018) llega a la conclusión de que con cinco por ciento de agregado fino la mezcla no posee una cohesión entre dichos materiales motivo por el cual no se logró llegar a la resistencia deseada, por último, a modo de seguir fomentado la investigación del concreto permeable, se elaboró una probeta de ensayo con 12% de agregado fino, la cual fue ensayada a los 3 días llegando a obtener una resistencia a la compresión de 81,92 kg/cm<sup>2</sup> ; es decir un 39% de la resistencia deseada en función del tiempo, logrando así el valor deseado a los tres días que es del 35% al 40%.

En referencia al segundo objetivo específico: Determinar el grado de permeabilidad del concreto poroso que tienen incorporado aditivo. Se demuestra que a mayor porcentaje de aditivo plastificante se reduce el coeficiente de permeabilidad.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**Primera.** En esta tesis se determinó los resultados obtenidos de las dosificaciones sin agregado fino y con agregado fino incorporando aditivo plastificante alcanzo la resistencia a la compresión máxima promedio de 111,80 kg/cm<sup>2</sup> con 1,0% de aditivo en el diseño sin agregado fino y una resistencia a la compresión máxima promedio de 174,90 kg/cm<sup>2</sup> con 1,0% de aditivo en el diseño con agregado fino, respectivamente sus coeficientes de permeabilidad 0,77 cm/seg y 0,38 cm/seg. con relación a la resistencia a la compresión de la hipótesis general de 210 kg/cm<sup>2</sup>, no se logró llegar a la resistencia, sin embargo, está dentro de los parámetros del ACI-522R.

**Segunda.** Se determinó que las resistencias a compresión máximo promedio del diseño de mezcla sin agregado fino y sin aditivo de 105,07 kg/cm<sup>2</sup>; resistencia a compresión máximo promedio diseño de mezcla sin agregado fino y con 0,5 % aditivo de 110,20 kg/cm<sup>2</sup>; resistencia a compresión máximo promedio

diseño de mezcla sin agregado fino y con 1,0 % aditivo de 111,80 kg/cm<sup>2</sup>; resistencia a compresión máximo promedio diseño de mezcla sin agregado fino y con 1,5 % aditivo de 80,71 kg/cm<sup>2</sup>; resistencia a compresión máximo promedio diseño de mezcla sin agregado fino y con 2,0 % aditivo de 67,81 kg/cm<sup>2</sup>, con estos resultados se demuestra que la incorporación de aditivo plastificante es efectiva hasta el porcentaje 1,0 %, aporta más resistencia a la resistencia a la compresión. Se determinó la resistencia a compresión máximo promedio del diseño de mezcla con agregado fino y sin aditivo de 153,43 kg/cm<sup>2</sup>; resistencia a compresión máximo promedio diseño de mezcla con agregado fino y con 0,5 % aditivo de 157,17 kg/cm<sup>2</sup>; resistencia a compresión máximo promedio diseño de mezcla con agregado fino y con 1,0 % aditivo de 174,90 kg/cm<sup>2</sup>; resistencia a compresión máximo promedio diseño de mezcla con agregado fino y con 1,5 % aditivo de 155,57 kg/cm<sup>2</sup>; resistencia a compresión máximo promedio diseño de mezcla con agregado fino y con 2,0 % aditivo de 90,24 kg/cm<sup>2</sup>, con estos resultados se demuestra que la incorporación de aditivo plastificante es efectiva hasta el porcentaje 1,5 %, aporta más resistencia a la resistencia a la compresión.

**Tercera.** Se determinó el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla sin agregado fino y sin aditivo es 3,15 cm/seg; el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla sin agregado fino y con 0,5 % aditivo es 1,33 cm/seg; el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla sin agregado fino y con 1,0 % aditivo es 0,77 cm/seg; el

coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla sin agregado fino y con 1,5 % aditivo es 0,25 cm/seg; el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla sin agregado fino y con 2,0 % aditivo es 0,14 cm/seg, con estos resultados se demuestra que la incorporación de aditivo reduce el coeficiente de permeabilidad y se calculó el diseño optimo es con 1,0 % de aditivo plastificante respecto al peso del cemento. Se determino el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla con agregado fino y sin aditivo es 0,65 cm/seg; el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla con agregado fino y con 0,5 % aditivo es 0,46 cm/seg; el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla con agregado fino y con 1,0 % aditivo es 0,38 cm/seg; el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla con agregado fino y con 1,5 % aditivo es 0,21 cm/seg; el coeficiente de permeabilidad promedio del diseño de mezcla con agregado fino y con 2,0 % aditivo es cero cm/seg, con estos resultados se demuestra que la incorporación de aditivo reduce el coeficiente de permeabilidad y se calculó el diseño optimo es con 1,0 % de aditivo plastificante respecto al peso del cemento.

## 5.2. Recomendaciones

**Primera.** Se recomienda diseñar el concreto poroso con materiales de otras canteras que presenten mejor calidad y adicionando otro tipo de aditivos para alcanzar resistencias a la compresión mayores.

**Segunda.** Se recomienda realizar el diseño de mezcla con incorporación de aditivos plastificante en intervalos de cada 0,1 % entre los parámetros de cero % y 1,5 % de aditivo, con el fin de encontrar el porcentaje de aditivo que nos brinda una mayor resistencia a la compresión.

**Tercera.** Se recomienda realizar los diseños de mezcla para el concreto poroso usando aditivos súper-plastificantes y aditivos reductores de agua, diseños con distinto porcentaje de agregado fino, diseños con distinto porcentaje de vacíos y diseños de mezcla con fibras con el fin de lograr la resistencia de compresión  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Teniendo en cuenta los parámetros de permeabilidad aceptables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2017). *Tecnología del concreto (teoría y problemas)*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/161103318/Flavio-Abanto-Castillo-Tecnologia-del-Concreto-Teoria-y-Problemas>.
- American Concrete Institute. (2010). *Report on Pervious Concrete*. Recuperado de <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/51663557>.
- Asocem e Indecopi. (2009). *Conferencia inicial del seminario aditivos y adiciones en el concreto*. Recuperado de <http://ingecivilcusco.blogspot.com/2009/07/aditivos-aspectosgenerales.html>.
- ASTM Internacional. (2003). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International. Recuperado de [https://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/astm\\_c-33\\_standard\\_specification\\_for\\_concrete\\_aggregates.pdf](https://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/astm_c-33_standard_specification_for_concrete_aggregates.pdf).
- ASTM Internacional. (2005). *Standard Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete*. ASTM International. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/438686404/Astm-c1688-Concreto-Permeable>.
- ASTM Internacional. (2015). *Standard Test Method for Slump of Hydraulic – Cement Concrete. Last edition*. ASTM International. Recuperado de <https://owlcation.com/humanities/ASTM-C143-The-Concrete-Slump-Test>.

- Bautista, C., Rivera, J., y Cantillo, N. (2016). *Fase experimental para obtener concretos permeables a partir de un concreto convencional con agregados de los ríos Sumapaz, Magdalena y Coello* (Tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Colombia. Recuperado de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5666/TESIS%20PARA%20ENTREGAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Castro, J., Solminihac, H., Videla, C. y Fernandez, B. (2009). *Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón = Laboratory study of mixture proportioning for pervious concrete pavement*. Recuperado de <https://1library.co/document/qmjogd4q-dosificaciones-laboratorio-pavimentos-hormigon-laboratory-proportioning-pervious-concrete.html>.
- Castañeda, F. y Moujir, F. (2014). *Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Recuperado de [http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%C3%B1o\\_aplicacion\\_concreto.pdf?sequence=1](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%C3%B1o_aplicacion_concreto.pdf?sequence=1).
- Choque, H. (2016). *Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras Vicho y Zurite, adicionando aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>* (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú. Recuperado de [http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/710/3/Juan\\_Hubert\\_Tesis\\_bachiller\\_2016\\_P\\_1.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/710/3/Juan_Hubert_Tesis_bachiller_2016_P_1.pdf).

- Fernandez, R. y Navas, A. (2011). Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. *Revista Infraestructura Vial*, 13(24), 40-49.
- Foulkes, V. (2016). *Evaluación del desempeño en campo de tres diseños de mezcla de concreto permeable con agregado de 12,5 mm y aditivos reductores de agua* (Tesis de pregrado) Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/8750>.
- Gallo, F. (2018). *Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , usando el aditivo sikament-290n con agregados de la cantera del Rio Chonta de la ciudad de Cajamarca, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/13317>.
- Gamarra, R. (2019). *Estudio comparativo de la permeabilidad y la resistencia a la compresión del concreto poroso con el uso de agregado fino y aditivo plastificante - Huánuco 2019* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú. Recuperado de [http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE\\_49aa00e0a1fc91d94775a52399d114](http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNHE_49aa00e0a1fc91d94775a52399d114).
- Gonzales, J. (2011). *Construcción y tecnología en concreto*. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/>.
- Guaita, S. (2016). *Concreto Permeable (Ecocreto)*. Recuperado de <http://concretopermeablestalinguaita.blogspot.com/2016/06/concretopermeableecocreto.html>.

- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 27 de junio de 2019, de [http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824\\_Parte5.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf).
- Guzmán, C. (2016). *Concreto permeable, ventajas y desventajas de su uso en vías urbanas de bajo tránsito, en comparación con el concreto hidráulico convencional como solución a los problemas de inundaciones en zonas aledañas al humedal de Jaboque, localidad de Engativá* (Tesis de maestría). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10654/15662>.
- Harmsen, T. (2017). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima, Perú: Fondo editorial.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación científica* (6ta ed.). México: McGraw Hill.
- Indecopi. (2001). *NTP 400.012, Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Recuperado de [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma\\_tecnica\\_peruana\\_dos.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf).
- Indecopi. (2001). *NTP 400.012, Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso*. Recuperado de [https://kupdf.net/download/ntp-4000372014-agregados-especificaciones-para-agregados-en-concretopdf\\_5a4233e7e2b6f52b4b9a7232\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-4000372014-agregados-especificaciones-para-agregados-en-concretopdf_5a4233e7e2b6f52b4b9a7232_pdf).

- Kumar, K. Kozak, J. Hundal, L. Cox, A. y Zhang, H. (2015). In-situ infiltration performance of different permeable pavements in a employee used parking lot e A four-year study. *Journal of Environmental Management*, 167, 8-14.
- Lam, M. y Hernández, P. (2008). Los términos: Eficiencia, eficacia y efectividad ¿son sinónimos en el área de la salud? *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 24(2), 1-6.
- Mejía, L. (2008). Metodología de la Investigación Científica. Lima, Perú: Centro Editorial e Imprenta, UNMSM.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J. y Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Pérez, D. (2009). *Estudio Experimental De Concretos Permeables Con Agregados Andesíticos* (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://vdocuments.mx/astm-c1688.html>.
- Pérez, J. y Gardey, A. (2008). *Definición de variable*. Recuperado de <https://definicion.de/variable/>.
- Pérez, J. (2017). *Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/12351>.
- Portugal, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto rendimiento*. Paris, Francia: Lafayette.

Rivera, G. A. (2015). *Concreto simple capítulo 11 aditivos para mortero y concreto.*

Recuperado de

<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2011%20-%20Aditivos%20para%20morteros%20o%20concretos.pdf>

Riveros, F. (2019). *Evaluación del comportamiento del concreto permeable para su aplicación en pavimentos urbanos, fabricado con agregados de piedra chancada de la cantera de tacllán, provincia de Huaraz* (Tesis de pregrado).

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3577>

Rodríguez, M. (2005). Aplicación de las TIC a la evaluación de alumnos universitarios. *Revista Electrónica Teoría de la Educación*, 6 (2).

Rubio, A. (2007). *Los aditivos del mundo del hormigón* (Tesis de pregrado).

Universidad politécnica de Catalunya, Barcelona, España. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4609/Mem%C3%B2ria.pdf>

Sanchez De Guzman, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santafé de Bogotá, Colombia: BHANDAR EDITORES LTDA.

Sika Perú. (2018). *Hoja Técnica Plastiment H-98*. Lima. Recuperado de

<https://per.sika.com/dms/getdocument.get/862a3c3b-6bbc-36f5-a0ca-c6475851bbef/HT-PLASTIMENT%20HE%2098.pdf>

- Tamayo M. (2004). *Metodología de la Investigación*. México DF, México: McGRAW-HILL.
- Torre, A. (2014). *Curso Básico de Tecnología del Concreto para Ingenieros Civiles*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2016/07/25/curso-basico-tecnologia-del-concreto-ingenieros-civiles-ing-ana-torre-c/>.
- Vélez, L. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concreto. *Revista Tecnológicas*, 1(25), 169-187.
- Yura S.A. (2017). *Ficha técnica cemento portland tipo IP*. Recuperado de <http://www.yura.com.pe/productos/index.html>.
- Zabalza, M. (2001). *Evaluación de los Aprendizajes en la universidad*. Didáctica universitaria, pp. 261-291.