

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Efecto de la adición de plastificante y
superplastificante en las propiedades mecánicas y
físicas del concreto permeable para pavimentos,
Huancayo - 2021**

Nataly Roxana Angeles Suazo

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Augusto Elías García Corzo

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Continental, por permitirme formar parte de ella; también un gran agradecimiento al asesor, por el apoyo para hacer esto posible y ofrecer los conocimientos más importantes para el desarrollo metodológico y técnico de la presente investigación.

DEDICATORIA

A mi familia, por el apoyo emocional que me brindó durante este proceso, para seguir adelante y cumplir una meta más en mi vida profesional. Asimismo, con la presencia de Dios frente a las adversidades que se presentaron y de amigos que me motivaron e incentivaron para no decaer. Esto está dedicado a todos ellos que me acompañaron antes y durante este proceso que es un paso más en mi carrera.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
DEDICATORIA	4
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
CAPÍTULO I.....	20
1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	20
1.1. Planteamiento y formulación del problema	20
1.1.1. Formulación del problema	21
1.1.1.1. Problema general.....	21
1.1.1.2. Problemas específicos	21
1.2. Objetivos	22
1.2.1. Objetivo general	22
1.2.2. Objetivos específicos.....	22
1.3. Justificación e importancia.....	22
1.3.1. Justificación	22
1.3.2. Importancia.....	23
1.4. Hipótesis y descripción de variables	23
1.4.1. Hipótesis general.....	23
1.4.2. Hipótesis específicas	23
1.4.3. Descripción de variables	24
CAPÍTULO II.....	26
2. MARCO TEÓRICO.....	26
2.1. Antecedentes del problema	26
2.1.1. Antecedentes internacionales	26
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	28
2.2. Bases teóricas	32
2.2.1. Generalidades del concreto.....	32
2.2.2. Componentes del concreto convencional	32
2.2.3. Aditivo	40
2.2.4. Concreto permeable	44
2.3. Definición de términos básicos	53

2.3.1. Concreto convencional	53
2.3.2. Concreto permeable	53
2.3.3. Agregados.....	53
2.3.4. Agua	53
2.3.5. Cemento	53
2.3.6. Aditivo	53
2.3.7. Porosidad.....	53
2.3.8. Capacidad de infiltración	54
2.3.9. Contenido de vacíos	54
2.3.10. Durabilidad	54
2.3.11. Resistencia a la compresión.....	54
2.3.12. Resistencia a la tracción.....	54
2.3.13. Resistencia a la flexión	54
CAPÍTULO III.....	55
3. METODOLOGÍA	55
3.1. Método y alcance de la investigación	55
3.1.1. Tipo de investigación	55
3.1.2. El nivel de investigación	55
3.1.3. Diseño de la investigación.....	55
3.2. Población y muestra.....	56
3.2.1. Población	56
3.2.2. Muestra	56
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.3.1. Técnicas	57
3.3.2. Instrumentos.....	57
3.4. Procedimientos.....	58
3.4.1. 1º Etapa: Selección de los materiales	59
3.4.2. 2º Etapa: Normativa para los ensayos	60
3.4.3. 3º Etapa: Ensayos para el agregado grueso	61
3.4.4. 3º Etapa: Diseño de mezcla	72
3.4.5. 4º Etapa: Ensayos en estado fresco	73
3.4.6. 5º Etapa: Ensayos en estado endurecido	79
CAPÍTULO IV	84

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	84
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	84
4.1.1. Ensayos al concreto en estado fresco	84
4.1.2. Ensayo al concreto endurecido.....	90
4.2. Prueba de hipótesis.....	113
4.2.1. Prueba de hipótesis para resistencia a compresión con adición de plastificante.....	113
4.3. Discusión de resultados.....	143
CONCLUSIONES.....	146
RECOMENDACIONES.....	147
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
ANEXOS.....	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	25
Tabla 2. Límites de granulometría según el ASTM.....	36
Tabla 3. Granulometría del agregado grueso según NTP 400.037	37
Tabla 4. Valores de módulos elásticos	40
Tabla 5. Espesores para cada uso.....	46
Tabla 6. Proporción de materiales del concreto permeable.....	52
Tabla 7. Cuadro de diseño de investigación.....	56
Tabla 8. Normas para los ensayos de las propiedades de los agregados	60
Tabla 9. Normas para los ensayos en estado fresco del concreto	60
Tabla 10. Normas para los ensayos en estado endurecido del concreto	61
Tabla 11. Cantidad de las muestras según el tamaño del agregado grueso	61
Tabla 12. Resultado del ensayo de P.U.S y P.U.C. del agregado grueso	66
Tabla 13. Resultados de peso específico y absorción del agregado	68
Tabla 14. Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso de ½”	70
Tabla 15. Resultado del porcentaje de contenido de humedad del agregado	71
Tabla 16. Diseño de mezcla estático del concreto patrón	72
Tabla 17. Diseño de mezcla dinámico del concreto patrón.....	72
Tabla 18. Diseño de mezcla del concreto permeable con aditivo SikaCem.....	73
Tabla 19. Resultados de Asentamiento con % Plastificante	84
Tabla 20. Resultados de Asentamiento con % Superplastificante	85
Tabla 21. Temperatura del concreto con % de plastificante	86
Tabla 22. Temperatura del concreto con % de superplastificante	87
Tabla 23. Peso unitario con % plastificante.....	88
Tabla 24. Peso Unitario con % superplastificante	89
Tabla 25. Resultados de resistencia a la Compresión del concreto patrón.....	90
Tabla 26. Resultados de resistencia a la Compresión del concreto permeable patrón con adición de plastificante al 0.25%	91
Tabla 27. Resultados de resistencia a la compresión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.50%	91
Tabla 28. Resultados de resistencia a la compresión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.75%	92

Tabla 29. Resumen de los resultados de la resistencia promedio a la compresión del concreto permeable con plastificante al 0.25%, 0.50% y 0.75%	92
Tabla 30. Resumen de los resultados de la resistencia a compresión en porcentajes respecto a las edades (días) del concreto patrón	93
Tabla 31. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto con adición de superplastificante de 1.00%	94
Tabla 32. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto con adición de superplastificante de 1.25%	94
Tabla 33. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto con adición de superplastificante de 1.50%	95
Tabla 34. Resumen de los resultados de la resistencia promedio a la compresión del concreto con superplastificante al 1.00%, 1.25% y 1.50%	95
Tabla 35. Resumen de los resultados de la resistencia a compresión en porcentajes respecto a las edades del concreto patrón	96
Tabla 36. Resultados de resistencia a la tracción del concreto patrón	97
Tabla 37. Resultados de resistencia a la tracción del concreto patrón con adición de plastificante al 0.25%	97
Tabla 38. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de plastificante al 0.50%	98
Tabla 39. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de plastificante al 0.75%	98
Tabla 40. Resumen de los resultados de la resistencia promedio a la tracción del concreto con plastificante al 0.25%, 0.50% y 0.75%	99
Tabla 41. Resumen de los resultados de la resistencia a tracción en porcentajes respecto a las edades (días) del concreto patrón	100
Tabla 42. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de superplastificante al 1.00%	100
Tabla 43. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de superplastificante al 1.25%	101
Tabla 44. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de superplastificante al 1.50%	101
Tabla 45. Resumen de los resultados de la resistencia promedio a la tracción del concreto con plastificante al 1.00%, 1.25% y 1.50%	102

Tabla 46. Resumen de los resultados de la resistencia a tracción en porcentajes respecto a las edades (días) del concreto patrón	103
Tabla 47. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto patrón	103
Tabla 48. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.25%	104
Tabla 49. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.50%	104
Tabla 50. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.75%	105
Tabla 51. Resumen de resultados para la resistencia promedio a la flexión del concreto permeable con plastificante al 0.25%, 0.50% y 0.75%.....	105
Tabla 52. Resumen de resultados para la resistencia a flexión en porcentajes respecto a las edades (días) del concreto patrón	106
Tabla 53. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de superplastificante al 1.00%	107
Tabla 54. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de superplastificante al 1.25%	107
Tabla 55. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de superplastificante al 1.50%	108
Tabla 56. Resumen de resultados para la resistencia promedio a la flexión del concreto permeable con superplastificante al 1.00%, 1.25% y 1.50%.....	108
Tabla 57. Resumen de resultados para la resistencia a flexión en porcentajes respecto a las edades del concreto patrón.....	109
Tabla 58. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto patrón.....	110
Tabla 59. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto permeable de dosis de 0.25% de aditivo plastificante.....	110
Tabla 60. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto permeable con dosis 0.50% de aditivo	111
Tabla 61. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto permeable con dosis 0.75% de aditivo	111
Tabla 62. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto 1.00%.....	112
Tabla 63. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto 1.25%.....	112
Tabla 64. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto 1.50%.....	112

Tabla 65. Información del factor	115
Tabla 66. Datos del análisis de varianza	115
Tabla 67. Información del factor	118
Tabla 68. Datos del análisis de varianza	118
Tabla 69. Información del factor	122
Tabla 70. Datos del análisis de varianza	122
Tabla 73. Información del factor	126
Tabla 74. Datos del análisis de varianza	126
Tabla 71. Información del factor	130
Tabla 72. Datos del análisis de varianza	130
Tabla 75. Información del factor	134
Tabla 76. Datos del análisis de varianza	134
Tabla 77. Información del factor	138
Tabla 78. Datos del análisis de varianza	138
Tabla 79. Información del factor	141
Tabla 80. Datos del análisis de varianza	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proporciones usuales en Volumen absoluto de los materiales que componen el concreto, por la página web SlideShare	33
Figura 2. Acción de los plastificantes sobre las características de la mezcla u hormigón, por Fernández, 2013.	42
Figura 3. Acción del superplastificante, por Fernández, 2013.	43
Figura 4. Acción reductora de Agua, por Fernández, 2013.	43
Figura 5. Relación a/c vs resistencia a compresión y flexión, por Fernández, 2013.	44
Figura 6. Mejora la resistencia a compresión de una mezcla superfluidificante (superplastificante). Relación agua-cemento constante, por Fernández, 2013. ...	44
Figura 7. Paso de agua a través de una muestra de concreto poroso, por Sánchez, 2011.....	45
Figura 8. Diferentes aplicaciones del concreto permeable, por López, 2010.	46
Figura 9. Sistema constructivo para infiltración en croquis, por Hidrocreto, 2008.	47
Figura 10. Funcionamiento del concreto permeable, por Toxement, 2017.	47
Figura 11. Relación entre el contenido de aire o vacíos y resistencia a compresión, por la normativa ACI 522R -10.	49
Figura 12. Relación entre el peso unitario y resistencia a compresión, por la normativa ACI 522R -10.....	49
Figura 13. Relación entre la resistencia a la flexión y la porosidad de concreto permeable, por la normativa ACI 522R -10.	50
Figura 14. Capacidad de filtración, por López, 2010.	51
Figura 15. Relación entre el contenido de vacíos y la capacidad de infiltración o permeabilidad, por ACI 522R -10.	51
Figura 16. Equipo para medir la permeabilidad del concreto poroso, por ACI 522R -10.	52
Figura 17. Flujograma de procesos, Elaboración propia	58
Figura 18. Cantera de Pilcomayo	59
Figura 19. Obtención de la muestra	62
Figura 20. Proceso de cuarteo del agregado grueso.....	63
Figura 21. Proceso selección de muestra del agregado grueso	63
Figura 22. Ensayo de PUS del agregado grueso	64

Figura 23. Proceso de raseo del agregado a nivel superficial del recipiente	64
Figura 24. Ensayo del PUC del agregado grueso	65
Figura 25. Compactación de la última capa del agregado grueso	65
Figura 26. Obtención del peso del recipiente más el agregado grueso	66
Figura 27. Ensayo del peso específico y absorción del agregado	67
Figura 28. Análisis Granulométrico	68
Figura 29. Proceso de tamizado del agregado grueso de 1/2"	69
Figura 30. Curva Granulométrica del agregado grueso 1/2"	69
Figura 31. Ensayo de contenido de humedad	71
Figura 32. Proceso de secado y obtención de la masa del agregado seco	71
Figura 33. Mezclado del Concreto Permeable	74
Figura 34. (a) planta y (b) elevación del Cono de Abrams, por la norma NTP 339.035.....	74
Figura 35. Ensayo de Asentamiento "Slump"	75
Figura 36. Asentamiento del concreto de concreto fresco con plastificante y superplastificante	75
Figura 37. Medición de temperatura en la mezcla del concreto permeable	76
Figura 38. Moldes cilíndricos y vigas.....	77
Figura 39. Elaboración de probetas de concreto permeable	77
Figura 40. Elaboración de vigas de concreto permeable.....	78
Figura 41. Peso unitario del concreto permeable en estado fresco	79
Figura 42. Curado de Probetas	80
Figura 43. Ensayo de permeabilidad	81
Figura 44. Ensayo de Rotura a Compresión	82
Figura 45. Ensayo de Rotura a Tracción	83
Figura 46. Ensayo de Rotura a Flexión	83
Figura 47. Gráfica de asentamiento del concreto con aditivo plastificante con respecto al patrón	84
Figura 48. Gráfica de asentamiento del concreto con aditivo Superplastificante con respecto al patrón	85
Figura 49. Gráfica de temperatura del concreto con aditivo plastificante con respecto al patrón	86

Figura 50. Gráfica de temperatura del concreto con aditivo superplastificante con respecto al patrón	87
Figura 51. Gráfica de peso unitario del concreto fresco con aditivo plastificante con respecto al patrón	88
Figura 52. Gráfica de peso unitario del concreto fresco con aditivo superplastificante con respecto al patrón.....	89
Figura 53. Gráfica de la resistencia promedio a la compresión del concreto permeable endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón	93
Figura 54. Gráfica de la resistencia promedio a la compresión del concreto endurecido con aditivo superplastificante con respecto al patrón	96
Figura 55. Gráfica de la resistencia promedio a la tracción diametral del concreto endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón	99
Figura 56. Gráfica de la resistencia promedio a la tracción diametral del concreto endurecido con aditivo superplastificante con respecto al patrón	102
Figura 57. Gráfica de la resistencia promedio a la flexión del concreto endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón	106
Figura 58. Gráfica de la resistencia promedio a la flexión del concreto endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón	109
Figura 59. Gráfica de la resistencia promedio a la flexión del concreto endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón	113
Figura 60. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a compresión ..	114
Figura 61. Gráfica de interacción para la resistencia a compresión respecto a la dosis vs tiempo	116
Figura 62. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a compresión ..	117
Figura 63. Gráfica de interacción para la resistencia a compresión respecto a la dosis vs tiempo	119
Figura 64. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a compresión respecto a la dosis vs tiempo	120
Figura 65. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a tracción	121
Figura 66. Gráfica de interacción para la resistencia a tracción respecto a la dosis vs tiempo	123
Figura 67. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a tracción respecto a la dosis vs tiempo	124

Figura 68. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a tracción	125
Figura 69. Gráfica de interacción para la resistencia a tracción respecto a la dosis vs tiempo	127
Figura 70. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a tracción con adición de superplastificante respecto a la dosis vs tiempo.....	128
Figura 71. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a flexión	129
Figura 72. Gráfica de interacción para la resistencia a flexión respecto a la dosis vs tiempo	131
Figura 73. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a tracción con adición de plastificante respecto a la dosis vs tiempo	132
Figura 74. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a flexión	133
Figura 75. Gráfica de interacción para la resistencia a flexión respecto a la dosis vs tiempo	135
Figura 76. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a flexión con adición de superplastificante respecto a la dosis vs tiempo.....	136
Figura 77. Gráfica de probabilidad del residuo de la permeabilidad	137
Figura 78. Gráfica de interacción para la permeabilidad respecto a la dosis	139
Figura 79. Gráfica de probabilidad del residuo de la permeabilidad	140
Figura 80. Gráfica de interacción para la permeabilidad flexión respecto a la dosis	142

RESUMEN

La presente investigación se basó en determinar el efecto de la adición del aditivo SikaCem como plastificante y superplastificante en la resistencia del concreto permeable utilizando el método ACI 522R para el diseño de la mezcla. En cuanto al diseño de tipo experimental, se tuvo como muestra 189 probetas de concreto permeable, considerando los ensayos previos de los materiales respectivos siguiendo las normas NTP, de igual manera para el concreto en estado fresco y endurecido. Por otro lado, para el diseño de mezcla, se consideró las dosificaciones de 0%, 0.25%, 0.50% y 0.75% de plastificante; asimismo, 1.00%, 1.25% y 1.50% de superplastificante y paralelamente probetas sin aditivo de concreto permeable para una resistencia de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. En base a las conclusiones, las dosis de aditivo plastificante y superplastificante hubo un incremento proporcional a edad inicial, obteniendo como resultado en cuanto a la resistencia compresión 228.7, 229.9, 233.2, 237.3, 239.9, 245.5 kg/cm^2 , para la resistencia a la tracción 25.1, 26.1, 27.5, 28.9, 30.4, 31.8 kg/cm^2 , por último para la resistencia a la flexión se obtuvo 48.8, 50.6, 52.9, 55.6, 56.9 y 59.7 kg/cm^2 , con respecto al coeficiente de permeabilidad hay un decrecimiento continuo para cada dosis del aditivo, obteniendo 0.76, 0.677, 0.617, 0.562, 0.522, 0.481 y 0.44 cm/s para el concreto patrón y las dosificaciones ya mencionadas respectivamente; es decir, se redujo a un 57% respecto a la muestra patrón, cumpliendo el rango establecido según la norma ACI 522R para un concreto permeable.

Palabras clave: aditivos plastificantes y superplastificantes, coeficiente de permeabilidad, concreto permeable, propiedades mecánicas

ABSTRACT

The present research was based on determining the effect of the addition of SikaCem admixture as plasticizer and superplasticizer on the strength of pervious concrete using the ACI 522R method for the mix design. Regarding the experimental design, 189 specimens of permeable concrete were sampled, considering the previous tests of the respective materials following the NTP standards, as well as for the fresh and hardened concrete. On the other hand, for the mix design the dosages of 0%, 0.25%, 0.50% and 0.75% of plasticizer were considered, likewise 1.00%, 1.25% and 1.50% of superplasticizer and in parallel specimens without pervious concrete additive for a resistance of $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Based on the conclusions the doses of plasticizer and superplasticizer additive there was a proportional increase to initial age, obtaining as a result in terms of compressive strength 228.7, 229.9, 233.2, 237.3, 239.9, 245.5 kg/cm², for tensile strength 25.1, 26.1, 27.5, 28.9, 30.4, 31.8 kg/cm², finally for flexural strength 48.8, 50.6, 52.9, 55.6, 56.9 and 59.7 kg/cm², with respect to the permeability coefficient there is a continuous decrease for each additive dose, obtaining 0.76, 0.677, 0.617, 0.562, 0.522, 0.481 and 0.44 cm/s for the standard concrete and the dosages already mentioned respectively, i.e. it was reduced to 57% with respect to the standard sample, complying with the range established according to the ACI 522R standard for permeable concrete.

Keywords: plasticizer and superplasticizer additives, permeability coefficient, permeable concrete, mechanical properties

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una gran variación climática, principalmente las precipitaciones pluviales en zonas específicas, donde puede estar dado por sucesos positivos tanto para la vegetación, la biodiversidad en general y ser aprovechados para diversas actividades de la vida cotidiana; no obstante, puede producir efectos negativos en ciertos lugares como ciudades, zonas urbanas donde perjudica a la población generando devastaciones de bajo o alto nivel, un claro ejemplo son las inundaciones (1).

Asimismo, se ha ido desarrollando diferentes proyectos de estructuras como muros de contención, diques, para evitar cualquier desastre natural ocasionado por estas precipitaciones, ya sea deslizamientos, huaycos, entre otros, con el fin de controlar y que no se presente, para el bien de la sociedad. Sin embargo, se ha visto que dentro de las infraestructuras viales no se cuenta con una pavimentación ideal, aunque se ha ido desarrollando estructuras de drenajes, alcantarillas, no ha sido suficiente ya que se ha presentado debido a la acumulación de residuos sólidos; estos no cumplen con su uso, aparte de ello las aguas pluviales no son aprovechadas como deberían, todas estas desembocan a los ríos juntándose con aguas negras. Por ello, el desarrollo de nuevos procesos constructivos que aporten a un pavimento que busque la recolección de las aguas, siempre y cuando cumpla con las propiedades mecánicas, físicas y una vida útil que se requiera.

Ante la situación existente, el concreto permeable surge como una alternativa de un tipo de construcción sostenible y sustentable, para dar solución a las escorrentías en zonas donde se observa un alto porcentaje de precipitaciones, ya que hay sistemas de drenaje pluvial inadecuados e ineficientes dentro de la región. Asimismo, con respecto a las aplicaciones de este tipo de concreto, facilita el almacenamiento y la reutilización de las aguas pluviales para ser empleadas dentro de vegetaciones, cualquier tipo de áreas verdes e inclusive mitigación de islas de calor urbano.

La presente investigación se denomina “Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021”, de la cual se ha realizado la pregunta del

problema general: ¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021?, donde se busca explicar el efecto en cuanto a la resistencia a compresión, tracción y flexión, seguidamente el comportamiento en base a la permeabilidad. Por ello, el presente proyecto de investigación tiene el objetivo de determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable, mediante el uso del aditivo SikaCem, que tiene un comportamiento de plastificante y superplastificante en cada cierto rango; asimismo, dependiendo de la dosis de este aditivo, permite medir su comportamiento en base a la fluidez, trabajabilidad y durabilidad para lograr así un producto esperado, con el fin de ser aplicado en distintas estructuras de pavimentos y que no pierda una de sus características importantes que es la permeabilidad.

Por otro lado, con respecto a la metodología, el tipo de investigación es aplicada que se encuentra ligada y dependiente a los partes teóricos existentes; es decir, las normativas de ensayos estipuladas por la NTP “Norma Técnica Peruana” y ASTM. Asimismo, se encuentra dentro del diseño experimental, debido a la manipulación de la variable independiente, considerando nuestras técnicas e instrumentos para la recolección de los datos, haciendo referencia a fuentes bibliográficas confiables en cuanto a las técnicas, y ensayos de laboratorio mediante el uso de fichas técnicas para cada uno de estos, y su correspondiente recolección.

Dentro la investigación dada la hipótesis considerada es que la adición de plastificante y superplastificante mejora las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos.

En base a ello, la justificación para realizar esta investigación se basa en poder aportar una alternativa de solución donde el concreto permeable pueda ofrecer una resistencia óptima con ayuda de los aditivos al igual que un concreto convencional, y que se aplique en diversas obras civiles, en especial en obras de pavimentación en general.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

A nivel mundial, el cambio climático ha sido significativo en cuanto a las precipitaciones pluviales, donde alrededor del mundo se han visto afectados ya sea por inundaciones, huaycos, deslizamientos y diversos daños a las edificaciones. Asimismo, las deficiencias en base a la infraestructura vial existentes donde no existe sistemas de drenajes adecuados, pavimentaciones que puedan tratar de controlar y conducir estas aguas de manera eficaz y así evitar las acumulaciones de aguas masivas y tener un aprovechamiento de esto.

En el Perú, debido a sus tres regiones y en cada una de estas zonas, cada una tiene una precipitación pluvial distinta a la otra, dependiendo de la altura en que se encuentra, por ello se ha visto que dentro de estas áreas se padece de la falta de infraestructuras sostenibles y eficientes que puedan manejar las aguas pluviales, ocasionando diversos tipos de desastres. Por otro lado, la escasez del agua para aquellas zonas de cultivos es inherente donde se ha visto muy pocas infraestructuras que puedan ayudar a acumular y poder utilizarlas con este fin para un mejor aprovechamiento.

A nivel local, si hacemos referencia en la ciudad de Huancayo, existen calles céntricas y/o urbanizadas, más habitadas y circuladas, que se han visto afectadas por inundaciones, colapso de desagües, sistemas de drenajes en pésimas condiciones, así también las pavimentaciones que presentan desniveles y fallas donde al estar en una zona donde existen medianas y altas precipitaciones, en algunos meses de la primavera y verano, que generan escorrentías en la ciudad haciéndolas intransitables para los peatones y vehículos. Por otra parte, la presencia de cunetas transversales en las calles de la ciudad, construidas para transportar el agua de las precipitaciones pluviales en dirección transversal, no permite el tránsito satisfactorio de los diversos móviles motorizados que tienen que reducir la velocidad de su marcha para no deteriorar la suspensión del vehículo; por

lo tanto, se hace necesario tener una alternativa de solución para estos problemas.

En base al material usualmente empleado dentro de la infraestructura vial que es el concreto convencional, debido a sus características mecánicas y físicas como la resistencia y durabilidad ofrecida en una edad inicial en estado endurecido. Por lo contrario, el concreto permeable respecto a sus propiedades y/o comportamiento mecánico posee una baja resistencia si es aplicado en obras viales de alto tránsito o tramos extensos, debido a su porosidad y las condiciones de los materiales que son utilizados. Sin embargo, este tipo de concreto puede ayudar a mejorar el medio ambiente significativamente, debido a su porosidad y permeabilidad lo suficientemente altas pueden influir en la hidrología, el hábitat de las raíces y otros efectos ambientales positivos (2).

En base a ello, la motivación principal para realizar esta investigación se basa en poder aportar una alternativa de solución donde el concreto permeable pueda ofrecer una resistencia óptima con ayuda de los aditivos al igual que un concreto convencional, y que se aplique en diversas obras civiles en especial en obras de pavimentación en general.

1.1.1. Formulación del problema

1.1.1.1. Problema general:

¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021?

1.1.1.2. Problemas específicos:

- ¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021?

- ¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia a la tracción del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021?
- ¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia a la flexión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021?
- ¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.
- Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia a la tracción del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021.
- Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia a la flexión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.
- Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación

Justificación teórica, la presente investigación pretende contribuir en el conocimiento, relacionado a la variabilidad a las propiedades mecánicas del

concreto permeable cuando a este se le añade aditivos plastificante y superplastificante en diferentes dosificaciones. Esta información servirá para respaldar la realización de diversas aplicaciones dentro de infraestructura vial en una obra civil u otras.

Justificación metodológica, en esta parte nuestra investigación contribuye a comprobar la eficacia de los métodos estándar utilizados frecuentemente en diversas aplicaciones.

Justificación técnica, la presente investigación busca obtener alternativas adicionales para la aplicación del concreto permeable en diversos problemas dentro de la infraestructura vial u otros, considerando que los impactos ambientales se reducen con el uso de concretos permeables.

Justificación social, la presente investigación influye positivamente en la vida de las personas por las siguientes razones: la producción del concreto permeable se utiliza con menor energía de producción al de otros materiales de construcción, evita el fenómeno de isla de calor.

1.3.2. Importancia:

La presente investigación plantea ser de aporte social y económico para la aplicación en obras civiles; asimismo, tener una influencia positiva al medio ambiente, ya que este tipo de concreto tiene una menor energía de producción al de un concreto convencional.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

La adición de plastificante y superplastificante mejora las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La adición de plastificante y superplastificante mejora la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

- La adición de plastificante y superplastificante mejora la resistencia a la tracción del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.
- La adición de plastificante y superplastificante mejora la resistencia a la flexión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.
- La adición de plastificante y superplastificante reduce la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

1.4.3. Descripción de Variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE (x1) PLASTIFICANTE	Un aditivo plastificante o reductor de agua disminuye la cantidad de agua para una mezcla de concreto al reaccionar químicamente con los productos de hidratación. (3)	El aditivo Sikacem como plastificante según las propiedades que posee, va contribuir en el desarrollo de las propiedades mecánicas y físicas; asimismo, encontrar la dosis óptima.	Dosificación	CP+0.25%AP	Razón
				CP+0.50%AP	
				CP+0.75%AP	
VARIABLE INDEPENDIENTE (x2) SUPERPLASTIFICANTE	Los superplastificantes son reductores de agua de alta duración. Se pueden utilizar para obtener concretos de alta resistencia con menos relación de agua/cemento. (3)	El aditivo Sikacem como superplastificante tendrá una contribución en el desarrollo del incremento de las propiedades mecánicas y físicas, asimismo encontrar la dosis óptima.	Dosificación	CP+1.00%SP	
				CP+1.25%SP	
				CP+1.50%SP	
VARIABLE DEPENDIENTE (Y) PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS	Las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, tracción y flexión son las características principales del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, kg/cm ² , MPa y (PSI). (4)	Para la medición de las resistencias a la compresión, tracción y flexión, se obtendrá para los 7, 14 y 28 días empleando el ensayo establecido, considerando las diferentes dosis de los aditivos.	Resistencia a compresión, tracción y flexión a los 7, 4 y 28 días de curado, del concreto permeable	Resistencia a la compresión Kg/cm ²	Razón
				Resistencia a la tracción Kg/cm ²	
				Resistencia a la flexión Kg/cm ²	
	Una de las características físicas más importantes del concreto permeable es su capacidad de filtrar agua a través de su matriz. Esto está relacionado con su porosidad y tamaño de los poros, donde de acuerdo a estudios se requiere el 15% mínimo de vacíos.	En base a la determinación de la capacidad de infiltración, se realizará a los 28 días el curado de las muestras, realizando la verificación de los valores obtenidos que se encuentren dentro de la ACI 522R-10.	Capacidad de infiltración con diferentes porcentajes del aditivo	Capacidad de fluido en un intervalo de tiempo cm/s	Razón

Nota: CP: concreto patrón; AP: aditivo plastificante; SP: superplastificante; elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación con título “**Mezcla de concreto permeable como parte de la estructura del pavimento rígido, aplicado a vías de tráfico medio**”, realizada en el 2018, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (5).

La investigación consideró para el diseño de mezclas se incorporó aditivos retardantes, reductores de agua, considerando una relación de a-c de 0.30, asimismo cuyo **objetivo** es realizar una estructura de pavimento con el fin de filtrar precipitaciones pluviales para reemplazar sistemas de drenajes en la ciudad de Bogotá. **Los resultados** que se obtuvieron dentro del ensayo de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días fueron de 109.11 kg/cm², 151.94 kg/cm², y 178.45 kg/cm², respectivamente, que se encuentra dentro del rango 2.8 a 28 MPa de acuerdo a la normativa. Sin embargo, el proyecto no presenta ensayo de permeabilidad, por lo que no se puede verificar los efectos de los aditivos en esta característica. Teniendo como **conclusión** que la mezcla que se obtuvo no cumplía con la resistencia favorable para ser aplicada en pavimento vehicular; sin embargo, cumple con su permeabilidad y capacidad de infiltración para obras de drenajes.

La investigación “**Diseño de mezclas de hormigón permeable para emplearlo en proyectos urbanísticos de interés social**”. Realizada en el año 2014, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (6).

Su **objetivo** es la elaboración de diseño de mezclas para concreto permeable para ser aplicado en proyectos urbanísticos. **Los resultados** para un $f'c=140\text{kg/cm}^2$, en base a 5 diseños patrones sin aditivo se obtuvieron para el n°1, 2, 3, 4, 5 de 36.91, 28.60, 26.38, 23.58, 22.08 kg/cm² respectivamente; asimismo, para los mismos 5 diseños finales con aditivo Adit. Plastol 6000 incorporando **1.4, 1.42, 1.368, 1.308 y 1.284cc** de este se

obtuvo 46.98, 46.56, 46.50, 37.72, 29.64 kg/cm² respectivamente. Dentro del ensayo de flexión para las probetas n°1, 2, 3, 4, 5 sin aditivo alguno se obtuvieron en la edad de 28 días 1.74, 1.75, 1.60, 1.40 y 1.29 MPa de resistencia respectivamente; sin embargo, para n°1, 2, 3, 4, 5 con aditivo se obtuvo a la edad de 28 días 2.09, 2.09, 1.76, 1.62 y 1.44 MPa respectivamente de incremento de resistencia. Teniendo como **conclusiones**, la resistencia tanto compresión y flexión, solo los diseños N°1 y 2 sin aditivos alcanzaron resultados favorables dentro de los 7, 14, 21 y 28 días, ya que los diseños 3, 4 y 5 fueron crecimientos lineales. Sin embargo, respecto a la resistencia a compresión y flexión, se comprobó un incremento favorable con la adición de los aditivos.

La tesis titulada “**Estudio experimental del uso de diferentes aditivos como plastificantes reductores de agua en la elaboración de hormigón y su influencia en la propiedad de resistencia a la compresión**”. Realizada en el año 2014, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (7).

El **objetivo**, experimentar y evaluar la influencia de aditivo plastificante y reductor de agua en las propiedades del concreto, para las resistencias mínimas de 210 y 300 kg/cm². **Los resultados**, para un diseño de $f'c=300\text{kg/cm}^2$, la resistencia que se obtuvo en la edad de 28 días de concreto sin aditivo fue 324.6 kg/cm², que equivale a un 108.20% de su resistencia nominal. Sin embargo, a la edad de 28 días para la mezcla “B” con aditivo sika 100N de **1.42**, fue 324.58 kg/cm² de resistencia, para la mezcla “C” a una dosificación de **1.78** obtuvo 344.1 kg/cm², y para la mezcla “D” a una dosificación de **2.09** obtuvo 390.57 kg/cm². Asimismo, el resultado obtenido para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sin aditivo fue de 212.91 kg/cm² de resistencia en los 28 días, equivalente al 101.39% de la resistencia que se requiere. Sin embargo, para la edad de 28 días de concreto para la mezcla “L” con aditivo de dosificación **2.08** fue 296.96 kg/cm², para la mezcla “M” a una dosificación de **1.40** obtuvo 211.08 kg/cm², y para la mezcla “N” a una dosificación de **1.77** obtuvo 237.91 kg/cm² de resistencia. Teniendo como **conclusiones**, el aditivo SIKA 100 N en su mayor dosis, en la mezcla D

alcanzó 390,57 kg/cm² a su edad final de 28 días; es decir, 130,19 % de lo que se requería, lo cual quiere decir que la resistencia a la compresión incrementó a un 21.99%. Sin embargo, el aditivo SIKA 100 N en su menor dosis en la mezcla L mejora la resistencia a un 40,02%.

En el artículo titulado “**Propiedades mecánicas e permeabilidad de concretos permeáveis com aditivo superplastificante**”. Realizada en el año 2020 se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (8).

Con el **objetivo** de contribuir a la comprensión del efecto del aditivo superplastificante en las propiedades del hormigón permeable con una dosificación de 0,2 a 5 %. Los **resultados** para una mezcla sin aditivo de (T1) e incorporando aditivos superplastificantes (T2), sometido a las pruebas de rotura a compresión axial, se obtuvo 5.5 y 3.3 MPa respectivamente para tracción en T1 y T2 de 0.8 y 0.4 MPa y, por último, a flexión en los mismos de 2.3 y 1.8 MPa respectivamente; por otro lado, con respecto al ensayo de permeabilidad de 2.4 y 3.8cm/s para cada una de estas muestras, como **conclusiones**, los concretos permeables con superplastificante presentaron disminución en su resistencia con respecto a la mezcla sin aditivo. Debido a que disminuyó la compacidad de la mezcla, lo que demuestra que el aditivo superplastificante tuvo una influencia directa en estas propiedades.

2.1.2. Antecedentes nacionales

La investigación “**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**”. Realizada en el año 2019, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (9).

El **objetivo** de la investigación fue determinar la resistencia a compresión del concreto poroso de $f'c=210$ kg/cm² con el uso de agregado fino, al mismo tiempo comparando las variaciones de la adición de aditivo plastificante, **los resultados** de la investigación donde se usó la dosificación del aditivo

plastificante de 0.5%, 0.75% y 1.0%, por medio de la resistencia a compresión se obtuvo en la edad de los 28 días, 185.27 kg/cm², 194.49 kg/cm² y 201.79 kg/cm² de resistencia respectivamente; por otro lado, con respecto al ensayo de permeabilidad para las dosis de 0.5%, 0.75% y 1.0%, se obtuvieron el 1.28, 1.27 y 1.22 cm/s permaneciendo dentro del rango establecido como estipula la norma . Por lo que, en su **conclusión**, se observó que es proporcional el incremento de aditivo plastificante a un rango de 0.5% a 1%, hubo mejora en la resistencia, a causa del aditivo plastificante redujo la cantidad del agua, no perdió trabajabilidad y obtuvo igual revenimiento.

La investigación “**Análisis de contenidos de vacíos para el diseño de mezclas del concreto permeable con aditivo SikaCem en pavimentos Lima, 2018**”. Realizada en el año 2018, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (10).

El **objetivo** fue determinar el contenido de vacíos favorable aplicando aditivo SikaCem en pavimentos de concreto poroso, **los resultados** que obtuvo para el ensayo de resistencia a compresión para un 14% y 18% de contenido de vacíos a los 28 días de edad, para el concreto de 0.20% de dosis de aditivo de 76.1% y 90.9% respectivamente; asimismo, para el ensayo de permeabilidad alcanzada es de 1.91mm/min y 7.99 mm/min, cumpliendo con el rango establecido en la ACI 522R-10. Por lo tanto, tuvo como **conclusiones** el uso del aditivo, afecta a una edad inicial las propiedades mecánicas y cumple con la permeabilidad requerida.

La investigación titulada “**Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm²**”. Realizada en el año 2019, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (11).

El **objetivo** de establecer un diseño de mezcla de concreto permeable para pavimentos. Los **resultados** que se obtuvieron en el ensayo de resistencia a la compresión para un $f'c=210$ kg/cm² a los 7, 14 y 28 días de curado

fueron 103.31, 121.10 y 143.09 kg/cm²; asimismo, respecto al diseño para un $f'c=300$ kg/cm², se obtuvo para los 7, 14 y 28 días las resistencias de 203.66, 243.13 y 283.06 kg/cm² respectivamente, con un coeficiente de permeabilidad promedio de 2.12 cm/s. Las **conclusiones**, fue que encontró una dosis recomendable donde alcanzó una resistencia máxima de 283.06 kg/cm², de una relación a/c de 0.38, y un 13% de porcentaje de vacíos, y el 1.5% de aditivo superplastificante.

La investigación titulada “**Análisis de resistencia a compresión y permeabilidad adicionando aditivo superplastificante para un diseño de concreto poroso, para una resistencia $f'c=210$ kg/cm²**”. Realizada en el año 2020, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (12).

El **objetivo** fue determinar las propiedades mecánicas e hidráulicas adicionando aditivo superplastificante SIKA para un $f'c=210$ kg/cm². Los **resultados**, en los ensayos para determinar la resistencia a la compresión para un concreto permeable con 0%, 0.50%, 1.0%, 1.50%, 2.0% y 2.5% de dosis de aditivo en los 7, 14 y 28 días fueron de 170.8, 191.55, 202.34, 212.58, 189.14, y 185.62 kg/cm² respectivamente, con un coeficiente de permeabilidad promedio de 0.21, 0.21, 0.22, 0.21, 0.19, 0.19 cm/s, por lo que se encuentran dentro del rango según la ACI 522R-10 como se establece. Las **conclusiones**, determinó que el uso del aditivo influyó su comportamiento mecánico y ligeramente en el comportamiento hidráulico.

La investigación titulada “**Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo**”. Realizada en el año 2021, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (13).

Uno de los **objetivos** fue determinar la influencia en unas diferentes dosis del aditivo SikaCem Plastificante en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable. En base a ello, se realizaron dos ensayos para su comportamiento mecánico, compresión y flexión, los

resultados, en los ensayos para determinar la resistencia a la compresión en los 7, 14 y 28 días de 250 ml fueron de 66.8, 76.8 y 99.6 kg/cm², para 500 ml de aditivo se obtuvo 59.3, 80.2, y 92.8 kg/cm², los datos obtenidos para resistencia a flexión para una dosis de 250 ml y 500 ml fueron de 19.0 y 24.1 kg/cm² respectivamente; asimismo, con un coeficiente de permeabilidad de 3.20 y 2.52 cm/s, por lo que se encuentran dentro del rango según la ACI 522R-10 como se establece. Las **conclusiones**, determinó que el uso del aditivo influyó en sus propiedades mecánicas; sin embargo, presentó reducción en la permeabilidad del concreto permeable.

La investigación titulada “**Evaluación del concreto permeable como una alternativa sostenible para el control de las aguas pluviales en la ciudad de Castilla, provincia Piura y departamento de Piura**”. Realizada en el año 2019, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (14).

El **objetivo** es poder contribuir al estudio del concreto poroso para ser alternativa sostenible dentro del control de las aguas pluviales. Los **resultados**, en los ensayos para determinar la resistencia a la compresión para dos diseños para una relación de a/c de 0.28 y 0.35 se obtuvo en los 28 días de 136 kg/cm² y 114 kg/cm² respectivamente, con un coeficiente de permeabilidad promedio de 0.5367 y 0.6944 cm/s correspondientes, por lo que se encuentran dentro del rango según la ACI 522R-10 como se establece. Las **conclusiones**, mencionan que se logró cumplir con lo estipulado en la normativa ACI.

La investigación titulada “**Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de aguas pluviales según la norma ACI 522R-10**”. Realizada en el año 2019, se tuvo el siguiente objetivo principal, resultados y conclusiones (15).

Para la investigación, se elaboró 5 diseños de concreto con diferentes porcentajes de vacíos para conseguir un diseño más adecuado e implementar a un pavimento rígido, cuyo **objetivo** consistió en el diseño del

concreto permeable para un pavimento rígido para la evacuación de aguas pluviales. Los **resultados**, en el caso del diseño nº 01 en los ensayos para determinar la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable con un 15% de vacíos para los 28 días fueron de 51.30 kg/cm² y 22.35 kg/cm², obteniendo una baja resistencia; asimismo, el resultado obtenido para el coeficiente de permeabilidad promedio fue de 0.91 cm/s donde no pertenece dentro del rango de 0.2 a 0.54 cm/s que establece la norma ACI 522R-10 para concreto poroso. Con respecto a las **conclusiones**, se determinó que el diseño tiene una baja resistencia, cabe resaltar que no se agregó ningún porcentaje de agregado fino.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades del concreto:

Definición:

El concreto es definido como un material aglutinante, usualmente cemento Portland, agregados, agua y aditivos, si fuera necesario que al endurecer forma un sólido compacto para soportar grandes esfuerzos de compresión. Este es usado a nivel mundial por ser muy versátil, sus propiedades mecánicas y físicas son usadas como parte de una estructura. (16)

2.2.2. Componentes del concreto convencional

La composición para la pasta del concreto está constituida por cemento, agua, agregados y aditivos, resaltando el aditivo que es un elemento opcional, así como la adición de puzolanas, micro sílice, etc. (17)

En la figura, se muestran los componentes del concreto con sus respectivas proporciones usuales.

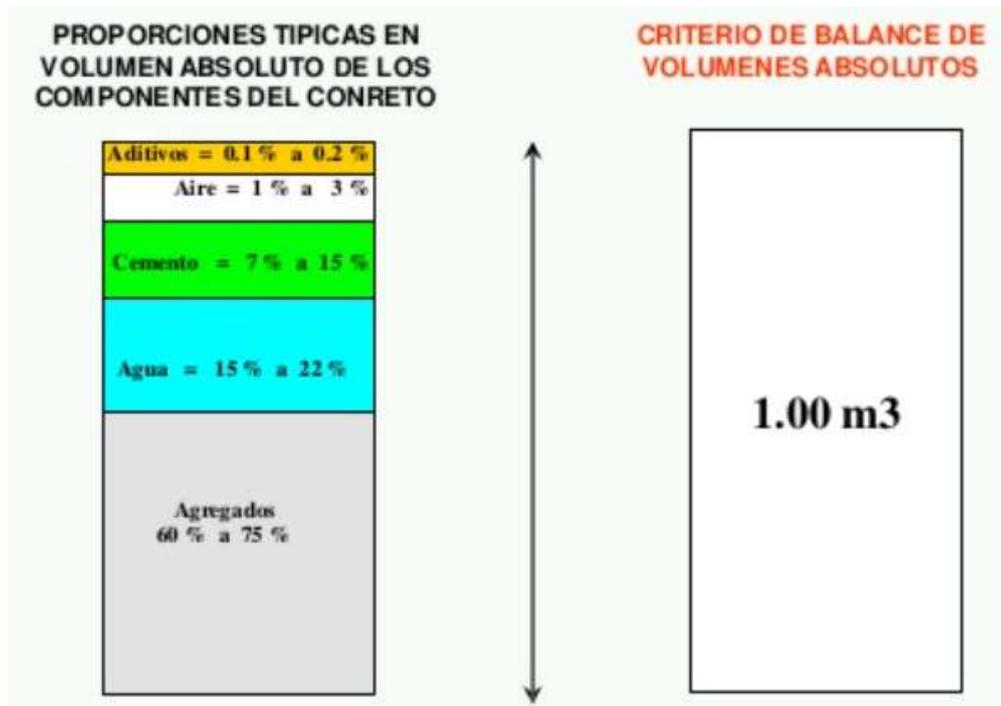


Figura 1. Proporciones usuales en Volumen absoluto de los materiales que componen el concreto, por la página web SlideShare

2.2.2.1. CEMENTO PORTLAND:

El cemento Portland es esencialmente un silicato de calcio, el cual se produce por fusión parcial, a una temperatura aproximada de 1500 °C, de una mezcla bien homogenizada y finamente molida de caliza (carbonato de calcio) y una cantidad adecuada de arcilla o lutita. La composición se mejora comúnmente mediante la adición de arena u óxido de hierro. (18)

TIPO DE CEMENTO

“Todo cemento Portland está constituido por cuatro compuestos [...]” (19):

- C_2S , Silicato dicálcico, presenta reacción lenta, baja generación de calor, mejor resistencia y durabilidad a largo plazo.
- C_3S , Silicato tricálcico, presenta reacción más rápida, más calor generado, todavía participa de la resistencia y durabilidad, pero no tan buena como el C_2S .

- C_3A , Aluminato tricálcico, presenta reacción muy rápida, alta generación de calor, responsable de la resistencia y fraguado temprano (pero no alto), reacciona fácilmente con productos químicos.
- C_4AF , Aluminio ferrita tetracálcica, presenta relativamente poca influencia en las propiedades del concreto (excepto el color), presente porque se necesita durante la fabricación.

Las cantidades relativas de estos compuestos varían para producir diferentes tipos de cemento para adaptarse a diferentes usos.

Tipo I: También conocido como tipo A, CPO (cemento Portland ordinario), UG (uso general).

Tipo II: Cemento que genera calor de hidratación moderado.

Tipo III: Alta resistencia temprana o endurecimiento rápido.

Tipo IV: Cemento de calor de hidratación bajo.

Tipo V: Cemento resistente a los sulfatos.

2.2.2.2. EL AGUA EN EL CONCRETO:

La calidad del agua necesaria para realizar un buen concreto es importante. La calidad de agua tiene una gran influencia en la resistencia, así como en la durabilidad del concreto (20). Técnicamente hablando, la composición química del agua debe ser con los límites preinscritos como se muestra:

- El valor del pH del agua debe estar entre 6 y 8. Si este es menor a 6, significa que es de naturaleza ácida y puede provocar corrosión en los aceros de refuerzo.
- Esto debe estar libre de materiales orgánicos y otras impurezas.

2.2.2.3. AGREGADOS:

Los agregados provienen generalmente de fuentes naturales y pueden haber sido reducidos a su tamaño en forma natural o pueden reducirse triturando. La calidad del agregado disponible va a depender de la historia geológica de la región de donde proviene. Dicho agregado puede dividirse en dos categorías: agregado natural y agregado artificial (20).

Agregado natural: Estos agregados se obtienen generalmente de depósitos naturales de arena y grava, o de canteras por corte de rocas.

Agregado manufacturado (sintético): Estos tipos de agregados son materiales hechos por el hombre resultantes de los productores o por productos de la industria. Algunos ejemplos son escorias de altos hornos y agregados ligeros (21).

AGREGADOS EN EL CONCRETO

Los agregados ofrecen mayor estabilidad de volumen y durabilidad al concreto, se usan principalmente con el propósito de aumentar la densidad de la mezcla resultante, el agregado es frecuentemente usado en dos o más tamaños (20).

Los agregados garantizan la adherencia con la pasta de cemento endurecido. La razón principal por la que se utiliza el agregado es para hacer más económica la mezcla y también porque contribuye a la resistencia a la compresión (16).

Clasificación de los agregados de acuerdo al tamaño:

El tamaño de los agregados utilizados en el concreto varía desde unos pocos micrómetros hasta unos pocos centímetros a más. El tamaño máximo del agregado puede variar en cada caso, de tal manera que la partícula de diferente tamaño se incorpore en la mezcla en proporciones apropiadas. Según el tamaño del agregado, se clasifica principalmente en agregado fino y agregado grueso.

a. Agregados finos

El agregado fino cumple con la norma NTP 400.037. Están considerados la arena fina y arena gruesa.

Granulometría:

La granulometría es la distribución de las partículas de arena por tamaño. Esta se realiza utilizando las mallas normalizadas por la ASTM numeradas como N°4, 8, 16, 30, 50 y 100. Como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Límites de granulometría según el ASTM

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Nota: Tomada de Abanto, 2009

b. Agregados gruesos

Se denomina como agregado grueso al material retenido en la malla 4.75 mm o N°4, y debe cumplir con la norma NTP 400.037 (22).

El agregado grueso puede ser uno de los siguientes tipos:

- Grava o piedra triturada
- Grava o piedra sin triturar resultante de la desintegración natural de la roca

Granulometría

De acuerdo a la norma NTP 400.037, como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Granulometría del agregado grueso según NTP 400.037

Nº A.S.T.M	TAMAÑO NOMINAL	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm 4"	90 mm 3.5"	75 mm 3"	63 mm 2.5"	50 mm 2"	37,5 mm 1.5"	25 mm 1"	19 mm ¾"	12,5 mm ½"	9,5 mm 3/8"	4,75 mm Nº4	2,36 mm Nº8	1,18 mm Nº16
1	90 a 37.5 mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5 mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25 mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 a 25 mm (2" a Nº4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19 mm (1 ½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm (1 ½" a Nº4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5	
5	25 a 12.5 mm (1" a ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25 a 9.5 mm (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	25 a 4.75 mm (1" a Nº4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19 a 9.5 mm (¾" a 3/8")							100	90 a 10	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19 a 4.75 mm (¾" a Nº4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm (½" a Nº4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a Nº8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Nota: Tomada de Rivva, 2010

2.2.2.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

- **Granulometría:**

Viene a ser el tamaño del agregado, que se determina mediante el análisis granulométrico. Esta es la operación que permite separar y caracterizar al agregado por tamaño, mediante el uso de una serie de tamices o mallas que cumplan con la normativa respectiva. (16)

- **Densidad:**

Esta propiedad del agregado va a depender del origen de la roca, el lugar de procedencia, esto se define como la relación que existe entre la masa y volumen de una masa ya determinada. Las normativas de la NTP describen el proceso para la determinación de esta propiedad. (16)

- **Porosidad:**

Viene a ser el espacio que no es ocupado entre las partículas del agregado. Esta propiedad influye también a otras propiedades del mismo, así como en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, propiedades mecánicas y elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad. (23)

- **Peso unitario:**

Los vacíos que existen entre las partículas del agregado van a influir en cómo se acomodan estos; por ello, el proceso para la determinación de esta propiedad está normado por la ASTM C 29 y NTP 400.017. Este valor es importante, ya que sirve para la conversión de pesos a volúmenes e inversamente. (23)

- **Contenido de humedad:**

Viene dado por la cantidad de agua que está retenida superficialmente por el agregado. (23)

Se determina de la siguiente manera:

$$\%humedad = \frac{Peso\ natural - Peso\ seco}{Peso\ seco} \times 100 \dots \dots \dots (ec. 1)$$

2.2.2.3.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

- **Resistencia**

La resistencia de los agregados depende de la textura y estructura de estos. Si las partículas de los agregados no se encuentran correctamente cementadas entre ellas, tendrán como consecuencia ser débiles. (23)

- **Tenacidad**

La tenacidad o resistencia a la falla de impacto va a depender de la roca de origen. (24)

- **Dureza**

Esta propiedad va a depender de su composición mineralógica, como su estructura y el lugar de procedencia. Esto se presenta cuando hay roce y desgaste entre las partículas del agregado. (25)

- **Módulo de elasticidad**

Se define como la variación de esfuerzos con relación a la deformación elástica o elasticidad, que se considera como la medida de la resistencia a las deformaciones. El resultado de este va influir en la infiltración plástica y contracciones que se pueden presentar. (23)

Tabla 4. Valores de módulos elásticos

GRANITOS	610000 kg/cm ²
ARENISCAS	310000 kg/cm ²
CALIZAS	280000 kg/cm ²
DIABASAS	860000 kg/cm ²
GABRO	860000 kg/cm ²

Tomado de Torre, 2004.

2.2.3. Aditivos

Se denomina aditivos a productos añadidos en pequeñas cantidades de no más de 5% comparado con la masa del cemento durante el proceso de la mezcla del concreto con el fin de modificar las propiedades en estado fresco o endurecido del concreto. (26)

Los aditivos reductores de agua, retardadores, acelerantes cumplirán con las normas NTP 334.088 o la ASTM C 1017. (22)

2.2.3.1. Características del aditivo al concreto

Las características del aditivo hacia el concreto como, (27):

- Aumenta la trabajabilidad y no modifica la cantidad del agua
- Retarda o acelera el tiempo de fraguado inicial
- Acelera el desarrollo de la resistencia a la edad temprana
- Modifica la velocidad de producción de calor de hidratación
- Reduce la exudación y el sangrado
- Incrementa la durabilidad
- Reduce la permeabilidad
- Disminuye la segregación
- Reduce la contracción
- Incrementa la adherencia
- Mejora la adherencia del concreto con el acero de refuerzo

2.2.3.2. Clasificación de los aditivos

Los aditivos se clasifican en:

- Tipo A: Plastificantes reductores de agua

- Tipo B: Retardantes (demoran el tiempo de fraguado)
- Tipo C: Acelerantes (aceleran el fraguado como la resistencia)
- Tipo D: Plastificante retardante y reductor de agua
- Tipo E: Plastificante acelerante y reductor de agua
- Tipo F: Superplastificante, reductores de agua para la consistencia del concreto
- Tipo G: Superplastificante retardante
- Tipo H: Superplastificante acelerante
- Tipo S: Desempeño específico

2.2.3.3. Plastificantes:

Los plastificantes son sustancias o combinaciones de sustancias orgánicas e inorgánicas, las cuales ayudan a reducir la cantidad de agua para ofrecer trabajabilidad, o dar alta trabajabilidad para una misma cantidad de agua. Las ventajas son considerables en ambos casos: en la trabajabilidad, alta resistencia para el concreto. (28)

Los productos básicos que constituyen los plastificantes son los siguientes:

- i) Tensoactivos aniónicos como lignosulfonatos y sus modificaciones y derivados, sales e hidrocarburos sulfonatos
- ii) Tensoactivos no iónicos, como ésteres de poliglicol, ácido carboxílico hidroxilado y sus derivados y modificaciones.
- iii) Otros productos, como carbohidratos

Los plastificantes son usados a una cantidad de 0.1% al 0.4% en peso del cemento. A estas dosis, con una trabajabilidad constante, se espera que la reducción del agua de mezcla sea del orden del 5% al 15%.

Acción de los plastificantes

La acción de los plastificantes es principalmente fluidificar la mezcla y mejorar la trabajabilidad del hormigón, mortero o lechada. Los mecanismos que intervienen se podrían explicar de la siguiente manera:

Dispersión: El cemento, al estar en buen estado de división, tendrá tendencia a flocular en el hormigón húmedo. Esta floculación atrapa cierta

cantidad de agua utilizada en la mezcla y, por lo tanto, toda el agua no está disponible libremente para fluidificar la mezcla.

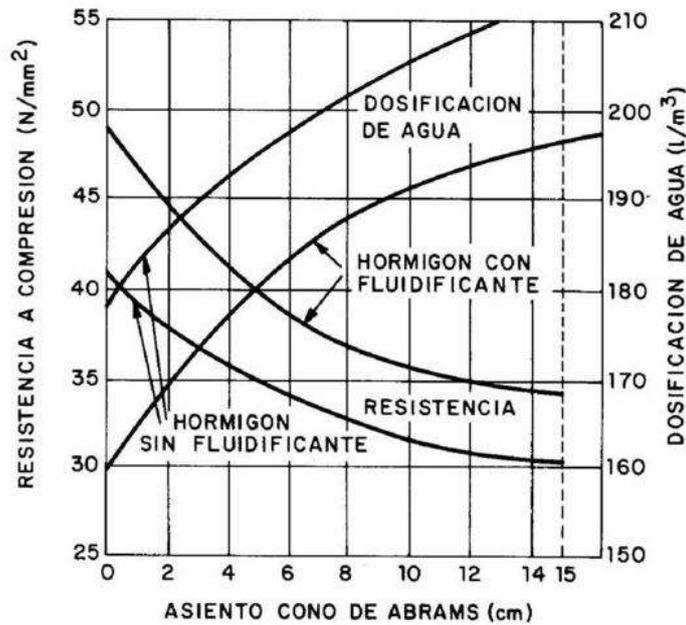


Figura 2. Acción de los plastificantes sobre las características de la mezcla u hormigón, por Fernández, 2013.

2.2.3.4. Aditivos superplastificantes

Los superplastificantes son productos que se han desarrollado hace décadas, pero continúan en evolución permitiendo conseguir reducciones de agua hasta el 30% sin tener ningún inconveniente. (29)

Estos tipos de aditivos modifican la reología del concreto haciendo su mezcla más fácil para la puesta de obra, sin observar reducción en las resistencias, y con menor cantidad de agua de lo normal. La figura 3, acción del superplastificante cuando se emplea la misma cantidad de agua y aditivo con lo que no quedan afectadas las resistencias, ni sus otras características.

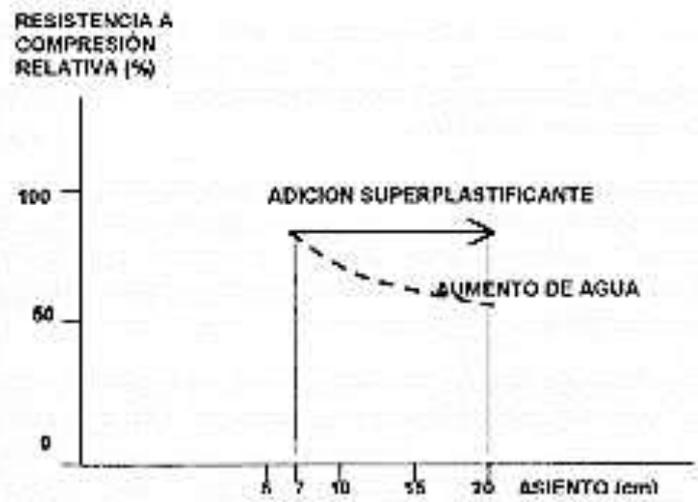


Figura 3. Acción del superplastificante, por Fernández, 2013.

La figura 4 muestra la acción reductora de agua; es decir, introducir el superplastificante con una reducción de agua/cemento y conseguir el incremento de las resistencias mecánicas.

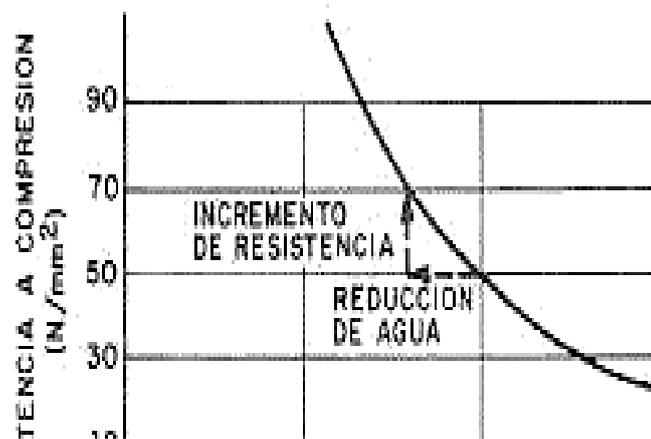


Figura 4. Acción reductora de agua, por Fernández, 2013.

La figura 5 muestra la relación de agua-cemento con respecto a la resistencia a compresión y flexión.

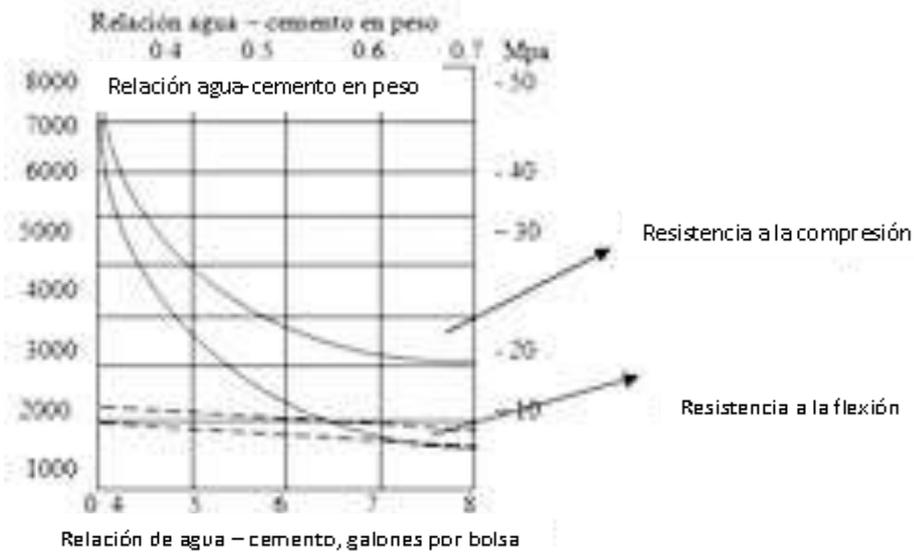


Figura 5. Relación a/c vs resistencia a compresión y flexión, por Fernández, 2013.

En la figura 6, se observa la comparación de la resistencia de un concreto con aditivo superplastificante y de un concreto convencional.

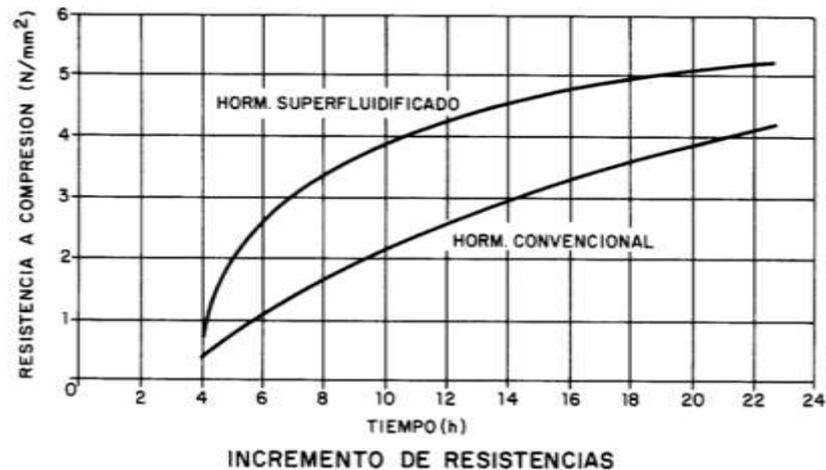


Figura 6. Mejora la resistencia a compresión de una mezcla superfluidificante (superplastificante). Relación agua-cemento constante, por Fernández, 2013.

2.2.4. Concreto permeable

El concreto permeable o poroso se caracteriza por su composición de cemento, grava (agregado grueso), agua y aditivo si es necesario. La ausencia del agregado fino genera que su estructura sea hueca o porosa

donde permite la filtración de aguas de cualquier procedencia. (30)

Define al concreto permeable o concreto poroso, aplicada fundamentalmente en las obras de pavimentación, utilizado para minimizar la necesidad de los drenajes y/o para capturar las aguas pluviales con la finalidad de que esta filtre al subsuelo. (24)

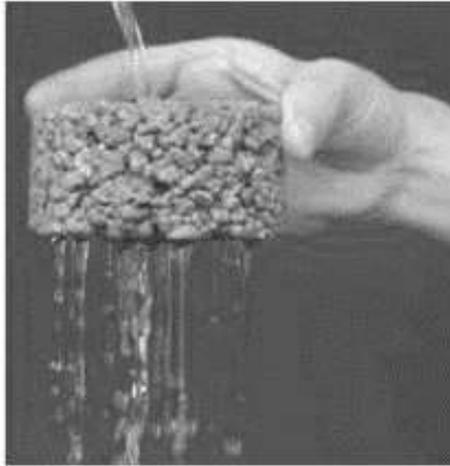


Figura 7. Paso de agua a través de una muestra de concreto poroso, por Sánchez, 2011.

2.2.4.1. Ventajas del concreto permeable:

De acuerdo a ARGOS, menciona estas ventajas:

- Reemplaza al sistema de alcantarillado
- Tiene vida útil de 20 años si se realiza un correcto diseño
- Es económico a comparación del concreto convencional
- Las aguas son conducidas hacia la vegetación con facilidad

2.2.4.2. Usos y aplicaciones

El concreto permeable o poroso es utilizado para obras hidráulicas porque funciona como drenaje de las precipitaciones pluviales u otra procedencia que filtran a través del concreto. (31)

El concreto permeable se aplica en:

- Áreas de drenaje
- Losas deportivas
- Parques
- Senderos peatonales

- Vías vehiculares
- Vías residenciales
- Losas para parques

Tabla 5. Espesores para cada uso

Uso	Espesor en cm.
Vialidades de tráfico pesado	15
Áreas de carga y patios de maniobras	15
Vialidades de tráfico medio	12
Vialidades de tráfico ligero	10
Estacionamiento vehicular ligero	8
Andadores de uso peatonal, banquetas, explanadas	6
Ciclopistas	6

Nota: Tomado por López, 2010.



Figura 8. Diferentes aplicaciones del concreto permeable, por López, 2010.

2.2.4.3. Sistema constructivo

La estructura para pavimentos permeables se compone por diferentes capas.

Características:

- Drenaje
- Su coeficiente de fricción es mayor a los otros tipos de concreto
- No presenta retención de calor debido a su porosidad

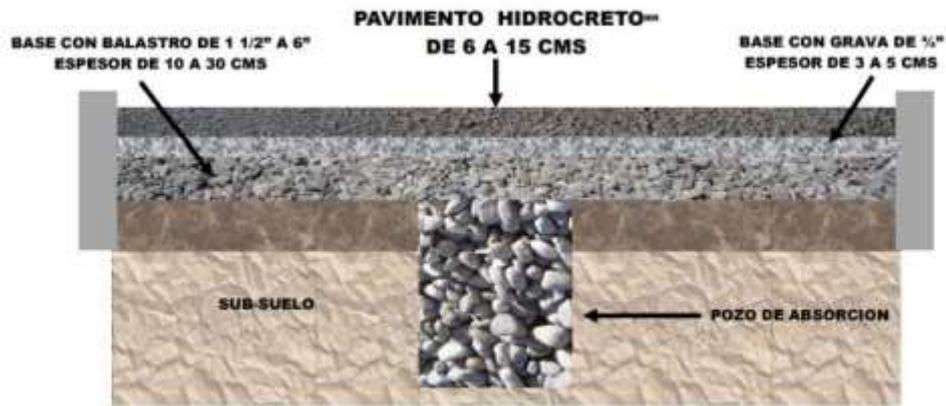


Figura 9. Sistema constructivo para infiltración en croquis, por Hidrocreto, 2008.

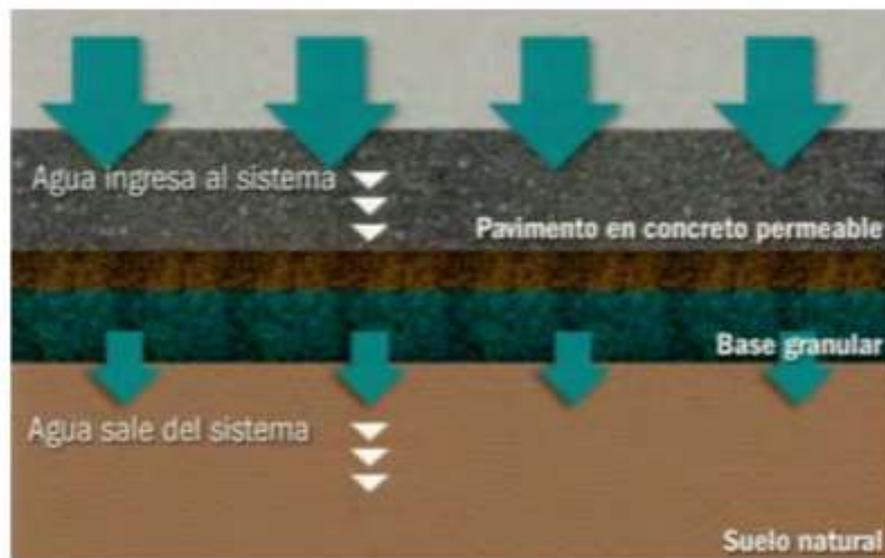


Figura 10. Funcionamiento del concreto permeable, por Toxement, 2017.

2.2.4.4. Propiedades del concreto permeable

2.2.4.4.1. Propiedades en estado fresco

- **Consistencia y peso volumétrico**

La consistencia es el indicador de la fluidez del concreto en su estado fresco donde se obtiene por medio del ensayo de "SLUMP". Para un concreto poroso típicamente describe un "slump" o asentamiento cercano a 0" o menor a $\frac{3}{4}$ ", aunque se han observado asentamientos que han llegado hasta 2" de revenimiento. (32)

Para el peso volumétrico o peso unitario de las mezclas para un

concreto permeable o poroso son aproximadamente el 70% de un concreto convencional, dentro del rango de 1,600 a 2,000 kg/m³, por lo que va a depender del porcentaje de vacío. (32)

- **Temperatura**

La temperatura para el concreto permeable va a depender de las demás temperaturas de los agregados, agua, cemento y aditivo. Para esto, la temperatura debe encontrarse en un rango ideal de 13 – 32 °C sin ser menor o exceder los valores respectivamente.

- **Peso unitario de rendimiento y contenido de vacíos de aire-peso volumétrico del concreto**

El porcentaje del contenido de vacíos tiene relación con el peso volumétrico que especifica en la norma ASTM C-1688. El contenido de vacíos va a depender de diversos componentes, como puede ser la granulometría del agregado, cantidad del cemento, relación de a/c y la energía de compactación. (22)

2.2.4.4.2. Propiedades mecánicas del concreto permeable

Las propiedades más importantes del concreto permeable en su etapa endurecida son las siguientes:

- **Resistencia a compresión**

La resistencia a compresión del concreto poroso es afectada significativamente por la proporción de la mezcla y la compactación durante la colocación. La figura 11 muestra la relación entre la resistencia a compresión entre el contenido de vacíos, donde se interpreta que la alta resistencia se logra cuando se reduce el porcentaje de vacíos; sin embargo, resulta una reducción de capacidad de infiltración que caracteriza al concreto poroso. Por otro lado, la figura 12 muestra la relación entre la resistencia a compresión de concreto poroso entre su peso unitario, donde se observa proporcional ambos valores.

En un concreto poroso, el valor típico para su resistencia a compresión llega hasta 17 MPa (173.35 kg/cm²); sin embargo, puede desarrollarse dentro del rango de 3.5 MPa a 28 MPa (35.7kg/cm² a 285.52kg/cm²), por lo que este valor se va a determinar de acuerdo a los materiales, porosidad, relación agregado-cemento, proceso de ejecución del mezclado y compactación. (32)

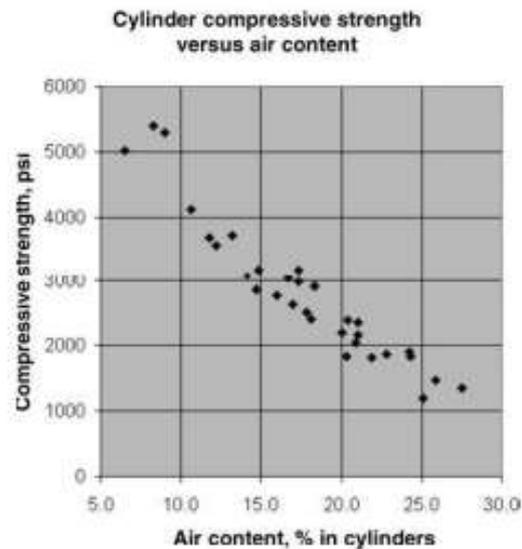


Figura 11. Relación entre el contenido de aire o vacíos y resistencia a compresión, por la normativa ACI 522R -10

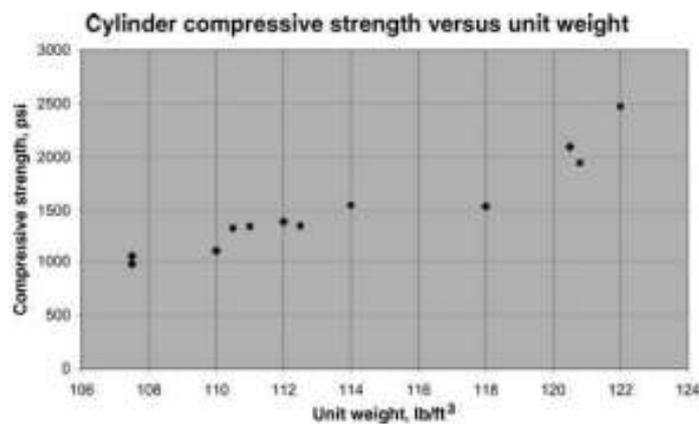


Figura 12. Relación entre el peso unitario y resistencia a compresión, por la normativa ACI 522R -10

- **Resistencia a tracción**

Por naturaleza, el concreto es débil a esfuerzos de tracción. Esta propiedad tiene que ver con el agrietamiento en el concreto a causa de la contracción inducida por el fraguado o por las variaciones de la temperatura, estos factores tienden a generar esfuerzos internos de tracción. (24)

La resistencia a tracción se determina mediante la norma NTP 339.084 mediante probetas cilíndricas de concreto poroso o permeable.

- **Resistencia a flexión**

Los elementos que son sometidos a flexión poseen una zona que se somete a compresión y otra región en donde predominan los esfuerzos a tracción. (24)

En la figura 13, se muestra la relación entre la resistencia a flexión y la porosidad. Donde se interpreta que son inversamente proporcionales los valores de estos dos. La resistencia a la flexión de un concreto permeable generalmente está entre el rango de 1 MPa a 3.8 MPa (10.2 kg/cm^2 a 38.76 kg/cm^2). Muchos factores influyen en la resistencia a la flexión, particularmente el grado de compactación, porosidad, la relación del agregado y cemento. Sin embargo, la aplicación típica de concreto permeable no requiere de esta propiedad para el diseño. (32)

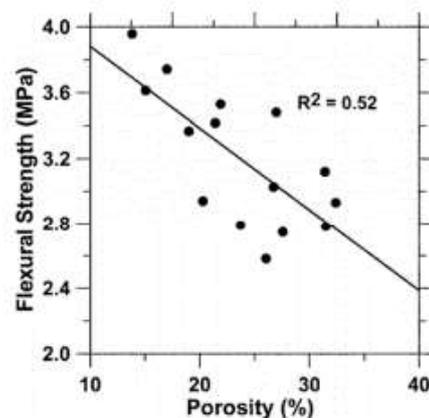


Figura 13. Relación entre la resistencia a la flexión y la porosidad de concreto permeable, por la normativa ACI 522R -10

2.2.4.4.3. Propiedades físicas del concreto permeable

- **Capacidad de permeabilidad**

La característica más importante del concreto permeable o poroso es la capacidad de filtración; es decir, dejar pasar el agua a través de su estructura. Esta capacidad está relacionada con el contenido de vacíos. Para el concreto poroso, se requiere una porosidad mínima de 15% para obtener una filtración significativa. (33)



Figura 14. Capacidad de filtración, por López, 2010.

El coeficiente de permeabilidad para un concreto poroso está entre 81 a 730 L/ m²/ min (0.14 a 1.22 cm/s) . (32)

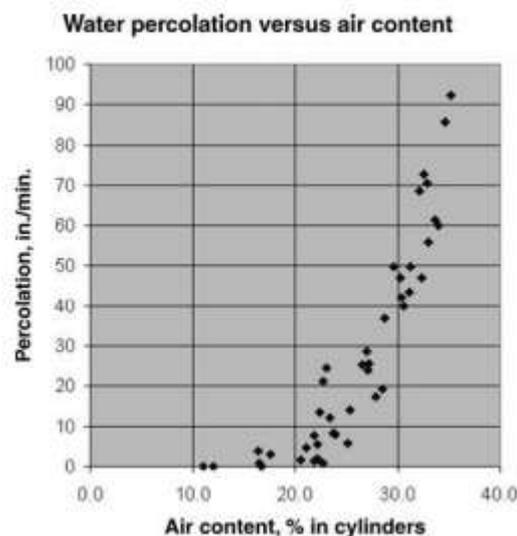


Figura 15. Relación entre el contenido de vacíos y la capacidad de infiltración o permeabilidad, por ACI 522R -10

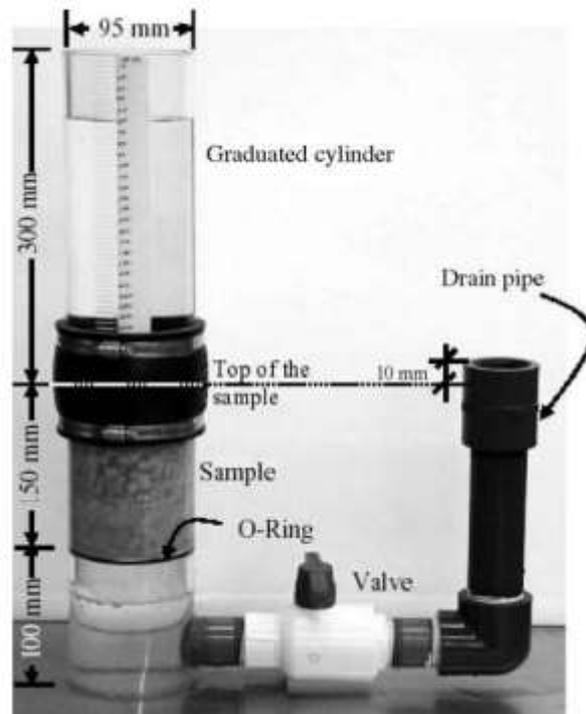


Figura 16. Equipo para medir la permeabilidad del concreto poroso, por ACI 522R -10

- **Diseño de mezclas de concreto permeable**

Es necesario realizar el diseño del concreto permeable considerando los porcentajes de contenido de vacíos y volumen de la pasta, los cuales se encargan de determinar la velocidad de la infiltración. Por ello, se debe seguir las limitaciones o procesos que contiene la norma ACI-522R donde se especifica por medio de tablas de los componentes que son parte del diseño para un concreto permeable o poroso.

Tabla 6. Proporción de materiales del concreto permeable

Material	Rango
Materiales cementantes, kg/cm^3	270 a 415
Agregado, kg/cm^3	1190 a 1480
Relación agua-cemento, en peso	0.26 a 0.45
Relación agregado grueso-cemento, en peso	4 a 4.5:1
Relación agregado fino-agregado grueso, en peso	0 a 1:1

Nota: Tomado por N. Subramanian, 2008.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Concreto convencional:

El concreto convencional es una pasta que está compuesta por cemento, agua, agregado fino y grueso.

2.3.2. Concreto permeable:

El concreto poroso o permeable se caracteriza por un “Slump” cercano a 0”, compuesto de agregado grueso graduado con cemento, poco o sin agregado fino, aditivos y agua. La combinación de estos materiales producirá un material endurecido con poros conectados, que permite el paso del agua.

2.3.3. Agregados:

La clasificación de los agregados que se usan en el concreto permeable son típicamente agregados gruesos que se encuentran entre $\frac{3}{4}$ ” a $\frac{3}{8}$ ” (19 mm a 9.5 mm). La calidad de los agregados gruesos es igual de importante como de un concreto convencional.

2.3.4. Agua:

La calidad del agua para un concreto permeable debe cumplir con los mismos requisitos que el de un concreto convencional. Respecto al concreto permeable deben estar proporcionados con una proporción de relación de agua - cemento (a/c), usualmente está entre 0.26 a 0.40.

2.3.5. Cemento:

El cemento Portland, conforme con la ASTM C150M, es usado como aglutinante principal.

2.3.6. Aditivo:

Los aditivos pueden actuar como lubricantes para la fluidez de la mezcla y mejorar la trabajabilidad, y aumentar la resistencia en una edad inicial.

2.3.7. Porosidad:

La porosidad o el tamaño de los poros es también un factor que influye en sus propiedades. La influencia de la porosidad es la permeabilidad y

absorción acústica. Generar poros de mayor tamaño en el material va a depender del tamaño del agregado grueso.

2.3.8. Capacidad de infiltración:

Una de las características más importantes del concreto poroso es la habilidad de filtración del agua. La permeabilidad o infiltración se relaciona directamente con la porosidad y el tamaño de estos poros.

2.3.9. Contenido de vacíos:

El contenido de vacíos para un concreto permeable se encuentra entre el rango de un 15% al 35%.

2.3.10. Durabilidad:

La durabilidad en el concreto poroso hace referencia a la vida útil en determinadas condiciones ambientales. Los efectos físicos que pueden influir de manera negativa en la durabilidad, como cuando se somete o expone a temperaturas extremas y productos químicos.

2.3.11. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto permeable va a depender de la proporción de la mezcla y la compactación durante la colocación. Existe relación entre la resistencia y el contenido de vacíos. La resistencia a compresión típica está entre 2.8 a 28 MPa.

2.3.12. Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción se considera para el control de calidad en todo tipo de obras y en especial en estructuras hidráulicas y viales.

2.3.13. Resistencia a la flexión

Las losas de pavimentos, pisos u otros usos similares están sometidos a este tipo de esfuerzo, usualmente para un concreto permeable está sometida a flexión con cargas de 3.8 MPa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido a que se tomará como referencia investigaciones ya realizadas y teorías ya existentes. Las investigaciones aplicadas de por sí se basan en la resolución de problemas cotidianos, de esta manera haciendo aportes tecnológicos, artesanales y, sobre todo, el aporte científico basándose en teorías confiables que han sido constantemente reproducidas (34).

3.1.2. El nivel de investigación

Viene a ser explicativo, ya que se va a determinar mediante resultados el efecto del aditivo plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable. El objetivo de una investigación explicativa es la solución de un problema a través de estudios previos de fuentes confiables, los cuales serán llevados a la práctica; si ese es el caso, la nueva información será reproducida y valorada teóricamente (34).

3.1.3. Diseño de la investigación

Es de diseño experimental – cuasiexperimental, primero porque se manipulará las variables independientes como es el plastificante y superplastificante para la medición de las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable y segundo porque el sujeto de estudio no se selecciona de forma aleatoria. El diseño experimental se basa a través de las manipulaciones intencionales para la obtención de los resultados (35), como visualizamos en la tabla 7.

Tabla 7. Cuadro de diseño de investigación

TIEMPO	PLASTIFICANTE			SUPERPLASTIFICANTE			CONCRETO PATRÓN
	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	1.25%	1.50%	0%
7 días	$R_{1,1,1}$	$R_{1,1,2}$	$R_{1,1,3}$	$R_{2,1,1}$	$R_{2,1,2}$	$R_{2,1,3}$	$R_{3,1,4}$
	$R_{1,1,1}$	$R_{1,1,2}$	$R_{1,1,3}$	$R_{2,1,1}$	$R_{2,1,2}$	$R_{2,1,3}$	$R_{3,1,4}$
	$R_{1,1,1}$	$R_{1,1,2}$	$R_{1,1,3}$	$R_{2,1,1}$	$R_{2,1,2}$	$R_{2,1,3}$	$R_{3,1,4}$
14 días	$R_{1,2,1}$	$R_{1,2,2}$	$R_{1,2,3}$	$R_{2,2,1}$	$R_{2,2,2}$	$R_{2,2,3}$	$R_{3,2,4}$
	$R_{1,2,1}$	$R_{1,2,2}$	$R_{1,2,3}$	$R_{2,2,1}$	$R_{2,2,2}$	$R_{2,2,3}$	$R_{3,2,4}$
	$R_{1,2,1}$	$R_{1,2,2}$	$R_{1,2,3}$	$R_{2,2,1}$	$R_{2,2,2}$	$R_{2,2,3}$	$R_{3,2,4}$
28 días	$R_{1,3,1}$	$R_{1,3,2}$	$R_{1,3,3}$	$R_{2,3,1}$	$R_{2,3,2}$	$R_{2,3,3}$	$R_{3,3,4}$
	$R_{1,3,1}$	$R_{1,3,2}$	$R_{1,3,3}$	$R_{2,3,1}$	$R_{2,3,2}$	$R_{2,3,3}$	$R_{3,3,4}$
	$R_{1,3,1}$	$R_{1,3,2}$	$R_{1,3,3}$	$R_{2,3,1}$	$R_{2,3,2}$	$R_{2,3,3}$	$R_{3,3,4}$

Nota: $R_{i,j,k}$: Resistencia a compresión, tracción y flexión; i : tipo de aditivo; j : número de días; k : dosis

Es de enfoque cuantitativo, porque se utiliza la recolección de datos y números obtenidos de los resultados que sirven para comprobar la hipótesis; es decir, medir en cuanto afecta la adición del plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable. El tipo de investigación cuantitativo consiste en la necesidad de medir y estimar magnitudes de la investigación, así como también en la recolección y en el análisis de datos (35).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Diseño de mezclas del concreto permeable con la adición de aditivo plastificante y superplastificante, elaborado con el agregado grueso extraído de la cantera Pilcomayo.

3.2.2. Muestra

9 probetas sin aditivo denominado concreto patrón; asimismo, 9 probetas para cada diseño de mezcla con aditivo plastificante de 0.25%, 0.50% y 0.75% y superplastificante de 1.00%, 1.25% y 1.50%.

El muestreo de la investigación será de tipo no probabilístico, debido a que la selección de la muestra no va a depender de la probabilidad (aleatoriamente), sino según los criterios del investigador.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas

Dentro del proyecto de investigación que se emplea por medio de la observación, porque se manipulan los hechos que se observan, también se utiliza información mediante fuentes confiables (libros, revistas, artículos y otros documentos). (34)

3.3.2. Instrumentos

En base a los instrumentos, vienen a ser los ensayos de laboratorio, asimismo mediante el uso de fichas técnicas para la obtención de los datos correspondientes, con la finalidad de obtener resultados de manera ordenada y así determinar el comportamiento de cada aditivo en diferente porcentaje añadido en la mezcla del concreto permeable. Los instrumentos para la recolección de los datos, mediante el uso de materiales para recoger y almacenar información. Pueden ser formularios, fichas, entre otros. (34)

- Formatos de fichas técnicas de las propiedades de los agregados
- Formatos de fichas técnicas del control Slump
- Formatos de fichas técnicas de ensayos de rotura a (compresión, tracción y flexión) y permeabilidad

3.4. Procedimientos

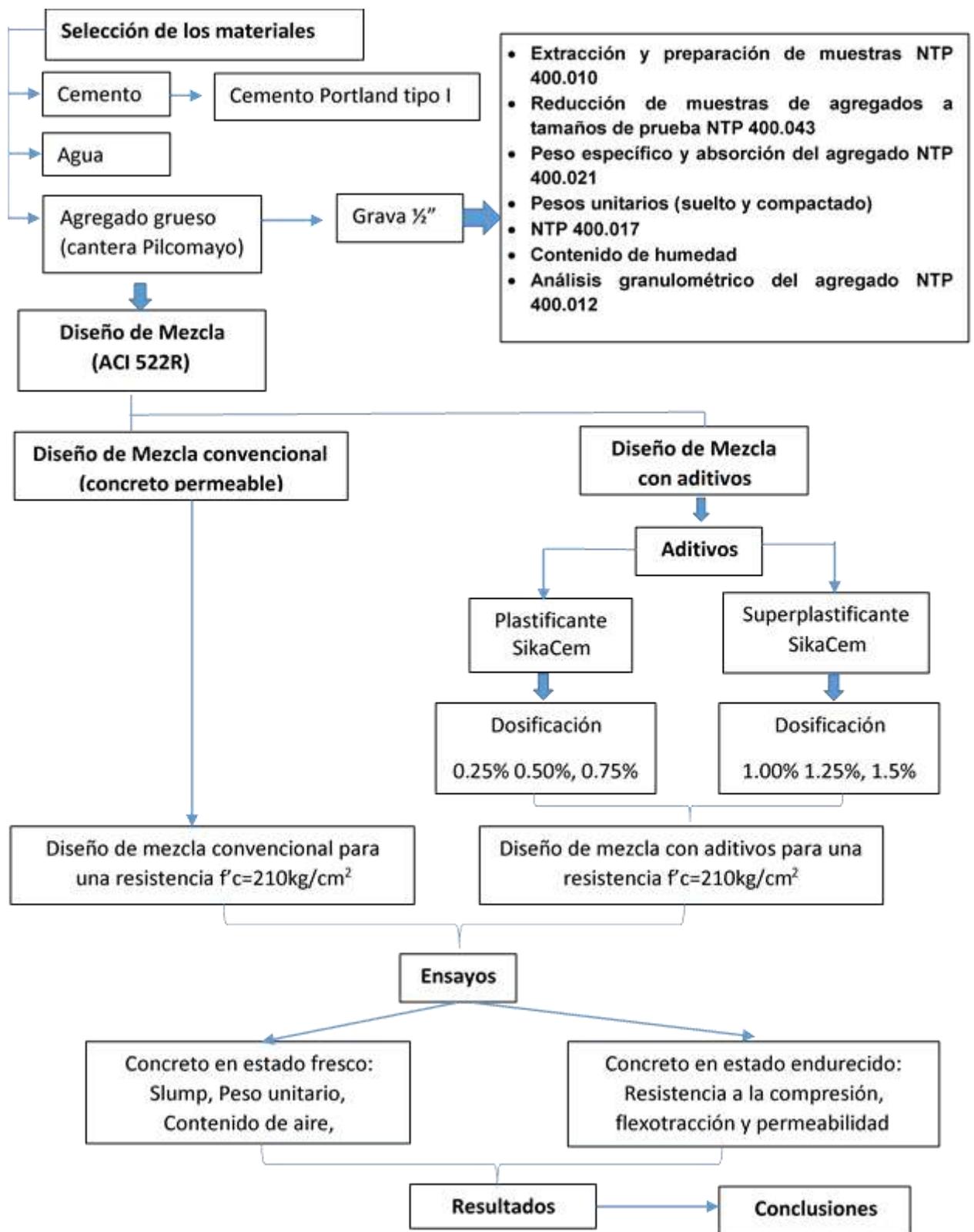


Figura 17. Flujograma de procesos. Elaboración propia

3.4.1. 1º Etapa: Selección de los materiales

Respecto a la composición del concreto permeable que se ha estudiado, se procede a la selección de los materiales; asimismo, conocer sus propiedades físicas para la obtención de las proporciones mediante el diseño de mezcla para un concreto permeable. A continuación, se da a conocer los materiales a utilizar para la mezcla:

- **Agregado grueso**

Para nuestra investigación, el agregado grueso de ½” fue extraído de la cantera de Pilcomayo – Chupaca.



Figura 18. Cantera de Pilcomayo

- **Cemento**

El cemento Portland tipo I “Andino”, que es para uso general, donde se emplea para pavimentos, pisos, etc. Por lo cual su almacenamiento debe ser consciente para asegurar su conservación y se encuentre en óptimas condiciones.

- **Agua**

El agua potable es recomendable para el diseño de mezcla, ya que este no debe poseer ningún material o residuo orgánico que altere las propiedades de la mezcla del concreto.

- **Aditivo**

En la presente investigación, se utilizó el aditivo SikaCem que ofrece un comportamiento plastificante y superplastificante en un determinado rango de dosificación, ficha técnica ver anexo 2.

3.4.2. 2º Etapa: Normativa para los ensayos

Los ensayos que se elaboraron se rigen dentro de las normas NTP Y ASTM. Por ello, se divide de acuerdo a ensayos en base a las propiedades de los materiales del concreto permeable, ensayos en estado fresco y en estado endurecido del concreto.

Tabla 8. Normas para los ensayos de las propiedades de los agregados

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	NORMA NTP	NORMA ASTM
1	Extracción y preparación de las muestras	NTP 400.010	ASTM D-75
2	Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo	NTP 400.043	ASTM C-702
3	Método de ensayos normalizados para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (PESO UNITARIO) y los vacíos en el agregado	NTP 400.017	ASTM C-29
4	Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (PESO ESPECIFICO) y absorción del agregado grueso	NTP 400.021	ASTM C-127
5	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012	ASTM C-136
6	Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregado por secado	NTP 339.185	ASTM C-566

Nota: Elaboración propia

Tabla 9. Normas para los ensayos en estado fresco del concreto

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	NORMA NTP	NORMA ASTM
1	Mezclado, muestreo y elaboración de especímenes en laboratorio.	NTP 339.183	ASTM C-192
2	Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland	NTP 339.035	ASTM C-143
3	Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).	NTP 339.184	ASTM C-1064
4	Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)	NTP 339.046	ASTM C-138

Nota: Elaboración propia

Tabla 10. Normas para los ensayos en estado endurecido del concreto

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	NORMA NTP	NORMA ASTM
1	Práctica normalizada para el curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.	NTP 339.183	ASTM C-192
2	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.	NTP 339.034	ASTM C-39
3	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.	NTP 339.084	ASTM C-496
4	Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo	NTP 339.078	ASTM C-78

Nota: Elaboración propia

3.4.3. 3º Etapa: Ensayos para el agregado grueso

3.4.3.1. Extracción y preparación de muestras

De acuerdo a la NTP 400.010 donde precisa los pasos para el muestreo del agregado según su tamaño máximo nominal de este, donde se especifica en:

Tabla 11. Cantidad de las muestras según el tamaño del agregado grueso

Ítem	TMN del agregado grueso	Masa mínima aproximada para la muestra de campo (kg)
1	9.5 mm (3/8")	10 kg
2	12.5 mm (1/2")	15 kg
3	19.0 mm (3/4")	25 kg
4	25.0 mm (1")	50 kg
5	37.5 mm (1 ½")	75 kg
6	50 mm (2")	100 kg
7	63 mm (2 ½")	125 kg
8	75 mm (3")	150 kg
9	90 mm (3 ½")	175 kg

Nota: Tomada de la norma NTP 400.010

En función a la tabla N° 10, el agregado a utilizar para el respectivo ensayo es de ½". En base a ello, la masa mínima aproximada para la muestra es de 15 kg.

3.4.3.2. Reducción de muestras del agregado

En base a la norma NTP 400.043 y los procedimientos que se estipulan en este, aplicando el método B – cuarteo para el agregado grueso representando el total de la muestra.

- **Obtención de la muestra**

Se realiza el cuarteo de la muestra para su respectivo ensayo donde se determinará las propiedades fundamentales del agregado.



Figura 19. Obtención de la muestra



Figura 20. Proceso de cuarteo del agregado grueso



Figura 21. Proceso selección de muestra del agregado grueso

3.4.3.3. Peso unitario

Para determinar el peso unitario en condición suelto o compactado del agregado grueso, en este caso, se realizó de acuerdo a los procedimientos que establece la NTP 400.017. Es importante saber el peso unitario del agregado para conocer las proporciones de este, determinación de la cantidad de vacíos.

A. Peso unitario suelto:

Este ensayo consiste en el llenado del agregado grueso en el recipiente cilíndrico metálico sin compactación alguna, donde se prosigue a nivelar

el agregado al ras de la superficie con ayuda de la varilla de 5/8", luego se determina la masa del recipiente más el contenido, previo con la masa del recipiente vacío.



Figura 22. Ensayo de PUS del agregado grueso



Figura 23. Proceso de raseo del agregado a nivel superficial del recipiente

B. Peso unitario compactado:

El presente ensayo aplicado al agregado grueso se obtiene al compactar o apisonar en 3 capas el agregado grueso en el recipiente como indica la norma, y considerando 25 golpes para cada capa de manera uniforme con la varilla de 5/8". De la misma manera que el anterior, se determina la masa del recipiente más el contenido, previo con la masa del recipiente vacío.



Figura 24. Ensayo del PUC del agregado grueso



Figura 25. Compactación de la última capa del agregado grueso



Figura 26. Obtención del peso del recipiente más el agregado grueso

Los resultados promedio obtenidos para estos ensayos para peso unitario suelto y compactado se puede observar en la tabla 12 y en el anexo 4.

Tabla 12. Resultado del ensayo de P.U.S y P.U.C. del agregado grueso

Ítem	Descripción	Unidad	Resultado
1	Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1440
2	Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1481

Nota: Elaboración propia

3.4.3.4. Peso específico y absorción del agregado grueso - piedra chancada de ½"

Los procedimientos aplicados de acuerdo a la NTP 400.021, para determinar el peso específico que sirve el cálculo del volumen ocupado por el agregado grueso en el diseño de mezclas para el concreto permeable. El peso mínimo de muestra según la normativa depende del tamaño máximo que en este caso es de ½", por ello la muestra es de 2 kg.

Los resultados de absorción van a ser aplicados para el cálculo de la masa del agregado respecto al agua absorbida por los vacíos (porosidad). En base a ello, la norma indica que el material (agregado) debe estar saturado por 24 horas, al día siguiente se escurre el agua usando una canastilla, donde se obtiene la masa de la muestra secada al horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, también se obtiene una muestra saturada con superficie seca, asimismo la masa de la muestra dentro del agua incluyendo la masa de la canastilla.



Figura 27. Ensayo del peso específico y absorción del agregado

Se realizó tres ensayos de masa de 3289 g, 3327 g y de 3053 g respectivamente, por lo que se obtuvo el promedio. En la siguiente tabla 13, se muestra los resultados obtenidos, asimismo en el anexo 4 se presenta con más detalle los resultados correspondientes.

Tabla 13. Resultados de peso específico y absorción del agregado

Ítem	Descripción	Unidad	Resultado
1	Masa específica [P.E.M. = $A/(B-C)$]	(g/cm ³)	2,63
2	Masa específica saturado superficialmente seco [P.E.M.S.S.S. = $B/(B-C)$]	(g/cm ³)	2,66
3	Masa específica aparente [P.E.A.= $A/(A-C)$]	(g/cm ³)	2,72
4	Porcentaje de absorción [(B-A)/A*100]	%	1,16

Nota: Elaboración propia

3.4.3.5. Análisis granulométrico del agregado grueso

De acuerdo al NTP 400.012 para piedra chancada de ½”, se realizó el análisis granulométrico para poder determinar y clasificar el agregado de acuerdo a la determinación de su tamaño máximo nominal (TM) y el módulo de fineza (MF), para el diseño de mezcla correspondiente. Para la ejecución de este proceso, se toma una muestra representativa, los tamices deben cumplir con la normativa y su colocación es de orden decreciente, para así colocar el agregado y al terminar con la acción de tamizado se procede a pesar cada peso retenido, para su cálculo respectivo.



Figura 28. Análisis Granulométrico



Figura 29. Proceso de tamizado del agregado grueso de ½”

En la figura 30, se muestra la granulometría del agregado grueso de manera detallada.

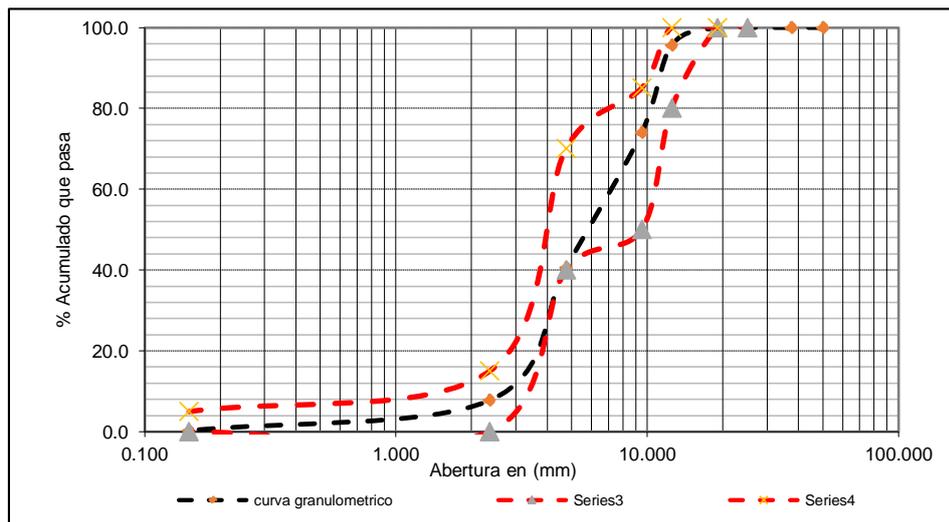


Figura 30. Curva Granulométrica del agregado grueso ½”

a. Tamaño Máximo Nominal

Para calcular el tamaño máximo nominal se realizó de acuerdo a la NTP400.037.

b. Módulo de fineza

El módulo de fineza para su cálculo se realizó de acuerdo a la NTP 400.011

$$MF = \frac{\Sigma\% \text{ Acumulados Retenidos } (3", 1\ 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Tabla 14. Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso de 1/2"

Item	Descripción	Símbolo	Resultado
1	Tamaño máximo	TM	3/4"
2	Tamaño máximo nominal	TMN	1/2"
3	Módulo de fineza	M.F	5.78

Nota: Elaboración propia

3.4.3.6. Contenido de humedad

En base a la normativa NTP 339.185, donde especifica que el contenido de humedad permite determinar la humedad superficial del agregado grueso o fino.

Es importante conocer el valor del contenido de humedad para que sea aplicado al diseño de mezcla; por ello, se debe ensayar cuidadosamente para obtener los resultados más precisos.

Durante el proceso, se obtiene la masa de la tara, luego la masa de muestra húmeda más la tara, se procede al secado de la muestra en horno a una temperatura como se precisa en la norma de 110 °C para la obtención de la masa de la muestra seca con el fin de determinar el contenido de humedad del agregado.



Figura 31. Ensayo de contenido de humedad



Figura 32. Proceso de secado y obtención de la masa del agregado seco

En la tabla 15, se muestra el resultado obtenido del ensayo correspondiente.

Tabla 15. Resultado del porcentaje de contenido de humedad del agregado

Nº	Descripción	und	Resultado
1	Masa de la muestra húmeda + masa de la tara	(g)	946,2
2	Masa de la muestra secada al horno + masa de la tara	(g)	940,8
3	Masa de la tara	(g)	82,1
4	Masa del agua	(g)	5,40
5	Contenido de humedad	(%)	0,63

Nota: Elaboración propia

3.4.4. 4º Etapa: Diseño de mezcla

3.4.4.1. Diseño de mezcla del concreto patrón

La norma que se va a emplear para el diseño de mezcla para el concreto permeable será por medio de la norma del ACI 522R-06 “**Diseño de mezcla para concreto poroso**”.

Se realiza la determinación de las proporciones de los materiales para un concreto patrón; es decir, sin añadir ningún aditivo, solo las proporciones del agregado grueso, cemento y agua. Por lo que se obtuvo las siguientes proporciones:

Tabla 16. Diseño de mezcla estático del concreto patrón

Material	Peso (1m ³)	Peso Específico (g/cm ³)	Volumen Absoluto (m ³)	Diseño Unitario (kg)
Cemento	413	3.12	0.132	1.00
Agua	124	1.00	0.124	0.30
Piedra	1466	2.63	0.557	3.55
%Vacíos	-	-	0.10	-
TOTAL	2003		0.91	

Nota: Elaboración propia

Tabla 17. Diseño de mezcla dinámico del concreto patrón

Material	Peso (1m ³)	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
Cemento	413	1.00	42.50
Agua	132	0.32	13.56
Piedra	1490	3.61	153.53
%Vacíos	0.15	-	-
TOTAL	2035		209.58

Nota: Elaboración propia

3.4.4.2. Diseño de mezcla del concreto con aditivo

Según el diseño de mezcla del concreto patrón, se realiza el cálculo de las proporciones de acuerdo a las dosificaciones del aditivo SikaCem como

plastificante de 0.25%, 0.50% y 0.75% y como superplastificante de 1.00%, 1.25% y 1.50%, respecto al peso del cemento que se obtuvo.

Tabla 18. Diseño de mezcla del concreto permeable con aditivo SikaCem

	Material	Peso (1m3)	Unidad	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)
	Cemento	413	Kg	1.00	42.50
Aditivo Plastificante	0.25%	0.86	L	-	0.08
	0.50%	1.72	L	-	0.18
	0.75%	2.58	L	-	0.27
Aditivo Superplastificante	1.00%	3.44	L	-	0.35
	1.25%	4.30	L	-	0.44
	1.50%	5.16	L	-	0.53
	Agua	132	L	0.32	13.56
	Piedra	1490	Kg	3.61	153.53
	%Vacíos	0.15		-	-
	TOTAL	2035			209.58

3.4.5. 5º Etapa: Ensayos en estado fresco

Esta etapa se basa en medir las propiedades del concreto permeable en su etapa plástica como el asentamiento “Slump” y peso unitario mediante ensayos. A continuación, se observa los siguientes procesos:

3.4.5.1. Elaboración de probetas

- **Mezclado y muestreo de especímenes en laboratorio**

Dentro de la elaboración de las probetas bajo la normativa de la NTP 339.183. Para el proyecto de investigación, se elaboró un total de 189 probetas tanto el patrón como los de adición de aditivo.

- **Mezclado del concreto**

Para el mezclado del concreto, se debe contar previamente con un lugar adecuado, nivelado para así evitar contaminación y desnivel; la mezcladora debe estar en óptimas condiciones para poder evitar problemas durante la ejecución de la mezcla.



Figura 33. Mezclado del Concreto Permeable

- **Ensayo de asentamiento**

Se basa de acuerdo a la normativa NTP 339.035, la cual especifica los pasos necesarios para el cálculo del asentamiento (Slump) por medio del ensayo de cono de Abrams.

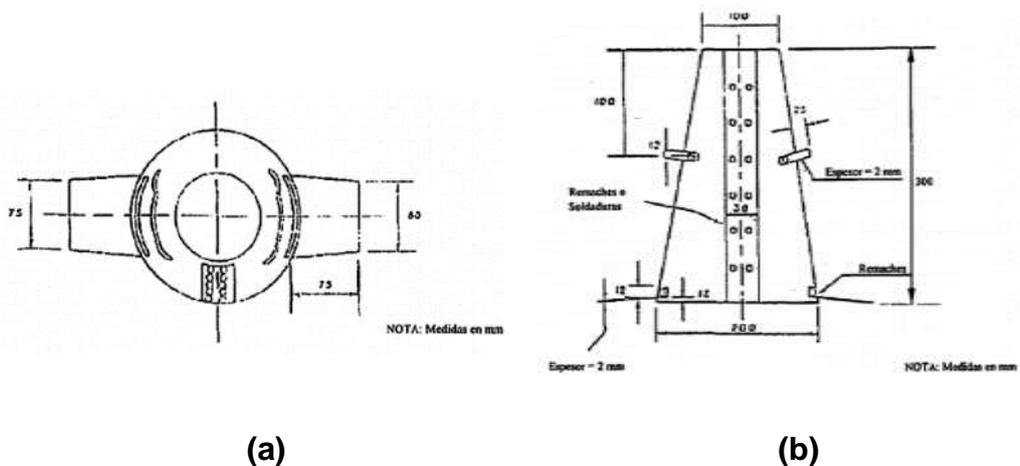


Figura 34. (a) planta y (b) elevación del cono de Abrams, por la norma NTP 339.035.

Se procedió a humedecer el cono interiormente y se coloca sobre la plancha metálica. Asimismo, el cono se sostiene pisando las aletas firmemente al momento de vaciar la mezcla en tres capas de 25 golpes para cada una con la varilla lisa de 5/8", con el fin de que se distribuya uniformemente y se compacte la mezcla. La última capa excedente se deja al ras de la superficie del cono con ayuda de una paleta o badilejo, posteriormente se retira el cono de manera vertical y cuidadosamente, por lo que se invierte el cono y con ayuda de la varilla de manera horizontal sobre este, se mide la altura de asentamiento.



Figura 35. Ensayo de Asentamiento "Slump"



Figura 36. Asentamiento del concreto fresco con plastificante y superplastificante

- **Ensayo para determinar la temperatura**

Mediante la norma NTP 339.184 establecida, se realiza los procedimientos, lo cual se muestra a continuación.

Primero, una vez realizada la mezcla se sumerge el termómetro o sensor como mínimo de 75mm, luego de dejar introducido el medidor de temperatura por lo menos 2 minutos, finalmente se registra la temperatura respectiva tanto para el concreto patrón y con las adiciones de aditivo plastificante y superplastificante con sus dosificaciones correspondientes.



Figura 37. Medición de temperatura en la mezcla del concreto permeable

- **Elaboración de probetas y vigas**

Para la elaboración de las probetas y vigas, se toma en cuenta la NTP 339.183, donde se someterán a los ensayos de compresión, tracción, flexión y permeabilidad. Para ello, se utiliza los moldes cilíndricos de 4" x 8" y para vigas con la dimensión de 15cm x 15cm x 30cm.



Figura 40. Elaboración de vigas de concreto permeable

- **Ensayo de peso unitario en estado fresco**

De acuerdo a la NTP 339.046 donde especifica los pasos para la obtención del peso unitario. Cuya finalidad es calcular la densidad del concreto fresco en peso y mediante las fórmulas que otorga la presente norma se calcula el rendimiento, contenido de cemento y aire. Por lo que el rendimiento se define como el volumen del concreto con respecto a la dosificación de la mezcla.

En primer lugar, se obtiene la masa inicial del recipiente cilíndrico, posteriormente se coloca la mezcla de concreto en tres capas iguales compactadas con la varilla metálica y martillo de goma para vibrar uniformemente y colocar a nivel de la superficie al ras del molde o recipiente. Por último, se pesa el recipiente más la mezcla del concreto en kg, y se procede a calcular la densidad del concreto mediante la diferencia del peso del molde con la mezcla menos el peso del molde vacío dividido entre el volumen del molde.



Figura 41. Peso unitario del concreto permeable en estado fresco

3.4.6. 6º Etapa: Ensayos en estado endurecido

En este paso, se realizará el ensayo a la compresión, tracción y flexión del concreto permeable a fin de obtener resultados del comportamiento de este en el estado endurecido.

- **Curado de probetas**

En base a la norma NTP 339.183 nos determina los procedimientos para realizar un curado óptimo para el concreto cumpliendo con los requerimientos necesarios que estipula la norma:

El desencofrado de las probetas se debe realizar después de las 24 horas \pm 8 h. Para el curado de las probetas y vigas, se debe obtener una hidratación adecuada a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Asimismo, saturado con hidróxido de calcio (cal) a una proporción de 3g/l, para que se evite la carbonatación de las probetas y vigas. Para ello, las probetas y vigas no deberán estar expuestas a goteo o flujos externos de agua.



Figura 42. Curado de Probetas

- **Ensayo de permeabilidad**

De acuerdo a la norma ACI 522R, para el ensayo de permeabilidad siguiendo los siguientes procesos:

Primero, al momento de retirarse las probetas tanto el patrón y de distintos porcentajes de dosificación de aditivos con un tiempo de curado establecido, para ser sometido al paso del agua y ser medida la velocidad con que este pasa el concreto en estado endurecido. Luego, se procede a armar un molde cilíndrico con agua con una llave de paso en la parte inferior de este para el control del tiempo que avanza el agua. La probeta estará ubicada directamente por debajo del molde cilíndrico y controlando que no exista pérdida o fugas de agua.



Figura 43. Ensayo de permeabilidad

- **Ensayo de rotura para medir la resistencia a la compresión**

El ensayo de la resistencia a la compresión será realizado según los requerimientos de la normativa NTP 339.034. Las probetas cilíndricas se someten a este ensayo para las edades de 7, 14 y 28 días de curado.

Se introducen las probetas con los neoprenos en la base inferior y en la base superior para luego colocarlo al centro de la máquina sin rozar los costados. Luego, se aplica una carga continua sobre las probetas hasta que sufran un tipo de falla. Finalmente, se registran los datos obtenidos durante este proceso.



Figura 44. Ensayo de Rotura a Compresión

- **Ensayo de rotura para medir resistencia a la tracción**

Este ensayo será realizado cumpliendo con la normativa NTP 339.084, donde se aplicará una fuerza de compresión diametral a toda la longitud del espécimen cilíndrico del concreto. Esta carga inducirá un esfuerzo a tracción.

Se coloca el listón de apoyo dentro del soporte; posteriormente, se colocan las probetas verificando que este se encuentre centrado, se coloca el siguiente listón de apoyo para luego aplicar la tapa del soporte. Se comprueba que todo se encuentre alineado para que de esta manera la fuerza de tracción se encuentre a lo largo de toda la probeta. Se aplica una carga continua y sin impacto. Se obtiene el dato de la máxima carga aplicada indicada por la máquina y asimismo notar el tipo de fractura.



Figura 45. Ensayo de Rotura a Tracción

- **Ensayo de resistencia a la flexión**

Mediante la norma NTP 339.078, se realizará el procedimiento para la determinación de la resistencia a flexión de las vigas simplemente apoyadas (especímenes). Los resultados que se obtendrán se reportan como módulo de rotura.

Se coloca la viga sobre la placa de apoyo y se centra al sistema de aplicación de la carga y la fuerza que se aplica. Donde la carga es de forma continua y sin ningún impacto hasta que se note un tipo de rotura. Se registra el módulo de rotura.



Figura 46. Ensayo de Rotura a Flexión

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En este capítulo de la investigación, se presentan los resultados mediante el uso de tablas y gráficos que permitan un correcto análisis posterior.

4.1.1. Ensayos al concreto en estado fresco

4.1.1.1. Asentamiento

El asentamiento del concreto permeable, para las mezclas del concreto patrón, con adición de plastificante con dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75%, se muestra en la tabla 18 y su gráfica respectiva. Asimismo, para las dosis de superplastificante de 1.00%, 1.25% y 1.50% se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados de Asentamiento con % Plastificante

F'c	% Plastificante	Asentamiento - Slump (pulg)
210 kg/cm ²	0.00%	0"
	0.25%	1/5"
	0.50%	2/5"
	0.75%	3/5"

Nota: Elaboración propia

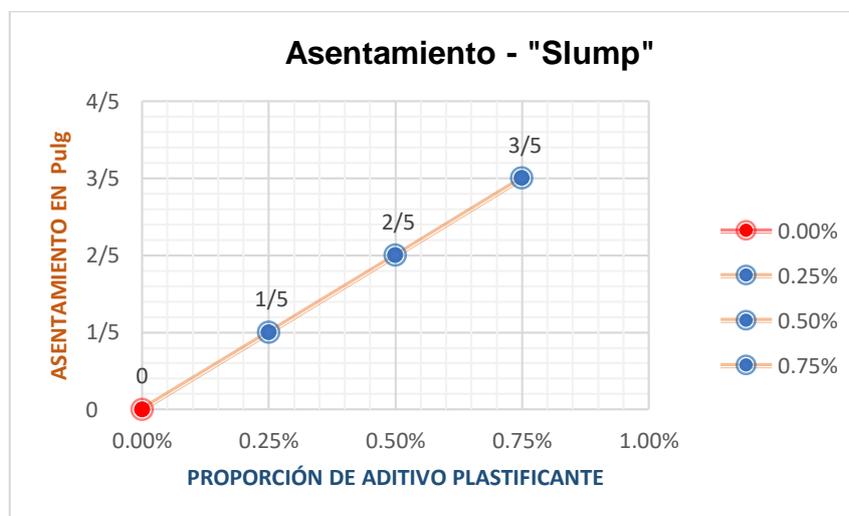


Figura 47. Gráfica de asentamiento del concreto con aditivo plastificante con respecto al patrón

En base a los datos obtenidos, se observa que el asentamiento es proporcional a la proporción del aditivo SikaCem plastificante en 0.25%, 0.50% y 0.75% para un $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 20. Resultados de Asentamiento con % Superplastificante

$F'c$	% Super Plastificante	Asentamiento - Slump (pulg)
210 kg/cm²	0.00%	0"
	1.00%	4/5"
	1.25%	1"
	1.50%	1 1/5"

Nota: Elaboración propia

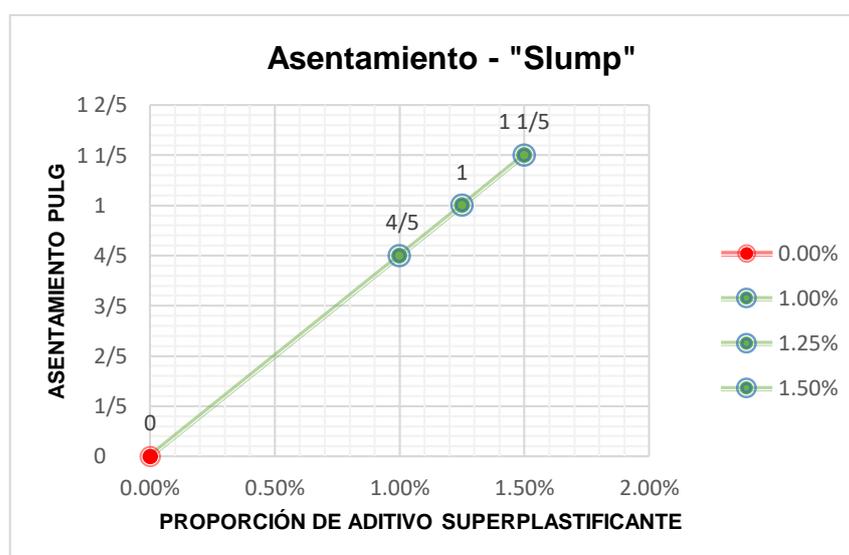


Figura 48. Gráfica de asentamiento del concreto con aditivo Superplastificante con respecto al patrón

En base a los datos obtenidos, se observa que el asentamiento aumenta de acuerdo a la adición del aditivo SikaCem como Superplastificante de 1.00%, 1.25% y 1.50%.

4.1.1.2. Temperatura del Concreto Permeable

La relación entre la temperatura y las dosis del aditivo como plastificante y superplastificante para la resistencia a la compresión con un $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se aprecia en la tabla 21 y 22 respectivamente.

Tabla 21. Temperatura del concreto con % de plastificante.

F'c	% Plastificante	Temperatura °C
210 kg/cm ²	Patrón	20.4
	0.25%	19.6
	0.50%	19.2
	0.75%	20.1

Nota: Elaboración propia

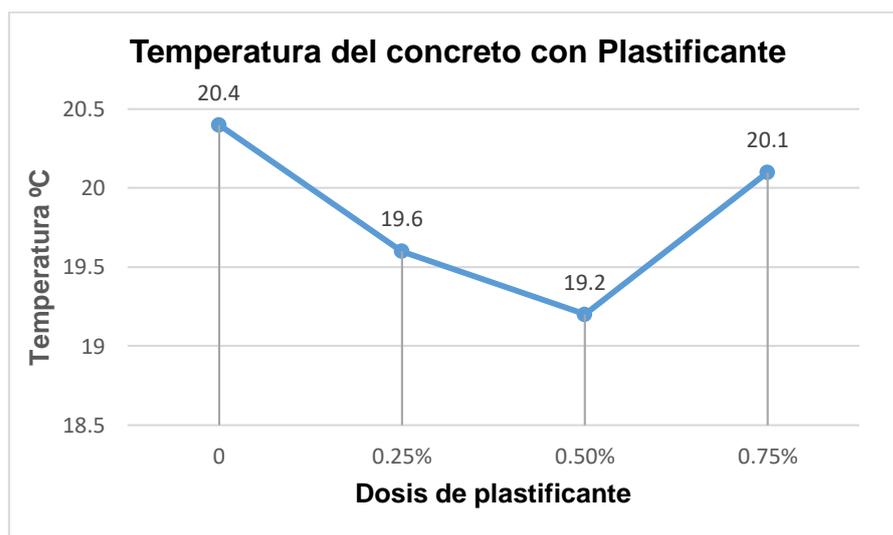


Figura 49. Gráfica de temperatura del concreto con aditivo plastificante con respecto al patrón

De acuerdo a los datos que se obtuvieron en temperatura del concreto en estado fresco con dosificación de aditivo SikaCem con comportamiento de plastificante, se observa que en la dosis de 0.25% y 0.50% la variación de temperatura es de 0.4°C; sin embargo, para una dosis de 0.75% con el concreto patrón 0% tiene una variación de 0.3°C. Sin embargo, estos resultados están dentro del rango óptimo por lo que no va a presentar un desarrollo lento de resistencia.

Tabla 22. Temperatura del concreto con % de superplastificante.

F'c	% Superplastificante	Temperatura °C
210 kg/cm ²	0%	20.3
	1.00%	20.3
	1.25%	20.6
	1.50%	19.8

Nota: Elaboración propia

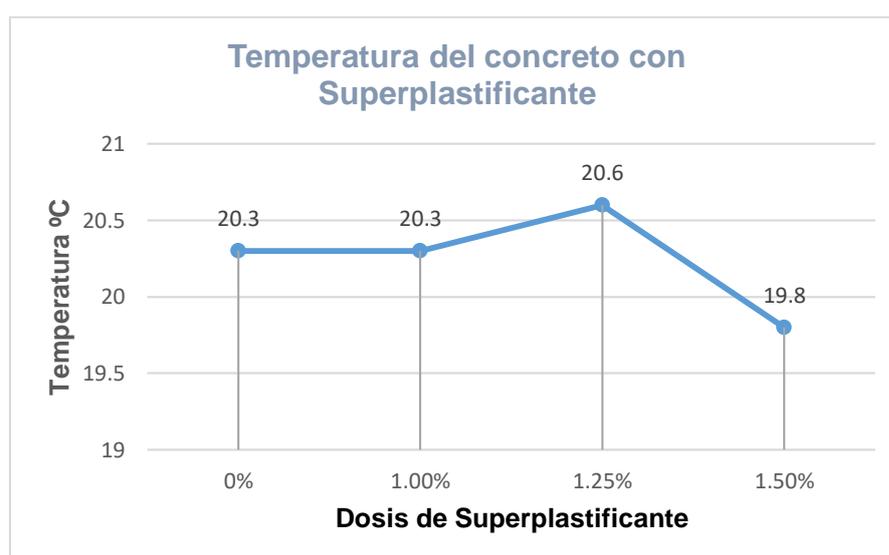


Figura 50. Gráfica de temperatura del concreto con aditivo superplastificante con respecto al patrón

De acuerdo a los datos que se obtuvieron en temperatura del concreto en estado fresco con dosificación de aditivo SikaCem con comportamiento de superplastificante, se observa que en la dosis de 1.00% con el concreto patrón no tiene variación en su temperatura promedio; sin embargo, existe un 0.3 de variación con respecto a la dosis de 1.25%, asimismo la máxima variación es de 0.8°C, de la última con el de 1.50% de dosis de aditivo.

4.1.1.3. Peso Unitario

La relación entre el peso unitario y las dosis del aditivo como plastificante y superplastificante para la resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 23. Peso unitario con % plastificante

F'C	% Plastificante	Masa del molde + masa del concreto fresco (kg)	Masa del molde (kg)	Masa del concreto fresco (kg)	Volumen del molde (m ³)	Masa del concreto fresco (kg/m ³)	Promedio del Peso unitario del concreto fresco (kg/m ³)
210 kg/cm ²	Patron	6.125	3.261	2.864	0.0016	1790	1792
		6.134	3.263	2.871	0.0016	1794	
		6.128	3.260	2.868	0.0016	1793	
	0.25%	6.145	3.263	2.882	0.0016	1801	1807
		6.164	3.265	2.899	0.0016	1812	
		6.157	3.263	2.894	0.0016	1809	
	0.50%	6.173	3.267	2.906	0.0016	1816	1821
		6.175	3.264	2.911	0.0016	1819	
		6.182	3.260	2.922	0.0016	1826	
	0.75%	6.194	3.262	2.932	0.0016	1833	1830
		6.196	3.266	2.930	0.0016	1831	
		6.193	3.269	2.924	0.0016	1828	

Nota: Elaboración propia

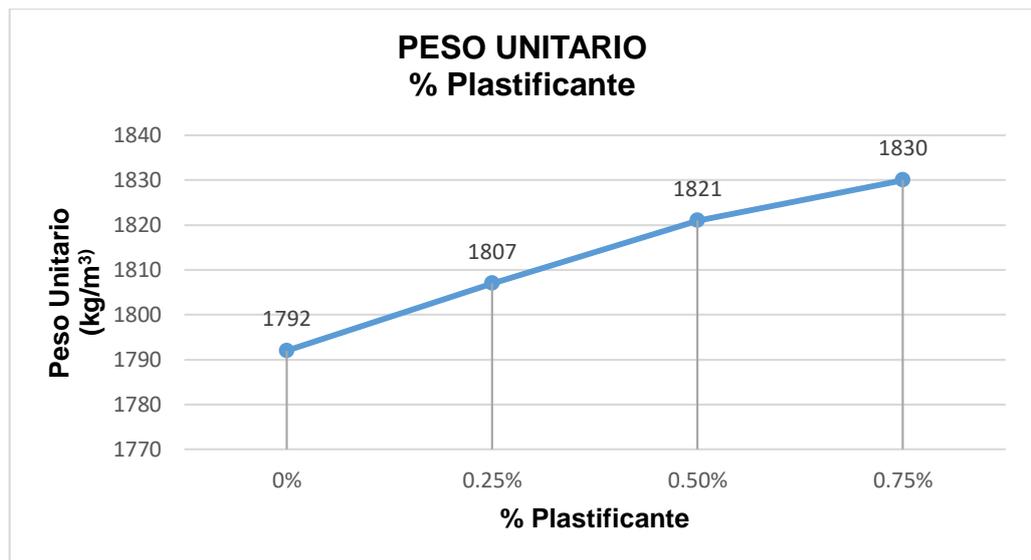


Figura 51. Gráfica de peso unitario del concreto fresco con aditivo plastificante con respecto al patrón

De acuerdo a los datos que se obtuvieron en el ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco con dosificación de aditivo SikaCem con

comportamiento de plastificante, se observa que aumenta proporcionalmente con respecto a la adición del aditivo.

Tabla 24. Peso Unitario con % superplastificante

F'c	% Super Plastificante	Masa del molde + masa del concreto fresco (kg)	Masa del molde (kg)	Masa del concreto fresco (kg)	Volumen del molde (m ³)	Masa del concreto fresco (kg/m ³)	Promedio del Peso unitario del concreto fresco (kg/m ³)
210 kg/cm ²	1.00%	6.251	3.261	2.990	0.0016	1869	1864
		6.242	3.263	2.979	0.0016	1862	
		6.238	3.260	2.978	0.0016	1861	
	1.25%	6.281	3.263	3.018	0.0016	1886	1889
		6.287	3.265	3.022	0.0016	1889	
		6.289	3.263	3.026	0.0016	1891	
	1.50%	6.302	3.262	3.040	0.0016	1900	1901
		6.307	3.266	3.041	0.0016	1901	
		6.312	3.269	3.043	0.0016	1902	

Nota: Elaboración propia

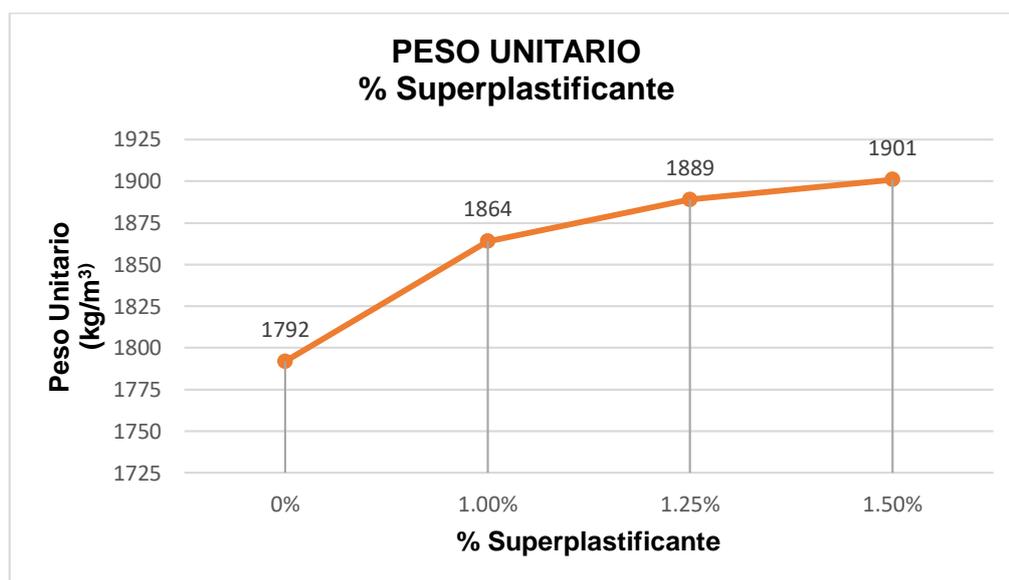


Figura 52. Gráfica de peso unitario del concreto fresco con aditivo superplastificante con respecto al patrón

Con respecto a los datos que se obtuvieron en el ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco con dosificación de aditivo SikaCem con

comportamiento de superplastificante, se observa que aumenta de manera proporcional con la dosis suministrada del aditivo.

El crecimiento del peso unitario del concreto fresco se debe al efecto fluidificante del aditivo donde se produce una hidratación más eficaz; en consecuencia, esto genera una composición homogénea y uniforme.

4.1.2. Ensayo al concreto endurecido

4.1.2.1. Resistencia a la Compresión

La relación entre la resistencia a compresión del concreto patrón y la adición del aditivo SikaCem en 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00%, 1.25% y 1.75%. Se aprecia en las siguientes tablas 24, 25, 26, 27, 28 y el resumen general en la tabla 29, asimismo en la figura 53, donde se observa la relación de este.

- **Ensayo a Compresión con Dosis de Plastificante**

Tabla 25. Resultados de resistencia a la Compresión del concreto patrón

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la compresión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	8043.6	13.1	133.9	134.5
	7	8059.5	13.2	134.5	
	7	8091.4	13.2	135.1	
	14	8091.4	16.8	171.3	174.7
	14	8027.7	17.5	178.2	
	14	8043.6	17.1	174.8	
	28	8027.7	21.7	221.4	223.4
	28	8043.6	21.9	223.4	
	28	8027.7	22.1	225.4	

Nota: Elaboración propia

Tabla 26. Resultados de resistencia a la Compresión del concreto permeable patrón con adición de plastificante al 0.25%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la compresión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	110,63	13,8	140,3	
	7	112,51	14,0	142,7	142.8
	7	114,87	14,3	145,4	
	14	142,25	17,6	179,7	
	14	143,85	17,9	182,4	182.1
	14	144,96	18,1	184,2	
	28	179,58	22,3	227,7	
	28	180,14	22,4	228,9	228.7
	28	180,96	22,5	229,5	

Nota: Elaboración propia

Tabla 27. Resultados de resistencia a la compresión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.50%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la compresión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	116.25	14.4	146.5	
	7	118.43	14.7	149.6	149.2
	7	119.16	14.8	151.4	
	14	145.28	18.1	184.2	
	14	147.21	18.3	186.7	187.0
	14	149.63	18.6	190.1	
	28	181.24	22.5	229.8	
	28	182.41	22.6	230.4	229.9
	28	181.96	22.5	229.4	

Nota: Elaboración propia

Tabla 28. Resultados de resistencia a la compresión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.75%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la compresión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	120.36	15.0	152.6	154.2
	7	121.85	15.1	154.5	
	7	122.74	15.2	155.3	
	14	150.26	18.6	189.4	191.7
	14	151.42	18.8	192.0	
	14	152.67	19.0	193.6	
	28	183.21	22.8	232.3	233.2
	28	184.25	23.0	234.1	
	28	183.94	22.9	233.3	

Nota: Elaboración propia

Tabla 29. Resumen de los resultados de la resistencia promedio a la compresión del concreto permeable con plastificante al 0.25%, 0.50% y 0.75%

F'C	EDAD (Días)	CP	CP+0.25%	CP+0.50%	CP+0.75%
210 kg/cm²	7	134.5	142.8	149.2	154.2
	14	174.7	182.1	187.0	191.7
	28	223.4	228.7	229.9	233.2

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

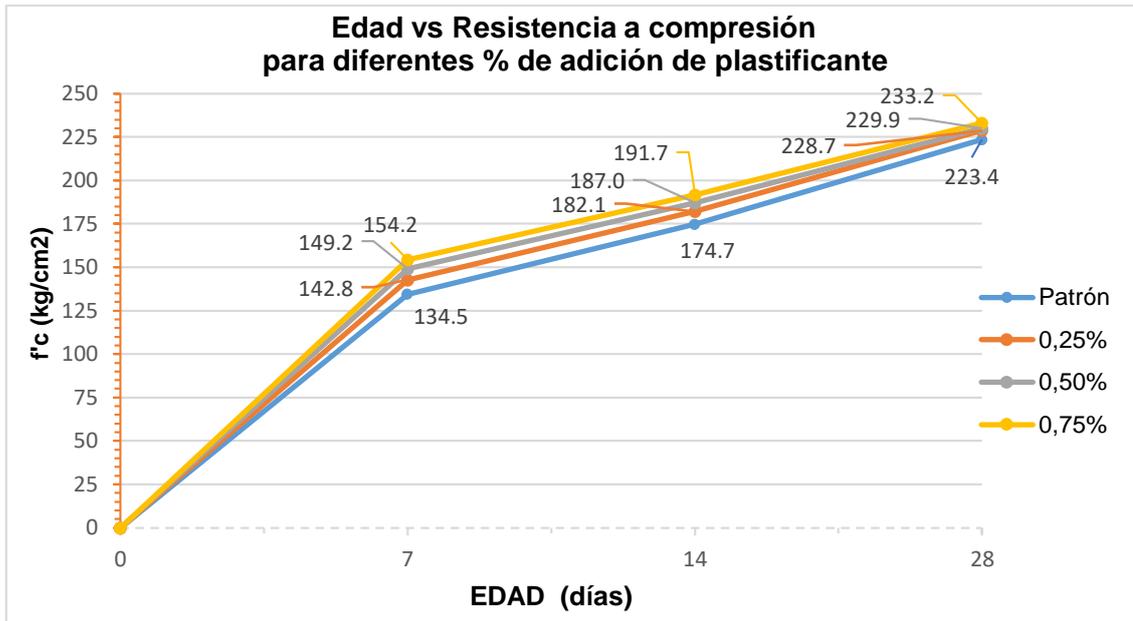


Figura 53. Gráfica de la resistencia promedio a la compresión del concreto permeable endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón

De acuerdo a la figura 53, muestra que la resistencia a la compresión con aditivo plastificante incrementa a una edad temprana y proporcional a la dosificación del aditivo.

Los porcentajes de resistencia del concreto patrón y con adición de plastificante se observan en la siguiente tabla 30.

Tabla 30. Resumen de los resultados de la resistencia a compresión en porcentajes respecto a las edades (días) del concreto patrón

F'C	EDAD (Días)	CP	CP+0.25%	CP+0.50%	CP+0.75%
210 kg/cm ²	7	100%	106.17%	110.93%	114.65%
	14	100%	104.24%	107.04%	109.73%
	28	100%	102.37%	102.91%	104.39%

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

- **Ensayo a Compresión con Dosis de Superplastificante**

Tabla 31. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto con adición de superplastificante de 1.00%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la compresión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	122.85	15.3	155.8	156.8
	7	123.63	15.4	157.1	
	7	124.14	15.4	157.4	
	14	153.26	19.1	194.7	194.9
	14	154.12	19.2	195.4	
	14	153.68	19.1	194.5	
	28	187.21	23.3	237.9	237.3
	28	186.25	23.2	236.2	
	28	187.62	23.3	237.9	

Nota: Elaboración propia

Tabla 32. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto con adición de superplastificante de 1.25%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la compresión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	125,36	15,6	159,0	159.4
	7	125,19	15,6	159,1	
	7	126,31	15,7	160,2	
	14	155,24	19,3	196,5	196.4
	14	156,31	19,4	197,4	
	14	155,27	19,2	195,3	
	28	189,32	23,5	240,1	239.9
	28	188,71	23,5	239,3	
	28	189,85	23,6	240,3	

Nota: Elaboración propia

Tabla 33. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto con adición de superplastificante de 1.50%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la compresión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	127,89	15,9	162,2	
	7	128,12	15,9	162,1	162.2
	7	128,36	15,9	162,1	
	14	157,85	19,5	198,6	
	14	159,12	19,7	200,6	200.2
	14	159,45	19,7	201,4	
	28	192,35	24,0	244,4	
	28	194,16	24,1	246,2	245.5
	28	193,83	24,1	245,8	

Nota: Elaboración propia

Tabla 34. Resumen de los resultados de la resistencia promedio a la compresión del concreto con superplastificante al 1.00%, 1.25% y 1.50%

F'C	EDAD (Días)	CP	CP+1.00%	CP+1.25%	CP+1.50%
210 kg/cm²	7	134.5	156.8	159.4	162.2
	14	174.7	194.9	196.4	200.2
	28	223.4	237.3	239.9	245.5

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

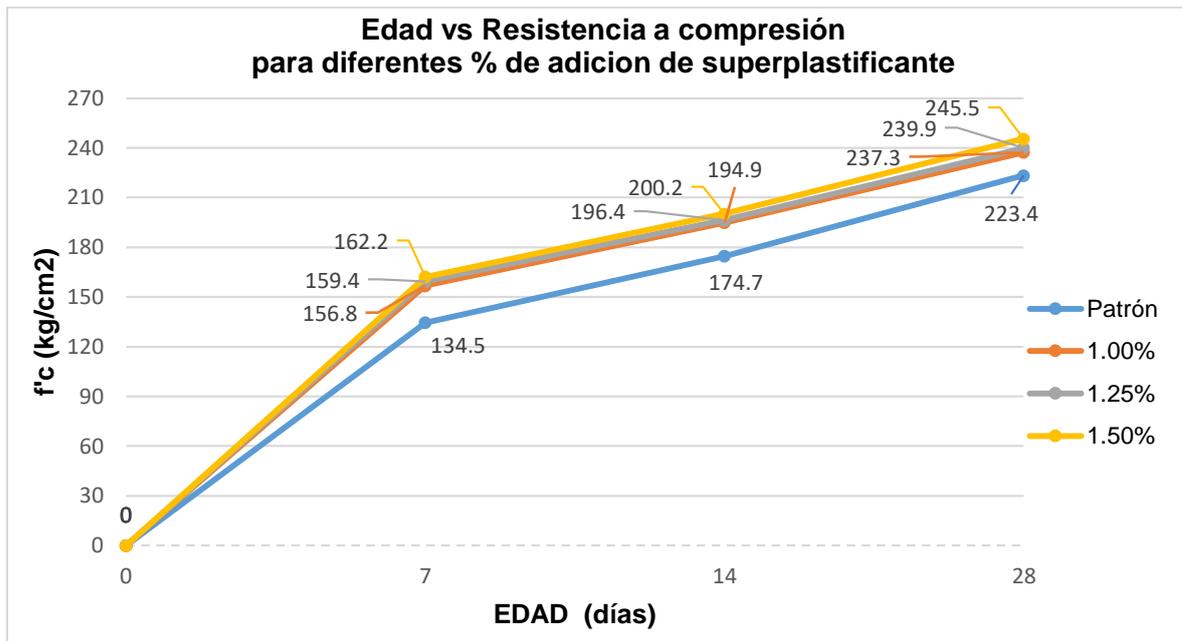


Figura 54. Gráfica de la resistencia promedio a la compresión del concreto endurecido con aditivo superplastificante con respecto al patrón

De acuerdo a la figura 54, se muestra que la resistencia a la compresión con aditivo de comportamiento de superplastificante incrementa a una edad temprana significativamente y este aumento es proporcional a la adición del aditivo. Los porcentajes de resistencia del concreto patrón y con adición de superplastificante se observa en la siguiente tabla 35.

Tabla 35. Resumen de los resultados de la resistencia a compresión en porcentajes respecto a las edades del concreto patrón

F'C	EDAD (Días)	CP	CP+1.00%	CP+1.25%	CP+1.50%
210 kg/cm ²	7	100%	116.58%	118.51%	120.59%
	14	100%	111.56%	112.42%	114.60%
	28	100%	106.22%	107.39%	109.89%

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

4.1.2.2. Resistencia a la Tracción

Se muestran los resultados para el concreto patrón en la tabla 35, así para la dosificación del concreto con el aditivo SikaCem con el comportamiento

de plastificante en la tabla 36,37,38, asimismo la gráfica en la figura 55. Sin embargo, el mismo aditivo con el comportamiento de superplastificante en la tabla 41,42,43 con su respectiva gráfica de relación en la figura 56.

- **Ensayo a Tracción con Dosis de Plastificante**

Tabla 36. Resultados de resistencia a la tracción del concreto patrón

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la tracción (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	25.26	0.80	8.2	8.3
	7	25.89	0.82	8.4	
	7	25.41	0.81	8.3	
	14	45.19	1.44	14.7	14.8
	14	46.15	1.47	15.0	
	14	45.85	1.46	14.9	
	28	74.21	2.36	24.1	24.4
	28	75.64	2.41	24.6	
	28	75.18	2.39	24.4	

Nota: Elaboración propia

Tabla 37. Resultados de resistencia a la tracción del concreto patrón con adición de plastificante al 0.25%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la tracción (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	26.51	0.84	8.6	8.7
	7	26.78	0.85	8.7	
	7	27.10	0.86	8.8	
	14	47.52	1.51	15.4	15.4
	14	47.19	1.50	15.3	
	14	47.89	1.52	15.5	
	28	76.51	2.44	24.8	25.1
	28	77.85	2.48	25.3	
	28	77.48	2.47	25.2	

Nota: Elaboración propia

Tabla 38. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de plastificante al 0.50%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la tracción (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	28.35	0.90	9.2	
	7	28.14	0.90	9.1	9.2
	7	28.45	0.91	9.2	
	14	49.62	1.58	16.1	
	14	49.57	1.58	16.1	16.2
	14	50.16	1.60	16.3	
	28	79.26	2.52	25.7	
	28	81.54	2.60	26.5	26.1
	28	80.63	2.57	26.2	

Nota: Elaboración propia

Tabla 39. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de plastificante al 0.75%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la tracción (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	29.34	0.93	9.5	
	7	30.17	0.96	9.8	9.6
	7	29.65	0.94	9.6	
	14	51.42	1.64	16.7	
	14	50.98	1.62	16.6	16.7
	14	51.64	1.64	16.8	
	28	83.25	2.65	27.0	
	28	84.97	2.70	27.6	27.5
	28	85.71	2.73	27.8	

Nota: Elaboración propia

Tabla 40. Resumen de los resultados de la resistencia promedio a la tracción del concreto con plastificante al 0.25%, 0.50% y 0.75%

F'c	EDAD (Días)	CP	CP+0.25%	CP+0.50%	CP+0.75%
210 kg/cm ²	7	8.3	8.7	9.2	9.6
	14	14.8	15.4	16.2	16.7
	28	24.4	25.1	26.1	27.5

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

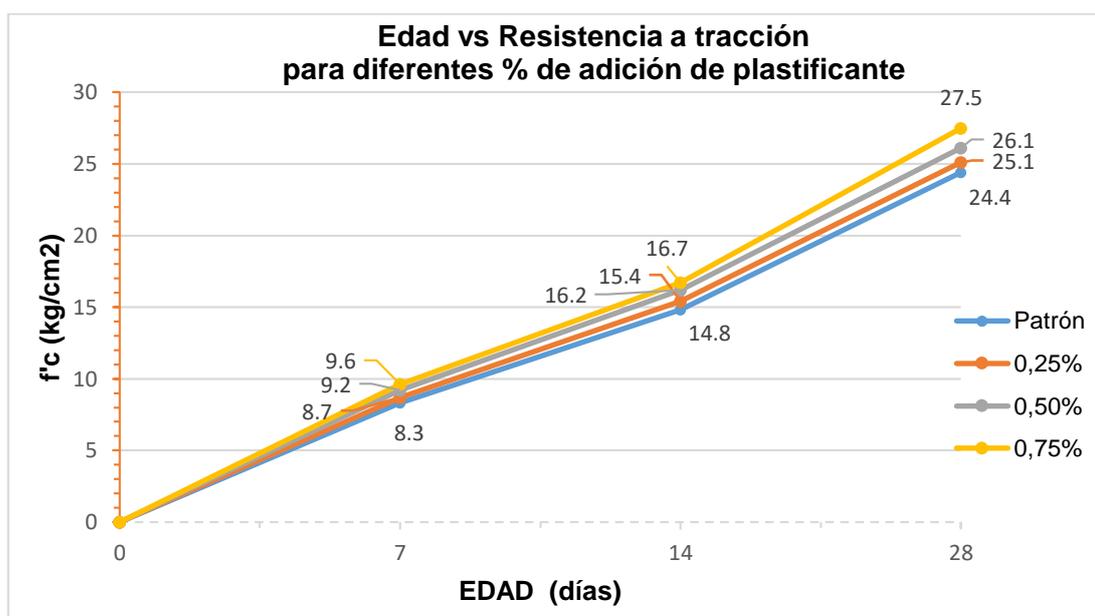


Figura 55. Gráfica de la resistencia promedio a la tracción diametral del concreto endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón

De acuerdo a la figura 50, se muestra que la resistencia a la tracción con aditivo de comportamiento de plastificante incrementa y es proporcional a la dosificación del aditivo. Los porcentajes se observan en la siguiente tabla 40.

Tabla 41. Resumen de los resultados de la resistencia a tracción en porcentajes respecto a las edades (días) del concreto patrón

F'C	EDAD (Días)	CP	CP+0.25%	CP+0.50%	CP+0.75%
210 kg/cm²	7	100%	104.82%	110.84%	115.66%
	14	100%	104.05%	109.46%	112.84%
	28	100%	102.87%	106.97%	112.70%

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

- **Ensayo a Tracción con Dosis de Superplastificante**

Tabla 42. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de superplastificante al 1.00%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la tracción (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	30.58	0.97	9.9	10.1
	7	31.62	1.01	10.3	
	7	30.87	0.98	10.0	
	14	52.68	1.68	17.1	17.2
	14	52.86	1.68	17.2	
	14	53.74	1.71	17.4	
	28	88.92	2.83	28.9	28.9
	28	89.49	2.85	29.1	
	28	88.41	2.81	28.7	

Nota: Elaboración propia

Tabla 43. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de superplastificante al 1.25%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la tracción (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	32.25	1.03	10.5	10.6
	7	32.14	1.02	10.4	
	7	33.47	1.07	10.9	
	14	54.26	1.73	17.6	17.8
	14	54.89	1.75	17.8	
	14	55.71	1.77	18.1	
	28	93.25	2.97	30.3	30.4
	28	94.12	3.00	30.6	
	28	93.67	2.98	30.4	

Nota: Elaboración propia

Tabla 44. Resultados de resistencia a la tracción del concreto con adición de superplastificante al 1.50%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la tracción (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	34.26	1.09	11.1	11.3
	7	35.12	1.12	11.4	
	7	34.78	1.11	11.3	
	14	56.82	1.81	18.4	18.5
	14	57.26	1.82	18.6	
	14	57.08	1.82	18.5	
	28	98.25	3.13	31.9	31.8
	28	97.86	3.11	31.8	
	28	98.18	3.13	31.9	

Nota: Elaboración propia

Tabla 45. Resumen de los resultados de la resistencia promedio a la tracción del concreto con plastificante al 1.00%, 1.25% y 1.50%

F'c	EDAD (Días)	CP	CP+1.00%	CP+1.25%	CP+1.50%
210 kg/cm ²	7	8.3	10.1	10.6	11.3
	14	14.8	17.2	17.8	18.5
	28	24.4	28.9	30.4	31.8

Nota: Elaboración propia

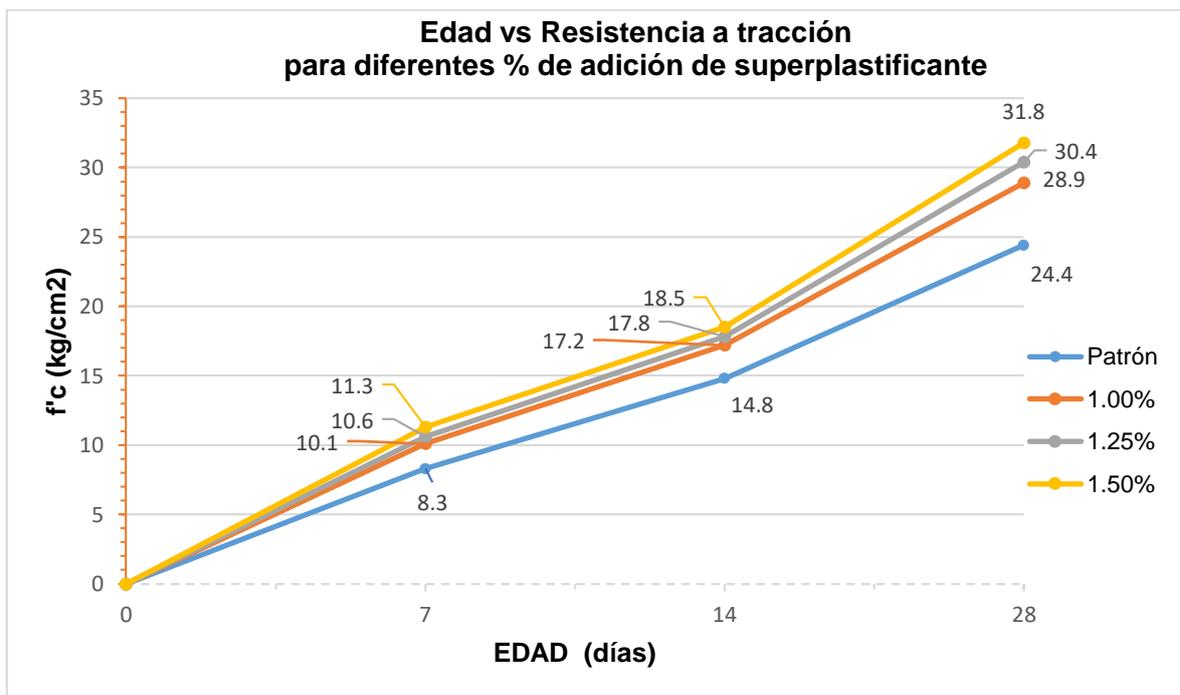


Figura 56. Gráfica de la resistencia promedio a la tracción diametral del concreto endurecido con aditivo superplastificante con respecto al patrón

De acuerdo a la figura 56, se muestra que la resistencia a la tracción con aditivo de comportamiento de superplastificante incrementa y es proporcional a la dosificación del aditivo, se observa que no existe una variación significativa en las dos primeras edades (7 y 14 días), por lo que en los 28 días sí se observa una diferencia.

Los porcentajes de resistencia para este ensayo se observan en la siguiente tabla 46.

Tabla 46. Resumen de los resultados de la resistencia a tracción en porcentajes respecto a las edades (días) del concreto patrón

F'C	EDAD (Días)	CP	CP+1.00%	CP+1.25%	CP+1.50%
210 kg/cm ²	7	100%	121.69%	127.71%	136.14%
	14	100%	116.22%	120.27%	125.00%
	28	100%	118.44%	124.59%	130.33%

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

4.1.2.3. Resistencia a la Flexión

- **Ensayo a Flexión con Dosis de Plastificante**

Tabla 47. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto patrón

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Módulo de rotura f'r (MPa)	Módulo de rotura f'r (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la flexión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm ²	7	13.52	1.8	18.0	18.3
	7	13.69	1.8	18.3	
	7	14.01	1.8	18.7	
	14	19.56	2.6	26.1	26.0
	14	19.21	2.5	25.6	
	14	19.76	2.6	26.3	
	28	34.26	4.5	45.7	46.6
	28	34.78	4.5	46.4	
	28	35.82	4.7	47.8	

Nota: Elaboración propia

Tabla 48. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.25%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Módulo de rotura f'r (MPa)	Módulo de rotura f'r (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la flexión (kg/cm ²)
F' _c =210 kg/cm ²	7	14.56	1.9	19.4	19.8
	7	15.21	2.0	20.3	
	7	14.79	1.9	19.7	
	14	21.36	2.8	28.5	29.1
	14	22.34	2.9	29.8	
	14	21.78	2.8	29.0	
	28	36.57	4.8	48.8	48.8
	28	36.28	4.7	48.4	
	28	36.94	4.8	49.2	

Nota: Elaboración propia

Tabla 49. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.50%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Módulo de rotura f'r (MPa)	Módulo de rotura f'r (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la flexión (kg/cm ²)
F' _c =210 kg/cm ²	7	16.32	2.1	21.8	21.8
	7	15.89	2.1	21.2	
	7	16.74	2.2	22.3	
	14	23.25	3.0	31.0	31.1
	14	23.74	3.1	31.6	
	14	22.97	3.0	30.6	
	28	38.26	5.0	51.0	50.6
	28	37.48	4.9	50.0	
	28	38.12	5.0	50.8	

Nota: Elaboración propia

Tabla 50. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de plastificante al 0.75%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Módulo de rotura f'r (MPa)	Módulo de rotura f'r (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la flexión (kg/cm ²)
F' _c =210 kg/cm ²	7	17.42	2.3	23.2	23.5
	7	17.16	2.2	22.9	
	7	18.24	2.4	24.3	
	14	24.63	3.2	32.8	33.4
	14	25.14	3.3	33.5	
	14	25.36	3.3	33.8	
	28	39.62	5.2	52.8	52.9
	28	39.14	5.1	52.2	
	28	40.25	5.3	53.7	

Nota: Elaboración propia

Tabla 51. Resumen de resultados para la resistencia promedio a la flexión del concreto permeable con plastificante al 0.25%, 0.50% y 0.75%

F'C	EDAD (Días)	CP	CP+0.25%	CP+0.50%	CP+0.75%
210 kg/cm ²	7	18.3	19.8	21.8	23.5
	14	26.0	29.1	31.1	33.4
	28	46.6	48.8	50.6	52.9

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

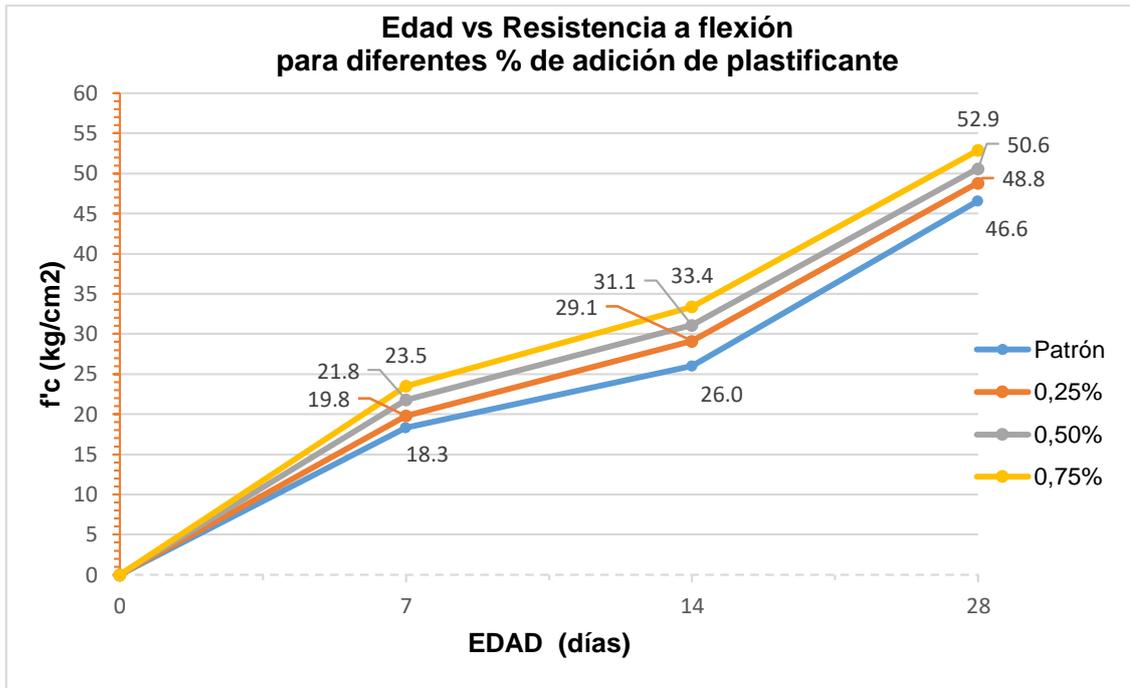


Figura 57. Gráfica de la resistencia promedio a la flexión del concreto endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón

De acuerdo a la figura 57, muestra que la resistencia a la flexión con aditivo de comportamiento de plastificante un incremento uniforme y proporcional a la dosificación del aditivo.

Los porcentajes de resistencia para este ensayo se observan en la siguiente tabla 52.

Tabla 52. Resumen de resultados para la resistencia a flexión en porcentajes respecto a las edades (días) del concreto patrón

F'C	EDAD (Días)	CP	CP+0.25%	CP+0.50%	CP+0.75%
210 kg/cm ²	7	100%	108.20%	119.13%	128.42%
	14	100%	111.92%	119.62%	128.46%
	28	100%	104.72%	108.58%	113.52%

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

- **Ensayo a Flexión con Dosis de Superplastificante**

Tabla 53. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de superplastificante al 1.00%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Módulo de rotura f'r (MPa)	Módulo de rotura f'r (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la flexión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	18.69	2.4	24.9	25.3
	7	19.14	2.5	25.5	
	7	19.03	2.5	25.4	
	14	26.35	3.4	35.1	34.8
	14	26.14	3.4	34.8	
	14	25.89	3.4	34.5	
	28	41.25	5.4	55.0	55.6
	28	41.63	5.4	55.5	
	28	42.18	5.5	56.2	

Nota: Elaboración propia

Tabla 54. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de superplastificante al 1.25%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Módulo de rotura f'r (MPa)	Módulo de rotura f'r (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la flexión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm²	7	20.36	2.7	27.1	27.7
	7	21.47	2.8	28.6	
	7	20.45	2.7	27.3	
	14	27.36	3.6	36.5	35.9
	14	26.31	3.4	35.1	
	14	27.08	3.5	36.1	
	28	42.36	5.5	56.5	56.9
	28	42.51	5.6	56.7	
	28	43.15	5.6	57.5	

Nota: Elaboración propia

Tabla 55. Resultados para la resistencia a la flexión del concreto permeable con adición de superplastificante al 1.50%

Diseño de mezcla	Edad (Días)	Carga máxima (kN)	Módulo de rotura f_r (MPa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	Resistencia promedio a la flexión (kg/cm ²)
F'c=210 kg/cm ²	7	22.56	2.9	30.1	30.0
	7	22.15	2.9	29.5	
	7	22.86	3.0	30.5	
	14	28.95	3.8	38.6	37.5
	14	27.36	3.6	36.5	
	14	28.14	3.7	37.5	
	28	44.26	5.8	59.0	59.7
	28	45.12	5.9	60.2	
	28	44.87	5.9	59.8	

Nota: Elaboración propia

Tabla 56. Resumen de resultados para la resistencia promedio a la flexión del concreto permeable con superplastificante al 1.00%, 1.25% y 1.50%

F'c	EDAD (Días)	CP	CP+1.00%	CP+1.25%	CP+1.50%
210 kg/cm ²	7	18.3	25.3	27.7	30.0
	14	26.0	34.8	35.9	37.5
	28	46.6	55.6	56.9	59.7

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

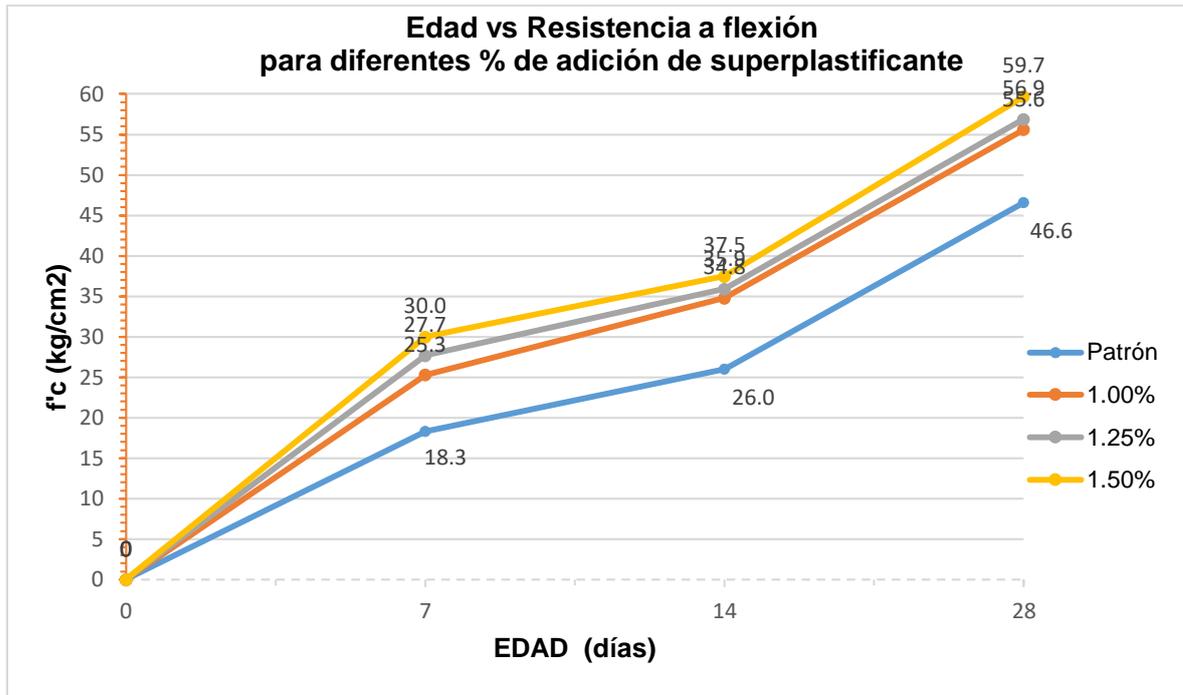


Figura 58. Gráfica de la resistencia promedio a la flexión del concreto endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón

De acuerdo a la figura 58, muestra que la resistencia a la flexión con aditivo de comportamiento de superplastificante un incremento uniforme y proporcional a la dosificación del aditivo.

Los porcentajes de resistencia para este ensayo se observan en la siguiente tabla 57.

Tabla 57. Resumen de resultados para la resistencia a flexión en porcentajes respecto a las edades del concreto patrón

F'c	EDAD (Días)	CP	CP+1.00%	CP+1.25%	CP+1.50%
210 kg/cm ²	7	100%	138.25%	151.37%	163.93%
	14	100%	133.85%	138.08%	144.23%
	28	100%	119.31%	122.10%	128.11%

Nota: CP: Concreto patrón. Elaboración propia

4.1.2.4. Ensayo de permeabilidad:

Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

- **Ensayo de permeabilidad con dosis de plastificante**

Tabla 58. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto patrón

Diseño de mezcla	Nº de muestra	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad promedio (cm/s)
F' _c =210 kg/cm ²	1	25.00	32.5	0.769	0.760
	2	25.00	33.4	0.749	
	3	25.00	34.1	0.733	
	4	25.00	32.8	0.762	
	5	25.00	32.1	0.779	
	6	25.00	32.6	0.767	

Nota: Elaboración propia

Tabla 59. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto permeable de dosis de 0.25% de aditivo plastificante

Diseño de mezcla	Nº de muestra	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad promedio (cm/s)
F' _c =210 kg/cm ²	1	25.00	36.8	0.679	0.677
	2	25.00	36.2	0.691	
	3	25.00	37.8	0.661	
	4	25.00	38.1	0.656	
	5	25.00	36.1	0.693	
	6	25.00	36.7	0.681	

Nota: Elaboración propia

Tabla 60. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto permeable con dosis 0.50% de aditivo

Diseño de mezcla	Nº de muestra	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad promedio (cm/s)
F'c=210 kg/cm ²	1	25.00	40.2	0.622	0.617
	2	25.00	41.3	0.605	
	3	25.00	39.6	0.631	
	4	25.00	40.5	0.617	
	5	25.00	41.9	0.597	
	6	25.00	39.8	0.628	

Nota: Elaboración propia

Tabla 61. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto permeable con dosis 0.75% de aditivo

Diseño de mezcla	Nº de muestra	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad promedio (cm/s)
F'c=210 kg/cm ²	1	25.00	44.1	0.567	0.562
	2	25.00	45.2	0.553	
	3	25.00	43.8	0.571	
	4	25.00	45.4	0.551	
	5	25.00	44.6	0.561	
	6	25.00	43.9	0.569	

Nota: Elaboración propia

- **Ensayo de permeabilidad con dosis de superplastificante**

Tabla 62. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto 1.00%

Diseño de mezcla	Nº de muestra	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad promedio (cm/s)
F'c=210 kg/cm ²	1	25.00	47.5	0.526	0.522
	2	25.00	48.2	0.519	
	3	25.00	48.1	0.520	
	4	25.00	47.3	0.529	
	5	25.00	47.9	0.522	
	6	25.00	48.3	0.518	

Nota: Elaboración propia

Tabla 63. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto 1.25%

Diseño de mezcla	Nº de muestra	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad promedio (cm/s)
F'c=210 kg/cm ²	1	25.00	51.2	0.488	0.481
	2	25.00	53.4	0.468	
	3	25.00	51.8	0.483	
	4	25.00	51.1	0.489	
	5	25.00	52.8	0.473	
	6	25.00	51.6	0.484	

Nota: Elaboración propia

Tabla 64. Resultados de ensayos de permeabilidad del concreto 1.50%

Diseño de mezcla	Nº de muestra	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad promedio (cm/s)
F'c=210 kg/cm ²	1	25.00	57.2	0.437	0.440
	2	25.00	56.3	0.444	
	3	25.00	55.8	0.448	
	4	25.00	56.1	0.446	
	5	25.00	57.8	0.433	
	6	25.00	57.4	0.436	

Nota: Elaboración propia

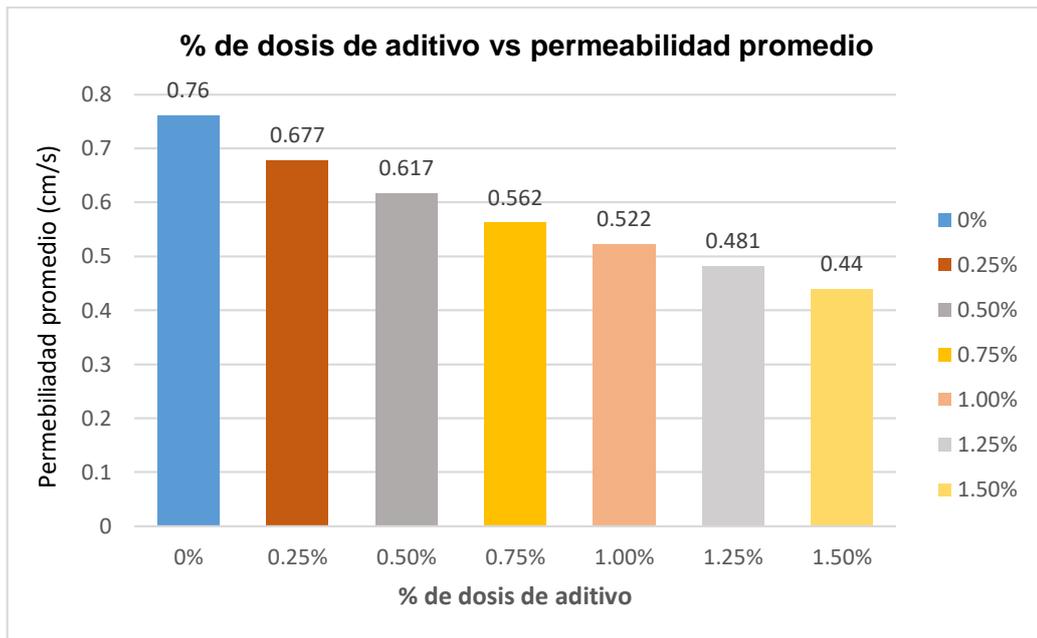


Figura 59. Gráfica de la resistencia promedio a la flexión del concreto endurecido con aditivo plastificante con respecto al patrón

De acuerdo a la figura 59, se muestra que el coeficiente de permeabilidad es inversamente proporcional con respecto al porcentaje de dosis del aditivo.

4.2. Prueba de hipótesis:

La prueba de hipótesis se desarrolló en el software Minitab.

- **Hipótesis específica 01:**

La adición de plastificante y superplastificante mejora la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

H0: La adición de plastificante y superplastificante **no mejora** la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021

H1: La adición de plastificante y superplastificante **mejora** la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

4.2.1. Prueba de hipótesis para Resistencia a compresión con adición de plastificante.

- **Prueba de normalidad:**

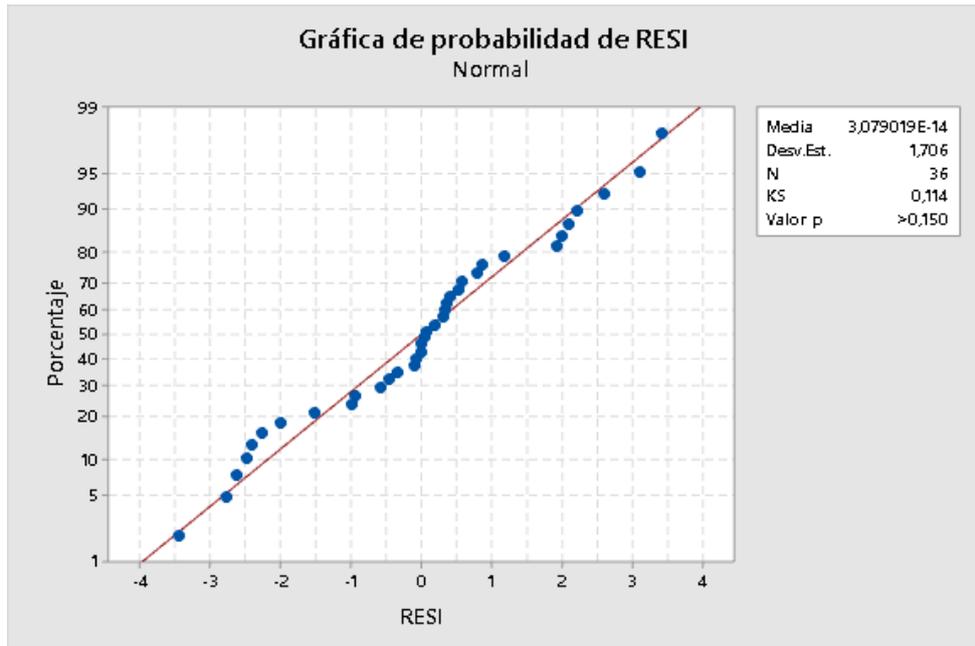


Figura 60. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a compresión

De acuerdo al gráfico, se presenta normalidad en la distribución de los datos obtenidos.

Como se observa en la figura 60, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores que se encuentran próximos a la línea recta indicando la normalidad de los datos, por el $p\text{-value} > 0.05$ ($p\text{ value} > 0.15$, como se indica en la figura 60).

- **Modelo lineal general: (ANOVA)**

Para realizar la contrastación de la hipótesis, se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0, analizando los resultados de Resistencia de Compresión en relación a los parámetros de Dosis del aditivo plastificante y el tiempo de curado.

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 65. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles Valores
D	Fijo	4 d1; d2; d3; d4
T	Fijo	3 t1; t2; t3

Nota: D: dosis; d1: dosis 1; d2: dosis 2; d3: dosis 3; d4: dosis 4; T: tiempo; t1: tiempo 1; t2: tiempo 2; t3: tiempo 3. Elaboración propia

Análisis de Varianza

En el análisis de varianza del factor de repetición de la dosis del plastificante con el tiempo de curado, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0.007, lo que indica que sí hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla.

Tabla 66. Datos del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
D	3	1171,8	390,6	92,07	0,000
T	2	42054,8	21027,4	4956,49	0,000
D*T	6	99,7	16,6	3,92	0,007
Error	24	101,8	4,2		
Total	35	43428,2			

Nota: Elaboración propia

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned}
 RP = & 185,944 - 8,400 D_{d1} - 1,420 D_{d2} + 2,740 D_{d3} + 7,080 D_{d4} - 40,788 T_{t1} \\
 & - 2,068 T_{t2} + 42,856 T_{t3} - 2,251 D^*T_{d1 t1} - 0,748 D^*T_{d1 t2} + 3,000 D^*T_{d1 t3} \\
 & - 0,956 D^*T_{d2 t1} \\
 & - 0,364 D^*T_{d2 t2} + 1,320 D^*T_{d2 t3} + 1,283 D^*T_{d3 t1} + 0,391 D^*T_{d3 t2} \\
 & - 1,674 D^*T_{d3t3} + 1,925 D^*T_{d4 t1} + 0,721 D^*T_{d4 t2} - 2,646 D^*T_{d4 t3}
 \end{aligned}$$

- **Gráfica de interacciones:**

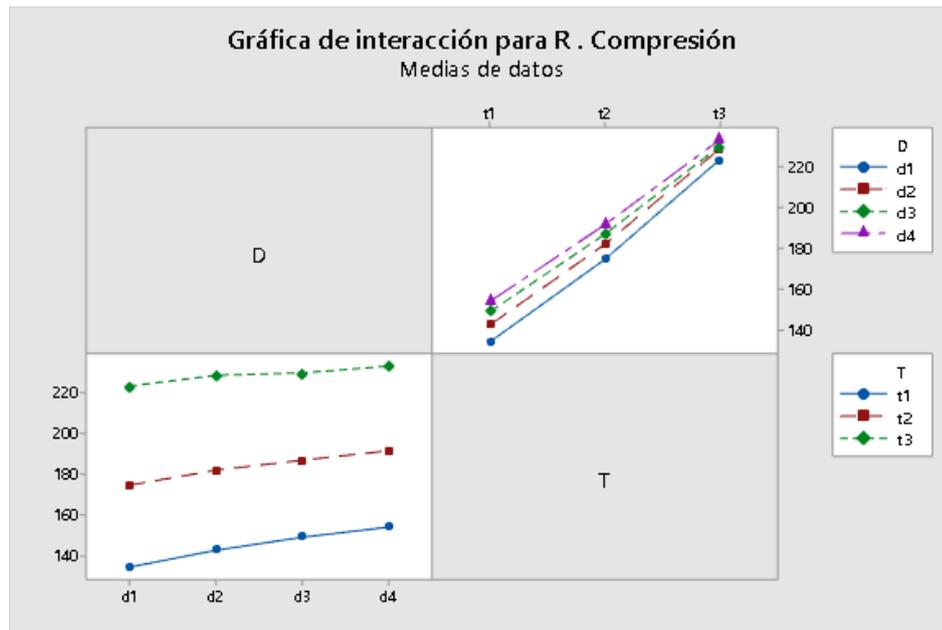


Figura 61. Gráfica de interacción para la resistencia a compresión respecto a la dosis vs tiempo

En la figura 61, se muestra que se tuvo un máximo valor de RC mayor a 220 kg /cm² cuando se trabajó a una dosis de 0.75% (d4) y a un tiempo de 28 días (t3), en contraste se obtuvo un mínimo valor de RC por debajo de 160 kg/cm² cuando se trabajó a una dosis de 0% (d1) y a un tiempo de 7 días (t1).

- **Prueba de TUKEY:**

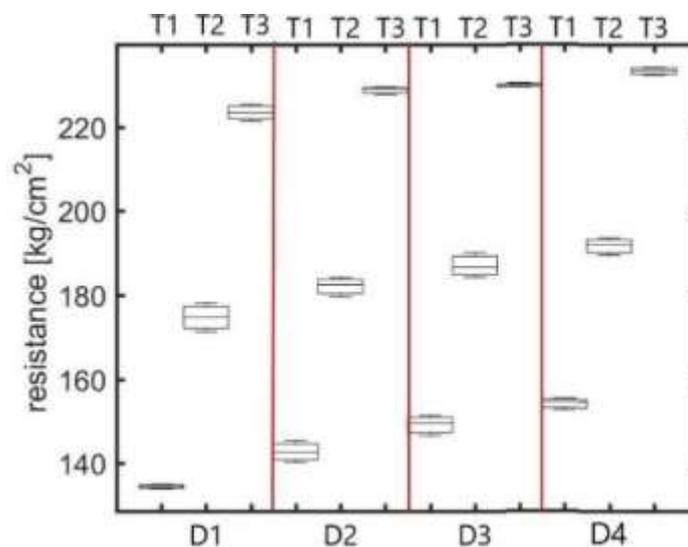


Figura 62. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a compresión

Si ANOVA resultó en diferencias significativas entre las RC, luego se aplicó la prueba de diferencia significativa de Tukey para comparar cuantitativamente los valores absolutos de las medias de RC a cada dosis de plastificante y para cada tiempo de curado. De la figura, se observa una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de RC utilizando la prueba de Tukey para cada dosis del aditivo y para cada tiempo de curado.

4.2.2. Prueba de hipótesis para Resistencia a compresión con adición de superplastificante

- Prueba de normalidad:

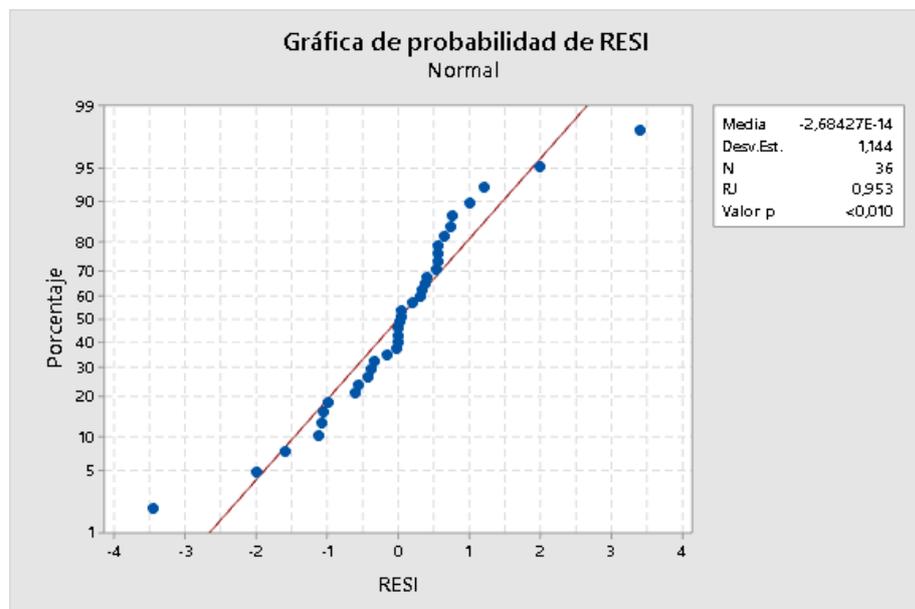


Figura 63. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a compresión

Como se observa en la figura 63, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores que se encuentran próximos a la línea recta indicando la normalidad de los datos, por el $p\text{-value} > 0.05$ (p value cercano a 0.01, como se indica en la figura 62).

- **Modelo lineal general: (ANOVA)**

Para realizar la contrastación de la hipótesis, se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0, analizando los resultados de Resistencia de Comprensión en relación a los parámetros de Dosis del aditivo plastificante y el tiempo de curado.

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 67. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles Valores
D	Fijo	4 d1; d2; d3; d4
T	Fijo	3 t1; t2; t3

Nota: D: dosis; d1: dosis 1; d2: dosis 2; d3: dosis 3; d4: dosis 4; T: tiempo; t1: tiempo 1; t2: tiempo 2; t3: tiempo 3. Elaboración propia

Análisis de Varianza

Tabla 68. Datos del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
D	3	3338,3	1112,8	582,62	0,000
T	2	41740,7	20870,3	10927,28	0,000
D*T	6	74,4	12,4	6,49	0,000
Error	24	45,8	1,9		
Total	35	45199,2			

Nota: Elaboración propia.

En el análisis de varianza del factor de repetición de la dosis del plastificante con el tiempo de curado, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0.00, lo que indica que sí hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{compresión} = & 193,762 - 16,218 D_{d1} + 2,566 D_{d2} + 4,811 D_{d3} + 8,841 D_{d4} - 40,557 T_{t1} \\ & - 2,206 T_{t2} + 42,763 T_{t3} - 2,482 D^*T_{d1 t1} - 0,611 D^*T_{d1 t2} + 3,093 D^*T_{d1 t3} \\ & + 0,992 D^*T_{d2 t1} + 0,766 D^*T_{d2 t2} - 1,757 D^*T_{d2 t3} + 1,386 D^*T_{d3 t1} \\ & + 0,050 D^*T_{d3 t2} - 1,436 D^*T_{d3 t3} + 0,104 D^*T_{d4 t1} - 0,204 D^*T_{d4 t2} \\ & + 0,100 D^*T_{d4 t3} \end{aligned}$$

- **Gráfica de interacciones:**

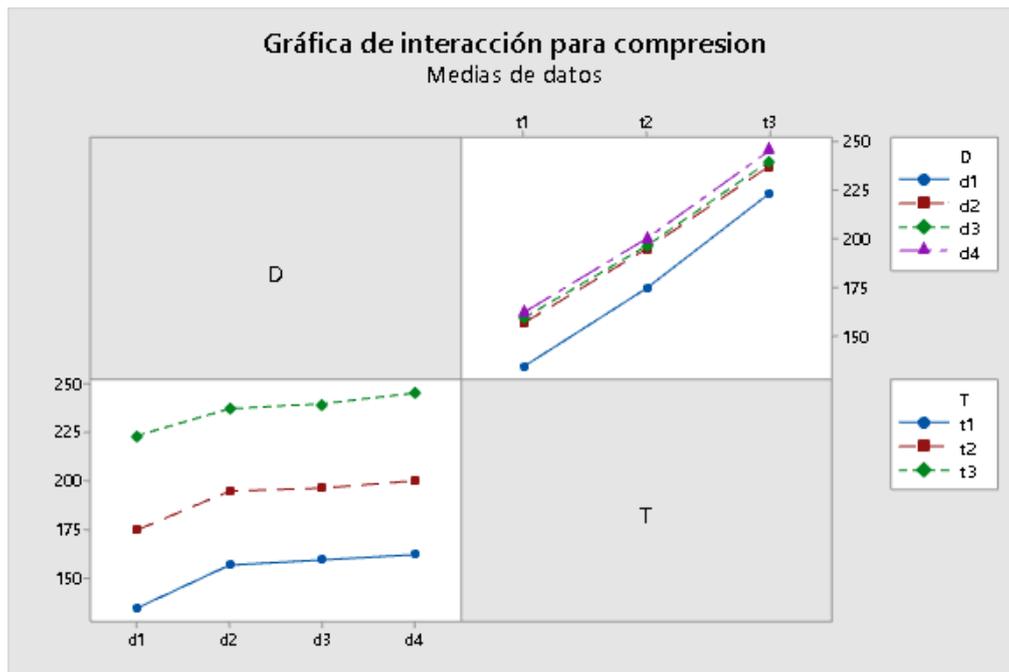


Figura 64. Gráfica de interacción para la resistencia a compresión respecto a la dosis vs tiempo

En la figura 64, se muestra que se tuvo un máximo valor de RC mayor a 225 kg/cm² cuando se trabajó a una dosis de 1.5% (d4) y a un tiempo de 28 días (t3), en contraste se obtuvo un mínimo valor de RC por debajo de 150 kg/cm² cuando se trabajó a una dosis de 0% (d1) y a un tiempo de 7 días (t1).

- **Prueba de TUKEY:**

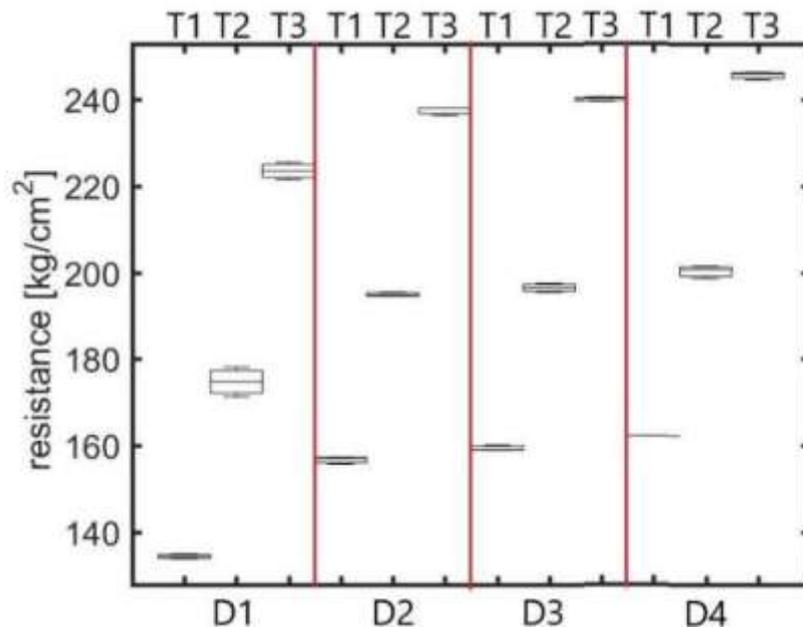


Figura 65. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a compresión respecto a la dosis vs tiempo

Si ANOVA resultó en diferencias significativas entre las RC, luego se aplicó la prueba de diferencia significativa de Tukey para comparar cuantitativamente los valores absolutos de las medias de RC a cada dosis de plastificante y para cada tiempo de curado. De la figura, se observa una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de RC utilizando la prueba de Tukey para cada dosis del aditivo y para cada tiempo de curado.

- Se rechaza la hipótesis nula, porque la adición de aditivo plastificante y superplastificante mejora la resistencia a compresión para el concreto permeable.

- **Hipótesis específica 02:**

La adición de plastificante y superplastificante mejora la resistencia a la tracción del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

H0: La adición de plastificante y superplastificante **no mejora** la resistencia a la tracción del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021

H1: La adición de plastificante y superplastificante **mejora** la resistencia a la tracción del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021

4.2.3. Prueba de hipótesis para Resistencia a la tracción con adición de plastificante.

- Resistencia a la tracción vs % de aditivo plastificante

- Prueba de normalidad:

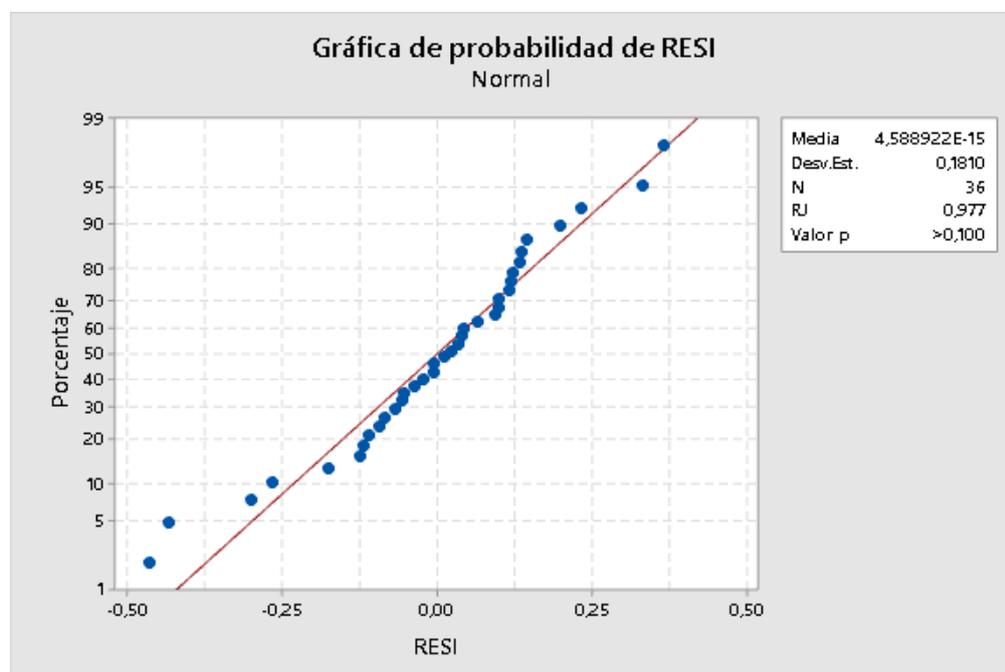


Figura 66. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a tracción

Como se observa en la figura 66, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores que se encuentran próximos a la línea recta indicando la normalidad de los datos, por el $p\text{-value} > 0.05$ ($p\text{ value} > 0.1$, como se indica en la figura 66).

- **Modelo lineal general: (ANOVA)**

Para realizar la contrastación de la hipótesis, se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0, analizando los resultados de Resistencia de tracción en relación a los parámetros de Dosis del aditivo plastificante y el tiempo de curado.

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 69. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles Valores
D	Fijo	4 d1; d2; d3; d4
T	Fijo	3 t1; t2; t3

Nota: D: dosis; d1: dosis 1; d2: dosis 2; d3: dosis 3; d4: dosis 4; T: tiempo; t1: tiempo 1; t2: tiempo 2; t3: tiempo 3. Elaboración propia

Análisis de Varianza

Tabla 70. Datos del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
D	3	22,39	7,463	156,21	0,000
T	2	1715,44	857,720	17952,24	0,000
D*T	6	2,84	0,474	9,92	0,000
Error	24	1,15	0,048		
Total	35	1741,82			

Nota: Elaboración propia.

En el análisis de varianza del factor de repetición de la dosis del plastificante con el tiempo de curado, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0.00, lo que indica que sí hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} RP = & 16,8341 - 1,0008 D_{d1} - 0,4231 D_{d2} + 0,3290 D_{d3} + 1,0949 D_{d4} \\ & - 7,8771 T_{t1} \\ & - 1,0554 T_{t2} + 8,9325 T_{t3} + 0,3296 D^*T_{d1 t1} + 0,0696 D^*T_{d1 t2} \\ & - 0,3992 D^*T_{d1 t3} + 0,1663 D^*T_{d2 t1} + 0,0773 D^*T_{d2 t2} - 0,2436 D^*T_{d2 t3} \\ & - 0,0934 D^*T_{d3 t1} + 0,0557 D^*T_{d3 t2} + 0,0376 D^*T_{d3 t3} \\ & - 0,4025 D^*T_{d4 t1} - 0,2026 D^*T_{d4 t2} + 0,6051 D^*T_{d4 t3} \end{aligned}$$

- **Gráfica de interacciones:**

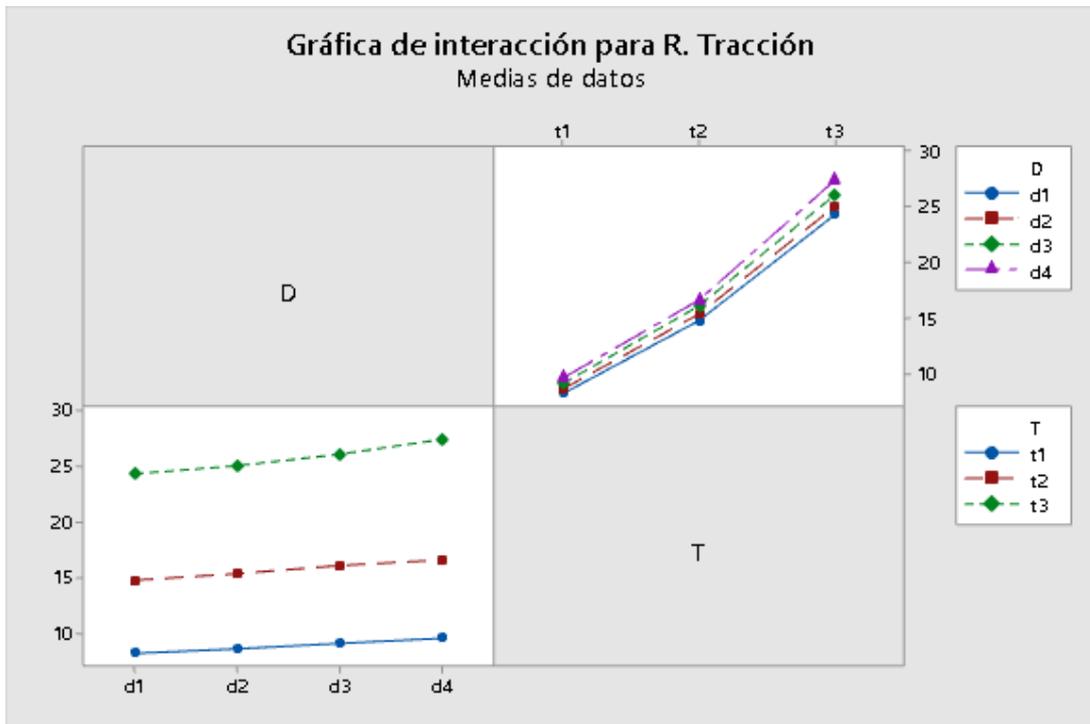


Figura 67. Gráfica de interacción para la resistencia a tracción respecto a la dosis vs tiempo

En la figura 67, se muestra que se tuvo un máximo valor de RT mayor a 25 kg/cm² cuando se trabajó a una dosis de 0.75% (d4) y a un tiempo de 28 días (t3), en contraste se obtuvo un mínimo valor de RT por debajo de 10 kg/cm² cuando se trabajó a una dosis de 0% (d1) y a un tiempo de 7 días (t1).

- Prueba de TUKEY:

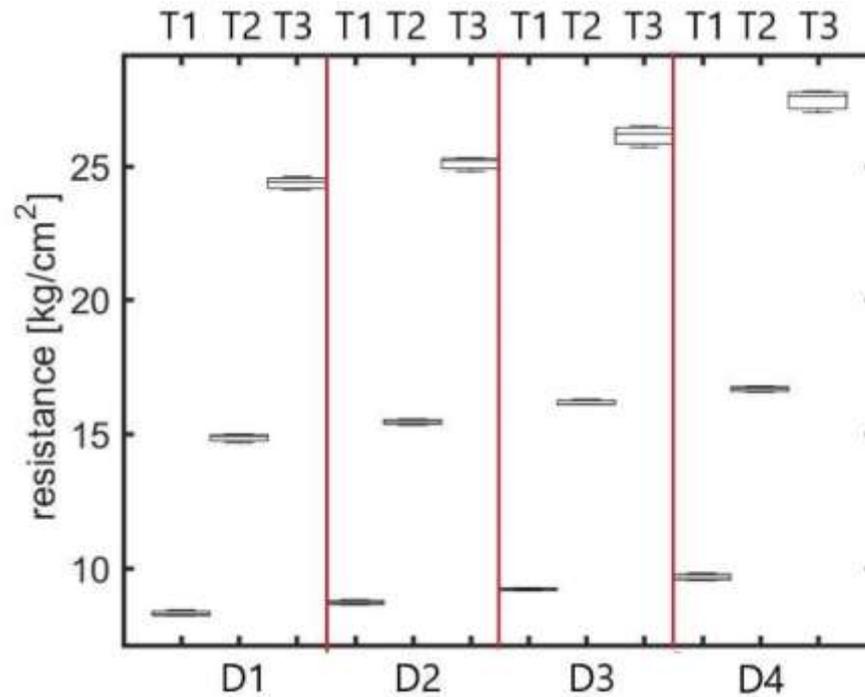


Figura 68. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a tracción respecto a la dosis vs tiempo

Si ANOVA resultó en diferencias significativas entre las RT, luego se aplicó la prueba de diferencia significativa de Tukey para comparar cuantitativamente los valores absolutos de las medias de RT a cada dosis de plastificante y para cada tiempo de curado. De la figura, se observa una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de RT utilizando la prueba de Tukey para cada dosis del aditivo y para cada tiempo de curado.

4.2.4. Resistencia a la tracción vs % de aditivo Superplastificante

- **Prueba de normalidad:**

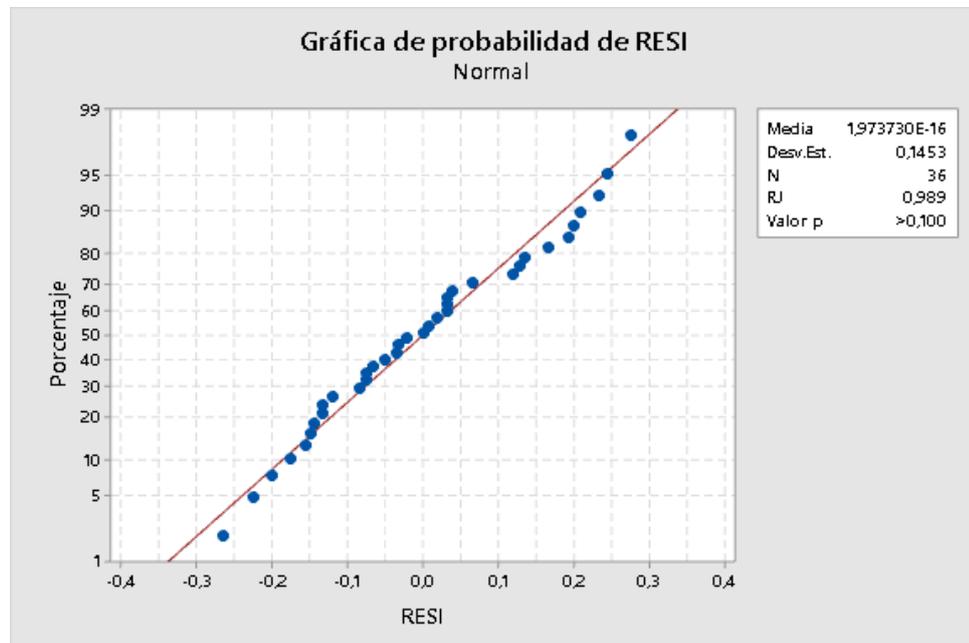


Figura 69. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a tracción

Como se observa en la figura 69, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores que se encuentran próximos a la línea recta indicando la normalidad de los datos, por el $p\text{-value} > 0.05$ ($p\text{ value} > 0.1$, como se indica en la figura 69).

- **Modelo lineal general: (ANOVA)**

Para realizar la contrastación de la hipótesis, se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0, analizando los resultados de Resistencia de Compresión en relación a los parámetros de Dosis del aditivo plastificante y el tiempo de curado.

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 71. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles Valores
D	Fijo	4 d1; d2; d3; d4
T	Fijo	3 t1; t2; t3

Nota: D: dosis; d1: dosis 1; d2: dosis 2; d3: dosis 3; d4: dosis 4; T: tiempo; t1: tiempo 1; t2: tiempo 2; t3: tiempo 3. Elaboración propia

Análisis de Varianza

Tabla 72. Datos del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
D	3	112,57	37,52	1219,55	0,000
T	2	2173,39	1086,70	35318,60	0,000
D*T	6	20,25	3,38	109,70	0,000
Error	24	0,74	0,03		
Total	35	2306,95			

Nota: Elaboración propia.

En el análisis de varianza del factor de repetición de la dosis del plastificante con el tiempo de curado, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0.00, lo que indica que sí hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{TRACCION} = & 18,6867 - 2,8534 D_{d1} + 0,0502 D_{d2} + 0,9354 D_{d3} + 1,8678 D_{d4} \\ & - 8,6312 T_{t1} \\ & - 1,5738 T_{t2} + 10,2050 T_{t3} + 1,0836 D^*T_{d1 t1} + 0,5880 D^*T_{d1 t2} \\ & - 1,6716 D^*T_{d1 t3} - 0,0332 D^*T_{d2 t1} + 0,0751 D^*T_{d2 t2} \\ & - 0,0419 D^*T_{d2 t3} - 0,4000 D^*T_{d3 t1} - 0,2063 D^*T_{d3 t2} \\ & + 0,6062 D^*T_{d3 t3} - 0,6505 D^*T_{d4 t1} - 0,4568 D^*T_{d4 t2} \\ & + 1,1072 D^*T_{d4 t3} \end{aligned}$$

- **Gráfica de interacciones:**

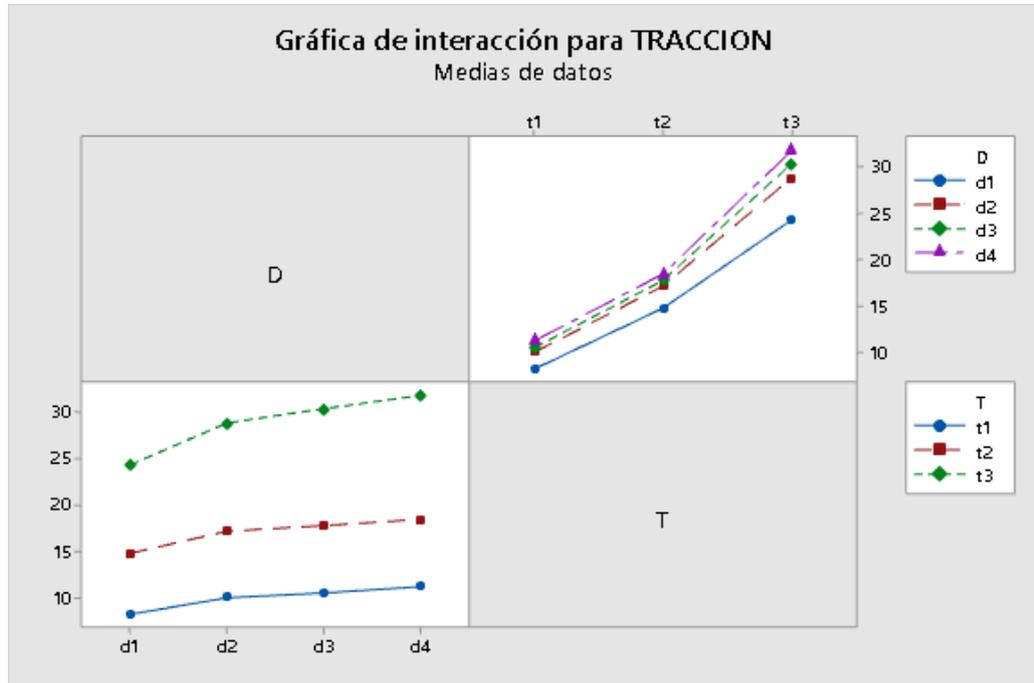


Figura 70. Gráfica de interacción para la resistencia a tracción respecto a la dosis vs tiempo

En la figura 70, se muestra que se tuvo un máximo valor de RT mayor a 25 kg-f/cm² cuando se trabajó a una dosis de 1.5% (d4) y a un tiempo de 28 días (t3), en contraste se obtuvo un mínimo valor de RT por debajo de 10 kg-f/cm² cuando se trabajó a una dosis de 0% (d1) y a un tiempo de 7 días (t1).

- Prueba de TUKEY:

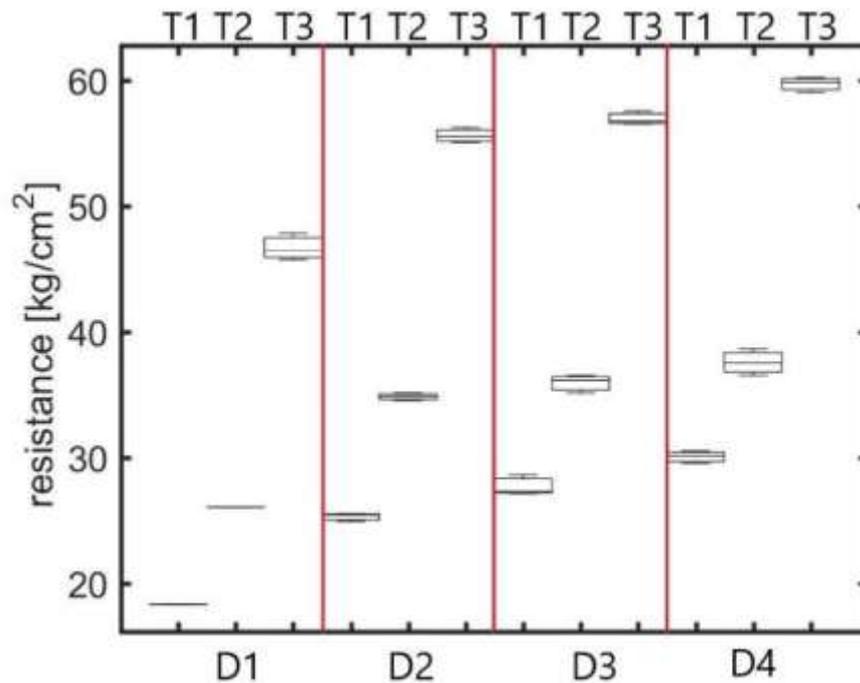


Figura 71. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a tracción con adición de superplastificante respecto a la dosis vs tiempo

Si ANOVA resultó en diferencias significativas entre las RT, luego se aplicó la prueba de diferencia significativa de Tukey para comparar cuantitativamente los valores absolutos de las medias de RT a cada dosis de plastificante y para cada tiempo de curado. De la figura, se observa una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de RT utilizando la prueba de Tukey para cada dosis del aditivo y para cada tiempo de curado.

- **Hipótesis específica 03:**

La adición de plastificante y superplastificante mejora la resistencia a la flexión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

H0: La adición de plastificante y superplastificante **no mejora** la resistencia a la flexión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021

H1: La adición de plastificante y superplastificante **mejora** la resistencia a la flexión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021

4.2.5. Resistencia a la Flexión vs % de aditivo plastificante

- **Prueba de normalidad:**

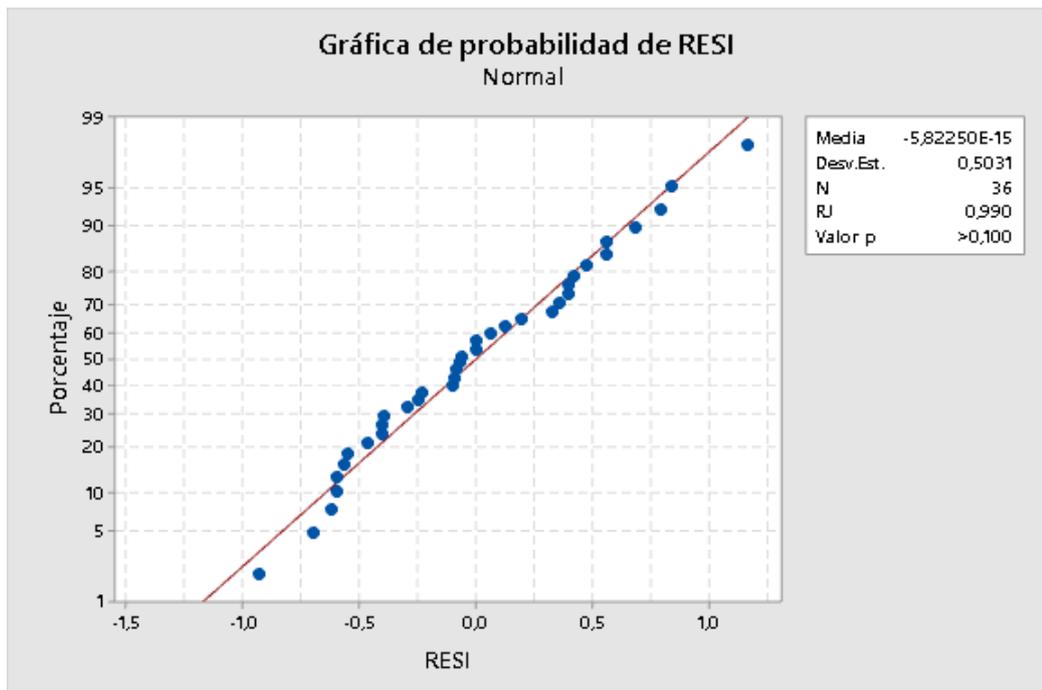


Figura 72. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a flexión

Como se observa en la figura 72, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores que se encuentran próximos a la línea recta indicando la normalidad de los datos, por el $p\text{-value} > 0.05$ ($p\text{ value} > 0.15$, como se indica en la figura 72).

- **Modelo lineal general: (ANOVA)**

Para realizar la contrastación de la hipótesis, se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0, analizando los resultados de Resistencia de Flexión en relación a los parámetros de Dosis del aditivo plastificante y el tiempo de curado.

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Información del factor

Tabla 73. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles Valores
D	Fijo	4 d1; d2; d3; d4
T	Fijo	3 t1; t2; t3

Nota: D: dosis; d1: dosis 1; d2: dosis 2; d3: dosis 3; d4: dosis 4; T: tiempo; t1: tiempo 1; t2: tiempo 2; t3: tiempo 3. Elaboración propia

Análisis de Varianza

Tabla 74. Datos del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
D	3	193,22	64,41	174,51	0,000
T	2	5242,58	2621,29	7102,54	0,000
D*T	6	4,21	0,70	1,90	0,122
Error	24	8,86	0,37		
Total	35	5448,87			

Nota: Elaboración propia

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} RP = & 33,489 - 3,168 D_d1 - 0,922 D_d2 + 0,992 D_d3 + 3,098 D_d4 - 12,652 T_t1 \\ & - 3,592 T_t2 + 16,245 T_t3 + 0,650 D^*T_d1 t1 - 0,718 D^*T_d1 t2 \\ & + 0,068 D^*T_d1 t3 - 0,113 D^*T_d2 t1 + 0,124 D^*T_d2 t2 - 0,012 D^*T_d2 t3 \\ & - 0,076 D^*T_d3 t1 + 0,201 D^*T_d3 t2 - 0,125 D^*T_d3 t3 - 0,462 D^*T_d4 t1 \\ & + 0,393 D^*T_d4 t2 + 0,069 D^*T_d4 t3 \end{aligned}$$

En el análisis de varianza del factor de repetición de la dosis del plastificante con el tiempo de curado, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0.122, lo que indica que sí hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla.

- **Gráfica de interacciones:**

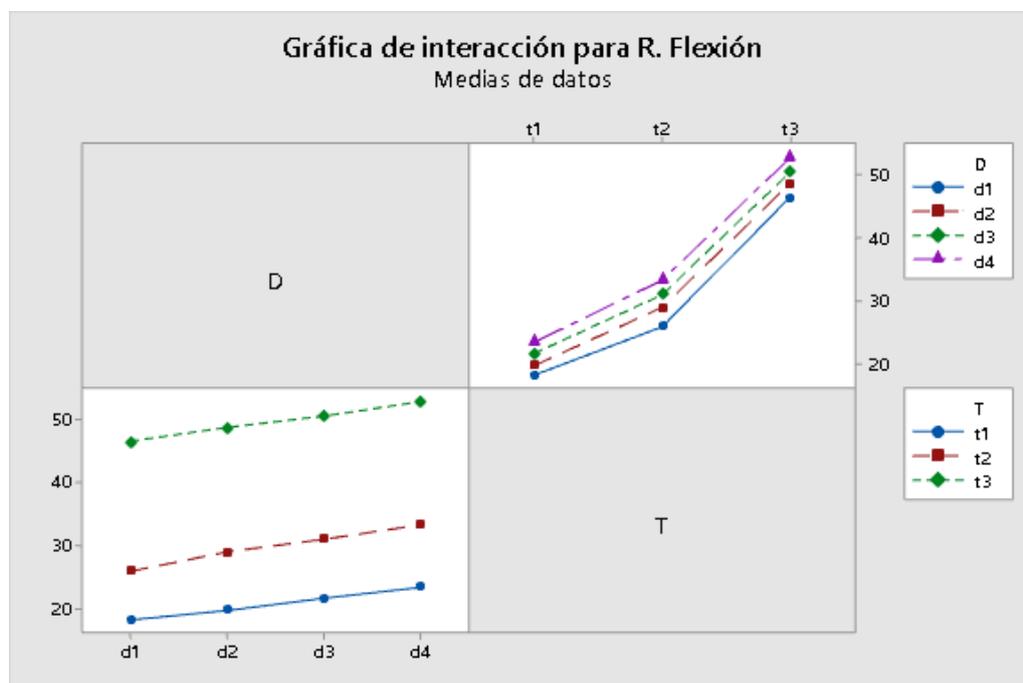


Figura 73. Gráfica de interacción para la resistencia a flexión respecto a la dosis vs tiempo

En la figura 73, se muestra que se tuvo un máximo valor de RF mayor a 50 kg/cm² cuando se trabajó a una dosis de 0.75% (d4) y a un tiempo de 28 días (t3), en contraste se obtuvo un mínimo valor de RF por debajo de 20 kg/cm² cuando se trabajó a una dosis de 0% (d1) y a un tiempo de 7 días (t1).

- Prueba de TUKEY:

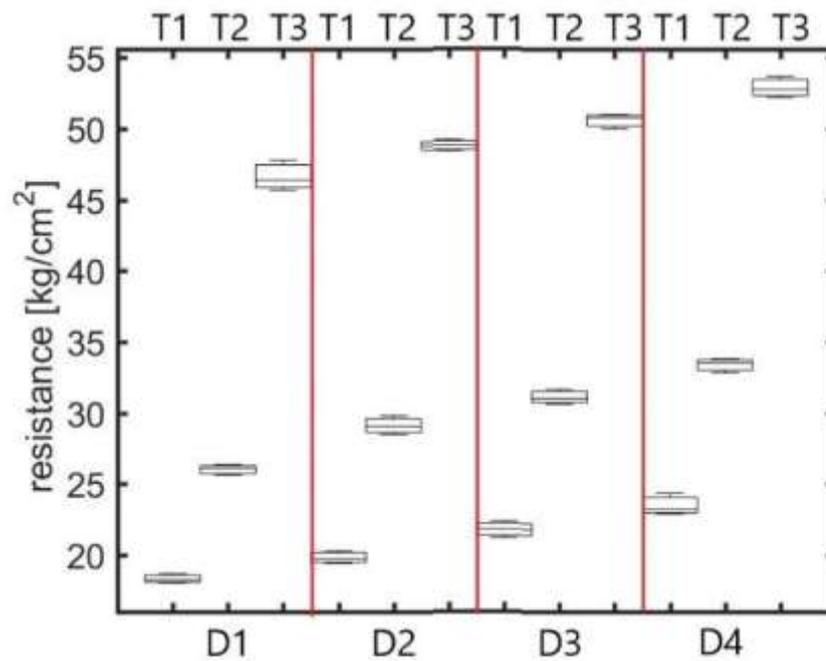


Figura 74. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a tracción con adición de plastificante respecto a la dosis vs tiempo

Si ANOVA resultó en diferencias significativas entre las RF, luego se aplicó la prueba de diferencia significativa de Tukey para comparar cuantitativamente los valores absolutos de las medias de RF a cada dosis de plastificante y para cada tiempo de curado. De la figura, se observa una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de RF utilizando la prueba de Tukey para cada dosis del aditivo y para cada tiempo de curado.

4.2.6. Resistencia a la flexión vs % de aditivo Superplastificante

- Prueba de normalidad:

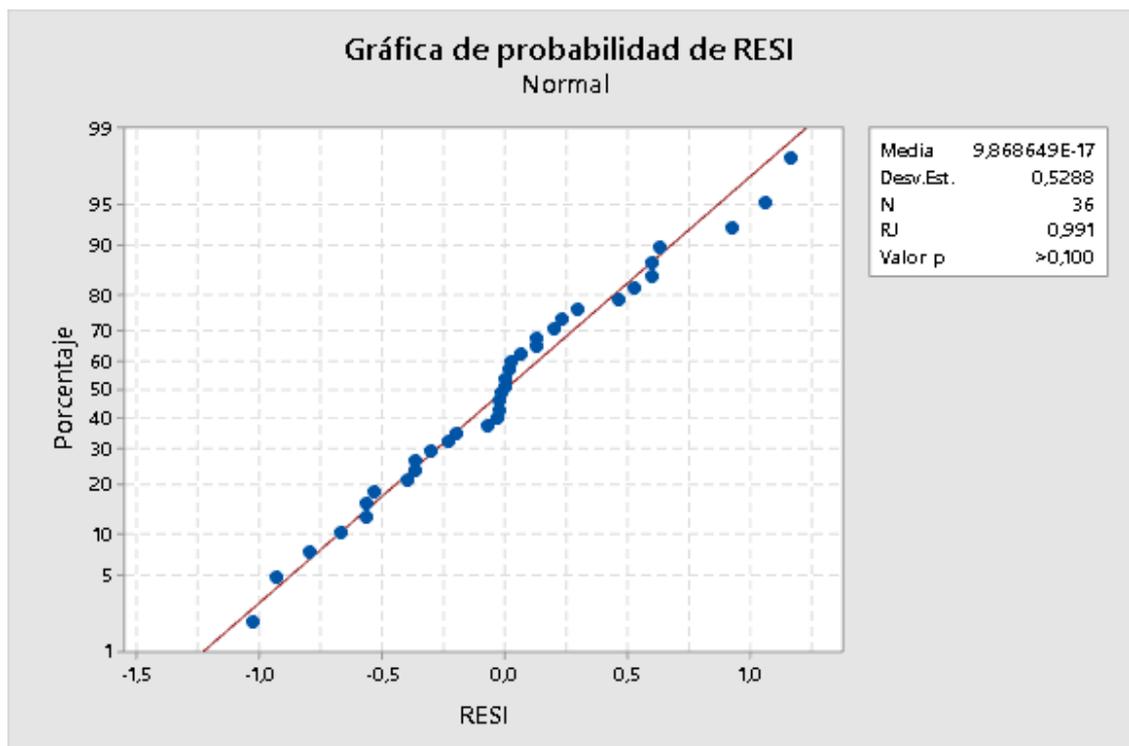


Figura 75. Gráfica de probabilidad del residuo de la resistencia a flexión

Como se observa en la figura 75, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores que se encuentran próximos a la línea recta indicando la normalidad de los datos, por el $p\text{-value} > 0.05$ ($p\text{ value} > 0.1$, como se indica en la figura 75).

- **Modelo lineal general: (ANOVA)**

Para realizar la contrastación de la hipótesis, se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0, analizando los resultados de Resistencia de Comprensión en relación a los parámetros de Dosis del aditivo plastificante y el tiempo de curado.

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 75. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles Valores
D	Fijo	4 d1; d2; d3; d4
T	Fijo	3 t1; t2; t3

Nota: D: dosis; d1: dosis 1; d2: dosis 2; d3: dosis 3; d4: dosis 4; T: tiempo; t1: tiempo 1; t2: tiempo 2; t3: tiempo 3. Elaboración propia

Análisis de Varianza

Tabla 76. Datos del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
D	3	749,12	249,71	612,22	0,000
T	2	5507,71	2753,86	6751,81	0,000
D*T	6	6,00	1,00	2,45	0,054
Error	24	9,79	0,41		
Total	35	6272,62			

Nota: Elaboración propia.

En el análisis de varianza del factor de repetición de la dosis del plastificante con el tiempo de curado, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0.054, lo que indica que sí hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla.

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{FLEXIÓN} = & 37,859 - 7,534 D_{d1} + 0,686 D_{d2} + 2,297 D_{d3} + 4,552 D_{d4} - 12,537 T_{t1} \\ & - 4,296 T_{t2} + 16,833 T_{t3} + 0,533 D^*T_{d1 t1} - 0,009 D^*T_{d1 t2} - 0,524 D^*T_{d1} \\ & t3 \\ & - 0,741 D^*T_{d2 t1} + 0,551 D^*T_{d2 t2} + 0,189 D^*T_{d2 t3} + 0,048 D^*T_{d3 t1} \\ & + 0,040 D^*T_{d3 t2} - 0,088 D^*T_{d3 t3} + 0,159 D^*T_{d4 t1} - 0,582 D^*T_{d4 t2} \\ & + 0,423 D^*T_{d4 t3} \end{aligned}$$

Gráfica de interacciones:

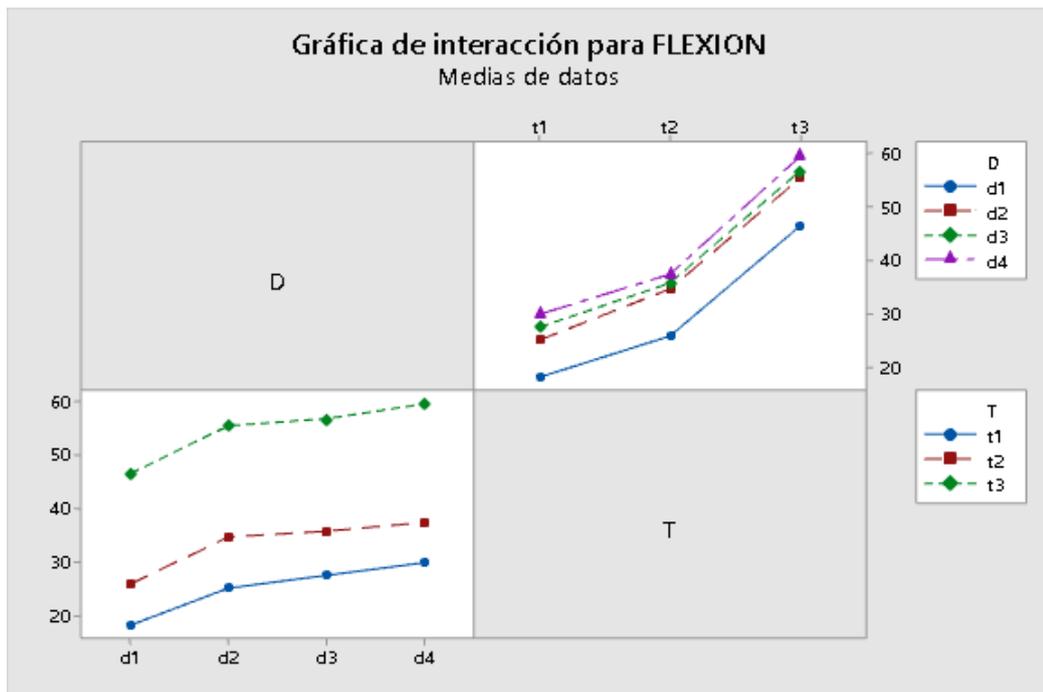


Figura 76. Gráfica de interacción para la resistencia a flexión respecto a la dosis vs tiempo

En la figura 76, se muestra que se tuvo un máximo valor de RF mayor a 220 kg-f/cm² cuando se trabajó a una dosis de 1.50% (d4) y a un tiempo de 28 días (t3), en contraste se obtuvo un mínimo valor de RF por debajo de 160 kg-f/cm² cuando se trabajó a una dosis de 0% (d1) y a un tiempo de 7 días (t1).

- Prueba de TUKEY:

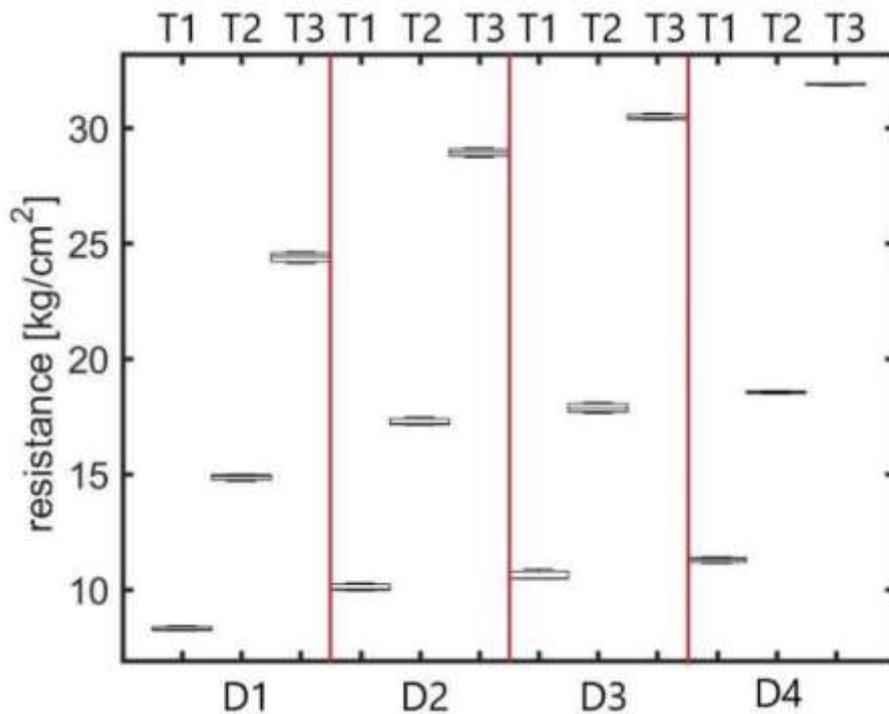


Figura 77. Gráfica de prueba Tukey para la resistencia a flexión con adición de superplastificante respecto a la dosis vs tiempo

- Se rechaza la hipótesis nula, porque la adición de aditivo plastificante y superplastificante mejora la resistencia a flexión para el concreto permeable.

Si ANOVA resultó en diferencias significativas entre las RF, luego se aplicó la prueba de diferencia significativa de Tukey para comparar cuantitativamente los valores absolutos de las medias de RF a cada dosis de plastificante y para cada tiempo de curado. De la figura, se observa una

diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de RF utilizando la prueba de Tukey para cada dosis del aditivo y para cada tiempo de curado.

- **Hipótesis específica 04:**

La adición de plastificante y superplastificante reduce la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021.

H0: La adición de plastificante y superplastificante **no reduce** la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021

H1: La adición de plastificante y superplastificante **reduce** la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021

4.2.7. Permeabilidad vs dosis de aditivo plastificante

- **Prueba de normalidad:**

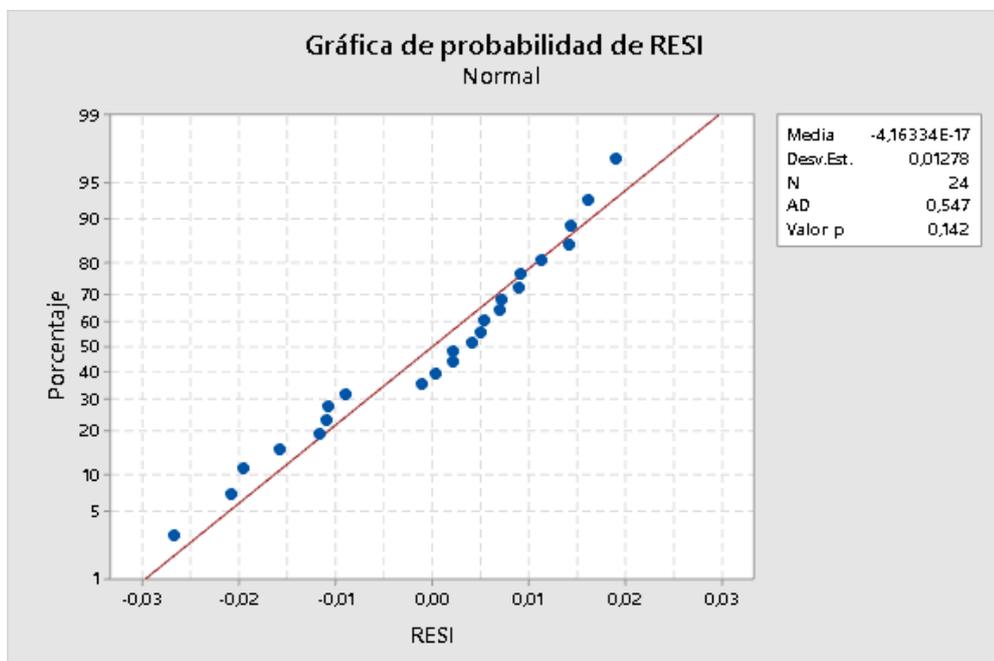


Figura 78. Gráfica de probabilidad del residuo de la permeabilidad

Como se observa en la figura 78, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores que se encuentran próximos a la línea recta

indicando la normalidad de los datos, por el $p\text{-value} > 0.05$ ($p\text{ value} > 0.142$, como se indica en la figura 78).

- **Modelo lineal general: (ANOVA)**

Para realizar la contrastación de la hipótesis, se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0, analizando los resultados de Resistencia de Comprensión en relación a los parámetros de Dosis del aditivo plastificante.

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 77. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
d	Fijo	4	D1; D2; D3; D4

Nota: D: dosis; d1: dosis 1; d2: dosis 2; d3: dosis 3; d4: dosis 4; T: tiempo; t1: tiempo 1; t2: tiempo 2; t3: tiempo 3. Elaboración propia

Análisis de Varianza

Tabla 78. Datos del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
d	3	0,129478	0,043159	229,75	0,000
Error	20	0,003757	0,000188		
Total	23	0,133235			

Nota: Elaboración propia.

En el análisis de varianza del factor de repetición de la dosis del plastificante, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0.00, lo que indica que sí hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla.

Ecuación de regresión

$$pe = 0,65383 + 0,10600 d_D1 + 0,02300 d_D2 - 0,03717 d_D3 - 0,09183 d_D4$$

- **Gráfica de interacciones:**

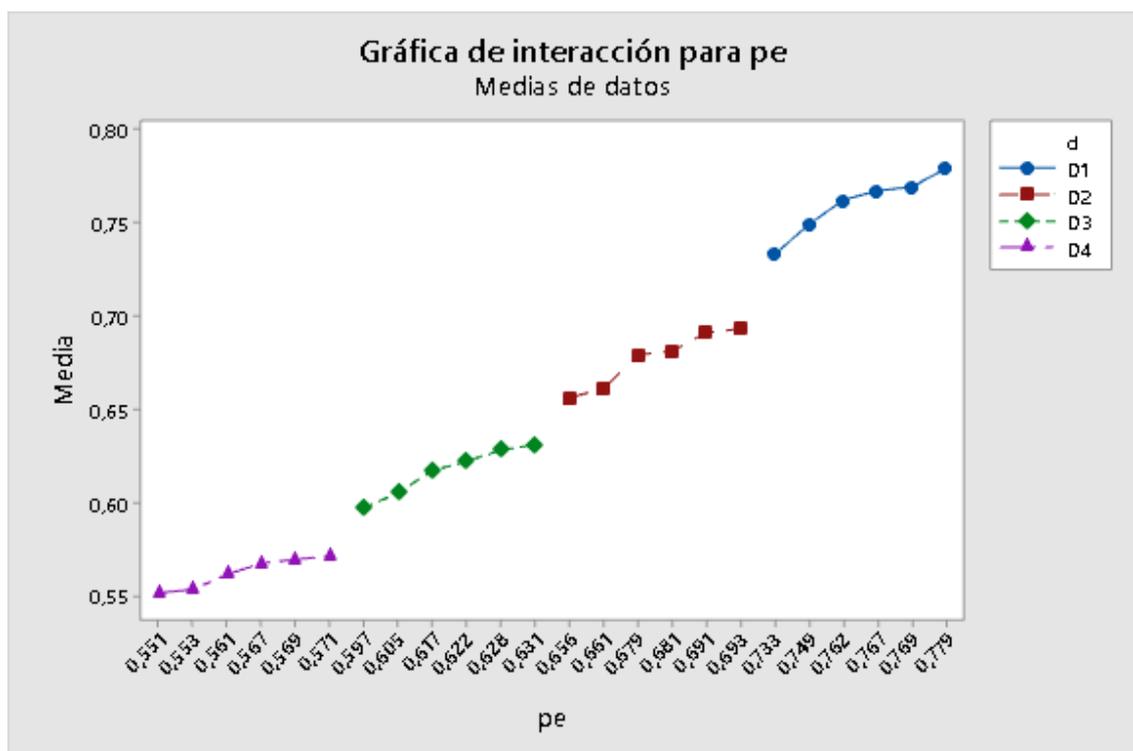


Figura 79. Gráfica de interacción para la permeabilidad respecto a la dosis

En la figura 79, se muestra que se tuvo un máximo valor de permeabilidad mayor a 0.75 cm/s cuando se trabajó a una dosis de 0.75% (d4), en contraste se obtuvo un mínimo valor de permeabilidad por debajo de 0.55 cm/s cuando se trabajó a una dosis de 0% (d1).

4.2.8. Permeabilidad vs dosis de aditivo superplastificante

- Prueba de normalidad:

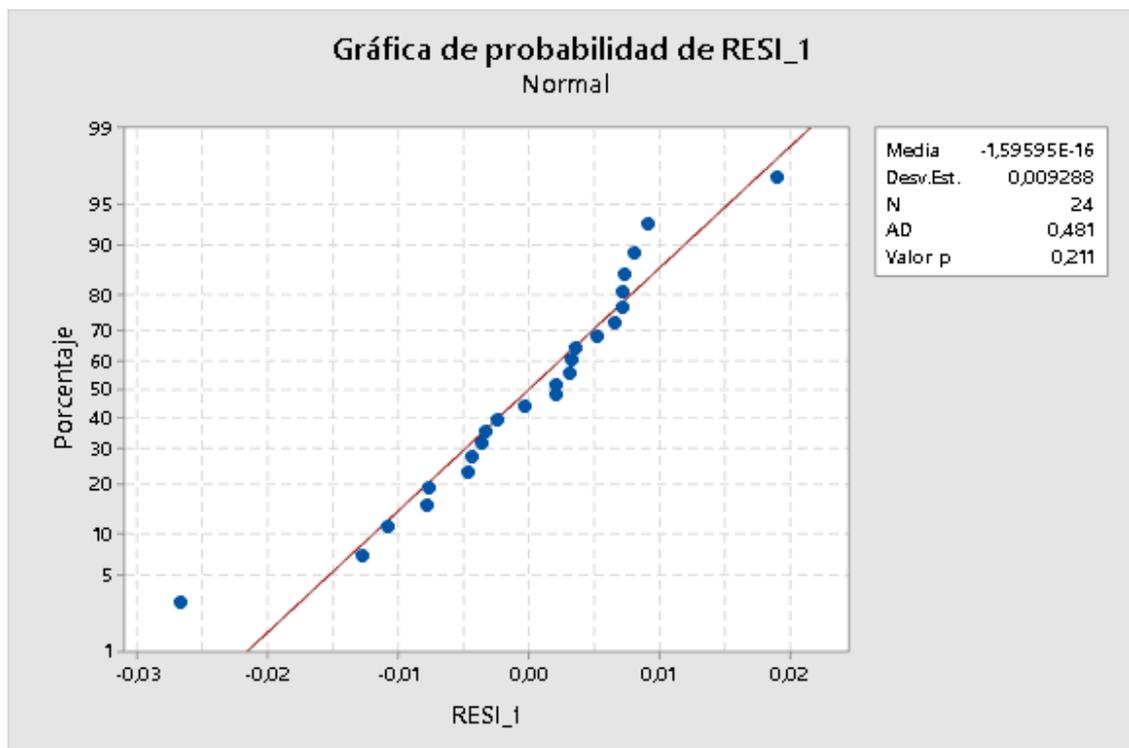


Figura 80. Gráfica de probabilidad del residuo de la permeabilidad

Como se observa en la figura 80, se realizó una gráfica de probabilidad normal de los residuos de acuerdo al diseño utilizado, se registró la presencia de valores que se encuentran próximos a la línea recta indicando la normalidad de los datos, por el $p\text{-value} > 0.05$ ($p\text{ value} > 0.211$, como se indica en la figura 80).

- **Modelo lineal general: (ANOVA)**

Para realizar la contrastación de la hipótesis, se utilizó un diseño factorial con el software MINITAB versión 18.0, analizando los resultados de Resistencia de Comprensión en relación a los parámetros de Dosis del aditivo plastificante.

Método

Codificación de factores (-1; 0; +1)

Tabla 79. Información del factor

Factor	Tipo	Niveles Valores
d	Fijo	4 D1; D2; D3; D4

Nota: D: dosis; d1: dosis 1; d2: dosis 2; d3: dosis 3; d4: dosis 4; T: tiempo; t1: tiempo 1; t2: tiempo 2; t3: tiempo 3. Elaboración propia

Análisis de Varianza

Tabla 80. Datos del análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
d	3	0,369180	0,123060	1240,31	0,000
Error	20	0,001984	0,000099		
Total	23	0,371164			

Nota: Elaboración propia.

En el análisis de varianza del factor de repetición de la dosis del plastificante, se observó que el valor de la probabilidad de repetición era 0.00, lo que indica que sí hay diferencia estadísticamente significativa como lo muestra la tabla.

Ecuación de regresión

$$\text{permeabilidad} = 0,55092 + 0,20892 \text{ d_D1} - 0,02858 \text{ d_D2} - 0,07008 \text{ d_D3} - 0,11025 \text{ d_D4}$$

- **Gráfica de interacciones:**

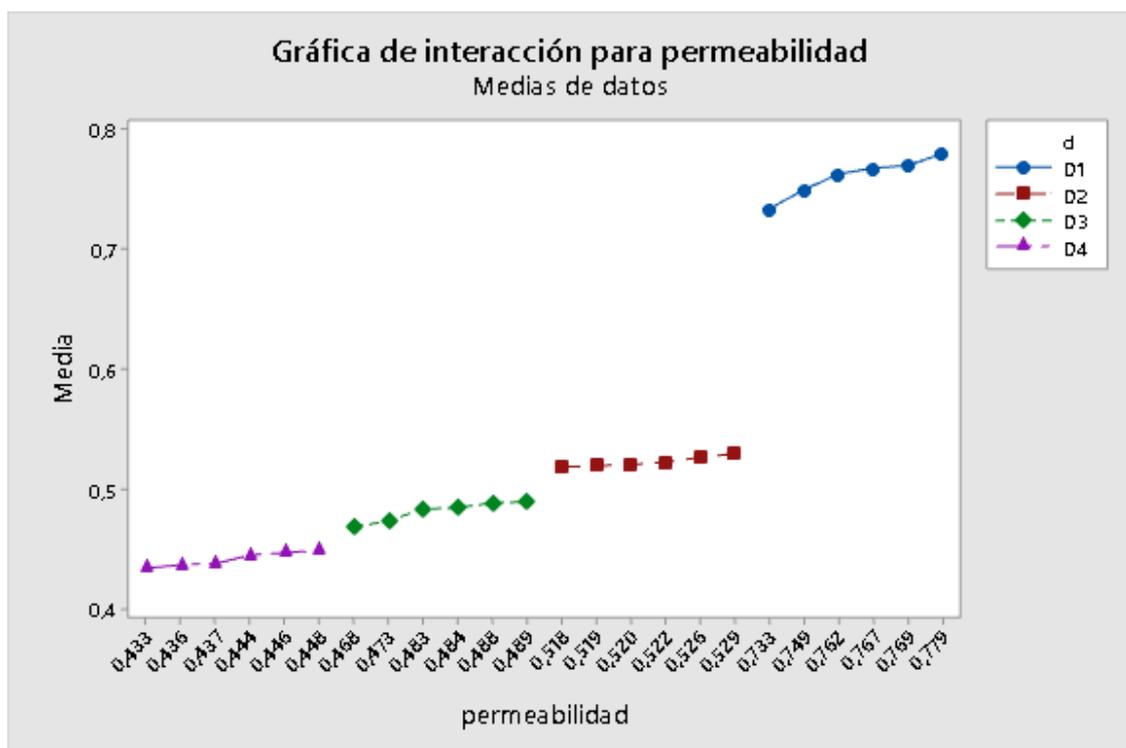


Figura 81. Gráfica de interacción para la permeabilidad flexión respecto a la dosis

En la figura 81, se muestra que se tuvo un máximo valor de permeabilidad mayor a 0.75 cm/s cuando se trabajó a una dosis de 0.75% (d4), en contraste se obtuvo un mínimo valor de permeabilidad por debajo de 0.5 cm/s cuando se trabajó a una dosis de 0% (d1).

- Se rechaza la hipótesis nula, porque la adición de aditivo plastificante y superplastificante reduce la permeabilidad para el concreto permeable.

4.3. Discusión de resultados:

4.3.1. Ensayos del concreto en estado endurecido:

Para obras de pavimentación de cualquier aplicación, están sometidos usualmente a cargas de tránsito vehicular y peatonal, por lo que para un concreto poroso tiene un uso limitado en áreas de tráfico de vehículos pesados y es necesaria una especial atención y cuidado por lo que se busca mejorar mediante el uso de aditivos, por lo que se somete a cargas a compresión, tracción y flexión.

En esta parte, se analiza los efectos de la adición del aditivo plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas del concreto permeable.

De acuerdo a la investigación de Gamarra (2019) sobre el estudio con el fin de comparar entre la permeabilidad y resistencia a la compresión de concreto poroso con una relación de agua –cemento de 0.35 con agregado de la cantera del río Jequetepeque, con el uso de aditivo plastificante Chemaplast a una proporción de 0.50%, 0.75% y 1.00%, aumenta a medida que se adiciona el aditivo obteniendo 180.82, 181.47 y 192.42 kg/cm² respectivamente. Asimismo, la permeabilidad obtenida para estas dosis se obtuvo 1.202, 1.195 y 1.186 cm/s, por lo que la relación entre la dosificación de aditivo y permeabilidad son inversamente proporcionales. Asimismo, concluye que el aditivo plastificante incrementa la resistencia, debido a que reduce el contenido de agua en la mezcla, sin perder trabajabilidad. Por lo que existe una gran diferencia con la presente investigación en la resistencia para las mismas dosificaciones teniendo una diferencia de 49.08, 52.38 y 44.88 kg/cm². Debido a que se utilizó una relación a-c de 0.30, y el agregado de cantera distinta. Sin embargo, los valores determinados a ambas investigaciones pertenecen en el rango establecido de acuerdo a la ACI 522R-10.

Según la investigación de Álvarez sobre la determinación del contenido de vacíos aplicado a un concreto permeable con aditivo SikaCem 1.20% de dosis para pavimentos, con una relación de a-c 0.5 y agregado de $\frac{3}{4}$ ", obtiene a los 28 días de edad para la determinación de la resistencia a compresión máxima de 195 kg/cm² a un 18% de vacíos y permeabilidad de 7.99mm/min; sin embargo, se infiere que no se verificó un estudio variando los porcentajes de dosis del aditivo, por lo que no se puede decir si hubo un desarrollo en las propiedades mecánicas, pero sí que los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango establecido en la normativa. Por otro lado, para el porcentaje de aditivo estudiado por el autor y el de la presente investigación coincide que la permeabilidad es inversamente proporcional con la resistencia a compresión en este caso.

De acuerdo a la investigación de Huamaní sobre el análisis de resistencia a compresión y permeabilidad con aditivo superplastificante para concreto poroso de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, por lo que consideró dentro de su diseño de mezcla una relación de a/c de 0.35, 15% de vacíos, aditivo Sika a 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2% y 2.5% de dosis, se obtuvo a los 28 días una resistencia promedio de 191.55, 202.34, 212.58, 189.14 y 185.62 kg/cm² respectivamente, se observa que existe un aumento entre las dosis de 0.5%, 1.0% y 1.5%, mas no en las dos últimas dosis, para la permeabilidad el autor obtuvo para las 5 dosis fue de 0.21, 0.22, 0.21, 0.19, 0.19cm/s. Se puede inferir que en la presente investigación para las tres primeras dosis los resultados obtenidos para la resistencia son diferentes, aun así, esto demuestra que la resistencia incrementa de acuerdo a la dosis, ya que para esa investigación se obtuvo para las dosis de 0.5%, 1.0% y 1.5% las resistencias promedio de 229.9, 237.3 y 245.5 kg/cm² respectivamente, en base a la permeabilidad se observa que para ambas investigación disminuye la permeabilidad en función al incremento de las dosis de aditivo. Sin embargo, los resultados permanecen en el rango establecido de la normativa.

De acuerdo a la investigación de Aquino sobre diseño de mezcla para concreto permeable utilizando diferentes dosis de aditivo SikaCem plastificante para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$, por lo que consideró dentro de su diseño de mezcla una relación de a/c de 0.35, 15% de vacíos, a las dosis de 250 ml y 500 ml sometidas a una prueba de rotura a compresión se obtuvo a los 28 días una resistencia promedio de 99.6 y 92.8 kg/cm^2 respectivamente; sin embargo, para la prueba de rotura a flexión se obtuvieron el valor de 19 y 24.10 kg/cm^2 ; asimismo, el resultado obtenido del coeficiente de permeabilidad fue de 3.20 y 2.52 cm/s para las dos dosis mencionadas. Se puede inferir que en la presente investigación para las tres primeras dosis los resultados obtenidos para la resistencia son diferentes, aun así, esto demuestra que la resistencia incrementa de acuerdo a la dosis, ya que para esa investigación se obtuvo para las dosis de 0.5%, 1.0% y 1.5% las resistencias promedio de 229.9, 237.3 y 245.5 kg/cm^2 respectivamente, para el ensayo a flexión se obtuvieron para las dosis de aditivo de 0.25% y 1.0% fue de 46.6 y 55.6 kg/cm^2 , en base a la permeabilidad se observa que para ambas investigación disminuye la permeabilidad en función al incremento de las dosis de obteniendo 0.677 y 0.522 cm/s . Sin embargo, los resultados permanecen en el rango establecido de la normativa.

CONCLUSIONES

- El aditivo SikaCem afecta en sus propiedades en estado fresco del concreto permeable, en base al asentamiento aumenta su fluidez proporcionalmente a las dosis de plastificante y superplastificante; asimismo, para la temperatura oscila entre 19°C – 20°C, es decir este valor pertenece dentro del rango ideal establecido de acuerdo a la normativa, que hace referencia que debe estar entre 13°C a 32°C. En base a sus propiedades mecánicas, se observó desarrollo y mejora y estas son adecuadas para la aplicación en pavimentos (parques, obras de drenajes, losas deportivas y estacionamientos).
- El uso del aditivo SikaCem como plastificante mejora la resistencia a compresión del concreto permeable para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$, con agregados de la cantera de Pilcomayo, por lo que para las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75% se observó un incremento favorable como indica en la figura 48, como superplastificante afecta significativamente y proporcional a las dosis de 1.0%, 1.25% y 1.50%, superando la resistencia de diseño como indica en la figura 49. Asimismo, los resultados cumplen con el rango establecido en la norma ACI 522R-10.
- Para las dosis de aditivo SikaCem como plastificante y superplastificante se ha observado un incremento proporcional a la edad inicial, en función a la adición de un 0.25%, 0.50%, 0.75%, presentando como máximo un 27.5 kg/cm^2 y para las dosis 1.00%, 1.25% y 1.50% incrementa hasta 31.8 kg/cm^2 (ver figura 50 y 51) para su resistencia a tracción. Por otro lado, para una

resistencia a flexión las dosis de aditivo SikaCem como plastificante y superplastificante aumenta proporcionalmente, en función a la adición de un 0.25%, 0.50%, 0.75%, presentando como máximo un 52.9kg/cm² y para las dosis 1.00%, 1.25% y 1.50% incrementa hasta 59.7kg/cm² (ver figura 52 y 53) para su resistencia a flexión.

- En el ensayo de permeabilidad de acuerdo a la ACI 522R-10, por lo que indica que la capacidad de infiltración debe estar en un intervalo de 0.14 a 1.22 cm/s, según los resultados obtenidos para el concreto con dosis de aditivo SikaCem como plastificante y superplastificante se encuentran dentro del rango establecido. Sin embargo, la permeabilidad decrece en función se le aumente la dosis del aditivo, asimismo cumple su característica de permeabilidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar diferentes tamaños de agregado grueso con el fin de determinar la influencia y la variación de las propiedades mecánicas, físicas y la variación de permeabilidad, siempre y cuando este cumpla con los requerimientos de la normativa correspondiente ACI 522R-10 para concreto poroso en resistencia y capacidad de infiltración.
- Seguir investigando el concreto permeable y dentro de su diseño de mezcla hacer una variación de relación a/c para conocer el comportamiento mecánico que este puede ofrecer y tener resultados más diversos con el fin de determinar la mejor relación a/c.
- Usar diferentes aditivos para la verificación de las propiedades del concreto permeable, asimismo que mantenga la permeabilidad en el rango que precisa la normativa.

- Se recomienda que el agregado grueso a utilizar pase por ensayos previos para verificar su composición química y observar la relación que existe las propiedades mecánicas del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **H. Böke, S. Akkurt, B. Ipekog̃lu, E. Ug̃urlu.** *Characteristics of brick used as aggregate in historic brick-lime mortars and plasters, Cem. Concr. Res.* 36 (6). 1115–1122 : s.n., (2006) .
2. **A. Joshaghani, A.A. Ramezani pour, O. Ataei, A. Golroo.** *Optimizing pervious concrete pavement mixture design by using the Taguchi method, Constr. Build. Mater* 101. 317-325 : s.n., 2015.
3. **Marritt, Frederick S., Loftin, Kent y Ricketts, Jonathan.** *Manual del Ingeniero Civil, Tomo I.* México : McGraw-Hill, 1999.
4. **Cemex.** Cemex Perú. [En línea] 5 de Abril de 2019. [https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20\(psi\)..](https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20(psi)..)
5. **Vera, Eddy Johanna Mendoza y García, Jenny Katherine Ospina.** Mezcla de concreto permeable como parte de la estructura del pavimento rígido, aplicado a vías de tráfico medio. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas.* Bogotá, Colombia : s.n., 2018.
6. **Andrés, Santos Cayo Ismael.** Diseño de mezclas de hormigón permeable para emplearlo en proyectos urbanísticos de interés social. *Universidad de Especialidades Espíritu Santo.* Samborondón, Ecuador : s.n., 2014.
7. **Matute, Santiago Daniel Campoverde y Merchán, Diego Juan Muñoz.** Estudio experimental del uso de diferentes aditivos como plastificantes reductores de agua en la elaboración de hormigón y su influencia en la propiedad de resistencia a la compresión. *Universidad de Cuenca.* 2015.
8. *Propiedades mecânicas e permeabilidade de concretos permeáveis com aditivo superplastificante.* **Silva, P., Ribeiro, M. y et.al.** 2020, Revista Eletrônica de Materiais e Processos, pág. 8.
9. **Rojas, Ronald Abelardo Gamarra.** *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.* Huanuco : Universidad Nacional Hermilio Valdizan, 2019.
10. **Alvarez, Deicy Milagros Arteaga y Cifuentes, César Andrés Patiño.** *Análisis de contenidos de vacíos para el diseño de mezclas del concreto permeable con aditivo SikaCem en pavimentos, Lima, 2018.* Lima : s.n., 2018.

11. **Amorós, Carlos Enrique y Ulloa, José Carlos Bendezú.** *Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm².* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
12. **Oré, Mik Fresia Huamaní y Huarancca, Anjelo Miguel Ormeño.** *Análisis de resistencia a compresión y permeabilidad adicionando aditivo superplastificante para un diseño de concreto poroso, para una resistencia $f'c=210$ kg/cm².* Lima : Universidad César Vallejo, 2020.
13. **Bustamante, Juan Carlos Benites.** *Características físicas y mecánicas del concreto permeable usando agregados de la cantera río Jequetepeque y el aditivo chemaplast.* Cajamarca - Perú : Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.
14. **Pesantes, Hilder Javier Jimenez.** *Evaluación del concreto permeable como una alternativa sostenible para el control de las aguas pluviales en la ciudad de castilla, provincia Piura y departamento de Piura.* Piura : Universidad Nacional de Piura, 2019.
15. **Pereda, Alessandro Jesús Bautista.** *Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuacion de aguas pluviales según la norma ACI 522R-10.* Lima : Universidad de San Martin de Porres, 2018.
16. **Hernández, Jairo René Niño.** *Tecnología del Concreto Tomo I.* Colombia : Asocreto, 2010.
17. **Pasquel Carbajal, Enrique.** *Temas De Tecnología Del Concreto En El Perú.* 1998. p.13.
18. **Newman, John y Choo, Ban Seng.** *Advanced Concrete Technology.* s.l. : Great Britain, 2003.
19. **Day, Ken W., Aldred, James y Hudson, Barry.** *Concrete Mix Design Quality Control and Apesification.* New York : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014.
20. **Gambhir, M. L.** *Concrete Technology Theory and Practice.* New Delhi : McGraw Hill, 2013.
21. **Li, Zongjin.** *Advance Concrete Technology.* Canada : WILEY, 2011.
22. **Rivva López, Enrique.** *Diseño de Mezclas.* Lima : ICG, 2010.
23. **C., Ana Torre.** *CURSO BASICO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO. CURSO BASICO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO PARA INGENIEROS CIVILES.* Mayo de 2004.
24. **Guzmán, Diego Sánchez De.** *Tecnología del Concreto Tomo II.* Colombia : Asocreto, 2011.
25. **Gutiérrez De López, Libia.** *El Concreto y Otros Materiales Para La Construcción.* 2003.
26. **Goncalves, M. Clara y Margarido, Fernanda.** *Materials for Construction and Civil Engineering.* Portugal : Springer, 2015.

27. **Castillo, Flavio Abanto.** *Tecnología del Concreto.* Lima : San Marcos, 2009.
28. **Shetty, M. S.** *Concrete Technology.* New Delhi : S.CHAND, 2005.
29. **Cánovas, Manuel Fernández.** *Hormigon.* Madrid : Garceta, 2013.
30. *Concreto Permeable.* **Chemilcals, BASF Construction.** 2017, Master Builders.
31. *Concreto Poroso o Concreto Permeable.* **Toxement.** 2017, Euclid Group, pág. 7.
32. **ACI, 522R-10.** *Report on Pervious Concrete.* United States : s.n., 2010.
33. **Palacios, Emiliano López.** *Control de Calidad y Colocación de Concretos Permeables.* México D.F., México : s.n., 2010.
34. **Mendoza, Santiago Valderrama.** *Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica.* Lima : San Marcos, 2015.
35. **Sampieri, Roberto Hernandez, Torres, Christian Paulina Mendoza y et.al.** *Metodología de la Investigación.* s.l. : McGrawHill, 2014.
36. **Trujillo Navarrete, Balter.** *Morfología y composición química del.* CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES, Mexico : 2013.
37. **NTP 400.012.** *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.* Lima : s.n., 2013.
38. **N.Subramanian.** *Concreto permeable- un material ecológico que contribuye al ahorro de los recursos hídricos frente a la escases de agua.* 2008.
39. *Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad.* **Arrieta, Roberto J. Fernández y Alejandro Navas Carro, MSc.** 24, 2011.
40. **NTP 339.185 .** *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.* s.l. : 2° edición, 2013.
41. **Fonseca, Alfonso Montejo, Piratova, Francy Montejo y Montejo, Alejandro.** *Tecnología y Patología del Concreto Armado.* Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2013.
42. *Aditivos para Concreto.* **Sika.** 2013, Sika Informaciones Técnicas, pág. 19.
43. **Silva, Omar Javier.** 360 en Concreto. ARGOS. [En línea] 2020. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/generalidades-tipos-de-aditivos-para-el-concreto>.
44. *www.eucomex.com.mx.* **México, The Euclid Chemical Company.** 2010, Euclid Group, pág. 4.

45. *Concreto Permeable*. **ARGOS**. 2014, Argos.
46. *Sistema para infiltrar o recuperar el agua pluvial por medios de pisos y pavimentos porosos*. **Hidrocreto**. 2008, Concreto Ecológico de México, S.A. de C.V., pág. 11.
47. **NTP-400.010**. *Extracción y preparación de las muestras*.
48. *Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo*. **NTP-400.043**.
49. **NTP-400.017**. *Método de ensayos normalizados para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en el agregado*.
50. **NTP-400.021**. *Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (PESO ESPECIFICO) y absorción del agregado grueso*.
51. **NTP-400.012**. *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*.
52. **NTP-339.185**. *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregado por secado*.
53. **NTP-339.047**. *Definiciones y terminologías relativas al hormigón y agregados*.
54. **NTP-339.035**. *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*.
55. **NTP-339.034**. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*.
56. **Rojas, Ronald Abelardo Gamarra**. 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. *Universidad Nacional "Hermilio Valdizán"*. Huánuco, Perú : s.n., 2019.
57. *Diseño y Proporcionamiento de Mezcla*. **ACI-211R**. 2010, American Concrete Institute.
58. **Kosmatka, Steven, Kerkhoff, Betarix y et.al**. *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. EE.UU : PCA, 2004.
59. **Taipe, Angel**. Técnicas para el diseño de mezclas de concreto convencionales. *SlideShare*. [En línea] 12 de Octubre de 2015. <https://es.slideshare.net/AngelTaipe/dosificacion-de-mezclas-53809631>.

60. **Bansal, Ghansham.** *Concrete Technology.* India : Indian Railways Institute of Civil Engineering, 2007.

61. **Fonseca, Alfonso Montejo, Piratova, Francy Montejo y Montejo, Alejandro.** *Tecnología y Patología del Concreto Armado.* Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2013.

62. **Tennis, Pau D. y Leming, Michael L.** *Pervious Concrete Pavements.* USA : Portland Cement Association, 2004.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de consistencia

Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021						
TÍTULO						
AUTORES						
- ANGELES SUAZO, Nataly Roxana						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE, INDICADOR E INSTRUMENTO			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021?	Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021.	La adición de plastificante y superplastificante mejora las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021.	Propiedades mecánicas y físicas	Valores Resistencia y permeabilidad	Resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión
					Resistencia a la flexotracción	Ensayo de resistencia a la flexotracción
					Permeabilidad	Ensayo de permeabilidad
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	V. INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021?	Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021.	Los aditivos plastificantes aumentan la resistencia a la compresión del concreto permeable, Huancayo - 2021.	Plastificante Superplastificante	Dosificación	CP+0.25%AP	Probeta cilíndricas
¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia flexotracción del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021?	Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la resistencia flexotracción del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021.	La adición de plastificante y superplastificante mejora la resistencia a la compresión del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021.			CP+0.5%AP	Probeta cilíndricas
					CP+0.75%AP	Probeta cilíndricas
					CP+1.00%SP	Probeta cilíndricas
					CP+1.25%SP	Probeta cilíndricas
¿Cuál es el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021?	Determinar el efecto de la adición de plastificante y superplastificante en la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021.	La adición de plastificante y superplastificante reduce la capacidad de infiltración del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021.			CP+1.50%SP	Probeta cilíndricas

ANEXO 2: Ficha técnica de aditivo plastificante SikaCem Plastificante



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante

ADITIVO PLASTIFICANTE Y REDUCTOR DE AGUA PARA MORTEROS Y HORMIGONES

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce la cantidad de agua en aproximadamente un 10 % incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales.

USOS

SikaCem® Plastificante es recomendable para:

- Estructuras en general canales, diques, estructuras de fundación, columnas, vigas, tanques elementos prefabricados, losas, etc.)
- Cualquier tipo de estructura, cuando se desee aumentar las resistencias mecánicas o dar mayor fluidez al hormigón.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación.
- Permite una reducción en la cantidad de agua de amasado de un 10 % aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido.
- Aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.
- Disminuye la exudación.

En el hormigón endurecido:

- Posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden del 10 al 15%, contra testigo.
- Reduce la contracción.
- Aumenta la adherencia al acero.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos.
Empaques	• Envase PET x 4 L • Balde x 20 L
Apariencia / Color	Líquido marrón oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre + 5°C y + 30°C. Protegido del congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa.
Densidad	1.20 +/- 0.01

Hoja De Datos Del Producto
SikaCem® Plastificante
Junio 2019, Versión 01.01
02130201100000829

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto

Mezclar los materiales componentes del hormigón o mortero con parte del agua de mezclado, incorpore el contenido del DoyPack de SikaCem® Plastificante al pastón y complete con la menor cantidad de agua hasta lograr la fluidez requerida.

Para asegurar la homogeneidad del hormigón o mortero, se recomienda mezclar durante 3 minutos adicionales luego de incorporar todos los materiales componentes a la mezcladora.

Para mejorar el desempeño de morteros y hormigones se recomienda mantener la dosificación y proporción de los materiales componentes, Utilizar la menor cantidad de agua de mezclado hasta alcanzar la fluidez necesaria para la obra.

Cuidar que se cumplan las correctas condiciones de elaboración, colocación, compactación y curado.

La sobre-dosificación de SikaCem® Plastificante puede causar retardo de fragüe.

El desempeño de los aditivos pueden variar si se modifican los materiales componentes o sus cantidades.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada

- Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
- Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.

LIMITACIONES

Temperatura Sustrato +5°C mín. / +30°C máx.
Temperatura Ambiente +5°C mín. / +30°C máx.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.



ANEXO 3: Certificado de calibración del equipo de laboratorio



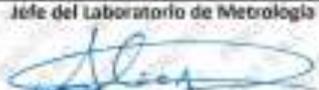
PERUTEST S.A.C.
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 021 - 2020

Página 1 de 1

1. Expediente	0192-2020	
2. Solicitante	C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
3. Dirección	AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. CERCADO JUNIN - HUANCAYO - CHILCA	
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	181012	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	181012	
Resolución	0.01 / 0.1 kN (*)	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2020-02-17	

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2020-02-20	 MANUEL ALEJANDRO ARIAGA TORRES	

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 021 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 7 de 7

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 *Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1; Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza. * - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
AV. LOS PROCERES NRO. 1000 URB. CERCADO JUNIN - HUANCAYO - CHILCA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.3 °C
Humedad Relativa	55 % HR	55 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Caldas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	CELDA DE CARGA KELI MOD: 150-A E SERIE: 5Y97826	INF-LE 002-20



10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LF - 021 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
N	F_i (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{promedio}$ (kN)
10	150	150.3	150.3	150.3	150.3
20	300	300.6	300.6	300.6	300.6
30	450	450.9	451.0	451.0	451.0
40	600	601.9	601.9	602.0	601.9
50	750	752.5	752.7	752.5	752.6
60	900	903.5	903.3	903.9	903.5
70	1050	1054.1	1053.1	1053.6	1053.7
80	1200	1205.2	1206.0	1206.0	1205.8
90	1350	1357.8	1358.3	1358.6	1358.3
100	1450	1457.3	1456.8	1457.2	1457.1
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa r (%)	
150	-0.20	0.03	0.03	0.07	0.58
300	-0.21	0.02	-0.03	0.03	0.58
450	-0.21	0.01	0.01	0.02	0.57
600	-0.32	0.01	0.00	0.02	0.57
750	-0.34	0.03	0.02	0.01	0.57
900	-0.39	0.08	-0.04	0.01	0.58
1050	-0.35	0.09	-0.09	0.01	0.58
1200	-0.48	0.07	-0.01	0.01	0.58
1350	-0.61	0.06	-0.03	0.01	0.58
1450	-0.49	0.03	-0.03	0.01	0.57

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) 0.00 %



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

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

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

ANEXO 4: Resultados de los ensayos de laboratorio

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947888992
E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasar@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

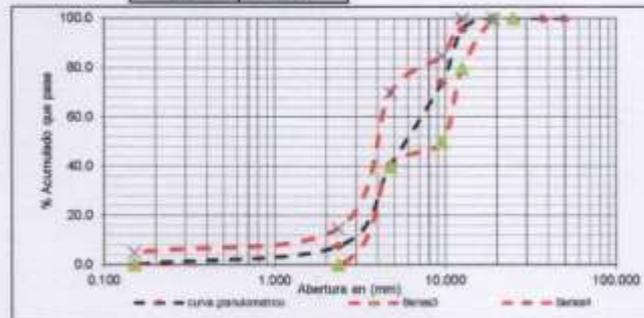
Expediente N° : 1506-2021
Nombre de la tesis: Bach. Ing. Angelos Sazo Nataly Roxana
Nombre de la tesis: Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 15-06-21

Análisis granulométrico del agregado grueso NTP 400.012 Piedra chancada de 1/2 pulgada

Centro : Pilismayo - Huancayo

Malla	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Límites Totales % acumulativo posible
1 pulg.	0.0	0.0	100.0	100
3/4 pulg.	0.0	0.0	100.0	100
1/2 pulg.	4.4	4.4	95.6	80 a 100
3/8 pulg.	21.6	26.0	74.0	50 a 85
No. 4	33.4	59.4	40.6	40 a 70
No. 8	32.9	92.3	7.7	0 a 15
No. 100	7.5	99.8	0.2	0 a 5
Fondo	0.2	92.5	7.5	

TM	3/4 pulg.
TMN	1/2 pulg.
M.F	5.78



TM = Tamaño máximo
TMN = Tamaño máximo nominal
M.F = Módulo de finura



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1506-2021
Nombre de la tesis : Bach. Ing. Ángeles Suazo Nataly Roxana
Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 15-06-21

Método de ensayo normalizado para densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso
NTP 400.021

Piedra chancada de 1/2 pulgada

Cantera : Pilcomayo - Huancayo

I. Datos

1	Masa de la muestra secada al horno (A)	(g)	3289
2	Masa de la muestra saturada con superficie seca (B)	(g)	3327
3	Masa de la muestra saturada dentro del agua + masa de la canastilla dentro del agua	(g)	3053
4	Masa de la canastilla dentro del agua	(g)	975
5	Masa de la muestra saturada dentro del agua (C)	(g)	2078

II. Resultados

1	Masa específica [P.E.M. = $A/(B-C)$]	(g/cm ³)	2.63
2	Masa específica saturado superficialmente seco [P.E.M.S.S.S. = $B/(B-C)$]	(g/cm ³)	2.66
3	Masa específica aparente [P.E.A. = $A/(A-C)$]	(g/cm ³)	2.72
4	Porcentaje de absorción [(B-A)/A*100]		1.16



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1506-2021
 Nombre de la tesis : Bnch. Ing. Angeles Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 15-06-21

Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados

NTP 400.017

Piedra chancada de 1/2 pulgada

Cantera : Pileomayo - Huancayo

I. Peso Unitario Suelto Seco - PUSS

Masa de la muestra suelta húmeda + masa del molde	(kg)	18.63	18.622	18.645
Masa del molde	(kg)	4.958	4.958	4.958
Masa de la muestra suelta húmeda	(kg)	13.672	13.664	13.687
Volumen del molde (1/3 ft ³)	(m ³)	0.009439	0.009439	0.009439
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1448	1448	1450
Promedio peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1449		
Promedio peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1440		

II. Peso Unitario Compactado Seco - PUCS

Masa de la muestra compactada húmeda + masa del molde	(kg)	19.008	19.034	19.040
Masa del molde	(kg)	4.958	4.958	4.958
Masa de la muestra compactada húmeda	(kg)	14.050	14.076	14.082
Volumen del molde (1/3 ft ³)	(m ³)	0.009439	0.009439	0.009439
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1489	1491	1492
Promedio peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1491		
Promedio peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1481		



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1506-2021
Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angeles Suazo Nataly Roxana
Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 15-06-21

**Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
NTP 339.185
Piedra chancada de 1/2 pulgada**

Cantera : Pilcomayo - Huancayo

Masa de la muestra húmeda + masa de la tara	(g)	946.2
Masa de la muestra secada al horno + masa de la tara	(g)	940.8
Masa de la tara	(g)	82.1
Masa del agua	(g)	5.40
Contenido de Humedad	(%)	0.63



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

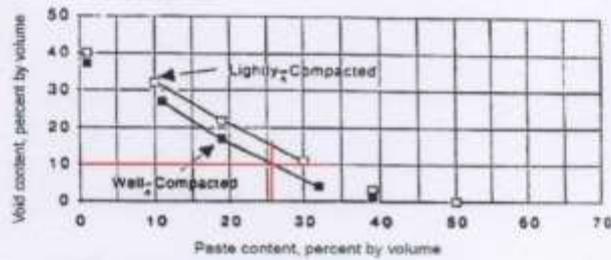
Nombre de la tesis: **Dicli. Ing. Angélica Inazo Nataly Roman**
 Nombre de la tesis: **Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021**
 Ubicación: **Huancayo - Junín**
 Fecha de emisión: **16-06-21**

DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE

DATOS:

- | | | | |
|---|---|------|-------------------|
| 1.- Relación agua/ cemento | = | 0.30 | |
| 2.- Porcentaje de vacíos | = | 10% | |
| 3.- Peso específico de masa | = | 2.63 | g/cm ³ |
| 4.- Peso unitario compactado seco del agregado grueso | = | 1481 | kg/m ³ |
| 5.- Peso específico del cemento Análisis Tipo I | = | 3.12 | g/cm ³ |
| 6.- Hoyo granulométrico según ASTM | = | 56 | |

CÁLCULO DE % DE VOLUMEN DE LA PASTA CON UN 15% DE VACIOS:



%Vp = 25.6%

% vacíos = 15%

CÁLCULO DEL AGUA Y CEMENTO:

$$\%Vp = \%VH2O + \%Vcemento$$

$$0.256 = \frac{0.3c}{1000} + \frac{c}{3120}$$

CEMENTO	412.6	kg
AGUA	123.8	kg

Relación a/c	=	0.30
PUCS	=	1481 kg/m ³
PEM	=	2.63 g/cm ³
ABS	=	1.16%
C.H.	=	0.63%

CÁLCULO DE LA PIEDRA:

Table A7.6—Effective b/b_p values

Percent fine aggregate	b/b_p	
	No. 8	No. 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.83	0.86

Piedra = $0.99 \times P.U.C.S$
 $b/b_p = 0.99$
PIEDRA 1466.19 kg



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Nombre de la tesis: Bach. Ing. Angélica Suso Sotelo Rosales
 Nombre de la tesis: Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación: Huancayo - Junín
 Fecha de emisión: 16-06-21

DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE

DISEÑO ESTÁTICO:

Material	Peso (ton)	Peso Específico (g/cm ³)	Volumen Absoluto (m ³)	Diseño Unitario (kg)
Cemento	413	3.12	0.132	1.00
Agua	124	1	0.124	0.30
Piedra	1466	2.63	0.557	3.55
%Vacios	-	-	0.10	-
TOTAL	2003		0.91	

$\text{Peso Piedra} = \text{PUCS} \times (1 - \text{CH}\%)$
 Peso Piedra = 1490.3 kg

$\text{AGUA} = \text{PUCS} \times (\% \text{Abs} - \% \text{CH})$
 AGUA = 7.85 Lt

Agua Efectiva = 131.6 Lt

DISEÑO DINÁMICO:

Material	Peso (ton)	Diseño Unitario (kg)	Tanda de uso seco (kg)
Cemento	413	1.00	42.50
Agua	124	0.32	13.56
Piedra	1490	3.61	153.53
%Vacios	0.15	-	-
TOTAL	2035		209.58



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1606-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angeles Suazo Nataly Rozana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 16-06-21

Método de ensayo para la determinación del peso unitario del concreto en estado fresco
NTP 339.046

Diseño de Mezcla	% Plastificante	Masa del molde + masa del concreto fresco (kg)	Masa del molde (kg)	Masa del concreto fresco (kg)	Volumen del molde (m ³)	Masa del concreto fresco (kg/m ³)	Promedio del Peso unitario del concreto fresco (kg/m ³)
f _c = 210 kg/cm ²	Patrón	6.125	3.261	2.864	0.0016	1790	1792
		6.134	3.263	2.871	0.0016	1794	
		6.128	3.260	2.868	0.0016	1793	
	0.25%	6.145	3.263	2.882	0.0016	1801	1807
		6.164	3.265	2.899	0.0016	1812	
		6.157	3.263	2.894	0.0016	1809	
	0.50%	6.173	3.267	2.906	0.0016	1816	1821
		6.175	3.264	2.911	0.0016	1819	
		6.182	3.260	2.922	0.0016	1826	
	0.75%	6.194	3.262	2.932	0.0016	1833	1830
		6.196	3.266	2.930	0.0016	1831	
		6.193	3.269	2.924	0.0016	1828	

Diseño de Mezcla	% Plastificante	Masa del molde + masa del concreto fresco (kg)	Masa del molde (kg)	Masa del concreto fresco (kg)	Volumen del molde (m ³)	Masa del concreto fresco (kg/m ³)	Promedio del Peso unitario del concreto fresco (kg/m ³)
f _c = 210 kg/cm ²	1.00%	6.251	3.261	2.990	0.0016	1869	1864
		6.242	3.263	2.979	0.0016	1862	
		6.238	3.260	2.978	0.0016	1861	
	1.25%	6.281	3.263	3.018	0.0016	1886	1889
		6.287	3.265	3.022	0.0016	1889	
		6.289	3.263	3.026	0.0016	1891	
	1.50%	6.302	3.262	3.040	0.0016	1900	1901
		6.307	3.266	3.041	0.0016	1901	
		6.312	3.269	3.043	0.0016	1902	



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1606-2021
Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angéles Susso Nataly Roxana
Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 16-06-21

Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto del cemento portland
NTP 339.035

Disño de Mezcla	% Plastificante	Asentamiento - Slump
f _c = 210 kg/cm ²	0.00%	0 pulgadas
	0.25%	1/5 pulgadas
	0.50%	2/5 pulgadas
	0.75%	3/5 pulgadas

Disño de Mezcla	% Super plastificante	Asentamiento - Slump
f _c = 210 kg/cm ²	1.00%	4/5 pulgadas
	1.25%	1 pulgadas
	1.50%	1 1/5 pulgadas



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1606-2021
Nombre de la testista : Bach. Ing. Angeles Suazo Nataly Roxana
Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 16-06-21

Método de ensayo normalizado para determinar la temperaturas de mezclas de hormigón (concreto)

NTP 339.184

Diseño de Mezcla	% Plastificante	Temperatura °C
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Patrón	20.4
	0.25%	19.6
	0.50%	19.2
	0.75%	20.1

Diseño de Mezcla	% Super plastificante	Temperatura °C
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1.00%	20.3
	1.25%	20.6
	1.50%	19.8

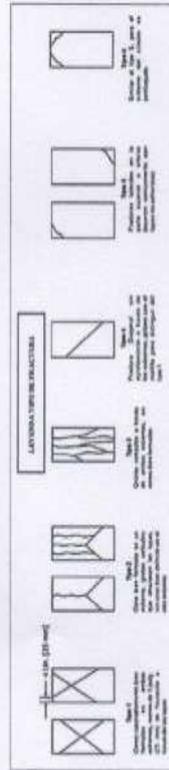


	INFORME DE ENSAYO		Código	C3-FOR-410
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión	01
	NTP 339.034		Fecha	02-01-20
			Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bsch. Ing. Angeles Suzco Nambu Rocca
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Térigo N°	Diseño de mezcla	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f_c (kg/cm²)	Promoción de la resistencia a la compresión f_c (kg/cm²)	Tipo de fractura	Defectos
1	Pavito $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	16-06-21	23-06-21	7	101.2	8043.6	105.62	13.1	133.9	134.5	Tipo 2	No
2		16-06-21	23-06-21	7	101.3	8059.5	106.28	13.2	134.5		Tipo 1	No
3		16-06-21	23-06-21	7	101.5	8091.4	107.15	13.2	135.1		Tipo 3	No
4		16-06-21	30-06-21	14	101.5	8091.4	133.86	16.8	171.3	174.7	Tipo 2	No
5		16-06-21	30-06-21	14	101.1	8027.7	140.21	17.5	178.2		Tipo 1	No
6		16-06-21	30-06-21	14	101.2	8043.6	137.82	17.1	174.8		Tipo 3	No
7		16-06-21	14-07-21	28	101.1	8027.7	174.25	21.7	221.4	223.4	Tipo 2	No
8		16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	176.19	21.9	223.4		Tipo 1	No
9		16-06-21	14-07-21	28	101.1	8027.7	177.42	22.1	225.4		Tipo 2	No

NOTAS:
 1) Este prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



G3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín
 Celular: 987-808992
 Email: laboratorio@cienciasespecializadas.com

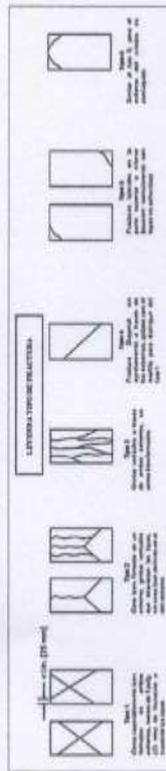
	INFORME DE ENSAYO			Codigo	C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas			Versión	01
	NTP 339.034			Fecha	02-01-20
				Páginas	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bsch. Ing. Angeles Suarez Nautaly Rocama
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, [Huancayo – 2021]
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Testigo N°	Diseño de mezcla	% Plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección roca (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f _c (kg/cm ²)	Procedimiento de la resistencia a la compresión f _c (kg/cm ²)	Tipo de fractura	Defectos
1			15-06-21	23-06-21	7	101.2	8043.6	110.63	13.8	140.3		Tipo 3	No
2			16-06-21	23-06-21	7	101.2	8043.6	112.51	14.0	142.7	142.8	Tipo 2	No
3			16-06-21	23-06-21	7	101.3	8059.5	114.87	14.3	145.4		Tipo 1	No
4			16-06-21	30-06-21	14	101.4	8075.4	142.25	17.6	179.7		Tipo 3	No
5	f _c = 210 kg/cm ²	0.25%	16-06-21	30-06-21	14	101.2	8043.6	143.85	17.9	182.4	182.1	Tipo 2	No
6			16-06-21	30-06-21	14	101.1	8027.7	144.96	18.1	184.2		Tipo 3	No
7			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	179.58	22.3	227.7		Tipo 3	No
8			16-06-21	14-07-21	28	101.1	8027.7	180.14	22.4	228.9	228.7	Tipo 2	No
9			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	180.96	22.5	229.5		Tipo 1	No



NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos sólo corresponden a las muestras proporcionales por el solicitante.



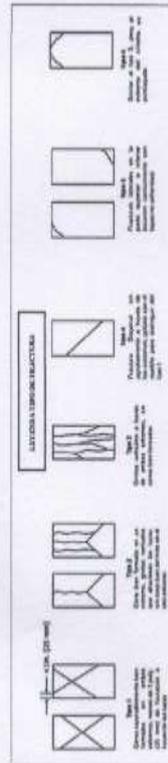
C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Av. Los Próceres N° 1000 - Chiles - Huancayo - Junín
 Celular: 917-998992
 Email: laboratorio@ingenieriaspecializadasac.com

INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.		INFORME DE ENSAYO		C3-FOR-010
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		NTP 339.034	Código	01
			Versión	02-01-20
			Fecha	1 de 1
			Página	

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bch. Ing. Angeles Suarez Nataly Rosina
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plástificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huanuco - 2021
 Ubicación : Huanuco - Jazmín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Testigo N°	Diámetro de muestra	% Plástificante	Fecha de vacado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	C Tipo de fractura	Dedativo
1			16-06-21	23-06-21	7	101.5	8091.4	116.25	14.4	146.5	140.2	Tipo 2	No
2			16-06-21	23-06-21	7	101.4	8075.4	118.43	14.7	149.6		Tipo 3	No
3			16-06-21	23-06-21	7	101.1	8027.7	119.16	14.8	151.4		Tipo 2	No
4			16-06-21	30-06-21	14	101.2	8043.6	145.28	18.1	184.2		Tipo 1	No
5	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	0.50%	16-06-21	30-06-21	14	101.2	8043.6	147.21	18.3	186.7	187.0	Tipo 2	No
6			16-06-21	30-06-21	14	101.1	8027.7	149.63	18.6	190.1		Tipo 2	No
7			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	181.24	22.5	229.8		Tipo 3	No
8			16-06-21	14-07-21	28	101.4	8075.4	182.41	22.6	230.4	229.9	Tipo 2	No
9			16-06-21	14-07-21	28	101.5	8091.4	181.96	22.5	229.4		Tipo 2	No

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, vital o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras preparadas por el solicitante.

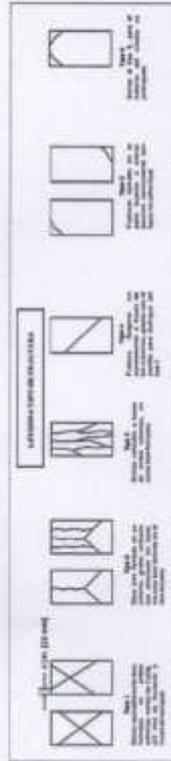


C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
 Av. Los Próceros N° 1000 - Chilón - Huanuco - Junín
 Celular: 947 498992
 Email: laboratorio@ingenieriaespecializada.com

Expediente N° : 1407-2021
Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angélica Susana Nishly Roxana
Número de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Hunucayo - 2021.
Nombre de la tesis : Hunucayo - Justa
Ubicación : Hunucayo - Justa
Fecha de emisión : 14-07-21

Tamigo N°	Diseño de muestra	% Plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm ²)	5. Tipo de fractura	Defectos
1			16-06-21	23-06-21	7	101.2	8043.6	120.36	13.0	132.6	134.2	Tipo 1	No
2			16-06-21	23-06-21	7	101.2	8043.6	121.85	15.1	154.5		Tipo 1	No
3			16-06-21	23-06-21	7	101.3	8099.5	122.74	15.2	155.3		Tipo 3	No
4			16-06-21	30-06-21	14	101.5	8091.4	130.26	18.6	189.4		Tipo 2	No
5	f _c = 210 kg/cm ²	0.75%	16-06-21	30-06-21	14	101.2	8043.6	151.42	18.8	192.0	191.7	Tipo 1	No
6			16-06-21	30-06-21	14	101.2	8043.6	132.67	19.0	193.6		Tipo 2	No
7			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	183.21	22.8	232.3	233.2	Tipo 2	No
8			16-06-21	14-07-21	28	101.1	8027.7	184.25	23.0	234.1		Tipo 1	No
9			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	183.94	22.9	233.3		Tipo 3	No

NOTAS:
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las mismas proporciones por el solicitante.



Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la prueba : Bndh, Ing. Angelos Susco Natsaly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificantes y superplastificantes en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Temple N°	Diámetro de muestra	% Superplastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	Tipo de fractura	Defectos
1			16-06-21	22-06-21	7	101.2	8043.6	122.83	13.1	153.8	150.8	Tipo 2	Mo
2			16-06-21	23-06-21	7	101.1	8027.7	123.63	13.4	157.1		Tipo 2	Mo
3			16-06-21	27-06-21	7	101.2	8043.6	124.14	13.4	157.4		Tipo 3	Mo
4			16-06-21	30-06-21	14	101.1	8027.7	153.26	19.1	184.7		Tipo 1	Mo
5	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1.00%	16-06-21	30-06-21	14	101.2	8043.6	154.12	19.2	195.4	194.9	Tipo 2	Mo
6			16-06-21	30-06-21	14	101.0	8039.5	153.08	19.1	194.3		Tipo 1	Mo
7			16-06-21	14-07-21	28	101.1	8027.7	187.21	23.3	237.9		Tipo 1	Mo
8			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	186.25	23.2	236.2	237.3	Tipo 3	Mo
9			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	187.02	23.3	237.9		Tipo 1	Mo

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras representativas por el solicitante.



Expediente N° : 1407-2021

Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angélica Susana Nativy Rosales

Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo -- 2021

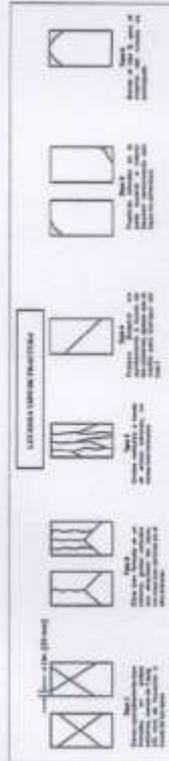
Ubicación : Huancayo - Junín

Fecha de emisión : 14-07-21

Tipo de muestra N°	Diámetro de muestra	% Super plastificante	Fecha de muestreo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la muestra recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Tipo de fractura	Defectos
1			16-06-21	23-06-21	7	101.2	8043.6	125.36	15.6	139.0	130.4	Tipo 3	Mo
2			16-06-21	23-06-21	7	101.1	8027.7	125.19	15.6	139.1		Tipo 2	Mo
3			16-06-21	30-06-21	7	101.2	8043.6	126.31	15.7	140.2		Tipo 1	Mo
4			16-06-21	30-06-21	14	101.3	8059.5	135.24	19.3	196.5		Tipo 2	Mo
5	Pl = 210 kg/m ³	1.25%	16-06-21	30-06-21	14	101.4	8075.4	136.31	19.4	197.4	196.4	Tipo 2	Mo
6			16-06-21	30-06-21	14	101.6	8107.3	135.27	19.2	193.3		Tipo 3	Mo
7			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	185.32	23.5	240.1	239.3	Tipo 1	Mo
8			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	188.71	23.5	239.3		Tipo 2	Mo
9			16-06-21	14-07-21	28	101.3	8050.5	189.83	23.6	240.3		Tipo 3	Mo

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras preparadas por el solicitante.



	INFORME DE ENSAYO		Cladigo	CL-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión	01
			Fecha	02-01-20
	NTP 339.034		Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angeles Suarez Nanyly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Jazmín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Tipo 3º	Diámetro de muestra	% Super plastificante	Fecha de vacado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (cm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f _c (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión f _c (kg/cm ²)	Tipo de fractura	Detalles
1			16-06-21	23-06-21	7	101.2	8043.6	127.89	15.9	162.2		Tipo 2	No
2			16-06-21	23-06-21	7	101.3	8092.5	128.12	15.9	162.1	162.2	Tipo 1	No
3			16-06-21	23-06-21	7	101.4	8075.4	128.36	15.9	162.1		Tipo 2	No
4			16-06-21	30-06-21	14	101.6	8107.3	157.85	19.5	198.6		Tipo 3	No
5	f _c = 210 kg/cm ²	1.50%	16-06-21	30-06-21	14	101.5	8091.4	159.12	19.7	205.6	202.2	Tipo 2	No
6			16-06-21	30-06-21	14	101.4	8075.4	159.45	19.7	201.4		Tipo 1	No
7			16-06-21	14-07-21	28	101.1	8027.7	192.33	24.0	244.4		Tipo 2	No
8			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	198.16	24.1	248.2	243.5	Tipo 1	No
9			16-06-21	14-07-21	28	101.2	8043.6	193.83	24.1	243.8		Tipo 2	No

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras preparadas por el solicitante.



G3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Av. Los Polos 3º 1000 - Chloa - Huancayo - Jazmín
 Callcenter: 947-818592
 Email: laboratorio@g3ingenieriaespecializada.com

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Ángelen Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diámetro
NTP 339.084

Resistencia de diseño	---	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)
					Diámetro	Longitud			
f _c = 210 kg/cm ²	Patrón	16-06-21	23-06-21	7	100	200	25.26	8.2	8.3
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	25.89	8.4	
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	25.41	8.3	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	45.19	14.7	14.8
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	46.15	15.0	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	45.85	14.9	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	74.21	24.1	24.4
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	75.64	24.6	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	75.18	24.4	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Ángeles Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto
 : permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral
NTP 339.084

Resistencia de diseño	% Plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)
					Diámetro	Longitud		
f _c = 210 kg/cm ²	0.25%	16-06-21	23-06-21	7	100	200	26.51	8.6
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	26.78	8.7
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	27.10	8.8
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	47.52	15.4
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	47.19	15.3
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	47.89	15.5
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	76.51	24.8
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	77.85	25.3
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	77.48	25.2



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
F-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1407-2021
Nombre de la tesis: Bach. Ing. Angeles Sotelo Nataly Roxana
Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 14-07-21

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diámetro
NTP 339.084

Resistencia de diseño	% Plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diámetro (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción diámetro (kg/cm ²)
					Diámetro	Longitud			
f _t = 210 kg/cm ²	0.50%	16-06-21	23-06-21	7	100	200	28.35	9.2	9.2
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	28.14	9.1	
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	28.83	9.2	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	49.62	16.1	16.2
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	49.57	16.1	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	50.78	16.3	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	79.26	23.7	26.1
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	81.54	26.5	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	80.63	26.2	



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Ángeles Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral
NTP 339.084

Resistencia de diseño	% Plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)
					Diámetro	Longitud			
f _c = 210 kg/cm ²	0.75%	16-06-21	23-06-21	7	100	200	29.34	9.5	9.6
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	30.17	9.8	
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	29.65	9.6	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	51.42	16.7	16.7
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	50.98	16.6	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	51.64	16.8	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	83.25	27.0	27.5
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	84.97	27.6	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	85.71	27.8	



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesista : Bach. Ing. Angeles Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diámetro
NTP 339.084

Resistencia de diseño	% Super plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diámetro (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción diámetro (kg/cm ²)
					Diámetro	Longitud			
f _c = 210 kg/cm ²	1.00%	16-06-21	23-06-21	7	100	200	30.58	9.9	10.1
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	31.62	10.3	
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	30.87	10.0	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	52.68	17.1	17.2
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	52.86	17.2	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	53.74	17.4	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	88.92	28.9	28.9
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	89.49	29.1	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	88.41	28.7	



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo – Junín
CELULAR : 947898992
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Ángeles Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral
NTP 339,084

Resistencia de diseño	% Super plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)
					Diámetro	Longitud			
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1.25%	16-06-21	23-06-21	7	100	200	32.25	10.3	10.6
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	32.14	10.4	
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	33.47	10.9	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	54.26	17.6	17.8
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	54.89	17.8	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	55.71	18.1	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	93.25	30.3	30.4
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	94.12	30.6	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	93.67	30.4	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1407-2021
Nombre de la tesis : Bach. Ing. Ángeles Susao Nataly Rocara
Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 14-07-21

Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral
NTP 339.084

Resistencia de diseño	% Superplastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm ²)
					Dímetro	Longitud			
f _t = 210 kg/cm ²	1.50%	16-06-21	23-06-21	7	100	200	34.26	11.1	11.3
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	35.12	11.4	
		16-06-21	23-06-21	7	100	200	34.78	11.3	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	56.82	18.4	18.5
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	57.26	18.6	
		16-06-21	30-06-21	14	100	200	57.08	18.5	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	98.25	31.9	31.8
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	97.86	31.8	
		16-06-21	14-07-21	28	100	200	98.18	31.9	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO



Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angéles Suso Neady Rosales
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huanayo - 2021
 Ubicación : Huanayo - Jirón
 Fecha de emisión : 14-07-21

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	—	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura f_r (MPa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm^2)	Promedio de módulo de rotura f_r (kg/cm^2)	
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	—	16-06-21	23-06-21	7	13.52	45.0	15.1	15.1	1.8	18.0	18.3	
		16-06-21	16-06-21		13.69	45.0	15.1	15.1	1.8	18.3		
		16-06-21	16-06-21		14.01	45.0	15.1	15.1	1.8	18.7		
	Patrón	—	16-06-21	30-06-21	14	19.36	45.0	15.1	15.1	2.6	26.1	26.0
			16-06-21	16-06-21		19.21	45.0	15.1	15.1	2.5	25.6	
			16-06-21	16-06-21		19.76	45.0	15.1	15.1	2.6	26.3	
	—	—	16-06-21	14-07-21	28	34.26	45.0	15.1	15.1	4.5	43.7	46.6
			16-06-21	14-07-21		34.78	45.0	15.1	15.1	4.5	46.4	
			16-06-21	14-07-21		35.82	45.0	15.1	15.1	4.7	47.8	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO



Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angeles Szaro Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	% Plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura f_r (MPa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	Promedio de módulo de rotura f_r (kg/cm ²)
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	0.25%	16-06-21	23-06-21	7	14.56	45.0	15.1	15.1	1.9	19.4	19.8
		16-06-21	16-06-21		15.21	45.0	15.1	15.1	2.0	20.3	
		16-06-21	16-06-21		14.79	45.0	15.1	15.1	1.9	19.7	
		16-06-21	30-06-21	21.36	45.0	15.1	15.1	2.8	28.5		
		18-06-21	16-06-21	22.34	45.0	15.1	15.1	2.9	29.8		
		16-06-21	16-06-21	21.78	45.0	15.1	15.1	2.8	29.0		
	0.25%	16-06-21	14-07-21	28	36.57	45.0	15.1	15.1	4.8	48.8	48.8
		16-06-21	14-07-21		36.28	45.0	15.1	15.1	4.7	48.4	
		16-06-21	14-07-21		36.94	45.0	15.1	15.1	4.8	49.2	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angélica Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimento, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Perú
 Fecha de emisión : 14-07-21

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	% Plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura F_r (MPa)	Módulo de rotura F_r (kg/cm^2)	Promedio de módulo de rotura F_r (kg/cm^2)
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	0.50%	16-06-21	23-06-21	7	16.32	45.0	15.1	15.1	2.1	21.8	21.8
		16-06-21	16-06-21		15.89	45.0	15.1	15.1	2.1	21.2	
		16-06-21	16-06-21		16.74	45.0	15.1	15.1	2.2	22.3	
		16-06-21	30-06-21	14	23.25	45.0	15.1	15.1	3.0	31.0	31.1
		16-06-21	16-06-21		23.74	45.0	15.1	15.1	3.1	31.6	
		16-06-21	16-06-21		22.07	45.0	15.1	15.1	3.0	30.6	
	16-06-21	14-07-21	28	38.26	45.0	15.1	15.1	5.0	51.0	50.6	
	16-06-21	14-07-21		37.48	45.0	15.1	15.1	4.9	50.0		
	16-06-21	14-07-21		38.12	45.0	15.1	15.1	5.0	50.8		



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO



Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la prueba : Bach. Ing. Angelis Suzao Naudy Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 306.078

Diseño de Mezcla	% Plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Modulo de rotura f_r (MPa)	Modulo de rotura f_r (kg/cm ²)	Promedio de modulo de rotura f_r (kg/cm ²)	
Fe = 210 kg/cm ²	0.75%	16-06-21	21-06-21	7	17.42	45.0	15.1	15.1	2.3	23.2	23.5	
		16-06-21	16-06-21		17.16	45.0	15.1	15.1	2.2	22.9		
		16-06-21	16-06-21		18.24	45.0	15.1	15.1	2.4	24.3		
		16-06-21	30-06-21	24.63	45.0	15.1	15.1	3.2	32.8	33.4		
		16-06-21	16-06-21	25.14	45.0	15.1	15.1	3.3	33.5			
		16-06-21	16-06-21	25.36	45.0	15.1	15.1	3.3	33.8			
			16-06-21	14-07-21	28	39.62	45.0	15.1	15.1	5.2	52.8	52.9
			16-06-21	14-07-21		39.14	45.0	15.1	15.1	5.1	52.2	
			16-06-21	14-07-21	40.25	45.0	15.1	15.1	5.3	53.7		



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO



Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la técnica : Bach. Ing. Angélica Santos Nataly Rosendo
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	% Super plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	Promedio de módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1.00%	16-06-21	21-06-21	7	18.69	45.0	15.1	15.1	2.4	24.9	25.3	
		16-06-21	16-06-21		19.14	45.0	15.1	15.1	2.5	25.5		
		16-06-21	16-06-21		19.03	45.0	15.1	15.1	2.5	25.4		
		16-06-21	30-06-21	14	26.35	45.0	15.1	15.1	3.4	35.1		
		16-06-21	16-06-21		26.14	45.0	15.1	15.1	3.4	34.8		
		16-06-21	16-06-21		25.89	45.0	15.1	15.1	3.4	34.5		
			16-06-21	14-07-21	28	41.25	45.0	15.1	15.1	5.4	55.0	55.6
			16-06-21	14-07-21		41.63	45.0	15.1	15.1	5.4	55.5	
			16-06-21	14-07-21		42.18	45.0	15.1	15.1	5.5	56.2	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO



Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la testista : Bach. Ing. Angeles Suazo Nataly Rosana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	% Super plastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura f_r (MPa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	Promedio de módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	
fe = 210 kg/cm ²	1.25%	16-06-21	23-06-21	7	20.36	45.0	15.1	15.1	2.7	27.1	27.7	
		16-06-21	16-06-21		21.47	45.0	15.1	15.1	2.8	28.6		
		16-06-21	16-06-21		20.45	45.0	15.1	15.1	2.7	27.3		
		16-06-21	30-06-21	27.36	45.0	15.1	15.1	3.6	36.5	35.9		
		16-06-21	16-06-21	26.31	45.0	15.1	15.1	3.4	35.1			
		16-06-21	16-06-21	27.08	45.0	15.1	15.1	3.5	36.1			
			16-06-21	14-07-21	28	42.36	45.0	15.1	15.1	5.5	56.5	56.9
			16-06-21	14-07-21		42.51	45.0	15.1	15.1	5.6	56.7	
			16-06-21	14-07-21		43.15	45.0	15.1	15.1	5.6	57.5	



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO



Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la obra : Bach. Ing. Angélica Susana Nativily Rosas
 Nombre de la obra : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	% Superplastificante	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura f_r (MPa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm^2)	Promedio de módulo de rotura f_r (kg/cm^2)	
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1.50%	16-06-21	23-06-21	7	22.56	45.0	15.1	15.1	2.9	30.1	30.0	
		16-06-21	16-06-21		22.15	45.0	15.1	15.1	2.9	29.5		
		16-06-21	16-06-21		22.86	45.0	15.1	15.1	3.0	30.5		
		16-06-21	30-06-21	28.95	45.0	15.1	15.1	3.8	38.0	37.5		
		16-06-21	16-06-21	27.36	45.0	15.1	15.1	3.6	36.5			
		16-06-21	16-06-21	28.14	45.0	15.1	15.1	3.7	37.5			
			16-06-21	14-07-21	28	44.26	45.0	15.1	15.1	5.8	59.0	59.7
			16-06-21	14-07-21		43.12	45.0	15.1	15.1	5.9	60.2	
			16-06-21	14-07-21		44.87	45.0	15.1	15.1	5.9	59.8	



	INFORME DE ENSAYO			Código	C3-FOR-015
	Ensayo de permeabilidad del concreto			Versión	01
	NTP 339.034			Fecha	03-01-20
				Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angeles Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo – 2021
 Ubicación : Huancayo - Jumi
 Fecha de emisión : 14-07-21

Muestra N°	Diseño de mezcla	---	Altura promedio (cm)	Díametro promedio (cm)	Relación Altura /Díametro	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad Promedio (cm/s)
1	f _c = 210 kg/cm ²	Patron	18.0	10.1	1.78	25.00	32.5	0.769	0.760
2			17.9	10.1	1.77	25.00	33.4	0.749	
3			18.3	10.1	1.81	25.00	34.1	0.733	
4			18.7	10.1	1.85	25.00	32.8	0.762	
5			18.9	10.1	1.87	25.00	32.1	0.779	
6			18.6	10.1	1.84	25.00	32.6	0.767	



	INFORME DE ENSAYO			Código	C3-FOR-015
	Ensayo de permeabilidad del concreto			Versión	01
	NTP 339.034			Fecha	03-01-20
				Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la resista : Bach. Ing. Angeles Suazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Muestra N°	Diseño de mezcla	% Plastificante	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Relación Altura /Diámetro	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad Promedio (cm/s)
1	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	0.25%	18.1	10.1	1.79	25.00	36.8	0.679	0.677
2			18.3	10.1	1.81	25.00	36.2	0.691	
3			18.6	10.1	1.84	25.00	37.8	0.661	
4			19.2	10.1	1.90	25.00	38.1	0.656	
5			18.4	10.1	1.82	25.00	36.1	0.693	
6			18.1	10.1	1.79	25.00	36.7	0.681	



	INFORME DE ENSAYO			Código	C3-FOR-015
	Ensayo de permeabilidad del concreto			Versión	01
	NTP 339.034			Fecha	03-01-20
				Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angéles Suszo Nataly Rosaura
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Muestra N°	Diseño de mezcla	% Plastificante	Altura promedio (cm)	Díametro promedio (cm)	Relación Altura /Diámetro	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad Promedio (cm/s)
1			18.4	10.1	1.82	25.00	40.2	0.622	0.617
2			18.1	10.1	1.79	25.00	41.3	0.605	
3			18.6	10.1	1.84	25.00	39.6	0.631	
4		0.50%	19.1	10.1	1.89	25.00	40.5	0.617	
5	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$		18.8	10.1	1.86	25.00	41.9	0.597	
6			18.5	10.1	1.83	25.00	39.8	0.628	



	INFORME DE ENSAYO			Código	C3-FOR-015
	Ensayo de permeabilidad del concreto			Versión	01
	NTP 339.034			Fecha	03-01-20
				Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angeles Soazo Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Muestra N°	Diseño de mezcla	% Plastificante	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Relación Altura / Diámetro	Columna de agua (cm)	Tiempo (h)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad Promedio (cm/s)
1	f _c = 210 kg/cm ²	0.75%	18.3	10.1	1.81	25.00	44.1	0.567	0.562
2			19.1	10.1	1.89	25.00	45.2	0.553	
3			18.5	10.1	1.83	25.00	43.8	0.571	
4			18.3	10.1	1.81	25.00	45.4	0.551	
5			18.1	10.1	1.79	25.00	44.6	0.561	
6			18.7	10.1	1.85	25.00	43.9	0.569	



	INFORME DE ENSAYO			Código	C3-FOR-015
	Ensayo de permeabilidad del concreto			Versión	01
	NTP 339.034			Fecha	03-01-20
				Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Esch. Ing. Angeles Sanzo Nazaly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Muestra N°	Diseño de mezcla	% Super plastificante	Altura promedio (cm)	Diámetro promedio (cm)	Relación Altura /Diámetro	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad Promedio (cm/s)
1	F _c = 210 kg/cm ²	1.00%	18.6	10.1	1.84	25.00	47.5	0.526	0.522
2			18.4	10.1	1.82	25.00	48.2	0.519	
3			18.6	10.1	1.84	25.00	48.1	0.520	
4			18.5	10.1	1.83	25.00	47.3	0.529	
5			18.8	10.1	1.86	25.00	47.9	0.522	
6			19.1	10.1	1.89	25.00	48.3	0.518	



	INFORME DE ENSAYO			Código	C3-POR-015
	Ensayo de permeabilidad del concreto NTP 339.034			Versión	01
				Fecha	03-01-20
				Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la tesis : Bach. Ing. Angeles Suazo Nauty Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificantes y superplastificantes en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Muestra N°	Diseño de mezcla	% Super plastificante	Altura promedio (cm)	Dímetro promedio (cm)	Relación Altura /Dímetro	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad Promedio (cm/s)
1	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	1.25%	18.3	10.1	1.81	25.00	51.2	0.488	0.481
2			18.5	10.1	1.83	25.00	53.4	0.468	
3			18.4	10.1	1.82	25.00	51.8	0.483	
4			18.6	10.1	1.84	25.00	51.1	0.489	
5			18.8	10.1	1.86	25.00	52.8	0.473	
6			18.3	10.1	1.81	25.00	51.6	0.484	



	INFORME DE ENSAYO			Código	C3-FOR-015
	Ensayo de permeabilidad del concreto			Versión	01
				Fecha	03-01-20
	NTP 339.034			Página	1 de 1

Expediente N° : 1407-2021
 Nombre de la resista : Baelh. Ing. Angelos Suarez Nataly Roxana
 Nombre de la tesis : Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-07-21

Muestra N°	Diseño de mezcla	% Super plastificante	Altura promedio (cm)	Díametro promedio (cm)	Relación Altura /Diámetro	Columna de agua (cm)	Tiempo (s)	Permeabilidad (cm/s)	Permeabilidad Promedio (cm/s)
1	f'c = 210 kg/cm ²	1.50%	18.5	10.1	1.83	25.00	57.2	0.437	0.440
2			18.3	10.1	1.81	25.00	56.3	0.444	
3			18.5	10.1	1.83	25.00	55.8	0.448	
4			18.3	10.1	1.81	25.00	56.1	0.446	
5			18.4	10.1	1.82	25.00	57.8	0.433	
6			18.1	10.1	1.79	25.00	57.4	0.436	



ANEXO 5: Panel fotográfico



Fotografía N°01: Proceso de cuarteo de la muestra de agregado grueso.



Fotografía N°02: Proceso de extracción de la muestra de agregado grueso para los ensayos.



Fotografía N°03: Ensayo de Peso Unitario Suelto.



Fotografía N°04: Proceso de raseado para la determinación del PUCs.



Fotografía N°05: Proceso de varillado del agregado grueso para la determinación del PUC.



Fotografía N°06: Proceso de raseado del agregado grueso para la determinación del PUC.



Fotografía N°07: Obtención del peso del agregado grueso para la determinación del PUCs.



Fotografía N°08: Obtención del peso del agregado grueso para la determinación del PUC.



Fotografía N°09: Proceso del ensayo de granulometría



Fotografía N°10: Proceso de zarandeo - ensayo de granulometría



Fotografía N°11: Proceso de obtención del peso retenido del agregado grueso - ensayo de granulometría



Fotografía N°12: Proceso de secado de la muestra para la determinación de contenido de humedad



Fotografía N°13: Proceso de obtención del peso seco de la muestra para la determinación de contenido de humedad.



Fotografía N°14: Proceso de ensayo del peso específico del agregado grueso



Fotografía N°15: Proceso de mezcla para determinación de los ensayos en estado fresco del concreto.



Fotografía N°16: Determinación de asentamiento del concreto a diferentes dosis de aditivo.



Fotografía N°17: Determinación de la temperatura para diferentes dosis de aditivo.



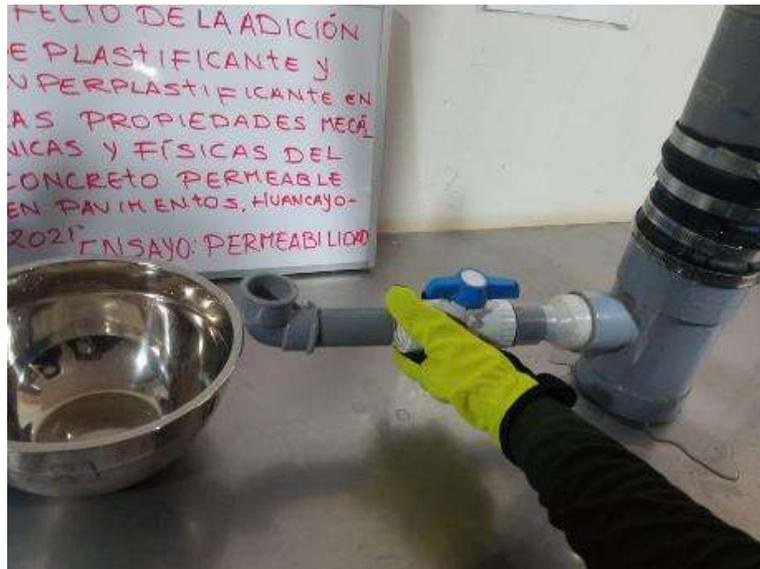
Fotografía N°18: Elaboración de vigas y probetas



Fotografía N°19: Proceso de rotura de vigas y probetas sometidas a compresión, tracción por compresión diametral y flexión.



Fotografía N°20: Proceso de rotura de vigas y probetas sometidas a compresión, tracción y flexión.



Fotografía N°21: Proceso de armado para el ensayo de permeabilidad



Fotografía N°22: Proceso de medición de velocidad de filtración del agua en la muestra de concreto permeable.