Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Pavimentos permeables con aditivo plastificante para drenaje de vías urbanas, Huayllay, Pasco

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Jesus Alejandro DE LA VEGA GONZALES

Brattson Mauricio SUSANO SANCHEZ

ASESOR

Luz Baltazara RAMOS LORENZO

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

De la Vega, J. & Susano, B. (2025). *Pavimentos permeables con aditivo plastificante para drenaje de vías urbanas, Huayllay, Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Jesus Alejandro De La Vega Gonzales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71860891
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-1959-1100
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Brattson Mauricio Susano Sanchez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76351990
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-6063-6553
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Luz Baltazara Ramos Lorenzo
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09997205
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1624-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jim Arturo Rivera Vidal
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	22510037
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Jorge Escalante Contreras

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	28286636
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Gerber Josafatt Zavala Ascaño
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	22521894
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	No aplica
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Pasco Provincia: Pasco Distrito: Huayllay Centro poblado: Huayllay Urbanización: Hualgaygaga Manzana y lote: No corresponde Calle: Jirón Arica Latitud: -11.0005 Longitud: -76.3730
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Septiembre 2024 – Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería del transporte https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.05 Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el lunes 15 de diciembre del 2025, siendo las 11:00 horas en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Mg. JIM ARTURO RIVERA VIDAL	Presidente
Dr. JORGE ESCALANTE CONTRERAS	Miembro
Dr. GERBER JOSAFATT ZAVALA ASCAÑO	Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la Tesis Mancomunada titulada: **«Pavimentos permeables con aditivo plastificante para drenaje de vías urbanas, Huayllay, Pasco»**, presentada por los Bachilleres JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES y BRATTSON MAURICIO SUSANO SANCHEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, asesorado por la Dra. LUZ BALTAZARA RAMOS LORENZO.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon al Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a: SATISFACTORIAMENTE

Concluida la Sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue: APROBADO (14) CATORCE

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**, a **JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES y BRATTSON MAURICIO SUSANO SANCHEZ.**

Siendo las 12:00 p.m. , se dio por concluido el acto académico, expidiéndose Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 15 de diciembre de 2025.

Mg. JIM ARTURO RIVERA VIDAL
PRESIDENTE

Dr. JORGE ESCALANTE CONTRERAS
MIEMBRO

Dr. GERBER JOSAFATT ZAVALA ASCAÑO
MIEMBRO

Dr. FÉLIX SANTIAGO SÁNCHEZ BENITES
DIRECTOR
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS * Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica * DIRECTOR E.P. DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

Anexo 1
CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, LUZ BALTAZARA RAMOS LORENZO, en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EP N.°008-2025-EPIC-FIGMMG/UNMSM de la tesis de investigación, cuyo título es "Pavimentos permeables con aditivo plastificante para drenaje de vías urbanas, Huayllay, Pasco", presentada por los bachilleres JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES y BRATTSON MAURICIO SUSANO SÁNCHEZ**,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 17% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil.

Lima, 15 de enero del 2026.

Firma del Asesor 

Nombres y Apellidos del asesor: LUZ BALTAZARA RAMOS LORENZO

DNI: 09997205

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a Dios, por ser la luz que guía nuestro camino, y a nuestra familia, por su incansable apoyo para conseguir nuestras metas. Esta tesis es una ofrenda a su amor y esfuerzo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su bendición constante.

A nuestras familias ya que fueron nuestro apoyo e inspiración para lograr nuestros objetivos.

A la Dra. Luz Ramos, por su compromiso, conocimientos y paciencia al guiarnos en la elaboración de esta tesis.

Al Ing. Juan Sebastián Bonilla Uribe y al Mg. Yvan Huaricallo Vilca, por abrirnos las puertas del laboratorio de Mecánica de Suelos y el laboratorio de Materiales para poder ejecutar los ensayos que requeríamos.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y maestros de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que nos formaron rigurosamente para afrontar grandes desafíos.

RESUMEN

El distrito de Huayllay presenta clima lluvioso y deficiente sistema de drenaje en sus vías urbanas, lo que ha tenido como consecuencia la presencia de inundaciones generando daños materiales a los pobladores. Ante esta situación, la presente tesis propone como sistema de drenaje pluvial para el Jirón Arica, del distrito de Huayllay, el uso del pavimento permeable. Esta investigación tiene como objetivo principal conocer de qué manera influyen los pavimentos permeables en el drenaje de vías urbanas. Para tal efecto, se realizó una caracterización de agregados, diseños de mezclas del concreto permeable según la norma ACI 522R, ensayos del concreto, tales como resistencia a la compresión, a la flexión y permeabilidad; y finalmente se analizaron y discutieron los resultados. Se tuvieron 6 dosificaciones con diferentes porcentajes de vacíos, plastificante y agregado fino; obteniendo como resultado más favorable las dosificaciones con porcentaje de vacíos de 13% y 8%, respectivamente, las cuales tuvieron una resistencia a la compresión aproximada a los 210 kg/cm^2 y una permeabilidad de 151.73 $L/min/m^2$ y 120.84 $L/min/m^2$, respectivamente; cumpliendo con la resistencia mínima requerida para pavimentos urbanos y la permeabilidad dentro del rango de la norma ACI 522R.

Palabras clave: concreto permeable, pavimento permeable, resistencia, permeabilidad, diseño de mezcla.

ABSTRACT

The district of Huayllay has a rainy climate and a deficient drainage system in its urban roads, which has resulted floods generating consequences like material damage to residents. In response to this situation, the present thesis proposes likes drainage system for Jr. Arica, of the district Huayllay, the use of permeable pavements. The main objective of this research is to determine how permeable pavements influence the drainage system of urban roads. For that case, we have realized a characterization of aggregates, design of proportions of pervious concrete taking like reference the ACI 522R, and concrete tests such as compressive strength, flexural strength, and permeability. Finally, the results were analyzed and discussed. Six dosages were realized and evaluated, which presented different void percentage, plasticizer, and fine aggregate; the most favorable results were the dosages that had void percentage of 13% and 8%, respectively. These dosages also achieved compressive strengths of approximately 210 kg/cm² and permeability of 151.73 L/min/m² and 120.84 L/min/m², respectively, achieving the minimum required strength for urban pavements and a permeability within range established by ACI 522R.

Keywords: pervious concrete, pervious pavement, strength, permeability, mix design

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Introducción 1

1.2 Planteamiento del problema 2

1.3 Objetivos de la investigación 4

1.4 Importancia y alcance de la investigación 5

1.5 Limitaciones de la investigación 5

CAPÍTULO II 6

2. MARCO TEÓRICO 6

2.1 Antecedentes de la investigación 6

2.2 Bases teóricas 13

2.2.1 Pavimentos permeables: 13

2.2.2 Drenaje en vías urbanas: 91

2.3 Definición de términos 130

CAPÍTULO III 132

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES 132

3.1 Las hipótesis 132

3.1.1 Hipótesis general. 132

3.1.2 Hipótesis específicas. 132

3.2 Las variables 132

3.3 Operacionalización de variables. 133

CAPÍTULO IV 134

4. MATERIALES Y MÉTODOS 134

4.1 Área de estudio 134

4.2 Diseño de investigación 134

4.3 Población y muestra 135

4.4 Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información 135

4.4.1 Procedimiento 135

4.4.2 Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de información 138

4.5 Análisis estadístico 138

CAPÍTULO V 139

5. RESULTADOS 139

5.1 Caracterización de agregados 139

5.1.1 Granulometría 139

5.1.2 Absorción 142

5.1.3 Humedad 144

5.1.4 Peso Específico 146

5.1.5 Peso unitario suelto – seco 149

5.1.6 Peso unitario compactado – seco 151

5.2 Diseño de mezcla 155
5.2.1 Diseño de mezcla sin arena 156
5.2.2 Diseño de mezcla con arena 168
5.3 Concreto permeable 174
5.3.1 Resistencia a la compresión 174
5.3.2 Resistencia a la flexión 183
5.3.3 Permeabilidad 185
5.4 Diseño estructural del pavimento permeable 190
5.5 Sistema de drenaje 192
5.5.1 Condiciones hidráulicas 192
5.5.2 Sección transversal 200
5.6 Costos 215
5.6.1 Costo de construcción 215
5.6.2 Costo de conservación 226
6. DISCUSIÓN 234
6.1 Resistencia a la compresión vs resistencia a la flexión vs plastificante 234
6.2 Resistencia a la compresión vs porcentaje de vacíos 236
6.3 Resistencia a la compresión vs permeabilidad 239
6.4 Porcentaje de vacíos vs permeabilidad 240
6.5 Análisis costo – efectividad 242

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 245

7.1 Conclusiones 245

7.2 Recomendaciones 248

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 250

9. ANEXOS 254

Anexo N°1. Matriz de consistencia. 255

Anexo N°2. Panel fotográfico 256

Anexo N°3. Planos y sección transversal. 275

Anexo N°4. Estudio de trafico 281

Anexo N°5. Resultados de los ensayos 291

Anexo N°6. Matriz de operacionalización de variables. 369

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de tipos de pavimentos permeables. 14

Tabla 2. Rangos de parámetros según el ACI 522R 19

Tabla 3. Valor de la F'cr. 24

Tabla 4. Relación b/b0. 26

Tabla 5. Relación b/b0. 31

Tabla 6. Requerimientos granulométricos para la subbase granular. 42

Tabla 7. Requerimientos de calidad para Sub-Base Granular 43

Tabla 8. Requerimientos Agregado Grueso para subbase granular. 44

Tabla 9. Requerimientos Agregado Fino para subbase granular. 44

Tabla 10. Categorías de la subrasante. 47

Tabla 11. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad. 48

Tabla 12. Estabilizador según el tipo de suelo. 51

Tabla 13. Estabilizador según el tipo de suelo – información complementaria. 52

Tabla 14. Espesor de sustitución según el tráfico. 54

Tabla 15. Cemento requerido según el tipo de suelo. 56

Tabla 16. Resumen de canteras pertenecientes o cercanas a la zona del proyecto. 59

Tabla 17. Resultados de ensayos de laboratorio de la cantera Patón Macizo Rocoso. 60

Tabla 18. Resultados de ensayos de laboratorio de la cantera Patón Macizo Rocoso. 61

Tabla 19. Usos y rendimientos de la cantera Patón Macizo Rocoso 62

Tabla 20. Uso y rendimiento de la cantera Patón Depósito Morrénico. 62

Tabla 21. Resultados de la cantera Patón Depósito Morrénico. 63

Tabla 22. Resultados del laboratorio de la cantera Sacrafamilia. 64

Tabla 23. Resultados de granulometría de la cantera Sacrafamilia. 65

Tabla 24. Resultados del laboratorio de la cantera Conoc. 66

Tabla 25. Número de ESAL según el tipo de tráfico pesado. 68

Tabla 26. Número de ESAL según el tipo de tráfico pesado. 69

Tabla 27. Número de ESAL según el tipo de tráfico pesado. 69

Tabla 28. Periodo de diseño según el tipo de vía. 71

Tabla 29. Valores recomendados de nivel de confiabilidad y desviación estándar. 73

Tabla 30. Valores de error estándar combinado. 73

Tabla 31. Índice de serviciabilidad. 74

Tabla 32. Condiciones de drenaje. 75

Tabla 33. Coeficiente de drenaje de las capas granulares Cd 76

Tabla 34. Valores del coeficiente de transferencia de carga. 76

Tabla 35. CBR mínimos recomendados para subbase granular. 77

Tabla 36. Rangos típicos de los factores de perdida de soporte (LS) para diferentes tipos de materiales 80

Tabla 37. Diámetros y longitudes recomendadas en barras de amarre. 86

Tabla 38. Sistemas de drenaje sostenible 92

Tabla 39. Propiedades mecánicas e hidráulicas de geotextiles para subdrenes viales..... 97

Tabla 40. Valores recomendados para Fi 99

Tabla 41. Valores recomendados para Fr 100

Tabla 42. Valores típicos de K. 107

Tabla 43. Pendientes máximas. 113

Tabla 44. Anchos mínimos de calzada en tangente. 115

Tabla 45. Anchos de calzadas según el tipo de vías locales. 116

Tabla 46. Anchos de bermas. 116

Tabla 47. Bombeo en Calzada. 117

Tabla 48. Valores de radio que no incluye la necesidad de un peralte. 118

Tabla 49. Peraltes máximos. 118

Tabla 50. Tipos de sistemas de tratamiento secundario y costos. 123

Tabla 51. Tipos de sistemas de tratamiento terciario y costos. 124

Tabla 52. Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de aguas residuales tratadas para el reúso agrícola. 127

Tabla 53. Requisitos de calidad de aguas residuales tratadas para reúso agrícola..... 128

Tabla 54. Clases de calidad de agua residual tratada. 128

Tabla 55. Frecuencias mínimas del control rutinario de aguas residuales tratadas para reúso agrícola. 129

Tabla 56. Operacionalización de variables. 133

Tabla 57. Resultados del ensayo de Granulometría del agregado grueso 139

Tabla 58. Resultados del ensayo de Granulometría del agregado fino 140

Tabla 59. Resultados del ensayo de Absorción para agregado grueso 142

Tabla 60. Resultados del ensayo de Absorción para agregado fino 143

Tabla 61. Resultados del ensayo de Humedad para agregado grueso 145

Tabla 62. Resultados del ensayo de Humedad para agregado fino 146

Tabla 63. Resultados del ensayo de Peso específico para agregado grueso 147

Tabla 64. Resultados del ensayo de Peso específico para agregado fino 148

Tabla 65. Resultados del ensayo de Peso unitario suelto - seco para agregado grueso 149

Tabla 66. Resultados del ensayo de Peso unitario suelto - seco para agregado fino 150

Tabla 67. Resultados del ensayo de Peso unitario compactado - seco para agregado grueso 152

Tabla 68. Resultados del ensayo de Peso unitario compactado - seco para agregado fino .. 153

Tabla 69. Cuadro resumen de los ensayos de los agregados 154

Tabla 70. Características de agregados a usar en la mezcla. 155

Tabla 71. Dosificación D1 158

Tabla 72. Dosificación D2 161

Tabla 73. Dosificación D3 164

Tabla 74. Dosificación D4 167

Tabla 75. Dosificación D5 170

Tabla 76. Dosificación D6 173

Tabla 77. Cuadro resumen - Dosificaciones 174

Tabla 78. Numeración de probetas realizadas para ensayos de compresión. 174

Tabla 79. Resultados de resistencia a la compresión. 180

Tabla 80. Numeración de vigas realizadas para ensayos de flexión. 183

Tabla 81. Resultados de resistencia a la flexión. 184

Tabla 82. Numeración de probetas para ensayo de permeabilidad. 185

Tabla 83. Resultados de permeabilidad en la fase de prehumedecimiento. 188

Tabla 84. Resultados de la permeabilidad en la fase de humedecimiento. 189

Tabla 85. Reporte del pavimento rígido permeable 191

Tabla 86. Datos de la estación meteorológica de Cerro de Pasco 193

Tabla 87. Datos fisiográficos de las subcuencas 195

Tabla 88. Calculo de valores de intensidad máxima 195

Tabla 89. Coeficientes utilizados en el método racional 196

Tabla 90. Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado 196

Tabla 91. Cálculo de los caudales según el método racional 197

Tabla 92. Caudal de diseño de cada vía 197

Tabla 93. Resultados de tirante y velocidad de las 9 subcuencas 198

Tabla 94. Verificación de caudales y tirantes 198

Tabla 95. Comparativa entre la intensidad máxima total y la permeabilidad 200

Tabla 96. Valores recomendados para Fi 202

Tabla 97. Valores recomendados para Fr 202

Tabla 98. Intervalo de la permeabilidad hidráulica para varios suelos 206

Tabla 99. Verificación de propiedades del geotextil no tejido NT3000 206

Tabla 100. Factores de reducción en geotextiles 207

Tabla 101. Factores de reducción escogidos 207

Tabla 102. Resistencia a la flexión y resistencia a la flexión. 234

Tabla 103. Resistencia a la compresión versus el porcentaje de vacíos 236

Tabla 104. Resistencia a la compresión versus el porcentaje de vacíos y pasta. 238

Tabla 105. Resistencia a la compresión versus permeabilidad. 239

Tabla 106. Porcentaje de vacíos versus permeabilidad ($L/min/m^2$) 241

Tabla 107. Diferencia de precios unitarios en las mismas partidas. 242

Tabla 108. Partidas adicionadas y/o eliminadas. 243

Tabla 109. Flujo económico de los tres sistemas de pavimentos 244

Tabla 110. Resumen – costos de los tres sistemas de pavimento. 245

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secciones del pavimento permeable. 13

Figura 2. Hormigón permeable. 15

Figura 3. Asfalto poroso. 15

Figura 4. PICP 15

Figura 5. Sección transversal típica del pavimento permeable propuesto. 16

Figura 6. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R 20

Figura 7. Relación agua cemento vs contenido de vacíos según el ACI 522R 21

Figura 8. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R 22

Figura 9. Resistencia a la compresión vs resistencia a la flexión según la norma ACI 522R 22

Figura 10. Permeabilidad vs contenido de vacíos según el ACI 522R 23

Figura 11. Contenido de pasta (%) vs porcentaje inicial de vacíos (%) 27

Figura 12. Resistencia a la compresión vs porcentaje de vacíos final. 30

Figura 13. Contenido de pasta (%) vs porcentaje inicial de vacíos (%) 32

Figura 14. Resistencia a la compresión vs porcentaje de vacíos final. 36

Figura 15. Uso de rodillo pequeño para áreas pavimentadas pequeñas 38

Figura 16. Manta para curado 39

Figura 17. Índice de Serviciabilidad inicial 74

Figura 18. Nomograma para determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante, suponiendo una profundidad infinita. 79

Figura 19. Corrección del Módulo efectivo de reacción de la subrasante por la pérdida de apoyo de subbase. 80

Figura 20. Carta de diseño de pavimentos rígidos – parte 1. 81

Figura 21. Carta de diseño de pavimentos rígidos – parte 2. 82

Figura 22. Detalle de junta de construcción según el MTC, capítulo 14. 83

Figura 23. Detalle de junta de contracción según el MTC, capítulo 14. 84

Figura 24. Pavimentación por carriles y en todo el ancho 87

Figura 25. Relación entre largo y ancho de un tablero de losas. 88

Figura 26. Barredora de aspiración de aire regenerativo..... 90

Figura 27. Sección típica de geodrén francés..... 98

Figura 28. Pendiente vs velocidad, según el tamaño de agregado 100

Figura 29. Anillo para ensayo de infiltración en el concreto permeable.....110

Figura 30. Longitud en pendiente.....113

Figura 31. Curvas verticales cóncavas y convexas. 114

Figura 32. Curvas verticales simétricas y asimétricas.....114

Figura 33. Sección transversal típica de una vía de una calzada con 2 carriles. 115

Figura 34. Pendientes de bermas. 117

Figura 35. Puntos de vertimiento – Huayllay. 121

Figura 36. Flujograma de tipos de tratamiento de aguas residuales..... 125

Figura 37. Flujograma de tipos de tratamiento de aguas residuales y potenciales usos..... 126

Figura 38. Tipo de tecnología de tratamiento y el tipo de reúso. 127

Figura 39. Ubicación del Jr. Arica donde se aplicará la investigación. 134

Figura 40. Proceso de elaboración del ensayo de granulometría en agregados gruesos 140

Figura 41. Curva granulométrica del agregado fino..... 141

Figura 42. Proceso de elaboración del ensayo de granulometría en agregados finos 141

Figura 43. Proceso de elaboración de ensayo de Absorción en agregado grueso 143

Figura 44. Proceso de elaboración de ensayo de Absorción en agregado fino 144

Figura 45. Proceso de elaboración de ensayo de Humedad en agregado grueso 145

Figura 46. Proceso de elaboración de ensayo de Humedad en agregado fino 146

Figura 47. Proceso de elaboración de ensayo de Peso Específico en agregado grueso 147

Figura 48. Proceso de elaboración de ensayo de Peso Específico en agregado fino 148

Figura 49. Proceso de elaboración de ensayo de Peso unitario suelto - seco en agregado grueso 150

Figura 50. Proceso de elaboración de ensayo de Peso unitario suelto - seco en agregado fino 151

Figura 51. Proceso de elaboración de ensayo de Peso unitario compactado - seco en agregado grueso 152

Figura 52. Proceso de elaboración de ensayo de Peso unitario compactado - seco en agregado fino 153

Figura 53. Diseño de mezcla – Dosificación D1 157

Figura 54. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R 158

Figura 55. Diseño de mezcla – Dosificación D2 160

Figura 56. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R 161

Figura 57. Diseño de mezcla – Dosificación D3 163

Figura 58. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R 164

Figura 59. Diseño de mezcla – Dosificación D4 166

Figura 60. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R 167

Figura 61. Diseño de mezcla - Dosificación D5 169

Figura 62. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R 170

Figura 63. Diseño de mezcla - Dosificación D6 172

Figura 64. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R 173

Figura 65. Colocado de desmoldante en probetas. 175

Figura 66. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D1. 176

Figura 67. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D2. 176

Figura 68. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D3. 177

Figura 69. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D4. 177

Figura 70. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D5. 178

Figura 71. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D6. 178

Figura 72. Vaciado de concreto a probetas de 4”x8”. 178

Figura 73. Vaciado de concreto a probetas de 6”x12”. 179

Figura 74. Curado de probetas 179

Figura 75. Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs tiempo (días). 180

Figura 76. Resistencia a la compresión de probetas sin arena. 181

Figura 77. Resistencia a la compresión de probetas con arena. 181

Figura 78. Probetas de concreto permeable antes de rotura. 182

Figura 79. Probeta de concreto permeable después de rotura. 182

Figura 80. Elaboración de vigas de concreto. 183

Figura 81. Resistencia a la flexión (kg/cm^2) vs tiempo (días)..... 184

Figura 82. Tubo y abrazadera en probeta de concreto..... 186

Figura 83. Medición de agua de 3.6 kg para fase de prehumedecimiento. 186

Figura 84. Vaciado de 3.6 kg de agua en fase de prehumedecimiento..... 187

Figura 85. Fase de humedecimiento..... 187

Figura 86. Filtración del agua a través del concreto permeable..... 188

Figura 87. Resultados de la permeabilidad en la fase de prehumedecimiento..... 189

Figura 88. Resultados de la permeabilidad en la fase de humedecimiento..... 190

Figura 89. Cálculo de ecuación de Intensidad Máxima en 24 horas..... 194

Figura 90. Cálculo de la sección de la cuneta con el programa Hcanales..... 199

Figura 91. Sección transversal de pavimento convencional..... 201

Figura 92. Filtro o geodrén francés 203

Figura 93. Velocidad del flujo vs Pendiente del Subdren..... 204

Figura 94. Geotextil no tejido NT3000. 208

Figura 95. Geomembrana lisa HDPE de 2.00 mm de espesor. 208

Figura 96. Parámetros del caudal según el software Geosoft..... 209

Figura 97. Selección del diseño según el software Geosoft 209

Figura 98. Parámetros de diseño según el software Geosoft..... 210

Figura 99. Resultados según el software Geosoft 210

Figura 100. Reporte según el software Geosoft 211

Figura 101. Sección transversal de pavimento permeable 214

Figura 102. Análisis de precios unitarios – Construcción. 215

Figura 103. Presupuesto de inversión – pavimento convencional. 221

Figura 104. APU’s modificados y/o incorporados – concreto permeable sin arena. 222

Figura 105. Presupuesto de inversión – pavimento permeable sin arena..... 224

Figura 106. APU modificado – concreto permeable con arena. 225

Figura 107. Presupuesto de inversión – pavimento permeable con arena..... 225

Figura 108. APU’s para conservación. 227

Figura 109. Presupuesto para conservación – pavimento convencional. 230

Figura 110. APU Barrido y aspirado en losa..... 230

Figura 111. APU’s modificados – conservación concreto permeable sin arena. 231

Figura 112. Presupuesto para conservación – pavimento permeable sin arena. 232

Figura 113. APU’s modificados – conservación concreto permeable con arena. 232

Figura 114. Presupuesto para conservación – pavimento permeable con arena. 233

Figura 115. Resistencia a la compresión versus Resistencia a la flexión..... 234

Figura 116. Resistencia a la compresión versus Resistencia a la flexión – ACI 522R. 235

Figura 117. Resistencia a la compresión versus el porcentaje de vacíos. 236

Figura 118. Porcentaje de vacíos versus resistencia a la compresión (psi). 237

Figura 119. Resistencia a la compresión vs % vacíos final vs % pasta. 238

Figura 120. Resistencia a la compresión versus permeabilidad. 239

Figura 121. Porcentaje de vacíos versus permeabilidad (L/min/m^2)..... 241

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Tras el paso del tiempo, uno de los grandes problemas que ha envuelto a la sociedad del Perú, ya sea en la costa, sierra o selva, es el estancamiento de aguas o escorrentías en las vías urbanas debido al deficiente sistema de drenaje y al inadecuado diseño geométrico de la vía.

Si bien, las calles o vías urbanas generalmente cuentan con pavimento flexible o rígido, ambos tienen la característica de ser impermeables, es decir, que retienen el agua para luego, en la mayoría de los casos, evacuarla hacia el sistema de drenaje respectivo mediante las pendientes transversales del pavimento y las estructuras de drenaje como por ejemplo: cunetas, bordillos, alcantarillas, etc.

Para este tipo de casos, una de las principales alternativas de solución es el uso de los pavimentos permeables; los cuales se caracterizan por tener una capacidad de infiltración del agua, lo que contribuye a mejorar la gestión de la escorrentía en el drenaje de las vías urbanas.

El concreto o pavimento permeable, materia de nuestra investigación, a diferencia de los pavimentos antes mencionados, los cuales son impermeables, impedirá que el agua o escorrentía se acumule en la superficie de rodadura. El concreto permeable se caracteriza por varias propiedades principales, como el porcentaje de vacíos que contiene, la relación de agua-cemento utilizada, su resistencia a la compresión y a la flexión, y su capacidad de infiltración.

Por otro lado, este pavimento permeable tiene una relación favorable con el medio ambiente, debido a que ofrece varios beneficios ecológicos, tales como la disminución de la

contaminación del agua y del suelo, además, ayuda a controlar los desbordamientos provocados por las lluvias intensas, entre otros (García-Haba et al., 2022).

La presente investigación se fundamenta en el Estudio de Mecánica de Suelos y en el Estudio Topográfico del expediente técnico del proyecto de inversión "Creación de pistas y veredas del Jr. Arica, Jr. Progreso, Jr. Luis Oropeza del barrio Hualgaygaga del distrito de Huayllay provincia de Pasco – departamento de Pasco" (CUI: 2569073), los cuales se usarán para el diseño del pavimento permeable de la presente investigación. Asimismo, se desarrollaron en la presente investigación el estudio de tráfico y el estudio hidrológico.

1.2 Planteamiento del problema

- Descripción de la problemática:

Las intensas lluvias causan inundaciones graves y deslizamientos de tierra, teniendo como consecuencias pérdidas tanto materiales como humanas; este tipo de situaciones se clasifican como fenómenos naturales atmosféricos que ocurren de forma estacional. Además, existen situaciones anómalas que, aunque poco frecuentes, también pueden generar impactos significativos para la población, evidenciados por informes que muestran las consecuencias negativas en ambos casos (N. & N., 2018).

En Pasco, provincia del área de influencia de la presente investigación, según el mapa climático del Perú del SENAMHI, se tiene un clima lluvioso con humedad abundante (Templado-B (r) B'); lo cual trae como consecuencia eventos de origen natural tales como el registro de lluvias intensas, como en el caso del 30 de enero del 2024 donde según el informe del Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) de Pasco se generaron daños materiales significativos. La emergencia más grave se registró en el distrito de Huayllay, en el cual se activó

la quebrada de Huachuacocha por las lluvias intensas lo cual tuvo como consecuencia el colapso del canal fluvial y la inundación de más de 20 viviendas en el barrio Arenales.

Además, según el reporte del "Instituto Nacional de Defensa Civil" (INDECI), el 21 de marzo del 2024 se presentaron lluvias intensas en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, donde se registraron deslizamientos que causaron daños materiales en la infraestructura de instituciones educativas, además, se inundaron las calles por el desborde de los ríos: San Cristóbal, San José y Anticona; lo cual afectó la calidad de vida de los ciudadanos de dicho distrito, además, se presentaron demoras en la ayuda y en los procedimientos respectivos frente a estas situaciones.

En el trabajo de campo realizado en la presente investigación se corroboraron los hechos reportados por INDECI y por el COER de Pasco, validando los datos de Senamhi, los cuales indican que dichas precipitaciones se intensifican entre los meses de Septiembre y Abril, generando inundaciones y el colapso del sistema de drenaje de las vías urbanas.

En este contexto, esta investigación propone mejorar el sistema de drenaje de las vías urbanas del distrito de Huayllay mediante el uso del pavimento permeable.

- Formulación del problema general:

¿De qué manera influyen los pavimentos permeables con aditivo plastificante en el drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?

- Formulación de los problemas específicos:
  - ✓ ¿De qué manera influye la dosificación del pavimento permeable con aditivo plastificante en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?

- ✓ ¿De qué manera influyen las propiedades físicas del concreto permeable en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?
- ✓ ¿De qué manera influye la dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?
- ✓ ¿De qué manera influyen las propiedades físicas del concreto permeable con aditivo plastificante en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?

1.3 Objetivos de la investigación

- Objetivo general:
  - ✓ Evaluar de qué manera influyen los pavimentos permeables con aditivo plastificante en el drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.

- Objetivos específicos:
  - ✓ Evaluar de qué manera influye la dosificación del pavimento permeable con aditivo plastificante en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.
  - ✓ Evaluar de qué manera influyen las propiedades físicas del pavimento permeable con aditivo plastificante en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.

- ✓ Evaluar de qué manera influye la dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.
- ✓ Evaluar de qué manera influyen las propiedades físicas del concreto permeable con aditivo plastificante en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.

1.4 Importancia y alcance de la investigación

La importancia de esta investigación radica en proponer una alternativa de solución al deficiente sistema de drenaje en las vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco, mediante el uso del pavimento permeable con aditivo plastificante, lo cual a la vez mejorará la vida útil de la capa de rodadura de las vías urbanas.

Esta investigación tiene como alcance conocer cómo contribuye el uso del pavimento permeable con aditivo plastificante, al drenaje de las vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco, Perú.

1.5 Limitaciones de la investigación

La presente investigación tiene como limitación la lejanía del lugar, las bajas temperaturas y la gran altitud en la que se encuentra el distrito de Huayllay; sin embargo, hemos realizado el trabajo de campo correspondiente, en donde hemos verificado la problemática y tomado la información necesaria para el desarrollo de la presente investigación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

(Díaz Vázquez et al., 2020), en su tesis hacen referencia a un estudio realizado en Uruguay correspondiente al concreto permeable con el objetivo de determinar dosificaciones a ser usadas o implementadas en la zona de influencia del estudio, determinando consigo propiedades imprescindibles del concreto permeable: resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, permeabilidad y densidad. Se realizaron ensayos de caracterización de agregados para determinar sus propiedades a ser usadas en el diseño de mezcla del concreto permeable. Se muestra recomendaciones de rangos para las dosificaciones del concreto, tales como, una relación agua – cemento entre 0.27 y 0.34, peso unitario del cemento por m^3 de concreto desde 270 kg a 415 kg, entre otros. Estos factores son claves para poder determinar la dosificación de un concreto permeable que permita tener una cantidad de poros o contenido de vacíos adecuado para la infiltración del agua y a la vez, pueda brindar una resistencia al tráfico. Se usó un agregado grueso de tamaño entre 6 a 15 mm, además, se realizaron dos dosificaciones, las cuales se distinguen de la relación agua cemento: 0.34 para la primera y 0.27 para la segunda. Se concluyó que la segunda dosificación, la cual tenía una relación agua – cemento de 0.27, presentó fallas en el mezclado por su bajo contenido de agua, lo que generó baja trabajabilidad al concreto.

(Ángeles, 2021) en su tesis busca determinar el efecto del aditivo plastificante y superplastificante en las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto permeable mediante el uso de varias dosificaciones y adiciones de estos aditivos. Se concluye que la relación de aditivo SikaCem en el concreto fresco, aumentaría su fluidez de manera proporcional; aumentando sus propiedades físicas y mecánicas, poniendo énfasis en la resistencia del concreto

y verificando los resultados con la normativa ACI 522R-10, asimismo se llega a la conclusión de que la permeabilidad disminuirá proporcionalmente con el uso del aditivo. Además, se determinó que el uso del aditivo plastificante tiene influencia en la dosificación del concreto permeable ya que, al incorporarle dicho aditivo, el agua de la mezcla se deberá reducir por propiedades intrínsecas del químico.

(Andrade et al., 2019), en su tesis hacen referencia al diseño de un concreto permeable con aplicación para veredas. Para ello, realizaron 12 diseños de mezclas, los cuales fueron diferenciados por los siguientes factores: relación agua cemento (0.30, 0.35 y 0.38), agregados gruesos (huso 7 y huso 67) y aditivos plastificantes. Cabe indicar que para el diseño de la mezcla usaron los lineamientos de la norma ACI 211.3R. Los ensayos indicaron que la relación más adecuada de agua – cemento es la de 0.35 usando agregado de huso 7, no tan grandes como el del huso 67, ya que dio la resistencia a compresión más alta con 196.13 kg/cm^2. Concluyeron que es de suma relevancia controlar la proporción de agua y cemento con el tamaño del agregado grueso, ya que son dos factores fundamentales para lograr una resistencia y permeabilidad consistentes.

(De La Cruz Morales, 2017) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil, hace mención del pavimento permeable como alternativa de drenaje en las calles de Ayacucho. Los diseños de mezcla del concreto se diferenciaron por los tipos de agregados usados (huso N°4, huso N°6 y huso N°8) y por el porcentaje de vacíos, los cuales fueron de 15% y 25%. Se concluyó que un concreto con 25% de vacíos presenta menor resistencia a la compresión que el de 15%, por ende, a mayor contenido de vacíos menor será la resistencia a la compresión. Asimismo, el que llegó a mayor resistencia a la compresión fue la mezcla que contuvo el agregado de huso N°8, concluyendo que, a mayor tamaño de agregado en diámetro, menor será la resistencia a la compresión.

(Navarro Vasquez & Leon Arevalo, 2019), en sus tesis hacen referencia a un diseño de concreto permeable el cual se aplicaría a estacionamientos dentro de la misma Universidad Nacional de San Martín. Se realizaron 36 dosificaciones, diferenciándose con la incorporación de arena o no, con diferentes porcentajes de vacíos (10%, 12% y 15%) y con diferentes tamaños de agregado grueso (3/8” y 3/4"). Se concluyeron, en base a los resultados de ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad, que las dosificaciones con arena tienden a mejorar la resistencia a la compresión manteniendo la misma relación agua – cemento (0.35 aproximadamente), además, se concluyó que la permeabilidad se reduce cuando se adiciona el agregado fino (arena gruesa) a la dosificación.

(Castro et al., 2009) en su artículo nos presenta un estudio de las dosificaciones de concreto poroso donde se utilizó dosificaciones con una relación agua - cemento de 0.29 a 0.41, asimismo, utilizó siete distintas relaciones agua – cemento para los agregados; además de utilizar porcentajes de vacíos de 15%, 17% y 19%; llegando a la conclusión que es recomendable utilizar proporciones de agua cemento de 0.35 y 0.38 para el concreto poroso, pues menores mezclas presentan muy poca resistencia y gran desprendimiento de áridos superficiales, mientras que mayores proporciones presentan escurrimiento de la pasta de cemento.

(Bautista Pereda, 2018) en su tesis presenta un diseño de un pavimento rígido permeable mediante el uso de la normativa ACI 522R-10, donde elaboró 5 diseños con diversos porcentajes de vacíos (10%, 15% y 20%) y agregado fino (0%, 10% y 20%), concluyendo que un mayor contenido de vacíos genera una mayor permeabilidad cumpliendo con las normas C.E. 010 y el ACI 522R-10.

(Guerra Chayna & Guerra Ramos, 2020), en su artículo presentan el diseño de un pavimento rígido permeable, en el cual se utilizó un diseño de mezcla a 28 días, logrando una

permeabilidad de 0.463 cm/s considerando los criterios del AASHTO 93. Concluyó que el concreto permeable es una alternativa adecuada para la evacuación de lluvia en vías urbanas con bajo tránsito vehicular.

(Cabello et al., 2015) en su artículo analiza la estructura del concreto permeable, describiendo sus principales componentes: cemento, agregado grueso, agua, aditivos y arena, usados en cantidades mínimas o incluso nulas para poder crear vacíos interconectados que permitan un rápido drenaje del agua de lluvia. Se concluye una relación entre la permeabilidad del concreto permeable con el drenaje de las vías urbanas por escorrentía y disminuyendo consigo el peligro de inundaciones y afectaciones a la población local aledaña.

(Solís-Carcaño & Moreno, 2006a), en su artículo menciona la búsqueda de factores que afectan la porosidad del concreto en sus propiedades mecánicas. Menciona los componentes principales del concreto, los cuales son: cemento humedecido y agregados selectos. En base a ello se buscó darle una conexión adecuada en el análisis de las partes para darle relevancia a la porosidad del concreto. Se concluyó que la relación entre el cemento y el agua es el principal factor de la variabilidad de la porosidad del concreto.

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005) en el “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas” menciona las adecuadas condiciones de diseño para el perfil longitudinal y transversal (bombeo) para una carretera o autopista en las condiciones climáticas, topográficas del Perú. El MTC recomienda y exige usar dicho manual para la ejecución adecuada de expedientes técnicos de obra de carretera, de esa forma se garantiza bajos riesgos de inundaciones, accidentes de tránsito, entre otros.

(Guerra, P. R. y Guerra, 2020) en su artículo analizaron el desempeño de un pavimento rígido permeable en la mejora de la eficiencia del sistema de drenaje a través del diseño de 4 tramos de vías de estudio como infraestructura urbana. Se diseñó tres tipos de mezclas adicionando tiras de polipropileno en base a la guía AASHTO 93. El resultado que se obtuvo enmarcó a un diseño de mezcla con un 0.05% de polipropileno el cual a los 28 días alcanzó un módulo de rotura de 31.74 kg/cm^2, siendo este uno de los parámetros más importantes ya que nos permite saber en qué momento el pavimento tenderá a fallar por flexión. La conclusión de este artículo fue que el pavimento rígido permeable es una alternativa eficiente para el adecuado drenaje pluvial y cumple los requerimientos estructurales que el diseño solicita.

(Dongo Gómez & Saavedra Pérez, 2021) en su artículo investigaron el impacto de añadir nano sílice como aditivo en la permeabilidad del concreto para determinar su viabilidad considerando las condiciones en Arequipa. Se crearon muestras cilíndricas de concreto de 15x30 cm, variando las relaciones agua/cemento a 0.60, 0.55 y 0.50, y dosis de nano sílice del 0.5% y 0.7%. Se evaluó el coeficiente de permeabilidad (a los 28 días) y la resistencia a la compresión axial (a los 3, 7 y 28 días). Los resultados indicaron que con un 0.5% de nano sílice, la permeabilidad del concreto disminuye a medida que la relación agua/cemento disminuye; pero con 0.7%, la permeabilidad disminuye hasta cierto punto y luego aumenta. Se concluye que, a mayor cantidad de cemento en la mezcla, menor es el efecto del aditivo. Las mezclas de concreto mostraron coeficientes de permeabilidad alrededor de 10^ (-12) m/s y resistencias en el rango de 300 a 485 kgf/cm^2.

(Solís-Carcaño & Moreno, 2006b) en su artículo realizaron un estudio experimental en muestras de laboratorio para descubrir los factores que influyen en la porosidad del concreto fabricado con agregados de piedra caliza triturada de alta absorción, los cuales podrían tener

propiedades inusuales. Esto se hizo al variar la proporción de agua y cemento, la relación entre los agregados gruesos y finos, así como la fuente de los agregados. Los resultados indicaron que la cantidad de agua y la relación agua-cemento fueron los factores principales que incidieron en la porosidad del material.

(Pomalaza Guillermo, 2021) en su tesis hace referencia a su estudio realizado en Huancayo, en el cual se determinó la influencia de los pavimentos de concreto permeable en el control de las acumulaciones de precipitaciones pluviales, aquí utiliza porcentajes de vacíos de 15%, 20% y 25%, además de utilizar agregados gruesos y finos; a los cuales se les realizo un ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, teniendo un resultado excelente para la reducción de la escorrentía pluvial para todos los porcentajes de vacíos en los rangos de pendientes de 0.5% a 6.00%; 0.5% a 7.00% y 0.5% a 8.00% respectivamente, tanto con el uso de finos como sin ellos.

(Chaiña J. & Villanueva Y., 2017) en su tesis tiene como objetivo comparar los resultados de 18 diferentes diseños de mezcla de concretos permeables, con la adición de aditivos Sika Viscocrete 1110 y EUCO Neoplast 8500 HP en diversas combinaciones y dosificaciones, se realizaron ensayos a los 7 y a los 28 días, a la compresión, tracción indirecta, flexión, desgaste y permeabilidad para los diseños con agregados finos, mientras que los que no tienen agregados finos, no se realizó ensayos, además se clasificaron según su calidad, respecto a los resultados, se tuvo una diferenciación entre los agregados gruesos y finos, en donde se demostró un mejor resultado para aquellos con finos y un 10% de vacíos, llegando hasta 290 kg/cm2 de resistencia a la compresión.

(Ortiz et al., 2024) en su investigación presenta la creación de diseños de pavimentos con adoquines drenantes, para lo cual se realizaron 2 diseños de mezcla, con 10 y 15% de agregados finos con la finalidad de obtener una resistencia mínima 330kg/cm2 y un coeficiente de

permeabilidad mínimo de 0.14 cm/s; obteniendo como resultados una resistencia a la compresión a los 28 días de 385.13 kg/cm2 y una permeabilidad a los 14 días de 0.13999 cm/s, realizando un diseño de pavimento de adoquín de 80mm de espesor, una cama granular de 50mm, una base granular de 100mm, una tubería de 6" y una geomembrana de 0.50mm, las cuales servirán como un subdren.

(Hernan et al., 2021) en su tesis presenta una serie de diseños de concreto permeable, enfocándose en la permeabilidad y capacidad de resistencia a la compresión y a la flexión, buscando una resistencia de 280 kg/cm2 y un módulo de rotura de 34 kg/cm2, además de una permeabilidad máxima de 312 Litros/min/m2; se realizaron 11 diseños de mezcla utilizando agregados gruesos del huso 8 y agregados finos, además se añadió un aditivo chema, obteniendo como máximo 348 kg/cm2 y un mínimo de 5.4% de vacíos, logrando una relación entre los diseños de mezcla y la permeabilidad, mencionando además una variación en los costes de construcción.

(Amorós & Bendezú, 2019) en su tesis se enfocó en encontrar un diseño de concreto permeable con una resistencia de 210 kg/cm2, utilizando una relación agua cemento de 0.38, un porcentaje de vacíos de 13%, 1.5% de aditivo superplastificante y un 7% de arena, a los cuales se les aplico ensayos de consistencia, densidad y contenido de vacíos al concreto fresco, además de ensayos de compresión, flexión y permeabilidad al concreto endurecido, tras lo cual se tuvo como resultados una resistencia a la compresión del prototipo de 261.58 kg/cm2 y una permeabilidad de 0.01744 m/s, siendo apto para su uso como superficie de rodadura en pavimentación.

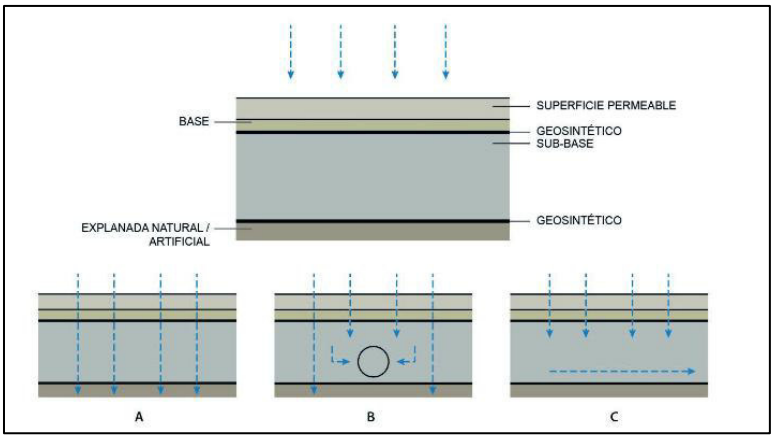
2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimentos permeables:

2.2.1.1 Definición:

Los pavimentos permeables son una técnica altamente valorada en el ámbito del drenaje urbano sostenible, pues ofrecen una gestión adecuada y sostenible de las aguas pluviales en entornos urbanos (García-Haba et al., 2022b). Las ventajas de utilizar este tipo de pavimentos son: la reducción de la escorrentía y la reducción del caudal de propagación, siendo que estas características están relacionadas por el coeficiente de escorrentía, el cual define la relación entre la precipitación que cae sobre el pavimento y el agua que se escurre en la superficie del pavimento.

Figura 1. Secciones del pavimento permeable.



Nota: El gráfico muestra los tres diferentes tipos de pavimentos según el nivel de infiltración. Tomado de https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/18290/15468

Según la figura 1, la sección transversal del pavimento tipo A permitiría una infiltración hacia la subrasante; la sección transversal tipo B, permitiría una infiltración parcial, es decir, cierta parte va hacia la subrasante y la otra hacia un subdrén; y, por último, la sección transversal tipo C, el agua infiltrada se dirige mediante un subdrén.

El agua se retiene de manera temporal bajo la superficie de pavimento permeable, y esta se dirige posteriormente hacia las capas y/o suelo, evacuándose a una red de drenaje. Por lo general la disposición de estos sistemas requiere de varias capas superpuestas: el pavimento permeable y la subbase, las cuales se apoyarán en el terreno natural o artificial, siendo que, de ser necesario, se colocarán entre capas materiales tales como geotextiles no tejidos y/o geomembranas, los cuales permitirán o restringirán el paso del agua de lluvia a través de ellas.

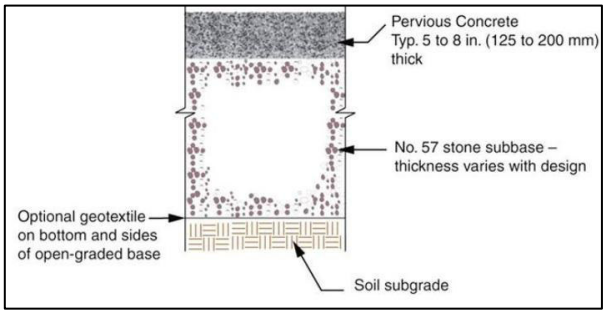
Respecto a ello, existen principalmente 3 tipos de pavimentos permeables, estos son: el hormigón o concreto permeable, el asfalto poroso y los pavimentos de hormigón permeable entrelazado (PICP, también llamados de adoquín), estos pavimentos presentan diferentes propiedades, por lo cual se debe escoger la más optima según los requisitos de cada sistema respecto a la zona a implementar.

A continuación, en la Tabla 1 mostraremos una comparativa de las propiedades de estos tres tipos de pavimentos permeables, así como las figuras 2, 3 y 4, que hacen referencias a los tipos de pavimento permeable, mencionados en el párrafo precedente:

Tabla 1. Propiedades de tipos de pavimentos permeables.

Propiedades	Hormigón permeable	Asfalto poroso	PICP
Espesor típico de la superficie del pavimento	5 a 8 pulgadas	De 3 a 4 pulgadas (más grueso para aplicaciones con cargas elevadas en las ruedas)	3 pulgadas
Propiedades de construcción	Vaciado en el lugar Curado de siete días, continuamente cubiertos	Vaciado en el lugar Curado de 24 horas	Sin período de curado Instalación manual o mecánica de unidades prefabricadas
Mantenimiento superficial	Aspiración periódica; reemplazarla si está completamente obstruida y no se puede limpiar.	Aspiración periódica; reemplazarla si está completamente obstruida y no se puede limpiar.	Aspiración periódica; reemplazar las piedras de unión si están completamente obstruidas y no se pueden limpiar

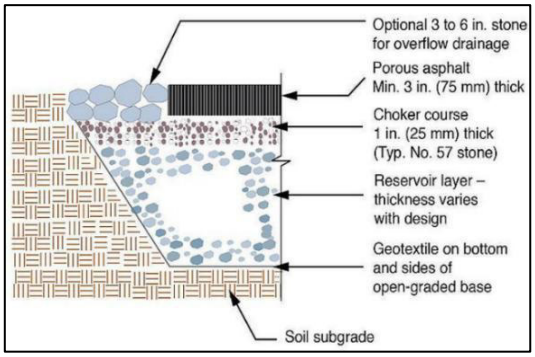
Figura 2. Hormigón permeable.



Nota: Se muestra la estructura del hormigón permeable. Tomado de

https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=File:Pervious_concrete_cross_section.jpg

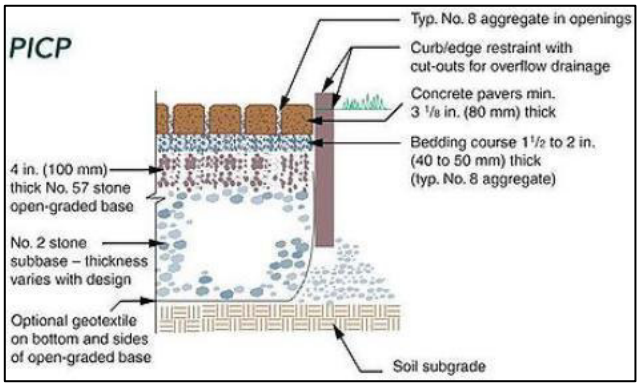
Figura 3. Asfalto poroso.



Nota: El gráfico muestra la estructura de un asfalto poroso. Tomado de

https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=File:Pervious_asphalt_cross_section.jpg

Figura 4. PICP.

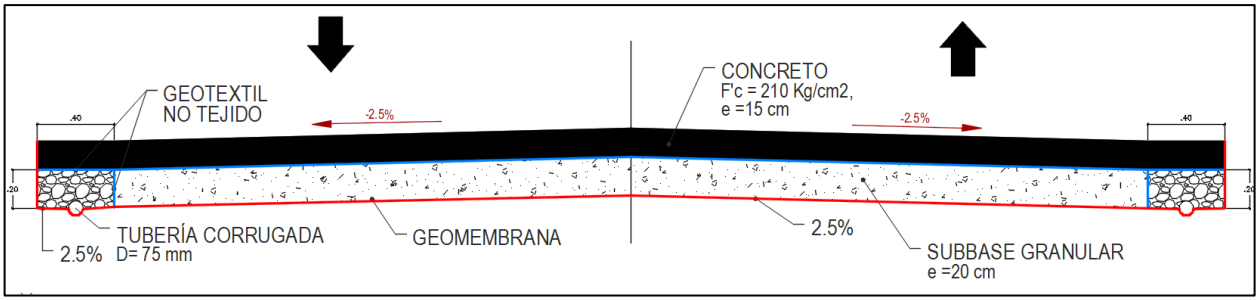


Nota: El gráfico muestra la estructura del PICP. Tomado de

https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=File:Permeable_interlocking_concrete_pavement_cross_section.jpg

Para nuestro proyecto de investigación utilizaremos el tipo hormigón permeable, el cual se muestra una sección transversal típica en la figura 5.

Figura 5. Sección transversal típica del pavimento permeable propuesto.



2.2.1.2 Estructura del pavimento:

2.2.1.2.1 Concreto Permeable:

2.2.1.2.1.1 Concepto:

Es un tipo de concreto compuesto por la mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino (en bajas o nulas proporciones), aditivos y agua; esta mezcla deberá producir un material resistente con poros conectados entre sí, con tamaños entre 2 a 8 milímetros (0.08 a 0.32 pulgadas) para permitir el paso del agua fácilmente a través del concreto, además, deberá tener un Slump de 0, asimismo, se debe tener un contenido de vacíos que oscile en el rango de 15% a 35% y deberá tener una resistencia a la compresión entre 2.8 y 28 Mpa.

Se considerará también la capacidad de infiltración de este, la cual variará según el tamaño y la densidad de los agregados, manteniéndose por lo general en el intervalo de 81 a 730 L/min/m^2.

2.2.1.2.1.2 Componentes:

2.2.1.2.1.2.1 Materiales cementantes

El cemento portland es usado principalmente como aglutinante en el concreto permeable, pero también se podría adicionar otros materiales, tales como ceniza volante, escoria granulada o humo de sílice.

Tenemos que considerar que a mayor adición de materiales cementantes, el concreto se volverá más resistente, sin embargo, existe una disminución en el porcentaje de vacíos del diseño, lo cual disminuye su capacidad de infiltración de agua, por lo cual el ACI 522R nos recomienda diseñar con cantidades que oscilen entre 270 y 450 kg para 1m3 de mezcla.

2.2.1.2.1.2.2 Agregados

El agregado que generalmente se usa en el diseño del concreto permeable es el grueso, considerando en la mezcla el uso de un solo tamaño o de varios, generalmente entre 3/4” y 3/8” (19 y 9.5mm). La forma del agregado grueso puede ser angular o redondeado.

La proporción de agregado fino es nulo o poco dentro de la mezcla del concreto permeable, porque compromete a la conexión interna de los vacíos dentro del concreto, es decir, disminuye la cantidad de poros o contenido de vacíos del concreto, y esto genera la reducción de la infiltración de agua de este. La incorporación de agregado fino también puede aumentar la resistencia a la compresión y la densidad del concreto permeable. Es recomendable el uso de agregado fino entre el 0% y el 20% del peso de la sumatoria total de los agregados (grueso y fino).

La norma ACI 522R recomienda una relación de agregado grueso y cemento entre 4:1 a 6:1.

2.2.1.2.1.2.3 Agua potable

La calidad del agua requerida para el concreto permeable se basa en las mismas especificaciones que para el concreto común. La relación agua cemento (a/c) de los concretos permeables son relativamente bajas (generalmente entre 0.26 a 0.40) porque una cantidad alta de agua conducirá al drenaje de la pasta y la posterior obstrucción del sistema de poros.

2.2.1.2.1.2.4 Aditivos

Los aditivos sirven para optimizar las propiedades y características del concreto permeable y dependiendo de su tipo, influye en el estado fresco y/o endurecido del concreto.

Los aditivos retardantes son utilizados para la estabilización y el control de la hidratación del cemento, debido a esto, son usados comúnmente cuando se trata de mezclas rígidas como el concreto permeable y sobre todo en aplicaciones en climas cálidos, también pueden actuar como lubricantes, esto ayuda a la descarga del concreto desde la mezcladora, así como también mejora la trabajabilidad. Por otro lado, si se presenta un clima frío se debe usar aditivos aceleradores para el correcto fraguado del concreto permeable.

Los aditivos plastificantes o reductores de agua (pasta) permiten la fabricación de concretos a un menor costo y con un mayor desempeño. Los plastificantes se incluyen en el concreto para que actúen directamente sobre el cemento y los agregados. En algunas ocasiones cuando existe un porcentaje de finos importante en los agregados, los aditivos plastificantes pueden ser absorbidos por la superficie de estos y por lo tanto deben considerarse en el cálculo de su dosificación. Los aditivos reductores de agua (de alto o mediano rango) se utilizan según la relación agua-cemento (a/c) y deben cumplir los requisitos de la norma ASTM C494. Cabe precisar, que si se usa aditivo plastificante, la dosificación del concreto debe modificarse mediante una disminución del agua, ya

que este aditivo reemplaza un porcentaje de ello, dependerá del tipo de aditivo, y mejora la trabajabilidad y resistencia de la mezcla.

Según lo presentado anteriormente, la norma ACI 522R, recomienda las siguientes proporciones y propiedades para lograr una dosificación adecuada de concreto permeable, las cuales se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Rangos de parámetros según el ACI 522R

ACI 522R

	PROPIEDADES			MATERIALES	
1	Permeabilidad	<81; 730> L/min/m2	1	Agregado grueso	<3/8"; 3/4">
				(relación en peso agregado: cemento)	<4; 6>/1
2	Resistencia a la compresión	<28; 280> kg/cm2	2	Cemento Portland	I, II, III, IV o V
3	Contenido de aire	<15%; 25%>	3	Agua: cemento	<0,30; 0,40>
4	Resistencia a la flexión	<14; 35> kg/cm2	4	Aditivo (clima)	Aceleradores, retardantes, otro (ASTM C494)
			4.1	Aditivo plastificante	250 ml por bolsa de cemento o <0-1%> del peso del cemento

2.2.1.2.1.3 Propiedades:

2.2.1.2.1.3.1 Resistencia a la compresión.

Es la capacidad que presenta el concreto para soportar esfuerzos máximos bajo cargas de aplastamiento, la cual es provocada por las estructuras; esta generalmente se mide como resultado de la aplicación de cargas sobre especímenes de concreto (generalmente probetas), midiendo su resistencia hasta provocar su falla. Existen diversos factores que influyen en la resistencia a la compresión del concreto permeable, siendo estos, por ejemplo: la dosificación de la mezcla y la compactación durante la colocación, las cuales afectan significativamente la resistencia a la compresión del concreto permeable.

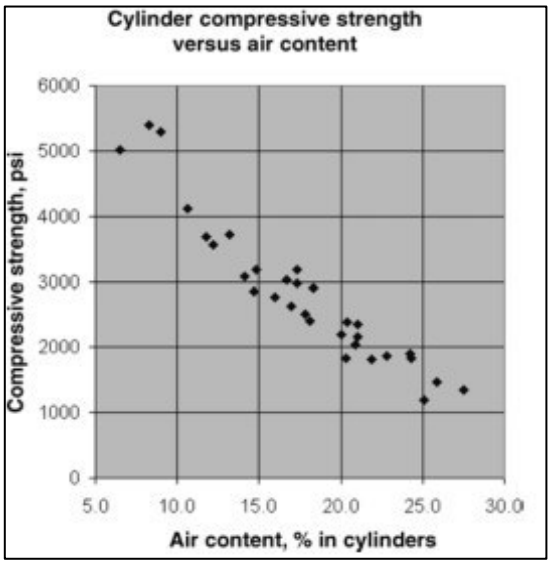
El contenido de material cementante en la mezcla de concreto permeable es relevante en el desarrollo de la resistencia a la compresión y el contenido de vacíos. Cuando se usa un excesivo

contenido de pasta (cemento más agua) en la mezcla puede generar la obstaculización de los vacíos del concreto y como consecuencia reducir la permeabilidad. Una poca cantidad de contenido de pasta puede reducir el recubrimiento de los agregados y reducir la resistencia a la compresión. Una óptima cantidad de pasta está relacionada con el tamaño del agregado y de su gradación.

La adición de agregado fino en el concreto permeable impacta en dos propiedades clave: la porosidad y la resistencia a la compresión.

Para esta investigación utilizaremos como fundamento normativo las normas ASTM D695 o NTP 339.034 para la realización del ensayo de resistencia a la compresión. Además, según la norma ACI 522R, tenemos una relación entre la resistencia a la compresión y el contenido de vacíos, la cual se muestra en la figura 6.

Figura 6. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

2.2.1.2.1.3.2 Resistencia a la flexión

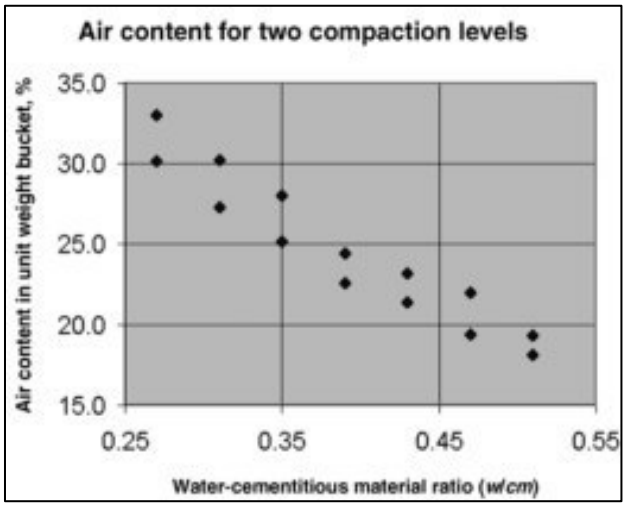
También llamado módulo de rotura, es el esfuerzo máximo que puede soportar el concreto a utilizar cuando se somete a ensayos de tracción, este se calculará mediante la aplicación de cargas

puntuales a una viga con dimensiones estándar (15 x 15 x 50 cm); registrándose además el peso que esta soporta hasta el punto de ruptura.

Para esta investigación utilizaremos como fundamento normativo la norma ASTM C293 o NTP 339.079 para la realización del ensayo de resistencia a la flexión.

Además, según la norma ACI 522 R10, tenemos una relación entre la relación agua cemento y el contenido de vacíos, según el tipo de compactación del concreto, la cual se muestra en la figura 7.

Figura 7. Relación agua cemento vs contenido de vacíos según el ACI 522R



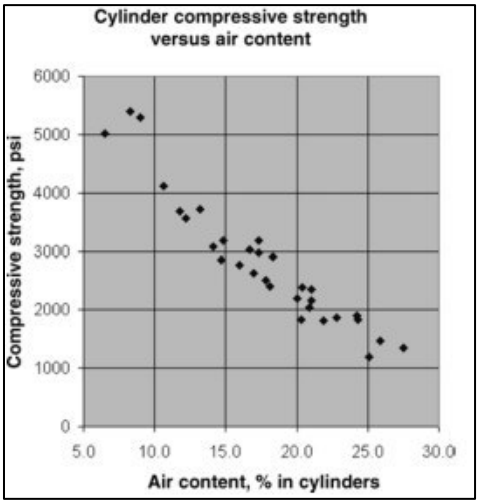
Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

2.2.1.2.1.3.3 Contenido de vacíos

El contenido de vacíos es una propiedad que influye directamente en la permeabilidad del concreto, siendo afectado de manera directa por el tamaño de los agregados, tal es el caso que cuando se utilizan diversos tamaños de agregados, los de menor diámetro afectarán la relación de vacíos, reduciendo la porosidad y permeabilidad. Además, según la norma ACI 522 R, tenemos

una relación entre la resistencia a la flexión vs el contenido de vacíos, la cual se encuentra en la figura 8.

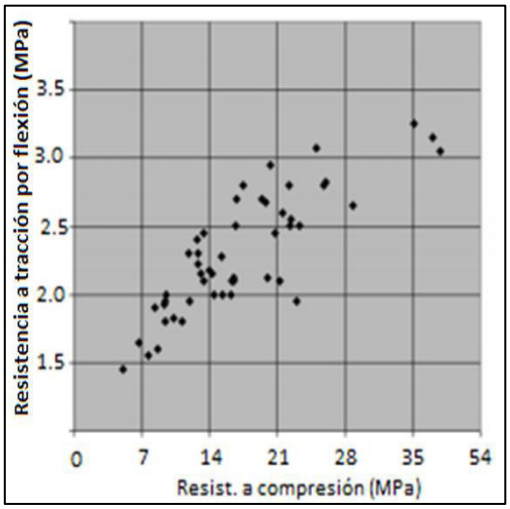
Figura 8. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

Además, según la norma ACI 522 R, tenemos una relación entre la resistencia a la flexión vs la resistencia a la compresión, la cual se encuentra en la figura 9.

Figura 9. Resistencia a la compresión vs resistencia a la flexión según la norma ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

2.2.1.2.1.3.4 Infiltración o permeabilidad

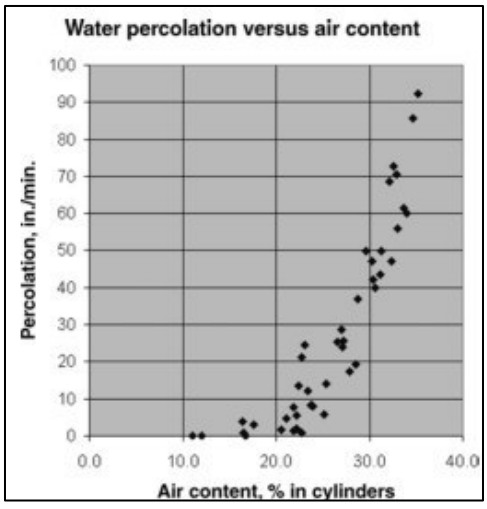
Según el ACI 522R (2010), la propiedad más importante del concreto permeable es su capacidad inherente para filtrar agua a través de sí mismo.

Algunos ensayos han afirmado que para lograr una permeabilidad significante debe tener como mínimo un porcentaje de vacíos de 10%. La capacidad de infiltración se incrementa cuando el contenido de vacíos aumenta, por ende, la resistencia a la compresión disminuye. Lograr que el concreto permeable tenga tanto una buena resistencia a la compresión como un drenaje eficiente es el desafío principal del diseño. El coeficiente de permeabilidad del concreto permeable habitualmente se encuentra en el rango de 81 a 730 L/min/m^2.

Para esta investigación utilizaremos como fundamento normativo la norma ASTM C1701 para la realización del ensayo de infiltración en el concreto permeable.

Además, según la norma ACI 522, tenemos una relación entre la permeabilidad vs el contenido de vacíos, la cual se encuentra en la figura 10.

Figura 10. Permeabilidad vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

2.2.1.2.1.4 Diseño de mezcla:

2.2.1.2.1.4.1 Metodología ACI 211.3:

Es un tipo de diseño de mezcla que nos brinda dosificaciones de concreto en función a una resistencia requerida. Las condiciones o datos iniciales que se deben tener en consideración para ejecutar esta metodología son las características de los agregados y del cemento a usar:

- Absorción de agregados (%) y humedad de agregados (%).
- Módulo de finura de agregados (%).
- Peso unitario de agregados suelto y compactado.
- Peso específico de agregados.
- Peso específico del agua.
- Peso específico del cemento.
- Resistencia de concreto requerida.
- Tipo de cemento.

Los pasos por seguir dentro de la metodología son los siguientes:

i) Cálculo de la F'cr (resistencia promedio requerida).

Utilizaremos la Tabla 3 cuando no se tiene registro de resistencias de probetas de obras anteriores.

Tabla 3. Valor de la F'cr.

F'c	F'cr
Menos de 210	F'c +70
210-350	F'c +84
>350	F'c +98

Nota: ACI 211.3.

ii) Cálculo del contenido de aire atrapado: este valor se encuentra en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

iii) Contenido de agua: para este apartado se tendrá en cuenta el Slump, si se encuentra con aire incorporado o no para obtener el valor del contenido de agua de mezclado (L/m^3). Posteriormente, dividimos ese valor entre el peso específico del agua para obtener el volumen de agua en m^3.

iv) Determinación de la relación agua-cemento: Estará en función a su resistencia promedio requerida (F'cr) y al aire incorporado o no que contenga.

v) Cálculo del contenido de cemento: se calcula dividiendo el contenido de agua de mezclado (m^3) entre la relación agua-cemento, donde se obtiene el contenido de cemento en Kg (ya que sabemos que 1L de agua pesa 1Kg). Finalmente hallamos el volumen del cemento dividiendo el contenido en Kg entre el peso específico del cemento (kg/m^3).

vi) Determinación del peso del agregado grueso.

vii) Cálculo del volumen absoluto.

viii) Cálculo del peso del agregado fino.

ix) Diseño en estado seco.

x) Corrección por humedad de los agregados.

xi) Cálculo del aporte de agua a la mezcla.

xii) Cálculo del agua efectiva.

xiii) Proporción final del diseño.

2.2.1.2.1.4.2 Metodología ACI 522R-10:

Diseño de mezcla sin arena:

Es un método que nos brinda la norma de "Pavimentos permeables", el cual se encuentra en el capítulo VI "proporciones de la mezcla del concreto". Para ello debemos tener en cuenta la relación $b/\ b_0$ (volumen de agregado grueso compactado en seco en un volumen unitario de concreto), el cual va a depender del porcentaje de agregados finos y el tamaño del agregado grueso, según la norma ASTM C33/C33M, la cual se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4. Relación b/b0.

Percent fine aggregates	b/b_o	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	ASTM C33/C33M Size No. 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: ACI 522 R10

Este método nos da un ejemplo de aplicación, el cual se resume en 8 pasos, los cuales se detallan a continuación:

i) Determinación del peso del agregado:

Con el objetivo de determinar el peso del agregado grueso (Wa) se deberá usar la siguiente fórmula:

$$Wa = Pus * \left(\frac{b}{b_0}\right) * (Vd)$$

Donde:

Wa = peso del agregado grueso (kg)

Pus = peso unitario compactado en seco del agregado grueso (kg/m^3)

b/b_0 = Volumen de agregado grueso compactado en seco en un volumen unitario de concreto

Vd = volumen de concreto de diseño en m^3 (por ejemplo, 1 m^3)

ii) Ajuste del peso del agregado por absorción (Wssd):

Se usará la siguiente fórmula:

$$Wssd = Wa * (1 + abs)$$

Donde:

Wssd = peso del agregado grueso ajustado por absorción (kg)

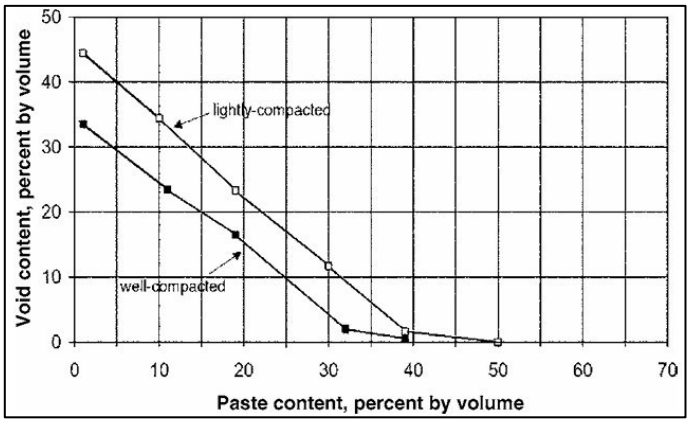
Wa = peso del agregado grueso (kg)

abs = absorción (%)

iii) Determinación del contenido de pasta

La pasta (Pa) se refiere al porcentaje de contenido entre agua y cemento, para lo cual nos basaremos en la figura 11:

Figura 11. Contenido de pasta (%) vs porcentaje inicial de vacíos (%)



Fuente: ACI 522 R10

La dosificación del concreto permeable tiene como objetivo determinar el volumen mínimo de pasta que se requiere para unir las partículas del agregado, de manera que se equilibre y se mantenga a la vez la resistencia, la estructura de vacíos, y la trabajabilidad. Este porcentaje de pasta va a depender del porcentaje de vacíos inicial, el cual se ajustará al momento de determinar la dosificación final.

$$Vp = Pa * Vd$$

Donde:

Vp = volumen de pasta (m^3)

Pa = porcentaje de pasta (%)

Vd = volumen de concreto de diseño en m^3 (por ejemplo, 1 m^3)

iv) Determinación del contenido de cemento:

Para ello se usará la siguiente fórmula:

$$Wcemento = (\frac{Vp}{\left(\left(\frac{1}{Y_{cemento}}\right) + \left(\frac{a:c}{Y_{agua}}\right)\right)}$$

Donde:

Wcemento = peso del cemento (kg)

Vp = volumen de pasta (m^3)

Ycemento = peso específico del cemento (kg/ m^3)

a:c = relación agua cemento

Yagua = peso específico del agua (kg/ m^3)

v) Determinación del contenido de agua:

Para ello se tendrá en cuenta la relación agua cemento:

$$Wagua = (Wcemento) * (a{:}\,c)$$

Donde:

Wagua = peso del agua (kg)

Wcemento = peso del cemento (kg)

a:c = relación agua cemento

vi) Determinación de los volúmenes de la dosificación:

$$Vagua = \frac{W_{agua}}{Y_{agua}}$$

$$Vagregado = \frac{W_{ssd}}{Y_a}$$

$$Vcemento = \frac{W_{cemento}}{Y_{cemento}}$$

$$Vagua\_efectiva = \frac{W_{agua} - W_{ssd} * \left(\%h_{grava} - \%a_{grava}\right)}{Y_{agua}}$$

Donde:

Wagua = peso del agua (kg)

Yagua = peso específico del agua (kg/ m^3)

Wssd = peso del agregado ajustado por absorción (kg)

%h_grava = porcentaje de humedad de la grava (%)

%a_grava = porcentaje de absorción de la grava (%)

Ya = peso específico del agregado (kg/ m^3)

Wcemento = peso del cemento (kg)

Ycemento = peso específico del cemento (kg/ m^3)

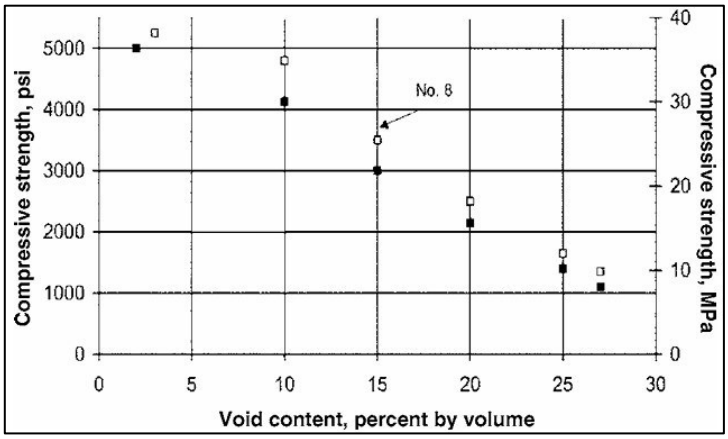
vii) Determinación del porcentaje de vacíos final

$$\%Vacíos = \left(\frac{V_d - V_{agua\_efectiva} - V_{agregado} - V_{cemento}}{V_d}\right) * 100$$

viii) Determinación de la resistencia de diseño:

Para esto se necesitará el porcentaje de vacíos final, la cual extrapolaremos de la figura 12:

Figura 12. Resistencia a la compresión vs porcentaje de vacíos final.



Fuente: ACI 522 R10

Diseño de mezcla con arena:

Usaremos la tabla 5 para la determinación del b/b0, el cual está en función del porcentaje de finos y del tamaño del agregado.

Tabla 5. Relación b/b0.

Percent fine aggregates	b/b_o	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	ASTM C33/C33M Size No. 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: ACI 522 R10

i) Determinación del peso del agregado:

Para determinar el peso del agregado grueso (Wa) se deberá usar la siguiente fórmula:

$$Wa = Pus * \left(\frac{b}{b_0}\right) * (Vd)$$

Donde:

Wa = peso del agregado grueso (kg)

Pus = peso unitario compactado en seco del agregado grueso (kg/m^3)

$b/\ b_0$ = Volumen de agregado grueso compactado en seco en un volumen unitario de concreto

Vd = volumen de concreto de diseño en m^3 (por ejemplo, 1 m^3)

ii) Ajuste del peso del agregado por absorción (Wssd):

Se usará la siguiente fórmula:

$$Wssd = Wa * (1 + abs)$$

Donde:

Wssd = peso del agregado grueso ajustado por absorción (kg)

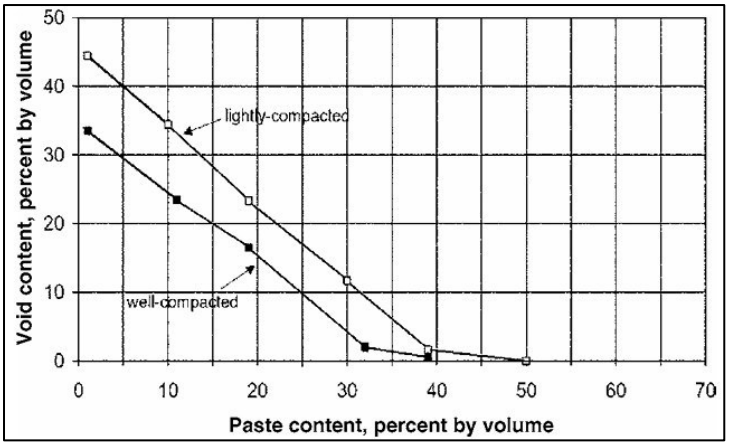
Wa = peso del agregado grueso (kg)

abs = absorción (%)

iii) Determinación del contenido de pasta

La pasta (Pa) se refiere al porcentaje de contenido entre agua y cemento, para lo cual nos basaremos en la figura 13:

Figura 13. Contenido de pasta (%) vs porcentaje inicial de vacíos (%)



Fuente: ACI 522 R10

La dosificación del concreto permeable tiene como objetivo determinar el volumen mínimo de pasta que se requiere para unir las partículas del agregado, de manera que se equilibre y se mantenga a la vez la resistencia, la estructura de vacíos, y la trabajabilidad.

Este porcentaje de pasta dependerá del porcentaje de vacíos inicial, el cual se ajustará al momento de determinar la dosificación final.

$$Vp = Pa * Vd$$

Donde:

Vp = volumen de pasta (m^3)

Pa = porcentaje de pasta (%)

Vd = volumen de concreto de diseño en m^3 (por ejemplo, 1 m^3)

iv) Determinación del contenido de cemento:

Para ello se usará la siguiente fórmula:

$$Wcemento = (\frac{Vp}{\left(\left(\frac{1}{Y_{cemento}}\right) + \left(\frac{a:c}{Y_{agua}}\right)\right)}$$

Donde:

Wcemento = peso del cemento (kg)

Vp = volumen de pasta (m^3)

Ycemento = peso específico del cemento (kg/ m^3)

a:c = relación agua cemento

Yagua = peso específico del agua (kg/ m^3)

v) Determinación del contenido de agua:

Para ello se tendrá en cuenta la relación agua cemento:

$$Wagua = (Wcemento) * (a{:}\,c)$$

Donde:

Wagua = peso del agua (kg)

Wcemento = peso del cemento (kg)

a:c = relación agua cemento

vi) Contenido de los agregados:

$$Wgrava = Wssd$$

$$Warena = \%finos * \left(\frac{Wgrava}{1 - \%finos}\right)$$

vii) Determinación de los volúmenes de la dosificación:

$$Vagua = \frac{W_{agua}}{Y_{agua}}$$

$$Vgrava = \frac{W_{grava}}{Y_{grava}}$$

$$Varena = \frac{W_{arena}}{Y_{arena}}$$

$$Vcemento = \frac{W_{cemento}}{Y_{cemento}}$$

$$Vagua\_efectiva = \frac{(W_{agua} - W_{grava} * (\%h_{grava} - \%a_{grava}) - W_{arena} * (\%h_{arena} - \%a_{arena})}{Y_{agua}}$$

Donde:

Wagua = peso del agua (kg)

Wgrava = peso del agregado grueso (kg)

Yagua = peso específico del agua (kg/ m^3)

Warena= peso del agregado fino (kg)

%hgrava = porcentaje de humedad de la grava (%)

%harena = porcentaje de humedad de la arena (%)

%a_grava = porcentaje de absorción de la grava (%)

%a_arena = porcentaje de absorción de la arena (%)

Ygrava = peso específico del agregado grueso (kg/ m^3)

Yarena = peso específico del agregado fino (kg/ m^3)

Wcemento = peso del cemento (kg)

Ycemento = peso específico del cemento (kg/ m^3)

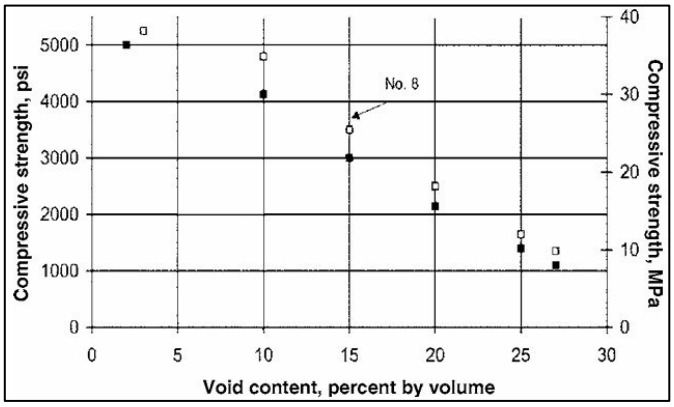
viii) Determinación del porcentaje de vacíos final

$$\%Vacíos = \left(\frac{V_d - V_{agua} - V_{grava} - V_{arena} - V_{cemento}}{V_d}\right) * 100$$

ix) Determinación de la resistencia de diseño:

Para esto se necesitará el porcentaje de vacíos final y la figura 14:

Figura 14. Resistencia a la compresión vs porcentaje de vacíos final.



Fuente: ACI 522 R10

2.2.1.2.1.5 Métodos constructivos:

La construcción del concreto permeable, debe realizarse según los planos y especificaciones del proyecto; según el ACI 522R, la construcción de concreto permeable sigue las siguientes directivas:

Preparación y disposición de la subrasante

Una subrasante bien preparada y uniforme es esencial para obtener un pavimento de calidad. El espesor de la subrasante debe ser aproximadamente de 6 pulgadas (150 mm) y debe estar compuesto de material granular o grava con no más de una cantidad moderada (10%) de limo o arcilla. La subrasante no debe ser alterada cuando comienza la colocación. El suelo de la subrasante y de la subbase debe humedecerse antes de colocar la capa de concreto permeable; esto debido a que si no se proporciona agua al suelo granular se obtendrá una reducción en la fuerza del pavimento y puede conducir a una falla prematura.

Colocación

- Para poder colocar correctamente un concreto permeable, esto debe realizarse lo más rápido posible, debido a que el concreto permeable tendrá poco exceso de agua en la mezcla y cada retraso en su exposición a otros elementos significa una pérdida de agua necesaria para el curado, lo cual puede provocar un agrietamiento de la superficie del pavimento.

- Los encofrados serán de madera, plástico o acero y de la profundidad total del pavimento, estos deben tener resistencia y estabilidad suficientes para soportar la vibración de la compactación del concreto. Se utilizarán estacas o alfileres para resistir el movimiento lateral; además todos los encofrados se deberán limpiar y engrasar según sea necesario.

- La colocación del hormigón se realizará lo más cerca posible a su posición final, sea hecho por descarga directa desde el camión hacia el subsuelo o en caso los mixers no alcancen la zona, se utilizará una línea transportadora; puesto además que estas mezclas de concreto permeable típicamente tienen Slump 0, no se recomienda el bombeo, tras su colocación se hará un corte aproximado con un rastrillo o herramienta similar.

- Se colocarán tiras verticales para el empastado inicial en la parte superior de las formas con el objetivo de confinar o cercar el vaciado del concreto, variando de 3/8” a 3/4” según los espesores de concreto necesarios en las zonas para apoyar en la disposición final de la forma del concreto.

- Se realizarán trabajos de vibración según la magnitud de la pavimentación; para zonas pequeñas será aceptable la utilización de una regla de mano o regla vibratoria, donde se realizará de manera inmediata a su colocación inicial, evitando retrasos

Consolidación

Inmediatamente tras la colocación, se retirarán las primeras bandas verticales, compactando el concreto a la elevación deseada mediante el uso de un rodillo pesado y un apisonador manual a lo largo de los bordes para facilitar la compactación; el rodillo se utilizará para que se tenga una fuerte unión de pasta de cemento entre las partículas de agregado y proporcionar una suavidad superficial aceptable, este tendrá un mínimo de 1 psi de fuerza vertical. Dicho proceso se aprecia en la figura 15.

Figura 15. Uso de rodillo pequeño para áreas pavimentadas pequeñas



Nota: ACI 522R-Reporte en concreto permeable.

Juntas

Las juntas de contracción se instalan según lo indicado en los planos; estas tendrán una profundidad entre 1/3 y ¼ del espesor del pavimento. Estas pueden colocarse ya sea en el concreto fresco o serradas con el concreto endurecido. En caso de utilizar una sierra, el procedimiento empezará tan pronto como el pavimento se haya endurecido suficiente para cortar las áreas requeridas, en este caso tenemos 2 opciones: la utilización de sierras con sistemas de vacío de

entrada temprana o en su defecto, después de aserrar se empapará las zonas expuestas con agua para limpiar los poros de las partículas de polvo generadas por el corte; asegurando un correcto curado. Cabe resaltar que es obligatorio volver a colocar las mantas de curado, los cuales se explicará su uso en los siguientes párrafos, tan pronto como hayamos realizado los cortes de sierra.

Curado y protección

La estructura de poros abiertos del concreto permeable hace que el curado sea particularmente importante, debido a que el secado podría ocurrir mucho más fácilmente. El material debe estar cubierto por una hoja de polietileno clara, de aproximadamente 6 mm o más gruesa, de una dimensión suficiente para cubrir el carril completo en todo su ancho a lo largo de un espacio razonable; también denominado “manta de curado”, la cual se puede apreciar en la figura 16.

Figura 16. Manta para curado



Nota: Tomado de https://www.qsi.pe/producto/top-cure-manta-para-curado-de-concreto/

Según el ACI 522R, materiales tejidos tales como arpilleras y geotextiles no deben utilizarse para este propósito debido ya que no mantendrán la humedad del hormigón; menciona además que compuestos de curado a base de cera no deben utilizarse puesto que no producen resultados aceptables.

El periodo del curado y compactación debe mantenerse lo más cercano posible de manera que se evite el secado de la superficie superior del concreto permeable, además, en caso existan condiciones climáticas adversas, tales como vientos fuertes o poca humedad, se rociará un retardante de la evaporación. El curado comenzará dentro de los 20 minutos posteriores a las operaciones de consolidación, además de empañarse ligeramente con agua en caso haya perdido su brillo. La cubierta de polietileno debe superponerse a todas las superficies expuestas para que pueda asegurarse en su lugar, ya sea utilizando barras de refuerzo, madera o bloques de concreto para asegurar la cubierta de polietileno y evitar su desprendimiento. No deberá utilizarse tierra, arena u otros materiales granulares, ya que pueden desprenderse o penetrar en los poros del concreto al ser removido.

Para un curado adecuado, el pavimento debe permanecer cubierto durante 7 días para mezclas de hormigón de cemento rectas, y 10 días para mezclas de concreto que incorporan materiales cementantes suplementarios. Durante este periodo no se permitirá tráfico en el pavimento. Asimismo, la aplicación de acabados se realizará tras terminado el periodo de curado.

Protección frente a clima frío

Se deben usar medidas para proteger el concreto permeable de la congelación mientras se mantendrá la humedad el tiempo necesario para lograr la resistencia deseada. Las mantas de curado funcionan lo suficiente bien para este tipo de situación.

Protección frente a clima cálido

En climas cálidos, transportando, colocando y compactando debe realizarse de manera rápida. Se puede aplicar un retardante de la evaporación a la superficie del concreto siguiendo el proceso de empalme para retardar la pérdida de humedad en la superficie. Después de la

consolidación y antes de colocar el polietileno, la superficie puede empañarse ligeramente con agua o un retardante de la evaporación si parece que la superficie está perdiendo su apariencia brillante.

2.2.1.2.2 Subbase Granular:

2.2.1.2.2.1 Concepto:

La subbase granular comprende una capa de afirmado que cumple con los parámetros señalados en las especificaciones técnicas, además debe tener como mínimo un CBR de 40% referido al 100% de compactación.

2.2.1.2.2.2 Especificaciones técnicas:

Esta actividad consiste en el suministro, transporte, colocación y compactación de un material de afirmado para subbase granular colocado sobre una subrasante, en las capas que se requiera, según lo indicado en los planos del proyecto y órdenes del Supervisor

A) Calidad de materiales:

Los agregados para la construcción de la subbase granular deberán satisfacer los requisitos indicados a continuación:

Para su construcción, los materiales serán agregados procedentes de excavaciones o canteras clasificados y aprobados por el Supervisor o de la trituración de rocas y gravas. Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin material orgánica, arcilla o sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material. En donde los requisitos de calidad, se basarán en las especificaciones respectivas

Para el traslado de este material al lugar de obra, se deberá humedecer los materiales y luego cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado, para evitar riesgos a los trabajadores y a la población aledaños

Los montículos de material serán almacenados temporalmente y se cubrirán con lonas de material impermeable, para evitar el arrastre de partículas al medio ambiente. Además, se ajustarán a las siguientes especificaciones de calidad:

a.1) Granulometría:

La mezcla de los agregados consistirá de una granulometría continua y bien graduada (sin inflexiones notables), esta mezcla deberá ser aprobada por el Supervisor y según sus respectivos requisitos granulométricos. Para las zonas situadas a 3.000 metros sobre el nivel del mar, se especifica el uso de la gradación "A", tal como se describe en la Tabla 6.

Tabla 6. Requerimientos granulométricos para la subbase granular.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso (%)			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N.º 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (N.º 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (N.º 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (N.º 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Nota: Sección 303 de las EG-2000 del MTC.

a.2) Otros ensayos: La franja a utilizar se establecerá en las especificaciones del proyecto o la indicación del Supervisor. Además, el material también cumplirá con los requerimientos de calidad mostrados en la Tabla 7:

Tabla 7. Requerimientos de calidad para Sub-Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		<3000 msnm	**≥3000 msnm**
Abrasión los Ángeles	NTP 400.019:2002	50% máximo	50% máximo
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	40% mínimo	40% mínimo
Limite Líquido	NTP 339.129:1999	25% máximo	25% máximo
Índice de plasticidad	NTP 339.129:1999	6% máximo	4% máximo
Equivalente de arena	NTP 339.146:2000	25% mínimo	35% mínimo
Sales solubles totales	NTP 339.152:2002	1% máximo	1% máximo

Nota: NTP CE. 010 Pavimentos Urbanos y EG-2013-MTC

Para asegurar los niveles de compactación y resistencia requeridos, y para prevenir la segregación, el contratista deberá producir un material con una curva granulométrica uniforme. Esta curva debe ser paralela a los límites de la franja de uso, sin cambios abruptos de la parte superior de un tamiz a la inferior de uno adyacente, ni viceversa.

Agregado Grueso

Se denomina así a los materiales retenidos en la Malla N°4, los que consistirán en piedras durables y trituradas que tenga capacidad de resistir los procesos de manipulación, extendido y compactación sin generar partículas finas que puedan contaminar el material. Deberán cumplir las características mostradas en la Tabla 8:

Tabla 8. Requerimientos Agregado Grueso para subbase granular.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos	
				Altitud	
				< Menor de 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx	40% max
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 221	D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Pérdida con Sulfato de Sodio	MTC E 209	C 88	T 104	-	12% máx.
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	-	18% máx.

Nota: MTC – Especificaciones técnicas.

Agregado Fino

Tabla 9. Requerimientos Agregado Fino para subbase granular.

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3 000 m.s.n.m.	> 3 000 m.s.n.m
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx	2% máx
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín	45% mín
Sales solubles totales	MTC E 219	0,55% máx	0,5% máx
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín	35% mín

Nota: MTC – Especificaciones técnicas.

Se denomina así a los materiales que pasan la malla Nº4 que podrán provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos, además para efectos de utilización como subbase, se consideran los requerimientos presentados en la tabla 9.

B) Sistema de control de calidad:

El Se exige un grado de compactación del 95% obtenido por el Método de Proctor Modificado. Se tolera un mínimo de 94% en puntos aislados, en ocasiones donde la media aritmética de cada 9 puntos (compactados en la misma jornada de trabajo), sea igual o superior a 95%.

2.2.1.2.2.3 Métodos constructivos:

Para el proceso constructivo de la subbase granular se tendrá en cuenta los siguientes equipos, herramientas y materiales:

- Herramientas Manuales
- Material granular
- Agua
- Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101-135 HP,10-12 Tn
- Motoniveladora 125 HP
- Camión cisterna (3500 Glns)

El método de ejecución o los pasos a seguir son los siguientes:

i) Preparación de la superficie existente: El Supervisor solo permitirá la colocación del material de subbase granular una vez que la superficie base alcance la densidad y las

cotas especificadas. Si dicha superficie presenta irregularidades que superan las tolerancias indicadas en las especificaciones, el Contratista deberá realizar las correcciones necesarias hasta la total satisfacción del Supervisor. Si se requiere humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Contratista utilizará el equipo apropiado y aprobado, asegurando que no se dañe la capa inferior y que la humedad del material quede distribuida de manera uniforme.

ii) Colocación del material granular de subbase con cargador sobre llantas sobre la subrasante.

iii) Nivelado y perfilado del material granular de subbase con motoniveladora.

iv) Riego con cisterna para alcanzar la humedad optima según Proctor modificado.

v) Una vez que el material de la base alcance la humedad apropiada, se conformará y compactará con un Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101-135 HP,10-12 Tn, hasta alcanzar la densidad especificada.

vi) La compactación se debe realizar a lo largo del trazo, iniciando en los bordes y moviéndose hacia el centro. En las áreas con peralte, el proceso debe comenzar en el borde más bajo y avanzar hacia el más alto.

2.2.1.2.3 Subrasante:

2.2.1.2.3.1 Concepto:

La subrasante es la superficie terminada de la carretera en el nivel del movimiento de tierras, sobre la cual se colocara el paquete estructural del pavimento

Esta es el soporte principal de la estructura del pavimento, separando la estructura y el terreno natural. Esta es la capa superior de los terraplenes o el fondo de las excavaciones en terreno

natural, la cual soporta la estructura del pavimento y se encarga de distribuir los esfuerzos provenientes del tráfico vehicular.

Esta capa se encuentra conformada por suelos de características aceptables, además de compactarse en capas para obtener un cuerpo estable optimo, de manera que las cargas de tránsito no afecten su funcionamiento regular.

Las condiciones fundamentales para diseñar la estructura de un pavimento incluyen su capacidad de carga en servicio, el volumen de tráfico que soportará y las propiedades de los materiales con los que se construirá la superficie de rodadura.

Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento están definidas en seis categorías de subrasante, en base a su capacidad de soporte de CBR, la cual se aprecia en la tabla 10.

Tabla 10. Categorías de la subrasante.

CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	CBR
S_0 : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1 : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S_2 : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S_3 : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S_4 : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S_5 : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Nota: Tomado del Manual de carreteras Suelos, Geología y Pavimentos.

Se considerarán como aptos, los materiales con CBR igual o mayor a 6%. En caso sea menor (subrasante insuficiente o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geo

sintéticos u otros productos aprobados por la entidad contratante o administrativa, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

Según el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, sección: Suelos y Pavimentos, capítulo 4.3. Descripción de los Suelos (Pág. 37), menciona que se debe tener en cuenta en los suelos con contenido de arcilla, porque de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

El índice de plasticidad (IP) define el rango de contenido de agua en el que un suelo exhibe un comportamiento plástico, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para la clasificación de suelos. Un valor alto del IP es indicativo de un suelo con un alto contenido de arcilla, mientras que un valor bajo sugiere un suelo con poca arcilla. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según la tabla 11.

Tabla 11. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Nota: Tomado del Manual de carreteras Suelos, Geología y Pavimentos.

2.2.1.2.3.2 Especificaciones técnicas.

Se refiere a la conformación del terreno natural o semi compacto, mediante los cortes, escarificados o rellenos considerados en los planos.

Materiales y equipos

- Agua
- Herramientas Manuales
- Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101-135HHP,10-12 Tn
- Motoniveladora 125 HP
- Camión cisterna (3500 Glns)

2.2.1.2.3.3 Método de ejecución.

Cuando finalicen los trabajos de explicación, se pasará a la etapa de nivelación. Para ello, se utilizará una motoniveladora y se regará la superficie de manera uniforme con camiones cisterna, repitiendo este proceso antes y después de la nivelación. Una vez que la subrasante esté perfilada, se compactará al 95% de su densidad máxima (Proctor modificado) con un rodillo liso vibratorio de 10 a 12 toneladas.

2.2.1.2.3.4 Mejoramiento de suelos:

Según el Manual de Carreteras, en el tomo de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, del MTC; menciona los diferentes tipos para poder estabilizar un suelo en obras de infraestructura vial. Cuando se estabilizan suelos de la subrasante la denominación de estos es: suelo-cal, suelo-cemento u otro. Sin embargo, cuando se estabiliza la capa de la base o subbase granular, su denominación es: base o subbase granular tratada con cemento, cal u otro.

A) Criterios geotécnicos para determinar la estabilización de suelos:

- Cuando el CBR de la subrasante sea menor a 6%, siempre y cuando haya un estudio especial de suelo mediante un especialista para la determinación adecuada de la

estabilización del suelo, ya sea una estabilización mecánica, mediante químicos, reposición del suelo u otro mecanismo.

- Cuando el suelo sea de tipo arcilloso o limoso y al humedecerse genere partículas contaminantes hacia las capas superiores se recomienda colocar una capa anticontaminante de 10 cm de espesor como mínimo para separar dichas capas, un geotextil u otro método determinado por el especialista.

- Cuando el suelo de la subrasante extraordinaria y muy buena está a menos de 60 cm de la napa freática; cuando el suelo de la subrasante buena y regular está a menos de 80 cm de la napa freática; cuando el suelo de la subrasante insuficiente está a menos de 1 m de la napa freática; o cuando el suelo de la subrasante está a menos de 1.2 m de la napa freática. Se recomienda colocar subdrenes, elevar la capa al nivel requerido u otro método determinado por el especialista.

- Cuando el suelo de la subrasante contenga más del 3% de su peso con un tamaño de partículas inferiores a 0.02 mm o sea de tipo limoso, ya que, estos suelos son susceptibles al congelamiento cuando la zona del proyecto tenga una cota mayor a 4000 m.s.n.m.

En la tabla 12 se aprecia una guía referencial para saber qué tipo de estabilizador usar según el tipo de suelo:

Tabla 12. Estabilizador según el tipo de suelo.

Área	Clase de suelo	Tipo de Estabilizador Recomendado		Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1)	Asfalto			
		(2)	Cemento Portland			
		(3)	Cal–Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP – PC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		
		(2)	Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2)	Cemento Portland	(b)		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW o GP	(1)	Asfalto			Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla Nº 4.
		(3)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW – GM o GP - GM o GW - GC o GP-GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla Nº 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2C	GM o GC o GM - GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla Nº 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1)	Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		(2)	Cal	IP no menor de 12		
IP = índice Plástico (b) IP 20 + (50 – porcentaje que pasa la Malla Nº 200) / 4				Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador		Fuente: US Army Corps of Engineers

Nota: Tomo de Suelos y Pavimentos - MTC

En la tabla 13 se aprecia una guía complementaria para saber qué tipo de estabilizador usar según el tipo de suelo:

Tabla 13. Estabilizador según el tipo de suelo – información complementaria.

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo[1]	Dosificación[3]	Curado (Apertura Al Tránsito)[5]	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85	A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL> 40% IP ≥ 18% CMO [2] < 1.0% Sulfatos (SO_4^{2}) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO_4 Ca [4] - AF ≤ 10%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A3 Pasante malla Nº 200 ≤ 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO [2] < 1.0% Sulfatos (SO_4^{2}) < 0.6% Abrasión < 50%	4 - 8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO [2] < 3.0% Sulfatos (SO_4^{2}) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, y A-3 IP ≤ 15% CMO [2] < 3.0% Sulfatos (SO_4^{2}) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO [2] < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m³	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO [2] < 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m³	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < pH < 8.5 CMO [2] No debe contener Abrasión < 50% % < Nº 200: 10 - 35%	1L / 30-33 m³	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO [2] < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Nota: Tomo de Suelos y Pavimentos - MTC

B) Tipos de estabilización de suelos según el manual del MTC:

- ❖ Estabilización mecánica de suelos: Consiste en la compactación del suelo para disminuir el volumen de vacíos.
- ❖ Estabilización por combinación de suelos: Consiste, primero, en la disgregación del suelo existente en 15 cm; posterior a ello se le añade la capa del suelo de préstamo. De ahí se compactan ambos suelos con la humedad óptima.
- ❖ Estabilización por sustitución de suelos: Consiste en la remoción del suelo existente en el espesor requerido para poder sustituirlo con el nuevo suelo. Este nuevo suelo deberá ser humedecido y compactado para la estabilización prevista. El espesor de sustitución cuando el suelo de la subrasante a reemplazar tenga plasticidad media, sea no expansivo y contengan valores de CBR entre 3% y 6%, se determinará de la siguiente forma:

  i) Se calculará el número estructural (SN) del pavimento para 20 años. Cabe resaltar que el suelo de reemplazo debe tener un CBR mayor o igual a 10% o IP menor a 10. Se calculará el SN con el mayor valor de CBR de la zona del proyecto y este tendrá la denominación de SNm (mejorado). Luego se calculará el SN del pavimento con el valor del CBR de la subrasante existente, el cual tendrá la denominación de SNe (existente).

  ii) Se calcula la diferencia de estos dos valores calculados:

$$\Delta SN = SNe - SNm$$

  iii) Según el material escogido para la sustitución, en base al cálculo del SNm, se obtendrán los valores de coeficiente de drenaje (mi) y coeficiente estructural (ai). En base a estos coeficientes, se podrá calcular el espesor de sustitución (e) en la siguiente fórmula:

$$e = \frac{\Delta SN}{ai * mi} \dots (cm)$$

iv) Cabe resaltar, que el MTC brinda recomendaciones de espesores de sustitución según la tabla 14:

Tabla 14. Espesor de sustitución según el tráfico.

Tráfico		Espesor de Reemplazo con Material CBR>10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0
300 001	500 000	40.0
500 001	750 000	40.0
750 001	1 000 000	45.0
1 000 001	1 500 000	55.0
1 500 001	3 000 000	55.0
3 000 001	5 000 000	60.0
5 000 001	7 500 000	60.0
7 500 001	10 000 000	65.0
10 000 001	12 500 000	65.0
12 000 001	15 000 000	65.0
15 000 001	20 000 000	70.0
20 000 001	25 000 000	75.0
25 000 001	30 000 000	75.0

Notas:
1. Coeficiente estructural del material con CBR 10% a_i=0.021
2. Coeficiente drenaje del material a colocar m=1.0

Nota: Tomo de Suelos y Pavimentos - MTC

❖ Suelos estabilizados con cal: La cal que se usa para la estabilización del suelo puede ser la cal viva o cal hidratada. Los beneficios que esta le trae al suelo son los siguientes:

- Eleva su nivel de LP (límite plástico) y disminuye el LL (límite líquido), aumentado ligeramente el IP (índice de plasticidad). Esto ocurre cuando el suelo

existente presenta un IP<15. Para suelos con IP>15, el efecto de la cal tiende a disminuir el IP.

- Eleva la humedad óptima de compactación.
- Ayuda a secar los suelos óptimos, lo que mejora su compactación.
- El material estabilizado se vuelve más fácil de trabajar.
- Reducción del potencial de hinchamiento y de contracción.
- Aumento del CBR.

Cuando se presenten suelos arcillosos, se recomienda estabilizar con un bajo porcentaje de cal para proteger la explanación.

Se debe tener en cuenta el curado de estos suelos estabilizados en su compactación, sobre todo en zonas de altas temperaturas, ya que la cal tiene un efecto de reducción de la humedad en estos suelos por lo que es más probable que se fisuren por la temperatura alta de la zona.

❖ Suelos estabilizados con cemento: Se estabilizan con cemento y agua, seguida de su respectiva compactación. Las partículas de estos suelos estabilizados con cemento no se encuentran pegados como una pasta, si no, que se encuentran puntualmente unidos, aumentando su resistencia y volviéndolos más trabajables. Los suelos que se pueden estabilizar con cemento son los suelos de tipo granulares A1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media (IP < 18, LL < 40). El porcentaje de cemento para la estabilización correspondiente según la clasificación de suelo AASHTO, la cual se aprecia en la tabla 15.

Tabla 15. Cemento requerido según el tipo de suelo.

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A - 1 - a	3 - 5
A - 1 - b	5 - 8
A - 2	5 - 9
A - 3	7 - 11
A - 4	7 - 12
A - 5	8 - 13
A - 6	9 - 15
A - 7	10 - 16

Nota: Tomo de Suelos y Pavimentos - MTC

De igual forma, en este método de estabilización es relevante considerar un buen curado para evitar el fisuramiento del suelo en mención.

- Suelos estabilizados con escoria: En la estabilización de suelos con escoria generalmente se les agrega cal, la cual no podrá ser cal viva para dicho objetivo. El porcentaje de cal es entre 1.5% a 3% y de escoria entre 35% a 45%.
- Suelos estabilizados con cloruro de sodio: Los suelos que usen la sal como estabilización no deben tener más de 3% de materia orgánica y el IP debe ser mayor a 8%, a excepción de suelos que tengan partículas que pasan la malla N°200, el requerimiento mínimo será de 12%. El espesor del suelo estabilizado con la sal debe estar en el rango de 15 a 20 cm.
- Suelos estabilizados con cloruro de calcio: Se prefiere estabilizar un suelo con cloruro de calcio que con cloruro de sodio ya que este último presenta efectos oxidantes. El cloruro de calcio aumenta la resistencia del suelo así como la disminución de polvo que pueda presentar. Este compuesto químico se puede usar en granos regulares y/o en hojuelas o pelotillas. La dosificación de este estabilizador está entre 1% a 2% respecto al peso del suelo seco. Además, la aplicación del cloruro de calcio se da de manera

disuelta en agua. Las condiciones que debe presentar el terreno o suelo a estabilizar con cloruro de calcio son:

- IP entre 4% a 15%.
- Los agregados finos deben pasar hasta antes de la malla N°200 y deben estar en un 10% a 20%.
- Los agregados gruesos deben estar entre la malla de 1" y la malla N°4 y deben estar en un 10% a 60%.

❖ Suelos estabilizados con cloruro de magnesio: El cloruro de magnesio es más efectivo en el incremento de la tensión superficial que el cloruro de sodio. Este estabilizador tiene la capacidad de mejorar la cohesión de las partículas finas, además, presenta una capacidad de retención de la humedad que absorbe del ambiente conteniendo una baja temperatura de congelamiento (-32.8%). Este compuesto químico se puede usar en la capa asfáltica para prevenir el congelamiento en ellas o deshielarlas cuando ya se encuentren congeladas ya que el cloruro de magnesio baja el punto de congelamiento a temperaturas ambientales por debajo de los 5°.

❖ Suelos estabilizados con productos asfálticos: Los productos asfálticos en los suelos pueden ayudarlos a mejorar la estabilidad de estos ya que cohesiona o envuelve bien a las partículas. Además, logra impermeabilizar el suelo de cierta forma permitiéndole mayor estabilidad a los cambios de temperatura. Los suelos adecuados para el uso de este estabilizador son los tipos granulares que contengan a lo mucho un 20% que pase por la malla N°200 y que presenten un LL<30 y un LP<10. Cabe resaltar que el tipo de ligante asfáltico a usar dependerá de la granulometría del suelo.

- ❖ Suelos estabilizados con geo sintéticos: El geotextil se puede clasificar de la siguiente manera: las geomallas que tienen como función principal mejorar la resistencia mecánica del suelo a través de incrementar la resistencia a la tracción y la correcta repartición de cargas; y las geomembranas, las cuales tienen como función principal la impermeabilización del suelo para un correcto drenaje y derivación correspondiente. Los suelos clasificados para usar estos tipos de estabilizadores son los siguientes:
    - Según la clasificación AASHTO: A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6.
    - Según la clasificación SUCS: SC, CL, CH, ML, MH, OL, OH y PT.

Además, estos suelos deben condicionarse por un CBR<3%, Mr<4500 psi, tener un nivel freático alto.

2.2.1.3 Estudios de Canteras:

Este apartado tiene el objetivo de recopilar información de expedientes técnicos pertenecientes o que estén cerca de la zona del proyecto de investigación para analizar la viabilidad técnica en lo que respecta al acceso de canteras para la propuesta constructiva del pavimento permeable. Se tuvo información de los siguientes códigos únicos de inversión (CUI) de proyectos: 2234355, 2527736 y 2631539, los cuales son proyectos aledaños a la zona de investigación, presentándose mediante un resumen en la tabla 16:

Tabla 16. Resumen de canteras pertenecientes o cercanas a la zona del proyecto.

NOMBRE DE CANTERA	PROYECTO ASOCIADO (CUI)	COORDENADAS		RUTA	DISTANCIA (KM)	ALTITUD (msnm)	DESCRIPCIÓN	USO
		NORTE	ESTE					
Patón Macizo Rocoso	2234355 (Tramo Oyón - Cerro de Pasco)	8821862.5	314064.8	-PE-18: km 152+700 - 185+000 (Dv. Cerro de Pasco) -PA-100: Dv. Cerro de Pasco - Emp. 20A -PE-20A: km 115+000-200+000	110	4235	Presenta un área aproximada de 73312 m2 y una profundidad de explotación de 3 m aproximadamente. Su explotación solo será posible mediante la trituración.	Agregado del concreto.
Patón Depósito Morrénico	2234355 (Tramo Oyón - Cerro de Pasco)	8821940	314417	-PE-18: km 152+960 - 185+000 (Dv. Cerro de Pasco) -PA-100: Dv. Cerro de Pasco - Emp. 20A -PE-20A: km 115+000-200+000	109.8	4230	No presenta acceso directo a la cantera. Su explotación solo requiere de extracción directa y de zarandeo.	Relleno
Sacrafamilia	2527736 (Renovación de Puente) 2631539	8812091.9	356710.5	-Sacrafamilia - Emp. PA-570 - PA-570 - Emp. Av. José Ferreyra. - José Ferreyra - Emp. PE-3N - PE-3N - Emp. PE-20A. - PE-20A - Huayllay	47	4000	Se encuentra a 40 min de Huayllay en camioneta.	Agregado del concreto, Subbase granular y Subrasante
Conoc	2527736 (Renovación de Puente)	8792133	343429	- Cantera Conoc - Huayllay	13	4413	Se encuentra a 10 min de Huayllay en camioneta.	Relleno y afirmado.

❖ **Cantera Patón Macizo Rocoso.**

- Presenta un área aproximada de 73312 m^2 y una profundidad de explotación de 3 m aproximadamente. Esta cantera se encuentra en propiedad de la comunidad campesina de Oyón. Además, se encuentra a 110 km aprox. de Huayllay.
- Presenta las siguientes coordenadas UTM = 8821862.522 N, 314064.756 E.
- Los ensayos y resultados del análisis de la cantera se encuentran en las tablas 17 y 18.

Tabla 17. Resultados de ensayos de laboratorio de la cantera Patón Macizo Rocoso.

Ensayos	Resultados	Especificación EG-2000 ≥ 3000 msnm	Aplicación Usos	Observación Tratamiento
% pasa tamiz N° 200 (%), Agregado natural	7.0	≤ 5	CH	Lavado
% pasa tamiz N° 200 (%), Agregado - Mezcla (30% - 70%)	4.2			✓
Humedad Natural	1.2	-	-	
Limite Líquido (%)	19	-	-	-
Índice de plástico N° 40 (%)	NP	≤2, NP	B,CA	✓
Índice de plástico N° 200 (%), agregado natural	3	NP	CA	Lavado
Índice de plástico N° 200 (%), agregado - Mezcla (40% - 60%)	NP			✓
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)	-	-	-
Clasificación SUCS	GP-GM	-	-	-
Máxima densidad gr/cm3	2.132	-	-	-
Humedad óptima (%)	7.4	-	-	-
CBR al 95 % MDS a 0.1" (%)	91.5	-	-	-
CBR al 100% MDS a 0.1" (%)	116.2	≥100	B	✓
Particulas Chatas y Alargadas	7.8	≤15, ≤10, ≤15(f'c>210kg/cm^2)	B,CA, CH	✓
Una cara de fractura	87.0	≥80, ≥65	B,CA	✓
Dos caras de fractura	65.8	≥50, ≥40	B,CA	✓
Gravedad especifica grava	2.515	-	-	-
Gravedad especifica arena	2.647	-	-	-
Absorción grava (%)	0.47	Según Diseño	CA	
Absorción arena (%)	1.29	Según Diseño	CA	
Peso unitario suelto grava	1262	-	-	
Peso unitario suelto arena	1363	-	-	
Peso unitario compacto grava	1355	-	-	
Peso unitario compacto arena	1502	-	-	-
Equivalente de arena (%), agregado natural	68	≥45, ≥45, [≥65(fc≤210 kg/cm^2), ≥75(fc>210 kg/cm^2)]	B,CA, [CH]	Mezclado para concreto f'c > 210 kg/cm^2

Nota: Expediente técnico del CUI 2234355

Tabla 18. Resultados de ensayos de laboratorio de la cantera Patón Macizo Rocoso.

Ensayos	Resultados	Especificación EG-2000 ≥ 3000 msnm	Aplicación Usos	Observación Tratamiento
Equivalente de arena (%), Agregado - Mezcla (40% - 60%)	78	≥45	CA	✓
Equivalente de arena (%), Agregado - Mezcla (30% - 70%)	81	≥65(fc≤210 kg/cm^2), ≥75(fc>210 kg/cm^2)	CH	✓
Durabilidad grava (%) Con Sulfato de Magnesio	2.5	≤12, ≤15, ≤18	B, CA, CH	✓
Durabilidad arena (%) Con Sulfato de Magnesio	3.4	≤15	CH	✓
Abrasión (%)	27.4	≤40, ≤35, ≤40	B, CA, CH	✓
Adhesividad A. grueso (%), agregado natural	**<95**	>95	CA	Usar aditivo
Adhesividad A. grueso (%), agregado tratado	>95			✓
Adhesividad A. fino (a-b), agregado natural	**04-06**	≥6	CA	Usar aditivo
Adhesividad A. fino (a-b), agregado tratado	08-09			✓
Sales Solubles Grava (%)	0.056	≤0.5, ≤0.5	B, CA	✓
Sales solubles Arena (%)	0.12	≤0.5, ≤0.5	B, CA	✓
Reactividad a los álcalis Grava	No reactivo	Potencialmente reactivo cuando: SiO2 > R cuando R > 70 SiO2 > 35 + 0,5 R cuando R < 70	CH	✓
Reactividad a los álcalis Arena	No reactivo	Potencialmente reactivo cuando: SiO2 > R cuando R > 70 SiO2 > 35 + 0,5 R cuando R < 70	CH	✓
Terrones de arcilla Grava (%)	0.08	≤0.25	CH	✓
Terrones de arcilla Arena (%)	0.13	≤1.00	CH	✓
Partículas livianas Grava (%)	0.01	≤1.00	CH	✓
Partículas livianas Arena (%)	0.09	≤0.50	CH	✓
Contenido de sulfatos Grava (%)	0.0135	≤0.06	CH	✓
Contenido de sulfatos Arena (%)	0.0302	≤0.06	CH	✓
Contenido de cloruros Grava (%)	0.0320	≤0.10	CH	✓
Contenido de cloruro Arena (%)	0.0675	≤0.10	CH	✓
Carbón y lignito Arena (%)	0.28	≤0.5	CH	✓
Impurezas orgánicas	1	≤3	CH	✓

Nota: Expediente técnico del CUI 2234355

- Esta cantera solo podrá ser usada a través de la trituración de estos materiales obtenidos mediante el uso de explosivos debido a sus condiciones geológicas, a continuación, se presenta su uso y rendimientos estimados, en la tabla 19.

Tabla 19. Usos y rendimientos de la cantera Patón Macizo Rocoso

Utilización	Procesamiento	Rendimiento
Enrocados	Explosivos y extracción directa	50 %
Base Granular	Explosivos, Trituración Primaria, Secundaria y Terciaria, Zarandeo y Mezclado	90 %
Mezcla Asfáltica	Explosivos, Trituración Primaria, Secundaria y Terciaria, Zarandeo y Mezclado	90 %
Concreto f'c ≤ 210 kg/cm2 y f'c > 210 kg/cm2	Explosivos, Trituración Primaria, Secundaria y Terciaria, Zarandeo y Mezclado	90 %
Filtro Sub Drenes	Trituración y/o Zarandeo	25 %

Nota: Expediente técnico del CUI 2234355

- Como conclusión, de esta cantera, podemos sacar material para el agregado del concreto permeable. Cabe resaltar, que previamente se debe realizar el procedimiento de explosión, trituración primaria, secundaria y terciaria con zarandeo y mezclado para su explotación.

❖ **Cantera Patón Depósito Morrénico.**

- Presenta un volumen aproximado de explotación de 271222 m^3. Esta cantera se encuentra en propiedad de la comunidad campesina de Oyón y se encuentra a 109.8 km aprox. de Huayllay.
- Presenta las siguientes coordenadas UTM = 8821940 N, 314417 E.
- Esta cantera solo podrá ser usada para relleno mediante su extracción directa y el zarandeo, la cual se aprecia en la tabla 20.

Tabla 20. Uso y rendimiento de la cantera Patón Depósito Morrénico.

Utilización	Procesamiento	Rendimiento
Relleno	Extracción directa y Zarandeo	77%

Nota: Expediente técnico del CUI 2234355

- Los ensayos y resultados de laboratorio se aprecian en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados de la cantera Patón Depósito Morrénico.

Ensayos	Resultados	Especificación EG-2000 ≥ 3000 msnm	Aplicación Usos	Observación Tratamiento
% pasa tamiz N° 200 (%)	8.5	-	-	-
Humedad Natural	8.9	-	-	-
Límite Líquido (%)	20	-	-	-
Índice de plástico N° 40 (%)	5	<NP, <11, <10,	RE, T(Base y Cuerpo) T(Corona)	✓
Índice de plástico N° 200 (%)	7	-	-	-
Clasificación AASHTO	A-1-a(0)	A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3	(RE,T)	✓
Clasificación SUCS	GC-GM	-	-	-
Máxima densidad gr/cm3	2.221	-	-	-
Humedad óptima (%)	7.2	-	-	-
CBR al 95 % MDS a 0.1" (%)	18.9	-	-	-
CBR al 100% MDS a 0.1" (%)	26.3	≥30	RE	✓
Partículas Chatas y Alargadas	9.4	-	-	-
Una cara de fractura	72.9	-	-	-
Dos caras de fractura	58.4	-	-	-
Gravedad especifica grava	2.649	-	-	-
Gravedad especifica arena	2.678	-	-	-
Absorción grava (%)	0.79	-	-	-
Absorción arena (%)	1.31	-	-	-
Peso unitario suelto grava	1567	-	-	-
Peso unitario suelto arena	1630	-	-	-
Peso unitario compacto grava	1640	-	-	-
Peso unitario compacto arena	1860	-	-	-
Equivalente de arena (%)	27	-	-	-
Abrasión (%)	30.0	≤50, ≤60	RE, T	✓
Sales Solubles Grava (%)	0.072	-	-	-
Sales solubles Arena (%)	0.088	-	-	-
Impurezas orgánicas	1	≤3	-	✓

Nota: Expediente técnico del CUI 2234355

❖ **Cantera Sacrafamilia.**

- La cantera se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas UTM: 8812091.86 N y 356710.45 E. Además, se encuentra a 47 km del lugar del proyecto de investigación (Huayllay).

- Actualmente, la explotación de esta cantera está a cargo de una empresa privada.
- Esta cantera posee un volumen de explotación de cientos de miles de metros cúbicos, por ende, su uso es multifuncional donde se puede escoger los materiales y manipularlos en base a las especificaciones técnicas requeridas.
- Los ensayos y resultados de laboratorio se aprecian en la tabla 22.

Tabla 22. Resultados del laboratorio de la cantera Sacrafamilia.

CARACTERÍSTICA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	Uso
Limite Liquido	No presenta	No presenta	DISEÑO DE CONCRETO
Limite Plástico	No presenta	No presenta	
Índice de Plasticidad	No presenta	No presenta	
Desgaste de Ángeles	26.33%	26.33%	
% Humedad	0.18%	2.87%	
% Absorción	0.81%	0.90%	
Gravedad Especifica	2.70	2.65	
Peso Unitario Suelto Seco	1436 Kg/m3	1701 Kg/m3	
Peso Unitario Compacto Seco	1606 Kg/m3	1929 Kg/m3	
Módulo de fineza	6.51	3.55	

Nota: Expediente del CUI 2527736.

Por otro lado, existe otro proyecto de inversión, con CUI 2631539, en el cual se usó esta misma cantera, realizándose los siguientes ensayos correspondientes para la determinación del uso para la subbase granular, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

➢ En la tabla 23 se aprecia el resultado de la granulometría:

Tabla 23. Resultados de granulometría de la cantera Sacrafamilia.

Malla (mm)	% Pasa Inf.	% Pasa Sup.	Cant. Sacra F.
50.00	100	100	99.02
25.00	75	95	83.01
9.50	40	75	61.56
4.75	30	60	43.73
2.00	20	45	31.95
0.43	15	30	7.18
0.08	5	15	6.04

Nota: Expediente del CUI 2631539

- ➢ Abrasión: 18.6%
- ➢ CBR para el 100% de la MDS y una penetración de 0.1”: 61%
- ➢ Límite líquido: 19.2%
- ➢ Índice de plasticidad: 1.9%
- ➢ Partículas chatas y alargadas: 14.9%.

- En base a los resultados de los ensayos realizados en la cantera según el CUI 2527736, esta cantera podrá ser explotada para uso del agregado del concreto hidráulico.

- En base a los resultados de los ensayos realizados en la cantera según el CUI 2631539, esta cantera podrá ser explotada como material de subbase granular, ya que cumple con las especificaciones técnicas del MTC (EG-2013) para ello. Además, según los requerimientos revisados en el tomo de Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras del MTC, esta cantera también cumple como material de

reemplazo de subrasante según sus propiedades principales como IP (índice de plasticidad) y CBR.

❖ **Cantera Conoc.**

- La cantera se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas UTM: 8792133.00 N y 343429.00 E. Además, se encuentra a 13 km del lugar del proyecto de investigación (Huayllay).

- Los ensayos y resultados de laboratorio se aprecian en la tabla 24.

Tabla 24. Resultados del laboratorio de la cantera Conoc.

RESUMEN TECNICO – USO AFIRMADOS			
ENSAYOS	**RESULTADO**	**REQUISITO EG-2013 (MTC)**	**COMENTARIO TÉCNICO**
Granulometría	Material granular al 85.98%	Huso A-1, A-4	Cumple
Limite Liquido	33.18%	Max. 35%	Cumple
Índice de plasticidad	6.42%	Entre 4% y 9%	Cumple
Proctor	DMS=2.16 / HUM. OPT.=4.50%	-	-
CBR	46.99%	Min. 40%	Cumple
Abrasión	42.53%	Max. 50%	Cumple

Nota: Expediente del CUI 2527736.

- Según los resultados de los ensayos realizados en la cantera, estos materiales se podrían utilizar para relleno o afirmados. Adicionalmente, según la granulometría de los resultados, esta cantera podrá ser usada como agregado fino para el concreto, de requerirse.

El estudio de canteras influye en el diseño del concreto al suministrar el agregado grueso con una granulometría, peso unitario compactado seco y resistencia (abrasión) específica. Esto es

debido a que: i) la norma ACI 522 R-10, nos exige ciertos parámetros del agregado grueso para la determinación de la dosificación del concreto, tales como granulometría (3/8" a 1 1/2"), peso unitario compactado seco, %absorción y %humedad; ii) las especificaciones técnicas del MTC (EG - 2000) nos exige que las características de nuestro agregado grueso usado para un concreto hidráulico en pavimento rígido, se encuentren dentro de ciertos parámetros (abrasión, granulometría, entre otros) , por ejemplo, nos piden que la resistencia al desgaste (abrasión) sea como máximo un 40%. En conclusión, el estudio de canteras es relevante ya que nos permite caracterizar nuestro agregado usado tanto para el diseño del concreto permeable (norma ACI 522 R-10 y las especificaciones técnicas del MTC) y de las demás capas del pavimento rígido (base granular).

2.2.1.4 Diseño del pavimento:

2.2.1.4.1 Uso de la normativa ACI 522R.

Actualmente no existe una normativa o reglamento que te regule el diseño de mezcla del pavimento permeable, sin embargo, la norma ACI 522R-10 te brinda un ejemplo aplicativo en el cual te detallan los pasos para el diseño de una mezcla de pavimento permeable. Adicionalmente, esta norma nos guiará para validar la permeabilidad, ya que es una propiedad imprescindible para nuestra investigación y para el pavimento permeable. Además, esta norma nos menciona que para el diseño estructural debemos guiarnos de las normativas AASHTO, ACI, entre otras.

2.2.1.4.2 Uso de la normativa ASHHTO 93.

Respecto al diseño estructural del pavimento, tenemos 2 parámetros básicos por los cuales este se ve influenciado:

- ❖ Las cargas de tráfico vehicular aplicadas al pavimento.
- ❖ Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento.

Las cargas de tráfico vehicular aplicadas al pavimento se presentan en la unidad ESALs, el cual, en el "Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", se denomina como ejes equivalentes (EE).

- **Cargas de tráfico vehicular:** Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos rígidos, en el "Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" se definen tres categorías:

a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril y período de diseño, los cuales se aprecian en la tabla 25.

Tabla 25. Número de ESAL según el tipo de tráfico pesado.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Nota: Manual de carreteras: suelos, geología y pavimentos.

b) Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y período de diseño, los cuales se aprecian en la tabla 26.

Tabla 26. Número de ESAL según el tipo de tráfico pesado.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T_{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T_{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T_{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T_{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T_{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T_{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T_{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T_{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T_{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Nota: Manual de carreteras: suelos, geología y pavimentos.

c) Caminos que tienen un tránsito mayor a 30'000,000 EE, en el carril y período de diseño. Esta categoría de caminos no está incluida en el presente manual, el diseño de pavimentos será materia de Estudio Especial por el Ingeniero Proyectista, analizando diversas alternativas de pavimento equivalentes y justificando la solución adoptada. Se muestra el tipo de tráfico en la tabla 27.

Tabla 27. Número de ESAL según el tipo de tráfico pesado.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P15}	> 30'000,000 EE

Nota: Manual de carreteras: suelos, geología y pavimentos.

2.2.1.4.2.1 Diseño estructural de pavimentos.

2.2.1.4.2.1.1 Formulación de diseño

La ecuación de diseño a la que concluyó el "AASHTO" para diseñar pavimentos rígidos se encuentra manifestada en nomogramas de cálculo, la cual está principalmente fundamentada en los resultados de la prueba experimental de la "carretera AASHTO".

La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada es la siguiente:

$$Log_{10}(W18) = Zr \times So + 7.35 \times Log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{Log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624\times 10^{7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times Log_{10}[215.63 \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75}-1.132)}{215.63 \times J \times \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(Ec/k\right)^{0.25}}\right)}]$$

Donde:

D = Espesor de la losa del pavimento en (in)

W18 = Tráfico (Número de ESAL´s)

Zr = Desviación Estándar Normal

So = Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico

ΔPSI = Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)

Po = Serviciabilidad Inicial

Pt = Serviciabilidad Final

S'c = Módulo de Rotura del concreto en (psi).

Cd = Coeficiente de Drenaje

J = Coeficiente de Transferencia de Carga

Ec = Módulo de Elasticidad de concreto

K = Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

2.2.1.4.2.1.2 Variables del diseño.

a) Periodo de diseño (Pd): El método AASTHO hace mención a un diseño de pavimentos de concreto por fatiga, la cual se tiene en cuenta como el número ciclos de carga que actúan sobre un determinado elemento.

Al establecer una vida útil de diseño, se está estimando ,en un periodo de tiempo, el número de repeticiones o ciclos de carga a las que estará sometido la capa de rodadura.

En la tabla 28 se presenta los rangos de periodo de diseño según el tipo de vía.

Tabla 28. Periodo de diseño según el tipo de vía.

TIPO DE VIA	PERIODO DE DISEÑO
Autopista Regional	20 -40 años
Troncales Suburbanas Troncales Rurales	15 - 30 años
Colectora Sub Urbanas Colectoras Rurales	10 - 20 años

Nota: https://hugoalcantara.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/02/disec3b1o-aashto-93.pdf

a) Número acumulado de ejes equivalente: El diseño considera el número de ejes Equivalentes para el periodo de análisis en el carril de diseño, a partir del Estudio de Tráfico, con lo cual se tendrán ejes equivalentes siguiente la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{ESAL = \sum [EE_{dia-carril} \times Fca \times 365]}$$

Donde:

EEdia-carril= Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para carril de diseño.

Fca= Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado

365= Número de días del año

$$EE_{dia-carril} = IMDa_{Pi} \times Fd \times Fc \times Fvpi \times Fp$$

Donde:

IMDapi= Tráfico diario promedio, según tipo de vehículo pesado.

Fd= Factor direccional

Fc= Factor carril de diseño

Fvpi= Factor camión, según tipo de vehículo pesado

Fp= Factor de presión de neumáticos

b) Confiabilidad: Se denomina confiabilidad a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en las condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, el cual dependerá de ciertos criterios.

   En la tabla 29 se aprecian valores estimados y recomendados para el nivel de confiabilidad (%).

Tabla 29. Valores recomendados de nivel de confiabilidad y desviación estándar.

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)	Desviación Estándar Normal (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{Po}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T_{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T_{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T_{P4}	750 001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T_{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Nota: Manual de carreteras: suelos, geología y pavimentos.

c) Error estándar combinado (So): "AASHTO" propuso los valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado se presenta en la tabla 30.

Tabla 30. Valores de error estándar combinado.

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
En construcción nueva	0.35
En sobre capas	0.4

Nota: https://hugoalcantara.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/02/disec3b1o-aashto-93.pdf

d) Serviciabilidad: La serviciabilidad es la capacidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (camiones y autos) que circulan en la vía. La medida primaria de la

serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente. El procedimiento de diseño AASHTO predice el porcentaje de perdida de serviciabilidad (Δ PSI) para varios niveles de tráfico y cargas de ejes. El valor presentado en la tabla 31, varía de 0 a 5, en donde un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor estado.

Tabla 31. Índice de serviciabilidad.

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACION
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Nota: https://hugoalcantara.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/02/disec3b1o-aashto-93.pdf

- **INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt):** Hace referencia como la condición de la capa de rodadura o del pavimento que no llega a cumplir con las expectativas de seguridad y comodidad dirigidas hacia el usuario. En la figura 17 se observan valores para el índice de serviciabilidad final de pavimentos urbanos.

Figura 17. Índice de Serviciabilidad inicial

p_t	Tipo de Vía
3,00	Expresas
2,50	Arteriales
2,25	Colectoras
2,00	Locales y estacionamientos

Nota: NTP CE 010 Pavimentos urbanos

- **INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Po):** Hace referencia a la condición original de la capa de rodadura inmediatamente luego de su construcción. La norma AASHTO 93 estableció los siguientes valores estimativos:
    - Para pavimentos rígidos, un valor inicial deseable Po de 4.5; y
    - Para pavimentos flexibles un valor inicial deseable Po de 4.2.

e) Módulo de ruptura (MR): Es una propiedad del concreto que influye considerablemente en el diseño de pavimentos rígidos. Este módulo hace se conoce también como resistencia a la flexión por tensión, la cual debe registrarse a los 28 días desde su vaciado.

$$M_r = a\sqrt{f'_c} \quad \cdots (kg/cm^2)$$

De acuerdo a las fórmulas del ACI 363; con "a " (1.99-3.28).

f) Drenaje (Cd): Según el "Manual de Carreteras" 05-14 en la sección 14, se va a determinar la calidad del material de drenaje, en base a sus tamaños o dimensiones, granulometría y características de la permeabilidad, presentándose estas condiciones generales dentro de las tablas 32 y 33.

Tabla 32. Condiciones de drenaje.

Calidad de Drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho más de 10

Nota: Manual de carreteras – tomo suelos y pavimentos.

Tabla 33. Coeficiente de drenaje de las capas granulares Cd

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Nota: Manual de carreteras – tomo suelos y pavimentos.

g) Coeficiente de transferencia de carga (J): es la facultad de la losa para transferir fuerzas de corte a las losas contiguas. Esto ayuda a reducir las deformaciones y los esfuerzos que se aplican sobre la estructura del pavimento. Estos valores de transferencia de carga se pueden ver en detalle en la tabla 34.

Este concepto depende de los siguientes factores:

- Cantidad de Tráfico.
- Utilización de pasa juntas.
- Soporte lateral de las Losas.

Tabla 34. Valores del coeficiente de transferencia de carga.

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Nota: Manual de carreteras: suelos, geología y pavimentos.

La “AASTHO” recomienda un valor de 3.8 para pavimentos rígidos.

h) Módulo de reacción de la subrasante (K)

Se considera para la ejecución de una subbase, para lo cual se emplearemos una ecuación de equivalencia entre CBR y el K para diseño. Los valores mínimos de CBR se encuentran en la tabla 35.

Tabla 35. CBR mínimos recomendados para subbase granular.

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para trafico ≤ 15x10⁶ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40 % (1)
Para trafico > 15x10⁶ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60 % (1)

Nota: Manual de carreteras: suelos, geología y pavimentos.

Módulo de reacción combinado (Kc) con formula:

- Coeficiente de reacción

Si CBR < 10% → K = 2.55 + 52.5*Log CBR

Si CBR > 10% → K= 46 + 9.08*(Log CBR) ^4.34

$$Kc = \left(1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 * \left(\frac{K1}{K0}\right)^{\frac{2}{3}}\right)^{0.5} * K0$$

Donde:

K1(kg/cm3): Coeficiente de reacción de la subbase granular

Kc(kg/cm3): Coeficiente de reacción combinado

K0(kg/cm3): Coeficiente de reacción de la subrasante

H : Espesor de la subbase granular

Módulo de reacción combinado (Kc) con Nomograma

Calcularemos además el módulo de la reacción combinada mediante el Nomograma del AASHTO 93

- Módulo de elasticidad de la subbase granular
  - Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)

$$ME = 2555\ (CBR)^{0.64}$$

  - Ecuación de Kentucky
    - Regresión exponencial

$$ME = 1910\ (CBR)^{0.68}$$

    - Regresión polinómica 2°, solo para CBR < 55 %

$$ME = -7.5\ CBR^2 + 800\ CBR + 1820$$

- Módulo de elasticidad de la subrasante
  - Ecuación Guía Mecánica Empírica NCHRP (2002)

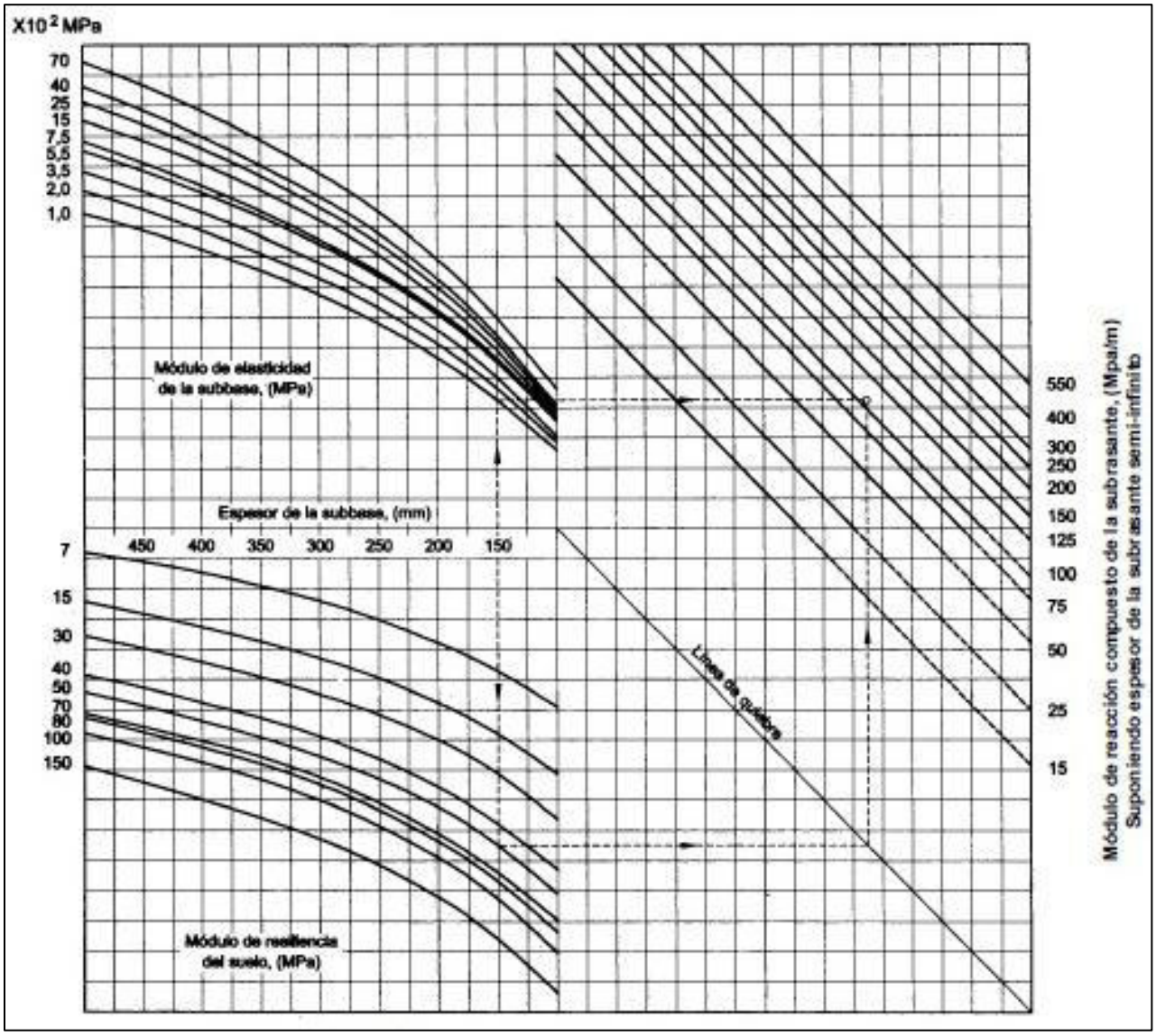
$$ME = 2555\ (CBR)^{0.64}$$

  - Ecuación de After Van Til (regresión exponencial)

$$ME = 5490\ (CBR)^{0.30}$$

Encontraremos los valores mínimos entre las ecuaciones y los verificaremos en el Nomograma AASHTO, el cual se aprecia en la figura 18.

Figura 18. Nomograma para determinar el módulo de reacción compuesto de la subrasante, suponiendo una profundidad infinita.



Nota: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.

Corrección del módulo efectivo de reacción de la subrasante por la pérdida de apoyo de la subbase

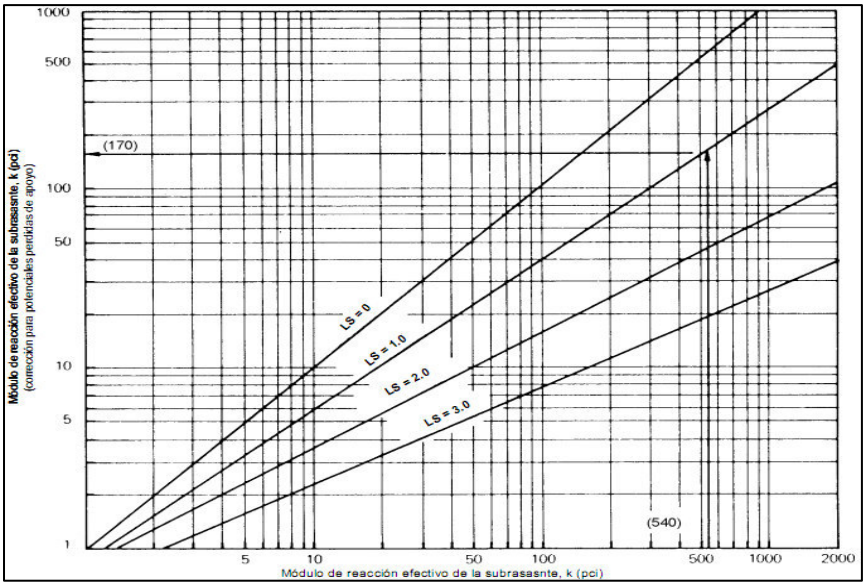
Tabla 36. Rangos típicos de los factores de perdida de soporte (LS) para diferentes tipos de materiales

Tipo de material	Pérdida de soporte (LS)
Base granular tratada con cemento (E = 1 000 000 a 2 000 000 psi)	0,0 a 1,0
Mezclas de agregados con cemento (E = 500 000 a 1 000 000 psi)	0,0 a 1,0
Base tratada con asfalto (E = 350 000 a 1 000 000 psi)	0,0 a 1,0
Mezclas estabilizadas con bitumen (E = 40 000 a 300 000 psi)	0,0 a 1,0
Estabilizado con cal (E = 20 000 a 70 000 psi)	1,0 a 3,0
Materiales granulares no ligados (E = 15 000 a 45 000 psi)	1,0 a 3,0
Materiales de subgrado naturales o Suelos de grano fino (E = 3 000 a 40 000 psi)	2,0 a 3,0

Nota: Curso de Actualización de Diseño Estructural de Caminos Método AASHTO-93

Con estos valores mostrados en la tabla 36, se procede a realizar una corrección del módulo efectivo de reacción de la subrasante por la pérdida de apoyo de la subbase mediante un gráfico del AASHTO 93, el cual se aprecia en la figura 19.

Figura 19. Corrección del Módulo efectivo de reacción de la subrasante por la pérdida de apoyo de subbase.



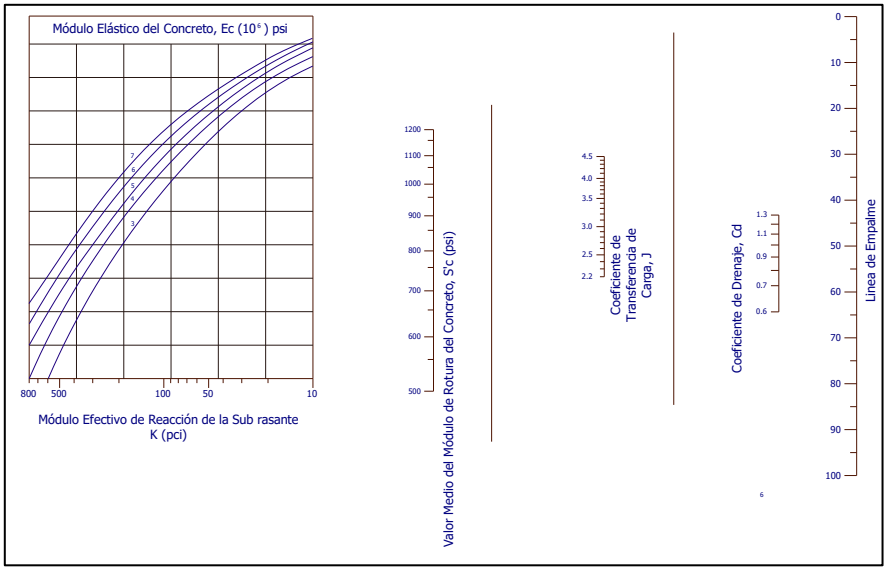
Nota: Guía para estructuras de pavimentos, AAHSTO 93

2.2.1.4.2.1.3 Cálculo del espesor de la losa de concreto.

Para diseñar un pavimento rígido, nuestro principal objetivo es calcular el espesor de la losa de concreto, representado por la variable "D". Este espesor no es una cifra aislada, sino que es influenciado por todas las demás variables que forman parte del cálculo de diseño. Es crucial ser preciso en este proceso. Incluso una pequeña desviación en el espesor final puede tener un impacto significativo en la vida útil del pavimento. Para llegar a este valor, emplearemos la fórmula general de la AASHTO. Adicionalmente, validaremos nuestros resultados de espesor utilizando el nomograma de la AASHTO. Este nomograma se muestra en las figuras 20 y 21.

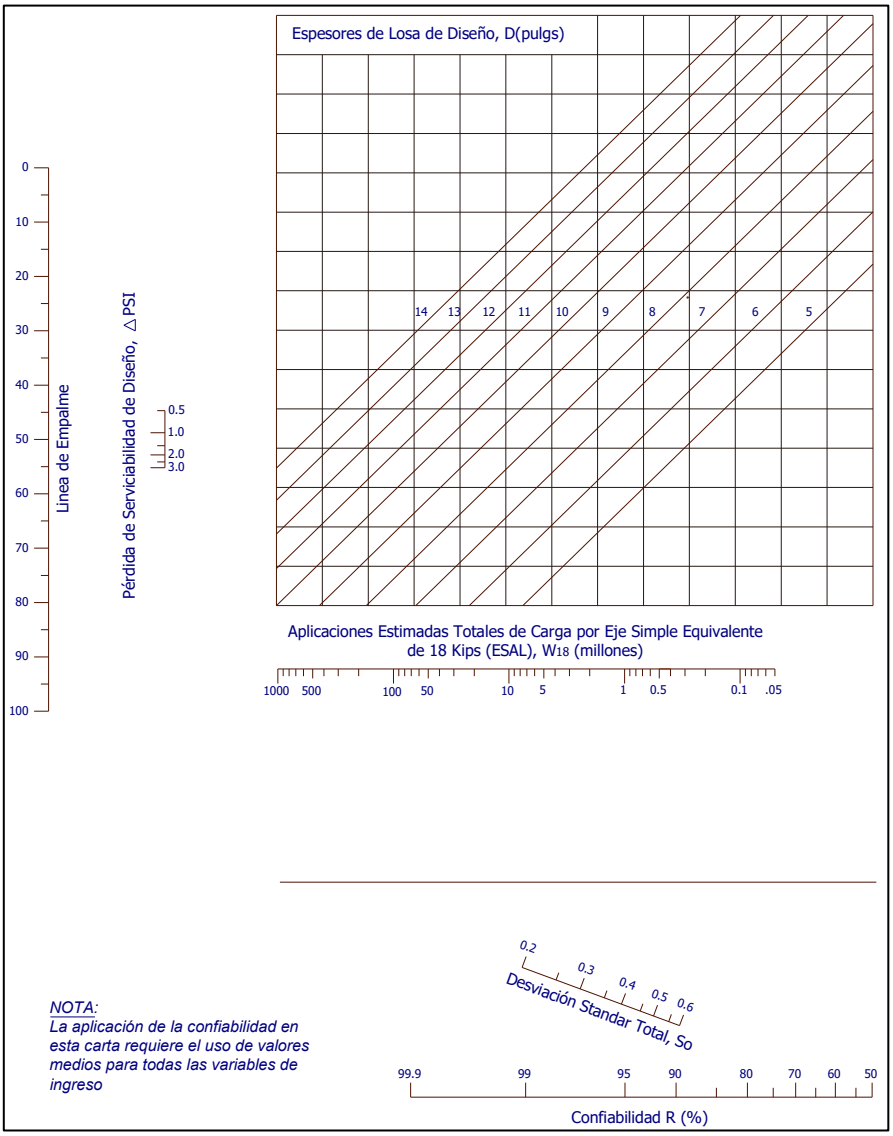
$$Log_{10}(W18) = Zr \times S_o + 7.35 \times Log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{Log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624\times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times Log_{10}[215.63 \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75}-1.132)}{215.63 \times J \times \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(Ec/k\right)^{0.25}}\right)}]$$

Figura 20. Carta de diseño de pavimentos rígidos – parte 1.



Nota: AASHTO 93.

Figura 21. Carta de diseño de pavimentos rígidos – parte 2.



Nota: AASHTO 93.

2.2.1.4.3 Juntas del pavimento:

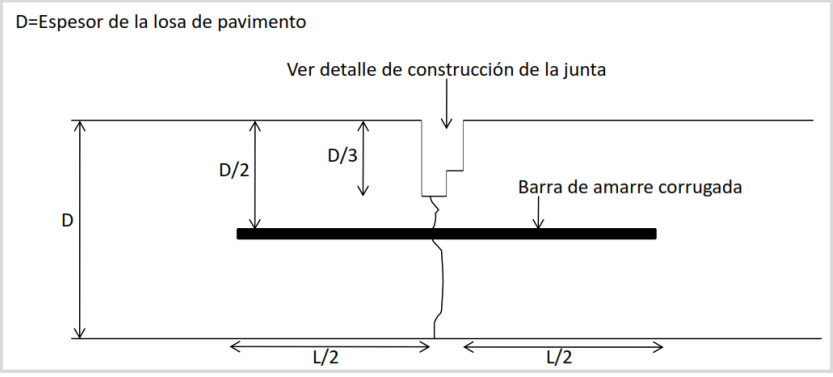
Las juntas en los pavimentos se diseñan con el propósito de prevenir fisuras y grietas. Estos daños se producen por dos razones principales: la pérdida de humedad del concreto durante su curado y los cambios de temperatura a los que la losa está expuesta. Las fluctuaciones térmicas crean un gradiente de temperatura que va desde la superficie del pavimento hasta la subbase, lo

que también contribuye a estas tensiones. Los distintos tipos de juntas se pueden clasificar en las siguientes categorías:

2.2.1.4.3.1 Juntas longitudinales:

- **Juntas longitudinales de construcción**: se crean durante el proceso de construcción, ya sea por el encofrado o por el avance de la pavimentadora. Para asegurar que las losas adyacentes compartan la carga de manera eficiente, se pueden usar juntas machihembradas o de tipo llave. No obstante, se desaconseja el uso de juntas de tipo llave en losas de menos de 25 cm de espesor. Para que estas juntas funcionen, es vital el uso de barras de amarre que mantengan los carriles unidos. Si no se emplean juntas de este tipo, las barras de amarre pueden ser suficientes para transferir la carga, especialmente porque el tráfico se canaliza principalmente a un solo carril. En la figura 22 se puede encontrar una ilustración detallada de una de estas juntas de construcción.

Figura 22. Detalle de junta de construcción según el MTC, capítulo 14.



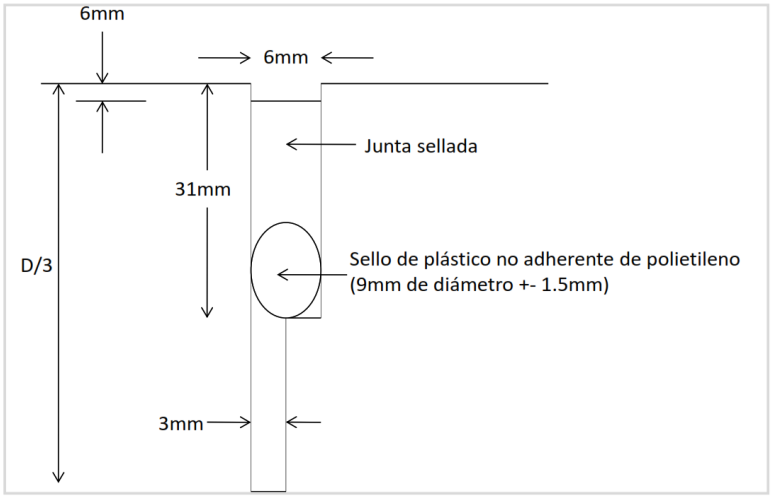
Nota: MTC.

- **Juntas de aislamiento:** cumplen una función crucial al evitar que el pavimento entre en contacto directo con elementos fijos del entorno, como estructuras, drenajes, buzones o cruces de calle. Para ser efectivas, estas juntas deben tener un espesor mínimo de 20 mm.

2.2.1.4.3.2 Juntas transversales

- **Juntas transversales de contracción**: se instalan de manera perpendicular al eje del pavimento con el propósito de mitigar las fisuras y grietas. Estas se crean por la retracción natural del concreto, así como por las variaciones de humedad y temperatura. Es ideal que estas juntas de contracción coincidan con las de construcción. Se recomienda que el espacio entre estas juntas no supere los 4.50 metros. La figura 23 muestra un ejemplo detallado de este tipo de junta.

Figura 23. Detalle de junta de contracción según el MTC, capítulo 14.



Nota: Figura 14.14 del MTC.

Estas juntas se crean haciendo un corte en el concreto con un disco de 3 mm de ancho, alcanzando hasta un tercio del espesor de la losa. Esta incisión es suficiente para guiar la formación de una fisura controlada. La transferencia de carga entre losas se puede lograr de dos maneras: a través del entrelazado de los agregados del concreto o mediante la colocación de pasadores.

- **Juntas transversales de construcción**: se crean al finalizar una jornada laboral. Es crucial que estas juntas se ubiquen y construyan exactamente en los puntos previamente definidos en el diseño.

  Para asegurar una correcta transferencia de carga entre las losas, es obligatorio el uso de pasadores en estas uniones.

2.2.1.4.4 Mecanismo de transferencia de cargas

Es la capacidad de una junta para transferir cierta carga de un paño al paño adyacente. A continuación se detallan los mecanismos de transferencia:

- **Trabazón de agregados:** es el engranaje mecánico que se forma entre las partículas de agregados en las superficies de dos losas contiguas. Su efectividad para transferir carga depende de varios factores, como la resistencia al corte de los agregados, la distancia entre las juntas transversales, el tipo de subbase y el volumen de tráfico.

- **Pasadores o dowells:** su función principal es mejorar la transferencia de carga, complementando el efecto de la trabazón de los agregados. Este sistema es indispensable en pavimentos diseñados para soportar más de 4 millones de repeticiones de carga equivalentes (EE) durante su vida útil.

- **Barras de amarre**: son barras de acero corrugado que se colocan en el centro de las juntas longitudinales. Su función principal es mantener unidos los carriles adyacentes, lo que no solo refuerza la trabazón de los agregados, sino que también contribuye a la integridad del

sello de la junta. La tabla 37 muestra los diámetros y las longitudes recomendadas para estas barras.

Tabla 37. Diámetros y longitudes recomendadas en barras de amarre.

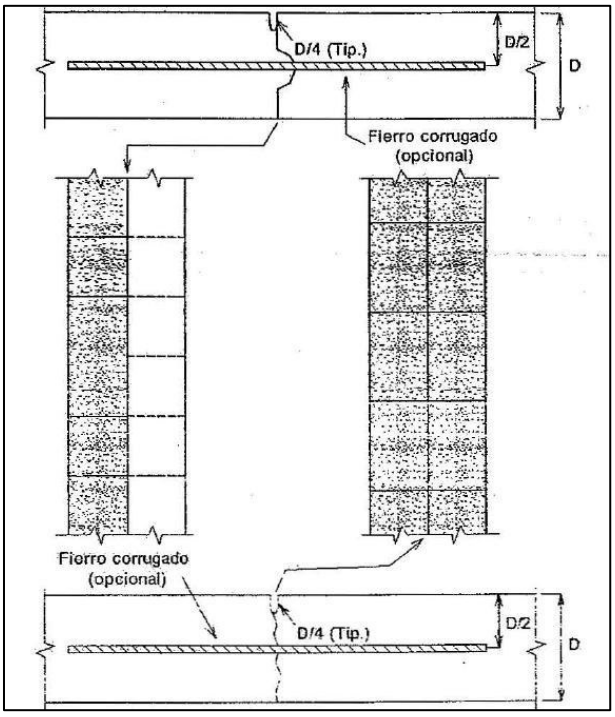
Espesor de Losa (mm)	Tamaño de varilla (cm) Diam. x Long.	Distancia de la Junta al extremo libre	
		3.00 m	3.60 m
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

Nota: MTC: Manual de carreteras

2.2.1.4.5 Proceso constructivo.

Para el proceso de construcción, se optará por el método de "pavimentación por carriles", que implica vaciar el concreto de un carril primero y, posteriormente, el del otro. Este procedimiento crea una junta fría longitudinal a lo largo del pavimento, conocida como junta de construcción, la cual debe incluir barras de amarre de acero corrugado para unir ambos carriles. La figura 24 ilustra este proceso de construcción por carriles.

Figura 24. Pavimentación por carriles y en todo el ancho



Nota: CE 010: Pavimentos urbanos.

2.2.1.4.6 Dimensionamiento de las losas de concreto.

El dimensionamiento de losas consiste en determinar la forma y el tamaño que tendrán las secciones del pavimento. Esto se logra definiendo la separación tanto de las juntas transversales como de las longitudinales.

La separación de las juntas transversales es un factor clave en este proceso, y a su vez, está directamente relacionada con el espesor del pavimento. Una regla práctica muy útil nos permite dimensionar estas losas para que las grietas se formen de manera controlada justo en los cortes, lo que evita la necesidad de usar acero de refuerzo continuo.

$$Espesor\ del\ Pavimento = "D"\ m$$

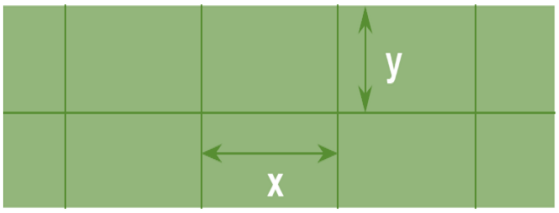
SJT = (21 a 24) *D

Donde:

- SJT = Separación de Juntas Transversales (<= 4.5 m)
- D = Espesor del Pavimento

Aunque la forma ideal para una losa es cuadrada, no siempre es práctico o viable construirlas así. Por ello, es necesario trabajar con un cierto grado de rectangularidad. La relación entre el largo y el ancho de una losa debe ser igual o menor a 1.25, como se ilustra en la figura 25.

Figura 25. Relación entre largo y ancho de un tablero de losas.



$$\frac{x}{y} \leq 1.25$$

2.2.1.5 Mantenimiento del pavimento

2.2.1.5.1 Finalidad

En el concreto permeable, el mantenimiento tiene como principal prioridad evitar las obstrucciones de los poros que permiten la infiltración del agua hacia el sistema de drenaje; esto se logrará mediante una limpieza regular de la superficie, principalmente luego de lluvias o intensos usos del pavimento (Sucedo Vidal, 2010).

Las principales recomendaciones en el mantenimiento de los pavimentos permeables son:

- Evitar el uso de arena o materiales finos para el relleno de las juntas, pues podrían bloquear los poros.
- Barrer o aspirar la superficie con regularidad.

2.2.1.5.2 Tipos de mantenimiento del pavimento permeable:

Los tipos de mantenimiento más aceptados según la norma ACI 522R son el lavado a presión y la aspiración a potencia.

2.2.1.5.2.1 Lavado a presión

El lavado a presión consiste en forzar los contaminantes a atravesar la superficie del pavimento, sin embargo, se debe tener cuidado de no utilizar demasiada presión puesto que podría dañar el concreto permeable.

Es necesario, además, utilizar presiones variables de agua en pequeñas secciones del pavimento permeable para determinar la presión adecuada en dicho pavimento.

2.2.1.5.2.2 Aspiración a potencia

Según el Minnesota Stormwater Manual, la superficie del pavimento es la primera capa de defensa para atrapar y eliminar los sedimentos que de otro modo ingresarían a la base y al subsuelo, esta debe ser controlada mediante una aspiración periódica de al menos 2 veces al año, este

cronograma puede incluir la caída de las hojas de otoño (mayo) y el final del invierno (septiembre), se deberá mantener un registro de esta actividad.

La frecuencia de la aspiración debe ajustarse según las necesidades de su intensidad de uso y la tasa de deposición de los materiales.

El método sugerido para esta limpieza son las barredoras de aspiración de aire regenerativo, las cuales se aprecian en la figura 26.

Figura 26. Barredora de aspiración de aire regenerativo



Nota: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Barredora-de-calles-de-aire-regenerativa-TYMCO-R-Ilustracion-del-sistema-de_fig2_44131175

2.2.1.6 Análisis comparativo de costos:

(Sucedo Vidal, 2010) nos menciona en su artículo el diseño de un concreto hidráulico permeable y que presentan menores costos de mantenimientos que una pavimentación común de asfalto ya que estos tipos de pavimentos presentan mayores costos de reparación. En la presente investigación hemos realizado nuestro propio análisis, considerando las condiciones del lugar del proyecto.

2.2.2 Drenaje en vías urbanas:

Una vía está expuesta al escurrimiento de precipitaciones y otras de fuentes como taludes aledaños, entre otros. Es de suma relevancia poder canalizar este flujo de manera que se eviten daños en la misma vía y en la población, en casos de precipitaciones extremas que puedan causar inundaciones, para así poder cumplir con su tiempo de vida útil y brindar una adecuada calidad de vida a las personas dentro del ámbito de influencia de la vía.

2.2.2.1 Drenaje sostenible.

2.2.2.1.1 Definición.

El drenaje sostenible hace referencia a la adecuada gestión de las aguas superficiales o escorrentías que drenan en una vía urbana. Esta gestión de aguas pluviales se centra en evitar fenómenos como el "aquaplaning", el cual hace que los vehículos pierdan adherencia con el pavimento o capa asfáltica debido a la acumulación de agua, o fenómenos como inundaciones por una mala gestión de estas aguas pluviales que afectarían de manera directa a las viviendas. Además, estas aguas pluviales traen consigo sedimentos que pueden dañar incluso a la misma capa de rodadura y a las viviendas o poblaciones aledañas por inundaciones o acumulaciones de agua. Es por ello, que es importante tener una adecuada gestión de aguas pluviales en las vías, drenaje sostenible, para evitar que estos sedimentos o acumulaciones de agua generen inundaciones, accidentes de tránsito o malgasten la carpeta de rodadura de la vía.

2.2.2.1.2 Sistemas de drenaje sostenible.

El concepto de sostenibilidad hace referencia a un uso adecuado de recursos en la actualidad sin la implicancia de afectar los recursos del mañana.

(Castro Fresno et al., 2005) nos mencionan mediante la tabla 38 acerca de sistemas urbanos de drenaje sostenibles con la finalidad de conceptualizar mecanismos para la adecuada gestión de la escorrentía superficial en vías urbanas.

Tabla 38. Sistemas de drenaje sostenible

Categoría dentro del drenaje sostenible		Técnica de drenaje sostenible
A. Medidas preventivas		a. Legislación
		b. Formación
		c. Inversión
Sistemas urbanos de drenaje sostenibles (SUDS)	B. Sistemas de infiltración	d. Superficies permeables
		e. Pozos de infiltración
		f. Depósitos de infiltración
	C. Sistemas de captación y transportes	g. Drenes filtrantes
		h. Cunetas verdes
		i. Franjas filtrantes
	D. Sistemas de tratamiento pasivo	j. Depósitos de detención
		k. Estanques de detención
		l. Humedales artificiales

Nota: (Castro Fresno et al., 2005)

A. Medidas preventivas:

a. Legislación:

Es una pieza fundamental poder modificar los marcos legales de cada sistema o país para mejorar la gestión de las aguas pluviales mediante la implementación del uso de los SUDS, esto hace referencia a la formación de equipos de trabajo que puedan fomentar a través de lineamientos, normas, descripciones, u otro documento que siga el objetivo preliminar de la gestión sostenible de las aguas pluviales para drenajes en vías urbanas.

b. Formación:

Esta medida hace referencia a la educación o cultura que se pueda implementar a los ciudadanos para que puedan tener en consideración de gran manera acciones de prevención frente a inundaciones o, en el mejor de los casos, generar mediante intervenciones políticas normas o documentos que ayuden a fomentar estos tipos de conceptos con los demás.

c. Inversión:

Las entidades estatales, tanto regionales, locales o la nacional, deben invertir en programas de formación e intervenciones que impliquen la implementación de estos conceptos para cumplir de manera adecuada con la aplicación del sistema de drenaje urbano sostenible.

B. Sistemas de infiltración.

d. Superficies permeables:

Este sistema de infiltración hace referencia a cualquier superficie que pueda permitir la filtración de las aguas pluviales hacia las capas inferiores. Existen dos tipos de superficies permeables: la resistente, la cual está diseñada en base al tráfico de vehículos como los pavimentos permeables; y la no resistente, la cual no se diseña en base al tráfico de vehículos como los jardines u otro similar.

e. Pozos de infiltración:

Es un tipo de superficie permeable no resistente, el cual está conformado por material de relleno y permite la infiltración del agua. Generalmente se usan para deposiciones finales de aguas residuales grises o pluviales, en algunos casos.

f. Depósitos de infiltración:

Es un tipo de superficie permeable no resistente, el cual consiste en una excavación poco profunda que permita que el agua pluvial se almacene de forma temporal mientras se produce la

infiltración respectiva. Generalmente se usan cuando se tienen grandes volúmenes de agua y son diseñados de forma irregular.

C. Sistemas de captación y transporte.

g. Drenes filtrantes:

Son zanjas continuas, las cuales están conformadas por impermeabilizantes en sus paredes mediante el uso de geo sintéticos, además, están rellenadas por materiales como gravas para que permitan la infiltración de las aguas pluviales y puedan conducirse a través de tuberías. Este tipo de sistemas es usado generalmente en carreteras, los cuales mejoran el drenaje de la escorrentía superficial.

h. Cunetas verdes:

Son un tipo de cunetas que están revestidas con rocas y vegetación, el cual permite una infiltración y aprovechamiento de la escorrentía superficial. Estos tipos de cunetas con usados generalmente en carreteras que tengan un ancho de plataforma lo suficientemente grande para su aprovechamiento, además, dicha carretera deberá tener una pendiente longitudinal máxima de 4% para evitar que la velocidad de escorrentía aumente y pueda generar erosión.

i. Franjas filtrantes:

Son superficies con coberturas vegetales y con una inclinación determinada que permita que la escorrentía fluya de manera lenta para que pueda infiltrarse en la vegetación y pueda ocurrir los procesos de evaporación y evapotranspiración.

D. Sistemas de tratamiento pasivo.

j. Depósitos de detención:

Son depresiones superficiales que tienen como finalidad almacenar las aguas pluviales. Cabe resaltar, que estos depósitos deben contar con un sistema de alcantarillado que permita descargar la escorrentía almacenada.

k. Estanques de detención:

Son depresiones que cumplen la función de almacenar el agua de la escorrentía superficial, entre otros, sin la necesidad de descargarlas, realizando el proceso de la degradación biológica de los sedimentos.

l. Humedales artificiales:

Son superficies amplias construidas de manera artificial y con baja profundidad, además, cuentan con vegetación de pantanos u otras zonas húmedas. Dicha vegetación permite que el agua proveniente de la escorrentía superficial se almacene más tiempo y se depure de mejor manera los sedimentos que entran en él.

Para nuestra investigación, adoptaremos la categoría de sistemas de infiltración mediante el uso de pavimentos permeables, el cual permitirá una mejor evacuación de la escorrentía superficial.

2.2.2.2 Tipos de sistemas de drenaje.

2.2.2.2.1 Alcantarillas.

Son estructuras que hacen posible el drenaje de la escorrentía superficial de las carreteras y se ubican de manera transversal a ellas. Una de sus funciones principales es poder transportar los sedimentos y fluidos provenientes de quebradas que podrían causar daño a la carretera. Cabe resaltar que el tiempo de vida útil de estas estructuras varía entre 10 a 50 años. Además, el flujo de

la escorrentía en las alcantarillas depende de la geometría de esta, la pendiente y la longitud de ellas.

2.2.2.2.2 Cunetas.

Son estructuras que se ubican adyacente a la carretera o vía con el fin de recolectar y transportar la escorrentía superficial de la misma. Las cunetas pueden ser de diferentes tipos de materiales, los cuales influenciarán en la velocidad y transporte de la escorrentía. La ubicación correcta de este tipo de estructuras es en dirección de los taludes de corte o en lugares donde exista alto riesgo de desprendimiento de flujos que pueda tener un impacto directo en la carretera. Generalmente el tipo de geometría de las cunetas son triangulares.

2.2.2.2.3 Zanjas de coronación.

Son estructuras que están ubicadas en la parte superior de un talud de corte con la finalidad de filtrar los flujos de quebradas o de zonas superiores a la carretera. Generalmente las secciones transversales de las zanjas de coronación son rectangulares o trapezoidales, dependiendo del caudal de diseño. Además, si la pendiente longitudinal es inferior a 2% no es necesario que tenga recubrimiento, caso contrario, se recomienda recubrirlo con concreto simple o enrocado si la pendiente longitudinal es mayor o igual a 2%.

2.2.2.2.4 Bordillos.

Son estructuras que no solo tienen la función de drenar el agua de la escorrentía superficial de las carreteras, si no, también de separar dos estructuras de pavimento. Los bordillos pueden ser de concreto armado y se pueden construir en terraplenes de más de 1.5 m de altura.

2.2.2.2.5 Geomembranas y geotextiles.

Las geomembranas son geosintéticos totalmente impermeables que permiten cubrir o proteger una capa de material del flujo de agua. Los geotextiles son un tipo de geosintéticos que tienen como función principal reforzar el suelo a través de su funcionalidad, permitiendo distribuir de manera equitativa las cargas a través de su forma, la cual es de forma de mallas o nudos.

En nuestra investigación se consideró el uso de las geomembranas y geotextiles no tejidos, los cuales se detallarán en los capítulos posteriores.

Asimismo, seguiremos las propiedades mencionadas la tabla 39, las cuales se basan en la norma AASHTO-M-288-06 para elegir un geotextil no tejido adecuado para nuestro proyecto.

Tabla 39. Propiedades mecánicas e hidráulicas de geotextiles para subdrenes viales

Propiedades mecánicas	**Métodos de Ensayos**	**Clase de Geotextil Requerido**			
		Clase 2		**Clase 3**	
		Elongación < 50%	**Elongación ≥ 50%**	**Elongación < 50%**	**Elongación ≥ 50%**
Resistencia a Tracción "Grab"	ASTM D 4632	1100	700	800	500
Resistencia al Punzonado	ASTM D 4833	400	250	300	180
Resistencia al Desgarre trapezoidal	ASTM D 4533	400	250	300	180

Clase de Geotextil		**Geotextil Clase 2**		
Propiedades hidráulicas	**Métodos de Ensayos**	**Requerimientos del geotextil**		
		Menos del 15% pasa malla #200	**Entre el 15% y 50% pasa malla #200**	**Mas del 50% pasa malla #200**
Permitividad (s-1)	ASTM D 4491	0.5	0.2	0.1
Tamaño de Abertura Aparente (valor promedio máximo del rollo) (mm)	ASTM D 4751	0.43 max	0.25 max	0.22 max
Establidad a los rayos Ultravioleta	ASTM D 4355	50% de resistencia después de 500 horas de exposición.		

Nota: AASHTO-M-288-06

Tras la verificación de los datos señalados, basándonos en una selección normal de subdrenes con rellenos no angulares, escogemos un geotextil de clase 2; siendo el elegido un geotextil no tejido PAVCO NT-3000, el cual cumple las verificaciones de este.

2.2.2.2.6 Geodrén francés.

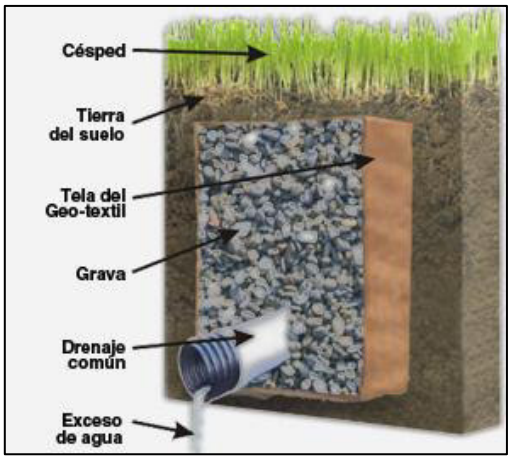
2.2.2.2.6.1 Definición

Un geodrén francés es un sistema de zanjas con material drenante y tuberías perforadas, diseñado para desviar el agua de áreas problemáticas, tales como cimientos de edificios, jardines propensos a inundaciones, o zonas de acumulación de agua, tales como las cunetas; en el cual se colocará un geotextil como medio de filtro.

2.2.2.2.6.2 Composición

El geodrén francés está compuesto por una zanja, la cual se rellenará con un material drenante (grava o piedra triturada), tendrá una tubería perforada en la parte inferior de la zanja y alrededor tendrá un geotextil sintético, para evitar la infiltración de material fino. Se muestra en la figura 27 una sección típica de geodrén francés.

Figura 27. Sección típica de geodrén francés



Nota: https://autovias.wordpress.com/2011/08/06/el-dren-frances-como-alternativa-a-las-barreras-de-seguridad/

2.2.2.2.6.3 Diseño

i) Cálculo del caudal de diseño o de infiltración: es la parte del agua de lluvia que cae de manera directa sobre la superficie de rodadura, infiltrándose debido a la permeabilidad de estas. El cálculo de este caudal se hará de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = I_R * B * L * F_i * F_r$$

Donde:

I_R= Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto (m/s)

B= Para subdrenes longitudinales, B es un carril de la carretera (ancho de la vía/2). Para el caso de subdrenajes transversales, B es la distancia entre subdrenajes (m)

L= Longitud de tramo de drenaje (m)

F_i= Factor de infiltración, cuyos valores recomendados se encuentran en la tabla 40.

F_R= Factor de retención de la base, cuyos valores recomendados se encuentran en la tabla 41.

Tabla 40. Valores recomendados para Fi

Tipo de Carpeta	Fi
Carpetas asfaltadas muy bien conservadas	0.30
Carpetas asfaltadas normalmente conservadas	0.40
Carpetas asfaltadas probablemente conservadas	0.50
Carpetas de concreto de cemento Portland	0.67

Nota: Diseño de infraestructura con geosintéticos – décima edición

Tabla 41. Valores recomendados para Fr

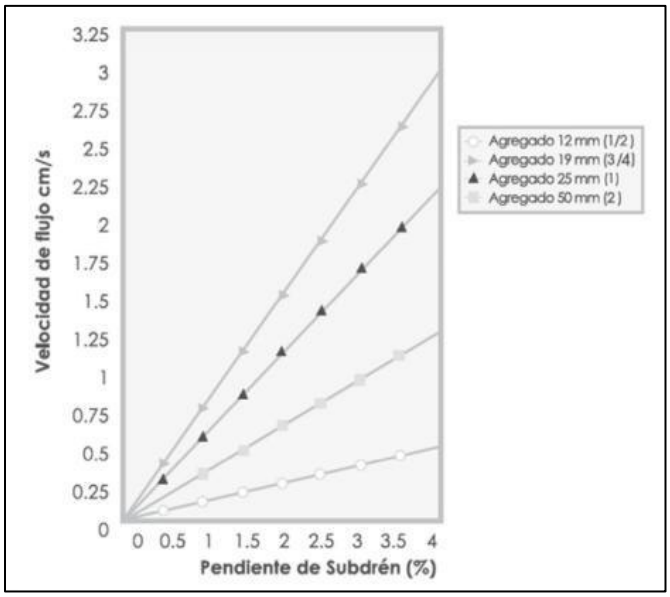
Tipo de Carpeta	Fi
Bases bien gradadas, e servicio 5 años o mas	0.25
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	0.33
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o mas	0.33
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	0.50

Nota: Diseño de infraestructura con geosintéticos – décima edición

La precipitación máxima horaria con frecuencia anual se extraerá a partir de las intensidades máximas consideradas dentro del estudio hidrológico.

Conocidos estos valores, calcularemos la velocidad según el tipo de agregado colocado en el filtro, además, usaremos la figura 28.

Figura 28. Pendiente vs velocidad, según el tamaño de agregado



Nota: Diseño de infraestructura con geosintéticos – décima edición

ii) Dimensionamiento de la sección transversal

$$Q_T = V * I * A$$

Donde:

Q_T=Caudal total (m3/s)

V= Velocidad de flujo

I= Gradiente hidráulico, para subdrenes es (1)

A= Área de la sección transversal del subdren

iii) Cálculo del diámetro de la tubería:

$$Q_T = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q_T= Caudal total calculado (m3/s)

n= Coeficiente Manning. Para tubería perforada usualmente 0.013

A= Área del tubo (m2)

R= At/Pt (Area total/ Perímetro total)

S= Pendiente del subdren (m/m)

2.2.2.3 Condiciones hidráulicas.

Las condiciones hidráulicas de una vía van a permitir diseñar de manera adecuada las estructuras del sistema de drenaje de ella: alcantarillas, cunetas, zanjas de coronación, entre otros. Los factores para el diseño de las estructuras de drenaje son dos: caudal de propagación y la velocidad del flujo.

2.2.2.3.1 Caudal de propagación.

Para la estimación de caudales, cuando se tiene suficiente información, generalmente se usa el método racional, el cual consiste en realizar un análisis estadístico de los máximos caudales diarios anuales provenientes de la estación meteorológica más cercana a la zona del proyecto. La estimación de caudales se debe realizar considerando periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años usando el método de la distribución log normal, log Pearson III o Valor extremos tipo I.

En el caso contrario, que no se tenga suficiente información, el MTC nos recomienda estimar el caudal usando los datos de precipitación como datos de ingreso a una cuenca.

Los métodos descritos anteriormente y otros para la estimación de caudales se presentan a continuación:

a) Método racional:

Este método genera una estimación del caudal máximo (m^3/s) en base a la intensidad de precipitación máxima horaria; al coeficiente de escorrentía, el cual dependerá del tipo de superficie del área de la cuenca de análisis; y del área de la cuenca. Cabe resaltar que este método se usa cuando se tiene una cuenca menor a 13 km^2 según la norma OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano”.

$$Q = CIA$$

Donde:

Q = caudal máximo superficial (m^3/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A = área de la cuenca (Ha)/ área del pavimento permeable

Para el caso de considerarse un pavimento permeable en la superficie de escurrimiento, se debe tener en cuenta la infiltración del pavimento, la cual se determinará con el modelo de Horton explicado en el siguiente sub ítem de "velocidad de propagación". Según lo cual, la fórmula se ajustará a lo siguiente:

$$Q(t) = Q - f(t) * A$$

Donde:

Q (t) = caudal de propagación ajustado considerando la tasa de infiltración

f(t) = tasa de infiltración en función del tiempo (mm/h)

A = área del pavimento (m^2)

b) Método de los hidrogramas unitarios:

Este método se usa cuando se tiene una cuenca grande y se requiere conocer la distribución temporal del caudal. Primero, se debe calcular un hidrograma unitario en base a las precipitaciones y características de la cuenca. Segundo, se debe realizar un ajuste en base a la precipitación específica del evento (Ayuso et al., 1994).

c) Método hidráulico simplificado para cunetas:

Este método generalmente se usa para calcular el caudal de diseño de estructuras de drenaje como cunetas.

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

A = área de la sección transversal de la cuneta.

R = radio hidráulico.

S = pendiente de la cuneta.

d) Método del balance hídrico:

Este método generalmente se usa para la estimación del caudal considerándose un pavimento permeable (Chow et al., 1994).

$$R = P - I - E - S$$

Donde:

R = caudal estimado que sobrepasa la capacidad del pavimento permeable.

P = precipitación total.

I = infiltración.

E = evapotranspiración.

S = almacenamiento temporal en la estructura del pavimento permeable.

2.2.2.3.2 Velocidad de propagación.

La velocidad de propagación es la rapidez en una dirección de flujo de la escorrentía proveniente de las precipitaciones a través de una superficie, desde el momento en que aparece la escorrentía hasta el depósito en su punto de evacuación (Ramírez et al., 2022). Dicha velocidad va a depender de varios factores tales como la pendiente de la superficie, la rugosidad de la superficie,

la capacidad de infiltración de la superficie, la evapotranspiración de la superficie y la escorrentía superficial.

Los pavimentos permeables reducen la escorrentía superficial ya que debido a sus propiedades filtran un porcentaje de ella, haciendo que lo restante fluya por la superficie del pavimento hasta el punto de su evacuación. La velocidad de propagación en pavimentos permeables es compleja de determinar, ya que la infiltración y la retención del agua influyen de manera considerable en la velocidad del flujo.

Existen diferentes métodos y modelos para determinar la velocidad de propagación, los cuales se detallarán a continuación:

a) Método de Manning modificado:

Este método se usa generalmente para la determinación de la velocidad del flujo en superficies como canales de tierra, canales revestidos y tuberías; sin embargo, se puede adaptar a superficies permeables:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

v = velocidad del flujo superficial (m/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning (depende del material de la superficie)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente de la superficie.

Cabe mencionar que, para el radio hidráulico, este tendrá un valor aproximado al espesor de la lámina de agua ya que en el caso de los pavimentos permeables se trata de superficies planas y de láminas delgadas de agua.

El coeficiente de rugosidad para pavimentos permeables está entre 0.015 a 0.030. Además, determinar dicho coeficiente para pavimentos permeables es complejo ya que dependen de muchos factores como la textura, porosidad, pendiente de la superficie, entre otros, y generalmente esta determinación se realiza de manera experimental. Sin embargo, existen métodos empíricos para aproximar dicho coeficiente de rugosidad:

- Método de Strickler: se usa para la determinación de coeficientes de rugosidad de materiales naturales como lechos de grava, cauces de ríos, entre otros. Sin embargo, este método se puede adaptar a los pavimentos permeables mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\left(k_s^{\frac{1}{6}}\right)}{26}$$

Donde:

ks = tamaño medio del agregado (m) o rugosidad equivalente.

b) Método de elementos finitos:

Es un método numérico que usa ecuaciones diferenciales parciales las cuales describen fenómenos físicos. Este método se usa en Hidrología de Suelos donde se usan softwares de elementos finitos tales como ANSYS Fluent, COMSOL Multiphysics o OpenFOAM, así como la ecuación de Darcy para definir el flujo del agua en una superficie porosa.

c) Método de Darcy:

Este método se usa para determinar la velocidad a la que se infiltra el agua en una superficie porosa. Está determinada por la siguiente fórmula:

$$v = \frac{k * i}{n}$$

Donde:

v = velocidad de infiltración (m/s o mm/h)

k = coeficiente de permeabilidad (m/s)

i = gradiente hidráulico

n = porosidad efectiva del material

Respecto al coeficiente de permeabilidad (k), el cual mide la capacidad de infiltración del agua en el pavimento permeable, se calcula a través de ensayos de laboratorio. Unos valores aproximados y típicos para el coeficiente de permeabilidad siguiendo los comentarios y detalles que nos brinda la norma ASTM D2434 se mostraran en la tabla 42.

Tabla 42. Valores típicos de K.

Material	Coeficiente de Permeabilidad (k)	
Concreto permeable	0.001 - 0.001	m/s
Asfalto permeable	0.0001 - 0.001	m/s
Grava limpia (sin finos)	0.01 - 0.1	m/s
Arena gruesa	0.001 - 0.001	m/s
Arena fina	0.00001 - 0.0001	m/s
Arcilla (alta plasticidad)	0.000000001 - 0.0000001	m/s
Suelo compacto (bien graduado)	0.000001 - 0.0001	m/s

Respecto al gradiente hidráulico, el cual es la relación entre la diferencia de cargas entre dos puntos (Δh en "m") y el espesor del pavimento permeable (L en "m"), se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Cabe resaltar que en la mayoría de los flujos la energía cinética es prescindible, por ende, la diferencia de cargas se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta h = \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma}\right)$$

Respecto a la porosidad efectiva del material (n), la cual mide la relación entre el volumen disponible para el flujo del agua y el volumen total del elemento, se calcula en ensayos de laboratorio a través del método de saturación y desplazamiento o el método gravimétrico. Este valor de "n" se puede interpretar como el porcentaje de vacíos o de aire que tenga el pavimento permeable.

d) Modelo de Horton:

Este método se usa generalmente para definir la capacidad de infiltración en superficies permeables de flujos de agua, el cual tiene un comportamiento variable en función del tiempo, considerando un flujo inicial y que va disminuyendo hasta llegar a uno constante (Weber, 2014).

$$f(t) = fc + (f_0 - f_c) * e^{-k*t}$$

Donde:

f(t) = tasa de infiltración en el tiempo (mm/h o cm/h)

f0 = tasa de infiltración inicial (mm/h o cm/h)

fc = tasa de infiltración final o constante (mm/h o cm/h)

k = constante de decaimiento (1/h)

t = tiempo que pasa desde el inicio de la lluvia

Respecto a la constante “k”, este se calcula de manera experimental conociendo las variables anteriores mencionadas y el tiempo “t” considerado.

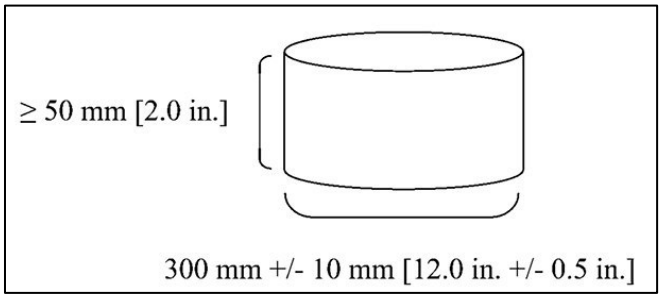
Cabe resaltar que la tasa de infiltración final hace referencia a cuando la superficie permeable ya no puede infiltrar o absorber el flujo de agua de manera rápida como la inicial. Este valor se calcula generalmente de manera experimental con el uso de la prueba del doble anillo, el cual consiste en usar dos anillos concéntricos insertados en la superficie y verter agua para determinar la tasa de infiltración inicial, la cual sería la más alta de toda la prueba. Posteriormente se le sigue vertiendo agua hasta que la tasa disminuya, tomando un valor constante, el cual se denominará tasa de infiltración final o constante.

e) Tasa de infiltración – norma ASTM C1701

Este método se basa en la norma ASTM C1701, la cual hace referencia a la capacidad de infiltración que tiene el concreto permeable, la cual se determina con los siguientes pasos:

- ***Paso 1:*** Se sella una superficie circular del pavimento permeable con un anillo de material como acero o aluminio o PVC, pegado a la superficie con masilla de plomería, la cual debe cumplir con las especificaciones técnicas de la norma C920 o la norma A-A-3110. Dicho anillo debe tener las dimensiones señaladas en la figura29.

Figura 29. Anillo para ensayo de infiltración en el concreto permeable.



Nota: ASTM C1701

Es decir, el diámetro del anillo debe ser aproximadamente de 30 cm y debe tener una altura mayor de 5 cm.

- ***Paso 2:*** Se inicia con la etapa de pre-humedecimiento, en la cual se verterá 3.6 kg ± 0.05 kg de agua dentro del anillo empastado con la superficie permeable. Luego, mediante un cronómetro de 0.1 segundos de precisión se mide el tiempo en el cual el agua es absorbida por el pavimento permeable. Cabe mencionar, que esta etapa tiene como objetivo saturar la capa de pavimento permeable para obtener resultados más reales de su capacidad de infiltración.

- ***Paso 3:*** Se inicia con la etapa de humedecimiento, la cual dependerá del resultado del paso anterior, es decir, si el tiempo de pre-humedecimiento fue menor a 30 segundos, entonces se verterá 18 kg ± 0.05 kg de agua dentro del anillo; sin embargo, si el tiempo de pre-humedecimiento fuera mayor o igual a 30 segundos, se verterá 3.6 kg ± 0.05 kg de agua. Posteriormente, se medirá el tiempo en el cual la capa de concreto permeable infiltra el agua en su totalidad. Este tiempo se denominará como “t” y estará expresado en segundos. Cabe precisar, que la etapa de humedecimiento se debe dar dentro de los dos minutos posteriores al término de

la etapa de pre-humedecimiento, caso contrario, se debe iniciar nuevamente con dicha etapa (paso 2).

- ***Paso 4:*** Finalmente se calcula la tasa de infiltración (I), la cual estará determinada mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{K * M}{D^2 * t}$$

Donde:

I = tasa de infiltración (mm/h)

K = 4,583,666,000.00 ($\frac{mm^3 * s}{kg * h}$)

t = tiempo de humedecimiento (s)

M = masa total de agua (kg)

D = diámetro interior del anillo de infiltración (mm)

2.2.2.4 Diseño geométrico.

El diseño geométrico de una vía es relevante para poder definir los parámetros claves para la ejecución posterior de ella y esté enmarcada en un marco legal permisible según los parámetros que corresponda.

Las vías urbanas según la norma GH.020 Componentes de Diseños Urbanos, se clasifican en cuatro: vías expresas (permiten el paso total de los vehículos sin presentar interrupciones, de ser el caso, estas se harían a desnivel), vías arteriales (permiten interrupciones a largas distancias),

vías colectoras (permiten interrupciones a medianas distancias) y vías locales (permiten el acceso total o presentan continuas interrupciones).

En este apartado se detallarán los componentes de un diseño geométrico como el perfil y la sección transversal.

2.2.2.4.1 Perfil.

La pendiente longitudinal es un valor el cual hace referencia a un cambio de nivel a lo largo de toda la vía urbana o carretera, de esta forma, se puede identificar cambios y/o afectaciones a la misma.

El diseño geométrico en perfil está compuesto por un conjunto de rectas unidas mediante curvas, además, dichas rectas deben ser tangentes a las curvas. El sentido de las pendientes verticales puede ser positivo o negativo; positivo las que consideran un alza de cota y negativo las que consideren una disminución de cota. Las normas o documentos legales de los cuales tomaremos en cuenta son: el "Manual de Diseño de Geométrico" del MTC, la norma CE.010 de Pavimentos Urbanos, la norma OS.060 "Drenaje Pluvial Urbano" y la GH.020 Componentes de Diseños Urbanos.

- ➔ Pendiente mínima: El MTC nos menciona a través de su manual de diseño geométrico, la pendiente longitudinal mínima es de 0.5% con el objetivo de influir en el sistema de drenaje superficial de las vías urbanas.
- ➔ Pendiente máxima: La pendiente longitudinal máxima dependerá del tipo de orografía, velocidad de diseño y el IMDA, lo que definirá el tipo de vía. En la tabla 43 se aprecian las pendientes máximas exigidas por el MTC.

Tabla 43. Pendientes máximas.

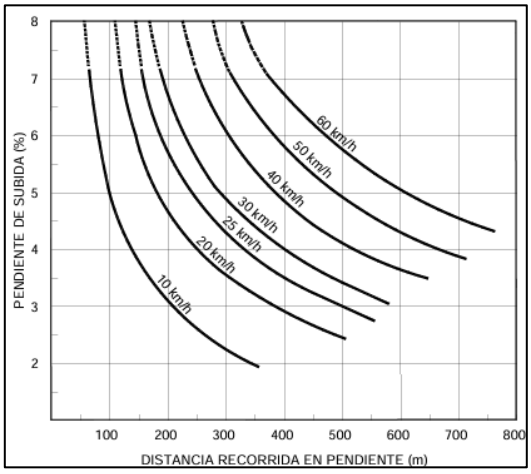
Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h																9.00	8.00	9.00	10.00	
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

Cabe mencionar, que el artículo número catorce de la norma GH.020 “Componentes de Diseño Urbano”, nos menciona que la pendiente longitudinal máxima para vías urbanas es 12%, considerándose permiten pendientes de hasta un 15% en trayectos de hasta 50 metros dentro de las zonas de volteo.

➔ Longitud en pendiente: hace referencia a la longitud máxima que puede tener una pendiente en función de la velocidad de diseño y la pendiente propiamente dicha. Dichos valores se aprecian en la figura 30.

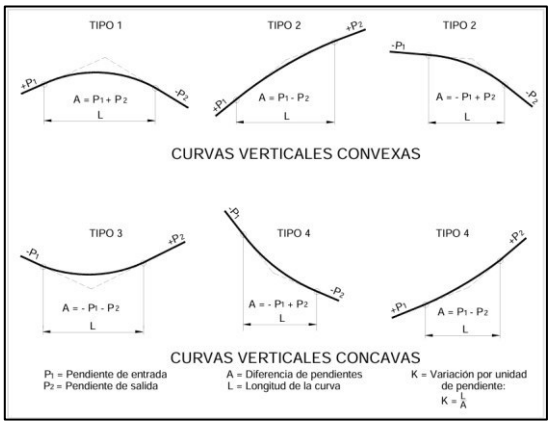
Figura 30. Longitud en pendiente.



Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

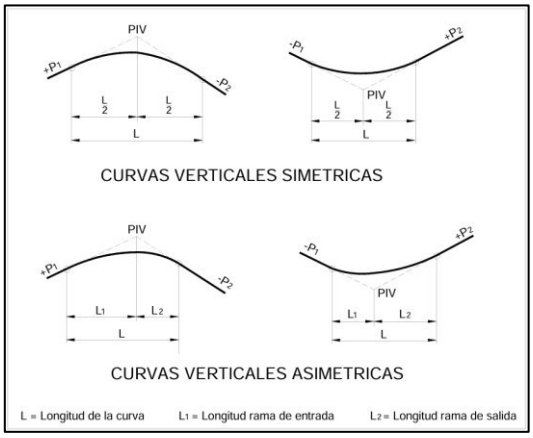
➔ Curvas verticales: Hay dos clasificaciones en las curvas verticales. La primera, se basa en el criterio de flexión de la curva donde se tiene a la curva convexa y cóncava. La segunda, se basa en el criterio de simetría donde se tiene a la curva simétrica y asimétrica. Los tipos de curvas verticales se aprecian en las figuras 31 y 32.

Figura 31. Curvas verticales cóncavas y convexas.



Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

Figura 32. Curvas verticales simétricas y asimétricas.



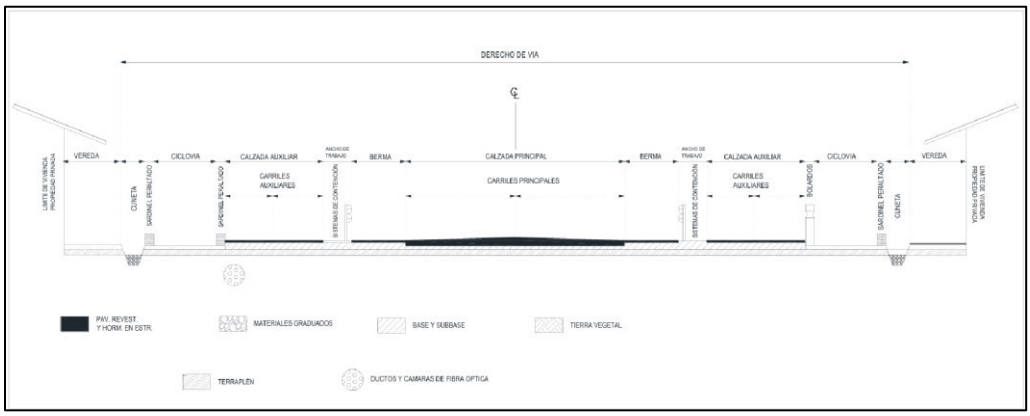
Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

2.2.2.4.2 Sección transversal.

La sección transversal de una vía en la ciudad se define por sus componentes vistos en un plano vertical que es perpendicular al eje horizontal de la calle. En una sección transversal se deben

detallar los aspectos de la calzada, la subbase, base y la subrasante de ser pertinente; siendo la capa de rodadura la zona más importante a mencionar. En la figura 33 se aprecia una típica sección transversal.

Figura 33. Sección transversal típica de una vía de una calzada con 2 carriles.



Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

La carretera presenta anchos mínimos en calzadas en relación a su tipo de orografía, velocidad de diseño, y clasificación por demanda. Dichos anchos mínimos se aprecian en la tabla 44.

Tabla 44. Anchos mínimos de calzada en tangente.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			6.00	6.00
40 km/h																6.60	6.60	6.60	6.00	
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7,20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

Además, la norma G.020 “Componentes de Diseño Urbano” nos menciona los intervalos de anchos de calzada según el tipo de vías locales, los cuales se aprecian en la tabla 45.

Tabla 45. Anchos de calzadas según el tipo de vías locales.

TIPOS DE VIAS	VIVIENDA			COMERCIAL	INDUSTRIAL	USOS ESPECIALES
VIAS LOCALES PRINCIPALES						
ACERAS O VEREDAS	**1.80**	**2.40**	**3.00**	**3.00**	**2.40**	**3.00**
ESTACIONAMIENTO	**2.40**	**2.40**	**3.00**	**3.00 - 6.00**	**3.00**	**3.00 - 6.00**
PISTAS O CALZADAS	SIN SEPARADOR 2 MODULOS D	CON SEPARADOR CENTRAL 2 MODULOS A CADA LADO DEL SEPARADOR		SIN SEPARADOR 2 MODULOS DE **3.60**	SIN SEPARADOR 2 MODULOS DE **3.60**	SIN SEPARADOR 2 MODULOS DE **3.30 - 3.60**
	3.60	**3.00**	**3.30**	CON SEPARAD. CENTRAL: 2 MODULOS A C/ LADO		
VIAS LOCALES SECUNDARIAS						
ACERAS O VEREDAS	**1.20**			**2.40**	**1.80**	**1.80 - 2.40**
ESTACIONAMIENTO	**1.80**			**5.40**	**3.00**	**2.20 - 5.40**
PISTAS O CALZADAS	DOS MODULOS DE **2.70**			2 MODULOS DE **3.00**	2 MODULOS DE **3.60**	2 MODULOS DE **3.00**

Nota: Componentes de Diseños Urbanos G.020.

➔ Bermas: Es una zona que se ubica en la parte lateral de la calzada de una vía y formar parte del sistema de drenaje de la vía, sin embargo, generalmente su uso se basa en brindar soporte a la calzada. Los anchos de las bermas se definirán en base a la clasificación de vía en función a la demanda, tipo de orografía y velocidad de diseño, los cuales se aprecian en la tabla 46.

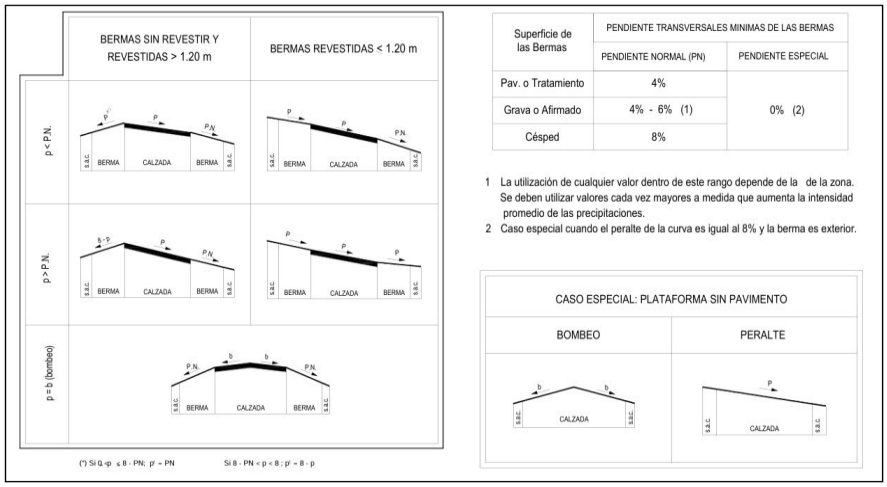
Tabla 46. Anchos de bermas.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h																1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

El MTC a través del “Manual de Diseño Geométrico” nos detalla las pendientes que debe tener las bermas en la figura 34.

Figura 34. Pendientes de bermas.



Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

➔ Bombeo: Es la inclinación que presenta la calzada en una sección transversal en los tramos tangentes o en curvas verticales de contra peraltes. El bombeo está en función del tipo de capa de rodadura y de la precipitación de la zona de la vía. Según la OS.060 para vías urbanas el bombeo debe estar entre 2% a 4%. Esto se puede apreciar en la tabla 47.

Tabla 47. Bombeo en Calzada.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

➔ Peralte: Es la inclinación de la vía en las curvas en planta. El peralte no se aplica en las condiciones señaladas en la tabla 48.

Tabla 48. Valores de radio que no incluye la necesidad de un peralte.

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

Esto implica que los radios de curva en planta sean muy grandes, y sabemos que las vías urbanas generalmente no cuentan con dichas condiciones. Por ende, las vías urbanas cuentan con peralte máximo según la tabla 49.

Tabla 49. Peraltes máximos.

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%

Nota: MTC Diseño Geométrico-2018.

El peralte, en base al criterio de seguridad ante deslizamiento, se calcula de la siguiente manera:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

p: peralte máximo asociado a la velocidad de diseño.

V: velocidad de diseño (km/h).

R: radio mínimo absoluto (m).

f: coeficiente máximo de fricción lateral asociado a la velocidad.

El peralte mínimo es de 2% para radios de curvatura mayores a 2500 m y una velocidad mayor a 40 km/h.

- ➔ Transición del bombeo al peralte: Cuando tenemos el cambio de una tangente a una curva horizontal, en la mayoría de los casos se va a requerir el cambio de bombeo a peralte a través de una curva de transición. Este cambio se realiza de manera gradual a lo largo de la curva de transición.
- ➔ Cunetas: Son estructuras tipo canales que se construyen en la parte adyacente de la vía con el objetivo de conducir la escorrentía superficial y subsuperficial. De esta manera se protege la calzada conformada por la capa de rodadura, la cual debe mantener su resistencia a lo largo del tiempo de vida útil. En vías urbanas donde no exista mucho espacio, las cunetas, generalmente, son diseñadas en conjunto con la berma. Existen diferentes tipos de cunetas en base a su sección transversal según la norma OS.060: circulares, triangulares, rectangulares, trapezoidales, compuestas y en "V". Cabe mencionar que para el diseño propio de la cuneta se deberá seguir los lineamientos que nos brinda la norma OS.060 "Drenaje pluvial urbano". Estas cunetas son las principales encargadas de recolectar las aguas pluviales y transportarlas al sistema de drenaje pluvial del área o zona urbana. Este sistema estará conformado por colectores o canales que se conectarán con la finalidad de evacuar la escorrentía superficial. Existen dos tipos de evacuación: por bombeo y por gravedad. Para temas de diseño, se utilizará el apartado 4.1.2.1 del "Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje" (MC-07-11).

2.2.2.5 Deposición final y sistema de reúso de aguas pluviales.

2.2.2.5.1 Disposición final.

Los puntos de vertimiento son lugares donde se descargan las aguas residuales o pluviales en un cuerpo receptor de agua, ya sea un canal, un río u otro de funcionalidad similar.

Cabe resaltar que las aguas residuales y pluviales generalmente tienen diferentes puntos de vertimientos. Las aguas residuales recolectadas son tratadas en la mayoría de los casos y se vierten hacia puntos registrados en el Registro Único de Proceso de Adecuación Progresiva (RUPAP). Esto hace referencia al control estricto que se tiene correspondiente a las aguas residuales ya que el nivel de contaminantes es mucho mayor que el de las aguas pluviales, es por esa razón, que el nivel de control de estas aguas pluviales no es tan riguroso como el de las aguas residuales.

Como bien se conoce, las aguas pluviales serán dirigidas hacia estructuras de drenaje pluvial como cunetas. Posteriormente, estas cunetas se interconectarán con otras vías para dirigir sus aguas a colectores pluviales mediante alcantarillas u otras estructuras que permitan dicha funcionalidad. Estos colectores pluviales depositarán sus aguas a:

- Cuerpos naturales de agua: pueden ser ríos, lagos u océanos, sin embargo, debido al desconocimiento de la calidad del agua de las aguas pluviales, las cuales podrían afectar al medio ambiente, no se recomienda estos tipos de disposiciones finales.
- Sistemas de almacenamiento: las aguas pluviales también pueden ser recolectadas en humedales artificiales, tanques de retención o pozos de infiltración que permitan un mejor manejo de estas aguas antes de su deposición final.
- Tratamiento y reutilización: en el mejor de los casos estas aguas se tratan mediante una planta de tratamiento u otra estructura de similar funcionalidad, para mejorar la calidad de

agua antes de su deposición final. Por otra parte, si estas aguas cumplen con las especificaciones técnicas necesarias podrán ser reutilizadas para los fines pertinentes al caso.

Para el caso de Huayllay, según los pobladores, las aguas pluviales son depositadas hacia colectores pluviales, los cuales verterán sus aguas a un riachuelo que se conectará con el río Mantaro, el cual nace del lago Chinchaycocha. Visualizando algunos puntos de vertimiento registrados en el RUPAP correspondientes a Huayllay se pudo identificar a los ríos donde se depositarían aguas residuales, las cuales se encuentran en las zonas bajas de Huayllay.

Figura 35. Puntos de vertimiento – Huayllay.



Nota: Google Earth.

Como se puede apreciar en la figura 35, un posible punto de vertimiento para estas aguas pluviales sería el que presenta el código “V-PY-200-2”, con coordenadas UTM 351104.00 E, 8783888.00 S.

2.2.2.5.2 Sistemas de reúso de aguas pluviales.

Una alternativa que tendría un impacto positivo ambiental es tener una planta o sistema que pueda tratar las aguas pluviales recolectadas con la finalidad de reúso (Rodríguez-Rojas et al., 2017).

Según el reglamento de la ley 29338, ley de recursos hídricos, quien se encarga de establecer los requisitos para el otorgamiento de autorización del reúso de aguas residuales es el ANA (Autoridad Nacional del Agua). Cabe mencionar, que existen cuatro tipos de tratamientos de aguas residuales según el Ministerio del Ambiente (MINAM):

i) Tratamiento preliminar o pretratamiento: El objetivo principal de este tipo de tratamiento es retener los sólidos gruesos y finos mediante el uso de canales con rejas gruesas y finas, desarenadores y/o tamices.

ii) Tratamiento primario: El objetivo principal de este tratamiento es remover material en suspensión, a excepción de materiales coloidales, permitiendo una eliminación entre el 60% - 70% de sólidos suspendidos y hasta un 30% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

iii) Tratamiento secundario: En este tipo de tratamiento se incluyen bacterias u otro tipo de sustancias para poder generar reacciones bioquímicas y así la remoción de la DBO esté entre 50% - 95%. Generalmente se emplean lagunas de estabilización de tipos facultativas para ello, o biofiltros biológicos, entre otros; estos tipos de tratamiento se presentan en la Tabla 50, comparando,

iv) además, sus costos de construcción y operación y mantenimiento.

Tabla 50. Tipos de sistemas de tratamiento secundario y costos.

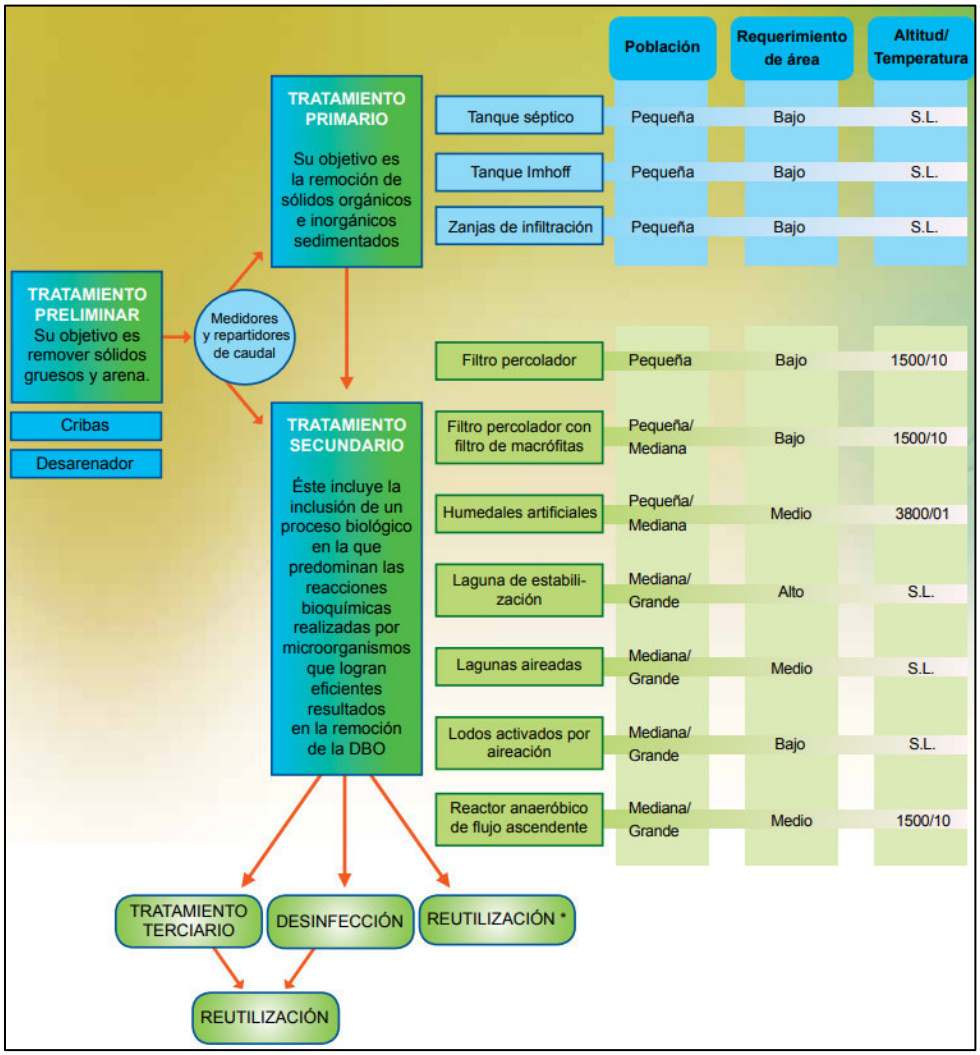
Sistema de Tratamiento Secundario	Costo de Construcción (USD/m³/día)	Costo de Operación y Mantenimiento (USD/m³)	Comentarios
Lodos activados	300-1,000	0.10-0.30	Alta eficiencia, pero requiere energía para aireación y manejo de lodos.
Filtros percoladores	150-500	0.05-0.15	Bajo consumo energético, ideal para pequeñas comunidades.
Reactores biológicos secuenciales (SBR)	500-1,500	0.15-0.40	Menor espacio requerido; necesita control continuo.
Lagunas de estabilización	50-150	0.01-0.05	Económicas, pero requieren grandes áreas de terreno.
Biodiscos rotativos	300-800	0.08-0.20	Bajo consumo energético; mantenimiento simple.
Filtros anaerobios	200-600	0.05-0.10	Costos bajos, pero menos eficientes para altas cargas orgánicas.
Digestores anaerobios	800-2,000	0.10-0.25	Genera biogás; requiere monitoreo y condiciones estables.
Reactores UASB	400-1,000	0.05-0.15	Ideal para aguas con alta carga orgánica; genera biogás.
Sistemas híbridos	800-2,500	0.15-0.35	Combina ventajas de procesos aerobios y anaerobios; alta eficiencia.

v) Tratamiento terciario: Este tratamiento tiene como objetivo remover los nutrientes como fósforo y nitrógeno para evitar que cuando se descarguen generen eutroficación. Estas aguas tratadas pueden aplicarse para el riego de áreas agrícolas, actividades ganaderas, recarga de acuíferos, usos industriales u otros, presentadas en la tabla 51.

Tabla 51. Tipos de sistemas de tratamiento terciario y costos.

Sistema de Tratamiento Terciario	Costo de Construcción (USD/m³/día)	Costo de Operación y Mantenimiento (USD/m³)	Comentarios
Filtración avanzada	100-500	0.05-0.10	Adecuado para reducir sólidos finos y mejorar la claridad del agua.
Cloración	50-150	0.02-0.05	Económico, pero deja subproductos químicos en el agua tratada.
Radiación UV	200-600	0.03-0.08	Ideal para desinfección sin residuos, requiere energía eléctrica constante.
Ozono	500-1,000	0.08-0.15	Costoso pero eficaz contra compuestos persistentes y microorganismos.
Procesos de oxidación avanzada (POA)	1,000-3,000	0.10-0.30	Requiere equipos sofisticados y químicos adicionales, como peróxido de hidrógeno.
Nanofiltración	800-2,000	0.20-0.40	Útil para eliminar sales y compuestos orgánicos; tiene altos costos energéticos.
Ósmosis inversa	1,500-3,500	0.30-0.50	Produce agua de alta pureza, pero es costosa y genera un rechazo significativo.
Remoción de nutrientes (biológica)	200-700	0.05-0.12	Útil para prevenir la eutrofización en cuerpos de agua receptores.
Humedales artificiales	100-300	0.02-0.10	Bajo costo de operación, pero requiere grandes áreas de terreno.
Absorción y adsorción (carbón activado)	300-800	0.10-0.25	Eficaz para compuestos orgánicos persistentes; el carbón requiere regeneración.
Intercambio iónico	1,000-2,500	0.15-0.30	Ideal para la eliminación de metales pesados, pero requiere resinas específicas.

Figura 36. Flujograma de tipos de tratamiento de aguas residuales.



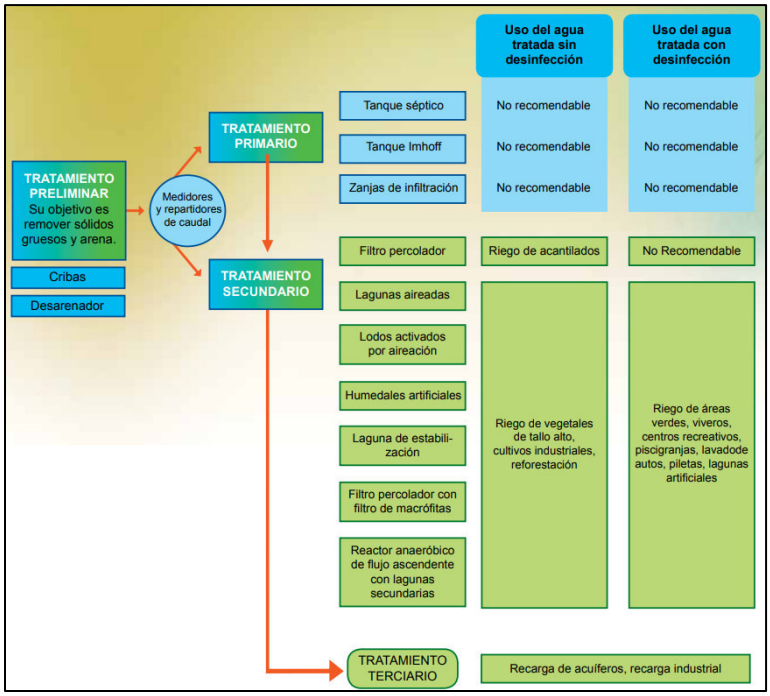
Nota: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/153.pdf

En conclusión, a la figura 36 podemos mencionar que le reutilización se logrará con un tratamiento terciario y una desinfección correspondiente; o bastaría solo con un tratamiento secundario y analizar la calidad del efluente para definir su uso.

Actualmente, no existen normativas específicas para el reúso de aguas pluviales en el Perú, sin embargo, la norma OS.090 nos puede dar lineamientos para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.

El artículo 82 de la ley 29338 autoriza el reúso de las aguas residuales tratadas para el destino que se crea conveniente. Esto se puede apreciar en la figura 37.

Figura 37. Flujograma de tipos de tratamiento de aguas residuales y potenciales usos.



Nota: https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/153.pdf

En la figura 38 se puede apreciar los tipos de tratamiento de aguas residuales y el tipo de reúso según los casos de estudios de la nota técnica N.º IDB-TN-2567 del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Figura 38. Tipo de tecnología de tratamiento y el tipo de reúso.

TECNOLOGÍA	TIPO DE REÚSO	CASOS DE ESTUDIO
TRATAMIENTO PRIMARIO O SECUNDARIO		
Lodos activados	Industrial, urbano, agrícola, ambiental.	Antafogasta, Monterrey, Atotonilco, Tenorio, Santiago de Chile, Sacaba
Lechos percoladores	Industrial	Cerro Verde, Sacaba
Lagunas facultativas	Urbano, agrícola e industrial	Puerto Madryn
TRATAMIENTO TERCIARIO		
Tratamiento terciario por filtración con arenas	Industrial	Tenorio
Biorreactor de membrana (MBR)	Industrial, urbano	Aquapolo Ambiental, Rose Hall
Membranas de ósmosis inversa	Industrial	Aquapolo Ambiental
Tratamiento terciario por biofiltros en humedales	Industrial	Sacaba

Nota: BID (2022)

Debido a la inexistencia de parámetros de reúso de aguas residuales tratadas dentro del marco legal peruano, se toman en consideración las directrices que nos brinda la OMS (Organización Mundial de la Salud) en lo que respecta al reúso de aguas residuales tratadas como uso agrícola. Cabe resaltar que las aguas pluviales pueden contener metales pesados, residuos sólidos, aceites u otros materiales. Esto se puede apreciar en la tabla 52.

Tabla 52. Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de aguas residuales tratadas para el reúso agrícola.

Categoría	Condiciones de aprovechamiento	Grupo expuesto	Nemátodos intestinales [b] (media aritmética nº de huevos por litro [c])	Coliformes fecales (media geométrica nº por 100 ml[c])	Tratamiento de aguas residuales necesario para lograr la calidad microbiológica exigida
A	Riego de cultivos que comúnmente se consumen crudos, campos de deporte, parques públicos [d]	Trabajadores, consumidores público	≤1	≤1000 [d]	Serie de estanques de estabilización que permiten lograr la calidad microbiológica indicada o tratamiento equivalente
B	Riego de cultivos de cereales industriales y forrajeros, praderas y árboles [e]	Trabajadores	≤1	No se recomienda ninguna norma	Retención en estanques de estabilización por 8 a 10 días o eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales
C	Riego localizado de cultivos en la categoría B cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos	Ninguno	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego por no menos que sedimentación primaria

Nota: OMS

Asimismo, se toman en cuenta reglamentos de la unión europea (UE) para la determinación de los requisitos mínimos para el reúso de aguas residuales tratadas para actividades agrícolas. Esto se puede apreciar en la tabla 53.

Tabla 53. Requisitos de calidad de aguas residuales tratadas para reúso agrícola.

Clase de calidad de las aguas regeneradas	Tratamiento indicativo	Requisitos de calidad				
		E. coli (número/100 ml)	DBO_5 (mg/l)	STS (mg/l)	Turbidez (UNT)	Otros
A	Tratamiento secundario, filtración y desinfección	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	*Legionella* spp.: < 1 000 UFC/l cuando exista un riesgo de aerosolización Nematodos intestinales (huevos de helmintos): ≤ 1 huevo/l para el riego de pastos o forraje
B	Tratamiento secundario y desinfección	≤ 100	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE (anexo I, cuadro 1)	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE (anexo I, cuadro 1)	–	
C	Tratamiento secundario y desinfección	≤ 1 000			–	
D	Tratamiento secundario y desinfección	≤ 10 000			–	

Nota: Reglamento (UE) 2020/741

Las clases de calidad de aguas residuales tratadas hacen referencia a la tabla 54:

Tabla 54. Clases de calidad de agua residual tratada.

Clase de calidad mínima de las aguas regeneradas	Categoría de cultivo (*)	Método de riego
A	Todos los cultivos de alimentos que se consumen crudos en los que la parte comestible está en contacto directo con las aguas regeneradas y los tubérculos que se consumen crudos	Todos los métodos de riego
B	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche	Todos los métodos de riego
C	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche	Riego por goteo (**) u otro método de riego que evite el contacto directo con la parte comestible del cultivo

Clase de calidad mínima de las aguas regeneradas	Categoría de cultivo (*)	Método de riego
D	Cultivos destinados a la industria y a la producción de energía y de semillas	Todos los métodos de riego (***)

Nota: Reglamento (UE) 2020/741

Cabe mencionar que los operadores de la planta o sistema de tratamiento correspondiente deberán controlar de manera rutinaria dichos parámetros de calidad. Esto se puede apreciar en la tabla 55.

Tabla 55. Frecuencias mínimas del control rutinario de aguas residuales tratadas para reúso agrícola.

	Frecuencia mínima de los controles					
Clase de calidad de las aguas regeneradas	*E. coli*	DBO_5	STS	Turbidez	*Legionella* spp. (cuando sea de aplicación)	Nematodos intestinales (cuando sea de aplicación)
A	Una vez a la semana	Una vez a la semana	Una vez a la semana	Continuo	Dos veces al mes	Dos veces al mes o como determine el operador de la estación regeneradora de aguas en función del número de huevos en las aguas residuales que entran en la estación regeneradora de aguas
B	Una vez a la semana	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE (anexo I, sección D)	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE (anexo I, sección D)	–		
C	Dos veces al mes			–		
D	Dos veces al mes			–		

Nota: Reglamento (UE) 2020/741

Como se ha detallado, las normas o reglamentos están enfocados generalmente para el tratamiento de aguas residuales; sin embargo, como bien sabemos, el nivel de contaminantes de las aguas pluviales es menor que las residuales, por esa razón, consideraremos el mismo nivel de calidad del tratamiento de las aguas residuales para las aguas pluviales con la finalidad de reúso.

Dentro de nuestro proyecto de investigación, se plantea la reutilización de las aguas pluviales para fines agrícolas, dado que se conoce que Cerro de Pasco cuenta con cosechas de yuca y papa, lo cual sería beneficioso para los agricultores y tendría un impacto positivo en su economía. Esta reutilización de agua pluvial se realizará mediante la construcción de una planta de tratamiento terciario de aguas pluviales dado que es el nivel mínimo de tratamiento que se requiere para cumplir con los parámetros de calidad del agua para su reutilización.

2.3 **Definición de términos**

- Permeabilidad: La permeabilidad hace referencia a la propiedad que tiene un material o sustancia que le permite permitir el paso o la absorción de líquidos, gases o sustancias a través de su estructura o superficie.
- Drenaje: Se refiere al proceso de eliminar el excedente de agua o líquidos de un área determinada, como el suelo, una superficie pavimentada o un edificio.
- Pavimento: Un pavimento es una capa que se encuentra sobre la superficie del suelo para proporcionar una superficie transitable ya sea para peatones o vehículos.
- El módulo de rotura: Es una medida de la capacidad de un material para resistir fuerzas de flexión.
- Compresión: se refiere a la acción de aplicar fuerzas hacia abajo sobre la superficie del pavimento, comprimiendo o aplastando el material bajo una carga.
- ESAL: se refiere a la cantidad de carga ejercida por un solo eje de un vehículo estándar (generalmente se utiliza un camión estándar de 18,000 libras con un solo eje de carga) que causa un nivel específico de daño al pavimento.
- SUDS: sistemas urbanos de drenajes sostenibles.
- CBR: El “CBR” es un parámetro aplicado en “Ingeniería de Pavimentos” para determinar la capacidad de carga del suelo subyacente a una capa de pavimento.
- Absorción: se refiere a la capacidad de un material para absorber agua.
- Napa freática: Es el nivel del agua subterránea donde la presión del agua en un acuífero es igual a la presión atmosférica.
- Infiltración: Penetración del agua de una capa a otra mediante la capacidad de permeabilidad que tenga la primera.

- Escorrentía pluvial: Acumulación de agua de las lluvias que no es absorbida, es decir, que son transportadas por superficies impermeables.
- Coeficiente de escorrentía: es la relación entre la precipitación que cae sobre el pavimento y el agua que se escurre sobre el pavimento; siendo un valor de 0 cuando no exista agua escurriéndose en el pavimento y un valor de 1 cuando toda la precipitación se escurra sobre el pavimento.
- AASHTO: La "Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes" (AASHTO) es una organización que define estándares, brinda especificaciones y realiza pruebas de procedimientos y directrices utilizadas en el diseño y construcción de carreteras en los EEUU.
- ASTM: La "Sociedad Americana de Ensayos y Materiales" (ASTM) establece estándares para los instrumentos empleados en las pruebas de laboratorio del concreto.
- ACI: "*American Concrete Institute"* o "Instituto Americano del Concreto".
- Capa filtrante: es una capa a través de la cual se infiltra el agua, el cual debe ser una grava de 3/8" hasta 2" como máximo.
- Geotextil: es un geosintético el cual permite el paso del agua sin filtrar los sedimentos de una capa a otra, además, reparte las cargas de manera equitativa hacia la capa inferior o sobre la cual se coloca dicho geotextil.
- Geomembrana: es un geosintético el cual impide el paso del agua, generalmente hecha de polímeros.
- Geodrén francés: sistema de drenaje que consiste en una capa filtrante con geosintéticos y/o geomembranas con tubos corrugados perforados para el flujo del agua filtrada.

CAPÍTULO III

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES.

3.1 Las hipótesis

3.1.1 Hipótesis general.

Los pavimentos permeables con aditivo plastificante influyen considerablemente en el drenaje de las vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.

3.1.2 Hipótesis específicas.

- La dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante influye significativamente en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.
- Las propiedades físicas del concreto permeable influyen significativamente en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.
- La dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante influye significativamente en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.
- Las propiedades físicas del concreto permeable con aditivo plastificante influyen significativamente en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.

3.2 Las variables

- **Variable independiente:** Pavimentos permeables con aditivo plastificante.
- **Variable dependiente:** Drenaje en vías urbanas.

3.3 Operacionalización de variables.

Tabla 56. Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/Niveles de medición
VI: Pavimentos permeables con aditivo plastificante	Es un tipo de pavimento el cual permite la infiltración de agua hacia sus capas, las cuales son la capa estructural de concreto, la subbase granular y la subrasante. Dicha capa estructural de concreto es un tipo de mezcla de cemento, agregado y agua, además de un aditivo plastificante que aumentará la resistencia a la compresión del concreto, asimismo, contará con un porcentaje de vacíos tal que permite al agua infiltrarse a través de sus componentes basadas según la norma ACI-522R. Y las capas de subbase granular y subrasante están compuestas y cumplen con lo mencionado en las especificaciones técnicas brindadas por el MTC-MAN-10 EG 2013.	Determinación del porcentaje de aditivo plastificante, además, se recolectará la cantidad suficiente de agregados, los cuales se caracterizarán para poder realizar las mezclas y con ello medir las propiedades finales tales como la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la permeabilidad.	Dosificación	0.30 (a:c) + 0% aditivo + 20% de vacíos	Razón
				0.30 (a:c) + 0.5% aditivo + 20% de vacíos	Razón
				0.30 (a:c) + 1% aditivo + 20% de vacíos	Razón
				0.30 (a:c) + 1% aditivo + 13% de vacíos	Razón
				0.36 (a:c) + 0.6% aditivo + 10% de finos + 8% de vacíos	Razón
				0.36 (a:c) + 0.6% aditivo + 15% de finos + 6% de vacíos	Razón
			Propiedades físicas del concreto permeable	Resistencia a la compresión Kg/cm2	Razón
				Resistencia a la flexión Kg/cm2	Razón
				Permeabilidad (mm/hr)	Razón
VD: Drenaje en vías urbanas	Es la evacuación de las aguas superficiales con el fin de proteger la vía y a las poblaciones aledañas de diversos fenómenos naturales como lluvias.	Medición del caudal y la velocidad de infiltración. Así como, las pendientes longitudinales y transversales para el sistema de drenaje de la vía urbana.	Condiciones hidráulicas	Caudal de infiltración (m3/s)	Razón
				Velocidad de infiltración (m/s)	Razón
			Diseño geométrico	Pendiente longitudinal (%)	Razón
				Pendiente transversal (%)	Razón

CAPÍTULO IV

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

En cuanto al área de estudio, la presente investigación analizará la calle del proyecto "Creación de pistas y veredas del Jr. Arica tramo Jr. Progreso – Jr. Luis Oropeza del Barrio Hualgaygaga del distrito de Huayllay – Provincia de Pasco – Departamento de Pasco" con CUI N° 2569073. La localización del área de estudio se aprecia en la figura 39.

Figura 39. Ubicación del Jr. Arica donde se aplicará la investigación.



Nota: Expediente técnico de CUI N° 2569073.

4.2 Diseño de investigación

La presente tesis es de un tipo experimental debido a que se lleva a cabo pruebas y experimentos en laboratorios con la meta de alcanzar el objetivo principal de la investigación.

Estos experimentos y pruebas implicarán diferentes dosificaciones para los cuales se tendrán distintas resistencias de compresión del concreto, diferentes módulos de rotura, distintas permeabilidades y diferentes contenidos de aire. De esta forma, se logra cumplir con los objetivos implicados desde el inicio de la investigación hasta llegar a corroborar la hipótesis mencionada.

4.3 Población y muestra

- **Población**: Las calles del centro poblado de Huayllay, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, departamento de Pasco.
- **Muestra:**

  Se tomó como muestra el proyecto "CREACION DE PISTAS Y VEREDAS DEL JR. ARICA TRAMO JR. PROGRESO - JR. LUIS OROPEZA DEL BARRIO HUALGAYGAGA DEL DISTRITO DE HUAYLLAY - PROVINCIA DE PASCO - DEPARTAMENTO DE PASCO" con CUI N° 2569073, el cual toma como delimitación la calle denominada Jr. Arica.

4.4 Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información

4.4.1 Procedimiento

4.4.1.1 Paso 1: Caracterización de agregados

En esta etapa, se realizó la caracterización de los agregados necesarios para la elaboración del pavimento permeable, de manera que se consideraron los parámetros y estándares establecidos por la norma ACI 522R. Esto fue de suma relevancia para garantizar el rendimiento óptimo del concreto, cumpliendo con sus propiedades mecánicas y físicas imprescindibles para su aplicación en pavimentos.

Cabe mencionar, que se utilizó agregado grueso y poco agregado fino según las recomendaciones de la norma ACI 522R para pavimentos permeables y se realizaron los siguientes ensayos para su caracterización:

- Peso unitario del suelo suelto y compactado (ASTM C29/ MTC E203)
- Peso específico (NTP 339.131)
- Gravedad específica y absorción (ASTM C127/ MTC E206)
- Contenido de humedad (ASTM D2216/ MTC E18)
- Granulometría (ASTM C136/ MTC E204)

Estos ensayos nos permitieron caracterizar de manera adecuada al agregado, el cual validamos con la normativa mencionada y posteriormente se realizó el diseño de mezcla correspondiente ya que sabemos que la absorción, humedad y otras características del agregado influyen en este.

4.4.1.2 Paso 2: Diseño de mezcla

Se consideró una dosificación necesaria para alcanzar la resistencia de diseño elegida. Para este apartado nos guiamos del ejemplo aplicativo que nos brinda la norma ACI 522R, asimismo, realizamos la validación de los parámetros de la dosificación ya que existen algunas características en la dosificación que se deben cumplir para que se considere un pavimento permeable. Cabe resaltar que para algunas dosificaciones se agregó el aditivo plastificante con fines de la presente investigación, asimismo, se diseñaron algunas dosificaciones con la incorporación de agregado

fino en las cuales se evaluó las propiedades del concreto mediante los ensayos que se llevaron a cabo en los laboratorios.

4.4.1.3 Paso 3: Ensayos del concreto e interpretación de resultados

En esta etapa, una vez que se tuvieron las dosificaciones del concreto permeable con el aditivo plastificante y el porcentaje de finos correspondiente, se realización varios ensayos para la identificación y validación de los parámetros planificados con anterioridad en relación con la:

- Resistencia a la compresión (NTP 339.034)
- Resistencia a la flexión (ASTM C293/ ASTM C78)
- Permeabilidad (ASTM C1701)

Estos ensayos nos permitieron validar los parámetros de la norma ACI 522R respecto al pavimento permeable, además, se realizó la constatación correspondiente a las normas peruanas e internacionales (AASHTO 93, Manuales de carretera del MTC y otros) respecto al funcionamiento y zona de aplicación de este pavimento para un tránsito, ya sea ligero o medio.

4.4.1.4 Paso 4: Diseño de pavimento permeable

Con los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad, mediante el uso de la norma AASHTO 93, realizamos el diseño estructural del pavimento. Asimismo, usamos la norma ACI 522R para la verificación de la permeabilidad del concreto.

Además, se diseñó el sistema de drenaje que tendrá la vía urbana evaluando la incorporación de un geodrén que permita drenar el agua filtrada por el pavimento permeable.

4.4.1.5 Paso 5: Análisis y discusión de resultados

En base a los resultados de los ensayos de los agregados y del concreto, así como el diseño del pavimento permeable y el diseño del sistema de drenaje, se analizaron los resultados y se discutieron, con el objetivo de ver el comportamiento de las variables y evaluar los costos de construcción y conservación que tendría este pavimento permeable en comparación con uno convencional.

4.4.2 Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de información

En la presente investigación se considera una observación experimental, ya que se enfoca en la interacción entre el investigador y el fenómeno en estudio mediante la manipulación de la variable independiente en función de la dependiente.

4.5 Análisis estadístico

Para este apartado, ya se cuenta con los ensayos de laboratorio detallados en los procedimientos de la presente investigación. Se usará un análisis estadístico descriptivo mediante la herramienta Excel para elaborar cuadros y gráficos con los datos obtenidos a través de los ensayos, para poder realizar interpretaciones conociendo así el comportamiento de las variables y su relación.

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS

5.1 Caracterización de agregados

Para este apartado, se mostrarán todos los ensayos realizados para el agregado grueso y fino, los cuales fueron necesarios para la elaboración de los diseños de mezcla del concreto, asimismo, se mostrarán los procesos de elaboración, además se especificarán las consideraciones tomadas para algunos casos en los que fue necesaria una ponderación de los resultados.

5.1.1 Granulometría

5.1.1.1 Agregado grueso

Se está considerando la granulometría de 10 muestras, las cuales se realizaron en 3 diferentes momentos; el primero, llamado Tipo 1 – paquete 1 consiste en 0.37m^3 aproximadamente; el segundo, llamado Tipo 1 – paquete 2 consiste en 1.10 m^3 y el ultimo llamado Tipo 2 en aproximadamente 0.12 m^3. Esto se puede apreciar en la tabla 57

Tabla 57. Resultados del ensayo de Granulometría del agregado grueso

Agregado	Tipo	Muestra	Granulometría (TMN)
Agregado Grueso	Tipo 1 - paquete 1	M1	3/4"
		M2	3/4"
		M3	3/4"
	Tipo 1 - paquete 2	M1	3/4"
		M2	3/4"
		M3	3/4"
		M4	3/4"
		M5	3/4"
		M6	3/4"
	Tipo 2	M1	3/4"

Cabe mencionar que todos los resultados de los ensayos de granulometría elaborados en los laboratorios de la UNMSM se adjuntan en el Anexo 5 de la presente investigación. Se presenta los procedimientos en la figura 40.

Figura 40. Proceso de elaboración del ensayo de granulometría en agregados gruesos



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.1.2 Agregado fino

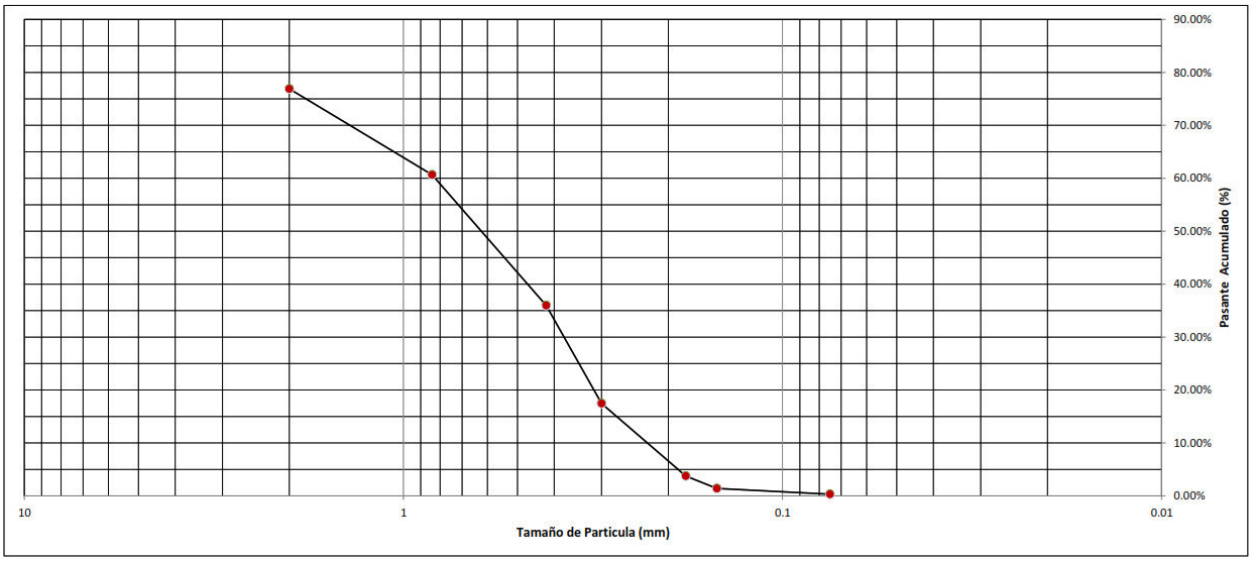
Se realizó un solo ensayo de granulometría, en el laboratorio de la UNMSM, además de hallar el módulo de fineza, los resultados de este se muestran en la tabla 58 y la figura 41, asimismo, se adjuntarán en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 58. Resultados del ensayo de Granulometría del agregado fino

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)	PESO RETENIDO (total) (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
No. 4	4.75	540.11	540.1080216	540.11	5.40%	5.40%	94.60%
No. 8	2.36	1530.31	1530.306061	1530.31	15.30%	20.70%	79.30%
No. 10	2	240.05	240.0480096	240.05	2.40%	23.10%	76.90%
No. 20	0.84	1624.32	1624.324865	1624.32	16.24%	39.35%	60.65%
No. 40	0.42	2468.49	2468.493699	2468.49	24.68%	64.03%	35.97%
No. 50	0.30	1850.37	1850.370074	1850.37	18.50%	82.54%	17.46%
No. 80	0.18	1370.27	1370.274055	1370.27	13.70%	96.24%	3.76%
No. 100	0.149	236.05	236.0472094	236.05	2.36%	98.60%	1.40%
No. 200	0.075	108.02	108.0216043	108.02	1.08%	99.68%	0.32%
Fondo	0	32.01	32.00640128	32.01	0.32%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	10000	10000	10000.00	100.00%		

Nota: Laboratorio de Mecánica de Suelos – EPIC – UNMSM

Figura 41. Curva granulométrica del agregado fino



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

Según esto procederemos a realizar el cálculo del módulo de fineza

$$Mf = \frac{\sum \%ret.ac.(1\ 1/2" + 3/4" + 3/8" + Nº4 + Nº8 + Nº16 + Nº30 + Nº50 + Nº100}{100}$$

$$Modulo\ de\ fineza = \frac{5.40 + 20.70 + 82.54 + 98.60}{100} = 2.07$$

Se presenta los procedimientos en la figura 42.

Figura 42. Proceso de elaboración del ensayo de granulometría en agregados finos



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.2 Absorción

5.1.2.1 Agregado grueso

Se realizaron ensayos de absorción de 11 muestras, las cuales se realizaron en diferentes momentos; siendo que los ensayos realizados para el Tipo 1, se utilizaron para el desarrollo de las dosificaciones D1, D2, D3 y D4, además estos para obtener valores uniformes, estos resultados se ponderaron según la cantidad del agregado grueso presente en cada paquete de ensayos, siendo que el llamado Tipo 1 – paquete 1 consiste en 0.37m^3 aproximadamente; el segundo, llamado Tipo 1 – paquete 2 consiste en 1.10 m^3. Asimismo, los ensayos realizados para el tipo 2, se utilizaron para las dosificaciones D5 y D6. Cabe precisar que el tipo 1 – paquete 1, tipo 1 – paquete 2 y tipo 2, es una clasificación que hemos realizado al agregado grueso debido a la temporalidad en la que se hicieron los ensayos, así como a las dosificaciones a las cuales van a pertenecer, presentados en la Tabla 59.

Cabe mencionar que todos los resultados de los ensayos de absorción elaborados en los laboratorios de la UNMSM se adjuntan en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 59. Resultados del ensayo de Absorción para agregado grueso

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Grueso	Absorción (%)	Tipo 1 - paquete 1	M1	2.00	1.19
		Tipo 1 - paquete 1	M2	2.00	
		Tipo 1 - paquete 1	M3	2.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M1	0.10	
		Tipo 1 - paquete 2	M2	0.45	
		Tipo 1 - paquete 2	M3	0.30	
		Tipo 1 - paquete 2	M4	0.40	
		Tipo 1 - paquete 2	M5	0.40	
		Tipo 1 - paquete 2	M6	0.40	
		Tipo 1 - Adicional	M1	0.80	
		Tipo 2	M1	1.96	1.96

Se presenta los procedimientos en la figura 43.

Figura 43. Proceso de elaboración de ensayo de Absorción en agregado grueso



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.2.2 Agregado fino

Para el agregado fino, se realizó un solo ensayo de absorción en el laboratorio de la UNMSM, los resultados de este se muestran en la tabla 60 y se adjuntaran en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 60. Resultados del ensayo de Absorción para agregado fino

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Fino	Absorción (%)	Tipo 1	M1	1.90	1.90

Se presenta los procedimientos en la figura 44.

Figura 44. Proceso de elaboración de ensayo de Absorción en agregado fino



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.3 Humedad

5.1.3.1 Agregado grueso

Para el ensayo de humedad de los agregados gruesos, se realizaron 14 ensayos, los cuales se realizaron en diferentes momentos; siendo que los ensayos realizados para el Tipo 1, se utilizaron para el desarrollo de las dosificaciones D1, D2, D3 y D4, además, con el objetivo obtener valores uniformes, estos resultados se ponderaron según la cantidad del agregado grueso presente en cada paquete de ensayos, siendo que el llamado Tipo 1 – paquete 1 consiste en 0.37m^3 aproximadamente; el segundo, llamado Tipo 1 – paquete 2 consiste en 1.10 m^3. Además, los ensayos realizados para el tipo 2, se utilizaron para las dosificaciones D5 y D6

Cabe mencionar que todos los resultados de los ensayos de humedad elaborados en los laboratorios de la UNMSM se muestran en la tabla 61 y se adjuntan en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 61. Resultados del ensayo de Humedad para agregado grueso

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Grueso	Humedad (%)	Tipo 1 - paquete 1	M1	0.44	0.50
		Tipo 1 - paquete 1	M2	0.49	
		Tipo 1 - paquete 1	M3	0.49	
		Tipo 1 - paquete 1	M4	0.45	
		Tipo 1 - paquete 1	M5	0.46	
		Tipo 1 - paquete 2	M1	0.35	
		Tipo 1 - paquete 2	M2	0.40	
		Tipo 1 - paquete 2	M3	0.35	
		Tipo 1 - paquete 2	M4	0.15	
		Tipo 1 - paquete 2	M5	4.39	
		Tipo 1 - paquete 2	M6	0.15	
		Tipo 1 - Adicional	M1	0.44	
		Tipo 1 - Adicional	M2	0.46	
		Tipo 2	M1	0.36	0.36

Se presenta los procedimientos en la figura 45.

Figura 45. Proceso de elaboración de ensayo de Humedad en agregado grueso



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.3.2 Agregado fino

Se realizó un solo ensayo de humedad, en el laboratorio de la UNMSM, los resultados de este se muestran se muestran en la tabla 62 y se adjuntaran en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 62. Resultados del ensayo de Humedad para agregado fino

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Fino	Humedad (%)	Tipo 1	M1	1.42	1.42

Se presenta los procedimientos en la figura 46.

Figura 46. Proceso de elaboración de ensayo de Humedad en agregado fino



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.4 Peso Específico

5.1.4.1 Agregado grueso

Para el ensayo de peso específico de los agregados gruesos, se realizaron 11 ensayos, los cuales se realizaron en diferentes momentos; siendo que los ensayos realizados para el Tipo 1, se utilizaron para el desarrollo de las dosificaciones D1, D2, D3 y D4, con la finalidad de obtener valores uniformes, estos resultados se ponderaron según la cantidad del agregado grueso presente en cada paquete de ensayos, siendo que el llamado Tipo 1 – paquete 1 consiste en 0.37m^3 aproximadamente; el segundo, llamado Tipo 1 – paquete 2 consiste en 1.10 m^3. Además, los ensayos realizados para el tipo 2, se utilizaron para las dosificaciones D5 y D6

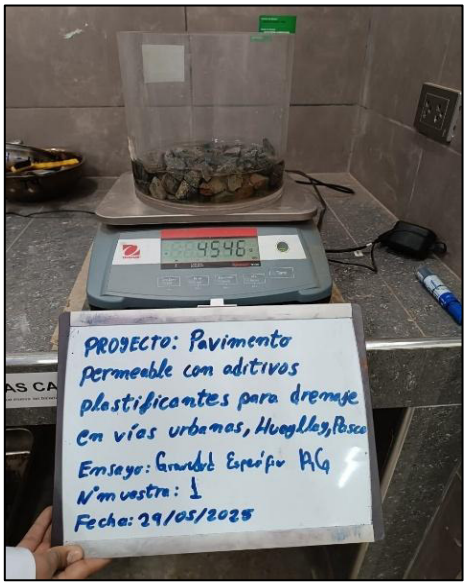
Cabe mencionar que todos los resultados de los ensayos de peso específico realizados en los laboratorios de la UNMSM se muestran en la tabla 63 y se adjuntaran en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 63. Resultados del ensayo de Peso específico para agregado grueso

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Grueso	Peso Específico (Kg/m3)	Tipo 1 - paquete 1	M1	2620.00	2728.48
		Tipo 1 - paquete 1	M2	2750.00	
		Tipo 1 - paquete 1	M3	2830.00	
		Tipo 1 - paquete 1	M4	2750.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M1	2670.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M2	2640.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M3	2840.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M4	2680.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M5	2620.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M6	2760.00	
		Tipo 2	M1	2710.00	2710.00

Se presenta los procedimientos en la figura 47.

Figura 47. Proceso de elaboración de ensayo de Peso Específico en agregado grueso



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.4.2 Agregado fino

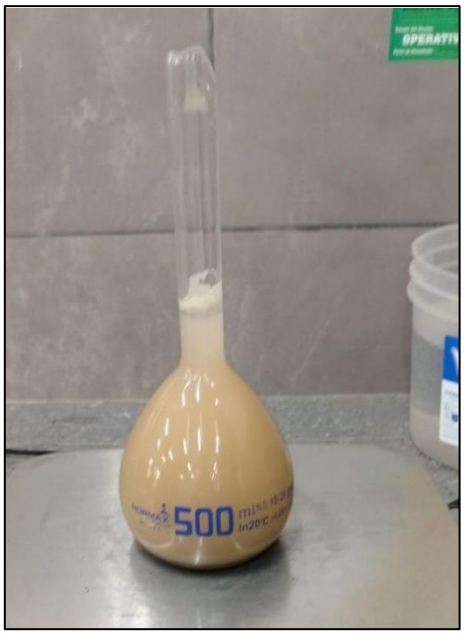
Se realizó un solo ensayo de peso específico para el agregado fino en el laboratorio de la UNMSM, los resultados se muestran se muestran en la tabla 64 y se adjuntaran en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 64. Resultados del ensayo de Peso específico para agregado fino

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Fino	Peso Específico (Kg/m3)	Tipo 1	M1	2700.00	2700.00

Se presenta los procedimientos en la figura 48.

Figura 48. Proceso de elaboración de ensayo de Peso Específico en agregado fino



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.5 Peso unitario suelto – seco

5.1.5.1 Agregado grueso

Para el ensayo de peso unitario suelto – seco de los agregados gruesos, se realizaron 10 ensayos, los cuales se realizaron en diferentes momentos; siendo que los ensayos realizados para el Tipo 1, se utilizaron para el desarrollo de las dosificaciones D1, D2, D3 y D4, además, para obtener valores uniformes, estos resultados se ponderaron según la cantidad del agregado grueso presente en cada paquete de ensayos, siendo que el llamado Tipo 1 – paquete 1 consiste en 0.37m^3 aproximadamente; el segundo, llamado Tipo 1 – paquete 2 consiste en 1.10 m^3. Además, los ensayos realizados para el tipo 2, se utilizaron para las dosificaciones D5 y D6.

Cabe mencionar que todos los resultados de los ensayos de peso unitario suelto – secos realizados en los laboratorios de la UNMSM se muestran en la tabla 65 y se adjuntan en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 65. Resultados del ensayo de Peso unitario suelto - seco para agregado grueso

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Grueso	Peso unitario suelto-seco (kg/m3)	Tipo 1 - paquete 1	M1	1600.00	1600.00
		Tipo 1 - paquete 1	M2	1600.00	
		Tipo 1 - paquete 1	M3	1600.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M1	1600.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M2	1600.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M3	1600.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M4	1600.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M5	1600.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M6	1600.00	
		Tipo 2	M1	1530.00	1530.00

Se presenta los procedimientos en la figura 49.

Figura 49. Proceso de elaboración de ensayo de Peso unitario suelto - seco en agregado grueso



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.5.2 Agregado fino

Para el agregado fino, se realizó un solo ensayo de peso unitario suelto - seco, en el laboratorio de la UNMSM, los resultados de este se muestran en la tabla 66 y se adjuntaran en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 66. Resultados del ensayo de Peso unitario suelto - seco para agregado fino

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Fino	Peso unitario suelto-seco (kg/m3)	Tipo 1	M1	1550.00	1550.00

Se presenta los procedimientos en la figura 50.

Figura 50. Proceso de elaboración de ensayo de Peso unitario suelto - seco en agregado fino



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM.

5.1.6 Peso unitario compactado – seco

5.1.6.1 Agregado grueso

Para el ensayo de peso unitario compactado – seco de los agregados gruesos, se realizaron 10 ensayos, los cuales se realizaron en diferentes momentos; siendo que los ensayos realizados para el Tipo 1, se utilizaron para el desarrollo de las dosificaciones D1, D2, D3 y D4, además, para obtener valores uniformes, estos resultados se ponderaron según la cantidad del agregado grueso presente en cada paquete de ensayos, siendo que el llamado Tipo 1 – paquete 1 consiste en 0.37m^3 aproximadamente; el segundo, llamado Tipo 1 – paquete 2 consiste en 1.10 m^3. Además, los ensayos realizados para el tipo 2, se utilizaron para las dosificaciones D5 y D6.

Cabe mencionar que todos los resultados de los ensayos de peso unitario compactado – secos realizados en los laboratorios de la UNMSM se muestran en la tabla 67 y se adjuntaran en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 67. Resultados del ensayo de Peso unitario compactado - seco para agregado grueso

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Grueso	Peso unitario compactado-seco (kg/m3)	Tipo 1 - paquete 1	M1	1710.00	1706.22
		Tipo 1 - paquete 1	M2	1710.00	
		Tipo 1 - paquete 1	M3	1710.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M1	1700.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M2	1690.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M3	1690.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M4	1690.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M5	1690.00	
		Tipo 1 - paquete 2	M6	1710.00	
		Tipo 2	M1	1630.00	1630.00

Se presenta los procedimientos en la figura 51.

Figura 51. Proceso de elaboración de ensayo de Peso unitario compactado - seco en agregado grueso



Nota: Laboratorio de Materiales – EPIC – UNMSM

5.1.6.2 Agregado fino

Para el agregado fino, se realizó un solo ensayo de peso unitario compactado - seco, en el laboratorio de la UNMSM, los resultados de este se muestran en la tabla 68 y se adjuntaran en el Anexo 5 de la presente investigación.

Tabla 68. Resultados del ensayo de Peso unitario compactado - seco para agregado fino

Agregado	Ensayo	Tipo	Muestra	Resultados	Promedio
Agregado Fino	Peso unitario compactado-seco (kg/m3)	Tipo 1	M1	1710.00	1710.00

Se presenta los procedimientos en la figura 52.

Figura 52. Proceso de elaboración de ensayo de Peso unitario compactado - seco en agregado fino



Nota: Laboratorio de materiales de la EPIC-UNMSM

Asimismo, se presenta la tabla 69, una tabla resumen con todos los resultados por muestra de cada ensayo realizado, especificando su tipo, el tipo de agregado, la muestra y el promedio de estos.

Tabla 69. Cuadro resumen de los ensayos de los agregados

Agregado	Tipo	Muestra	Granulometría (TMN)	Absorción (%)		Humedad (%)		Peso Específico (Kg/m3)		Peso unitario suelto-seco (kg/m3)		Peso unitario compactado-seco (kg/m3)	
				Valores	Promedio	Valores	Promedio	Valores	Promedio	Valores	Promedio	Valores	Promedio
Agregado Grueso	Tipo 1 - paquete 1	M1	3/4"	2		0.44		2620		1600		1710	
		M2	3/4"	2		0.49		2750		1600		1710	
		M3	3/4"	2		0.49		2830		1600		1710	
		M4	-	-		0.45		2750		-		-	
		M5	-	-		0.46		-		-		-	
	Tipo 1 - paquete 2	M1	3/4"	0.1		0.35		2670		1600		1700	
		M2	3/4"	0.45	1.19	0.4	0.50	2640	2728.48	1600	1600.00	1690	1706.22
		M3	3/4"	0.3		0.35		2840		1600		1690	
		M4	3/4"	0.4		0.15		2680		1600		1690	
		M5	3/4"	0.4		4.39		2620		1600		1690	
		M6	3/4"	0.4		0.15		2760		1600		1710	
	Tipo 1 - Adicional	M1	-	0.8		0.44		-		-		-	
		M2	-	-		0.46		-		-		-	
	Tipo 2	M1	3/4"	1.96	1.96	0.36	0.36	2710	2710.00	1530	1530.00	1630	1630.00
Agregado Fino	Tipo 1	M1	N.08	1.9	1.90	1.42	1.42	2700	2700.00	1550	1550.00	1710	1710.00

5.2 Diseño de mezcla

Para este apartado tomaremos en cuenta las fórmulas y pasos considerados en el marco teórico y en la metodología, la cual se basa en un ejemplo aplicativo de la norma ACI 522R, quien a su vez nos brinda rangos de parámetros de las proporciones que debe tener nuestro concreto permeable.

Para nuestro diseño de mezcla es importante tener los resultados de los agregados a usar, los cuales fueron mencionados en el apartado anterior, mostrados en la tabla 70.

Tabla 70. Características de agregados a usar en la mezcla.

Agregado	Tipo	Absorción (%)	Humedad (%)	Peso Específico (Kg/m3)	Peso unitario suelto-seco (kg/m3)	Peso unitario compactado-seco (kg/m3)
Agregado Grueso	Tipo 1	1.19	0.50	2728.48	1600.00	1706.22
	Tipo 2	1.96	0.36	2710.00	1530.00	1630.00
Agregado Fino	Tipo 1	1.90	1.42	2700.00	1550.00	1710.00

Respecto al cemento, se tuvo dos tipos de cemento:

- Cemento 1 (Cemex Estructural HE), el cual presenta un peso unitario de 3130 kg/m^3.
- Cemento 2 (Sol Tipo I Portland), el cual presenta un peso unitario de 3130 kg/m^3.

Respecto al plastificante, se considera el plastificante SikaCem, el cual según su ficha técnica presenta las siguientes características:

- Densidad: 1.20 ± 0.02
- Uso: entre 0% a 1.5% del peso del cemento.

- Permite una reducción de agua en un 15% aproximadamente.

Asimismo, precisar que se realizaron dos tipos de mezclas, uno sin arena y otro con arena. Cada tipo de mezcla presentó diferentes dosificaciones, los cuales vamos se detallarán en los siguientes apartados. Asimismo, señalar que las dosificaciones se diferenciaron por tener diferentes porcentajes de vacíos, los cuales nos darán resultados distintos en la resistencia a la compresión, a la flexión y permeabilidad.

Al final de este apartado se mostrará una tabla resumen con todas las dosificaciones expuestas, las cuales se usarán en la realización de los ensayos de resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad.

5.2.1 Diseño de mezcla sin arena

5.2.1.1 Dosificación D1

Para esta dosificación se tuvo las siguientes consideraciones:

- Plastificante Sikacem: 0.00% del peso del cemento
- Porcentaje de vacíos de diseño: 15.00%
- Porcentaje de vacíos final: 20.00%
- Agregado grueso a usar: tipo 1

Cabe precisar, que el diseño de mezcla de esta dosificación y de las demás, se realizaron en temporalidades diferentes, con el objetivo de ver el comportamiento de los resultados de resistencia a la compresión y a la flexión. El proceso en el cual se obtuvo las proporciones de la dosificación D1 se encuentran en la figura 53.

Figura 53. Diseño de mezcla – Dosificación D1

PARÁMETROS

Porcentaje de agregado fino (%)	*b/bo*	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	*ASTM C33/C33M Size No. 67*
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

% Finos	0	%
b/b 0	0.99	
% vacíos	15	%
a/c	0.30	

DATOS INCIALES

Peso u. compactado	1624.61	kg/m^3
Peso específico	2728.48	kg/m^3
Volumen total	1	m^3
%Absorción	1.19%	
%Absorción Ajustado	101.19%	
%Humedad	0.50%	
%Pasta	20%	
ycemento	3130	kg/m^3
yagua	1000	kg/m^3

1. Peso Agregado Grueso

Waseco = P.U.grava x b/b$_0$ x V$_{total}$

Waseco = 1608.36 kg

2. Ajuste Peso Agregado

Wasaturado = Waseco x %Abs

Wasaturado = 1627.50 kg

3. Volumen de Pasta

Vpasta = %Pasta x V$_{total}$

Vpasta = 0.2 m^3

4. Contenido Cemento

Wcemento = Vpasta / ((1/ycemento)+((a/c)/yagua))

Wcemento = 322.85 kg

5. Contenido agua

Wagua = (a/c) x Wcemento

Wagua = 96.85 kg

6. Contenido agregados

Warena = Wahúmedo x % arena

Warena = Wahúmedo x 0

Warena = 0 kg

7. Volumen cada material

Vmaterial = W$_i$/y$_i$

Vgrava =	0.60	m3 -->	1627.50	kg	
Vcemento =	0.10	m3 -->	322.85	kg	
Vagua =	0.10	m3 -->	96.85	kg	
Vagua efectiva =	0.10	m3 -->	96.97	kg	
Vs =	0.80	m3			

Wgrava = Wasaturado x (100% - % arena)

Wgrava = 1627.50 kg

8. % Vacíos corregidos

Vc = ((V$_{total}$ - V$_s$)/V$_{total}$)*100%

Vc =	20.34	%
	20.00	%

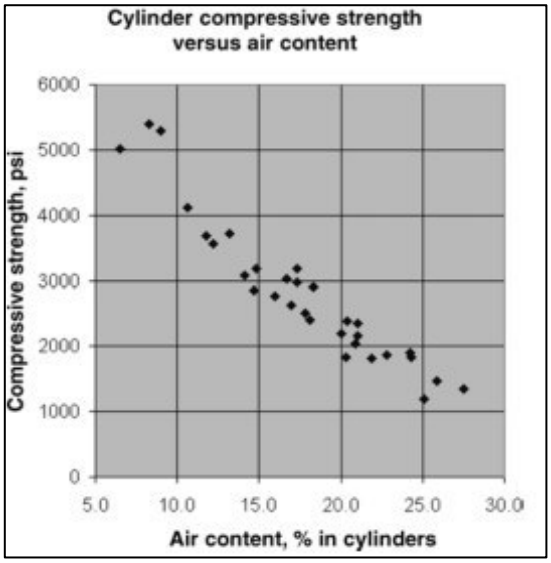
Teniendo como resultado la siguiente dosificación mostrada en la tabla 71:

Tabla 71. Dosificación D1

	Volumen por 1 m3		Peso (kg) por 1 m3	
Grava :	0.60	m3	1627.50	kg
Cemento :	0.10	m3	322.85	kg
Agua efectiva:	0.10	m3	96.97	kg
Vtotal =	0.80	m3		
%vacíos =	20%			

Además, el porcentaje de pasta, el cual es la resultante de la suma entre el cemento y el agua, resultó de 20%. Asimismo, el porcentaje de vacíos final resultó de 20%, lo cual, según la figura 54, la resistencia a la compresión que debe tener esta dosificación es de 2200 psi o 154 kg/cm^2 aproximadamente.

Figura 54. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

5.2.1.1 Dosificación D2

Para esta dosificación se tuvo las siguientes consideraciones:

- Plastificante Sikacem: 0.50% del peso del cemento
- Porcentaje de vacíos de diseño: 15.00%
- Porcentaje de vacíos final: 20.00%
- Agregado grueso a usar: tipo 1

Cabe mencionar, que para esta dosificación ya se consideró la incorporación del aditivo plastificante SikaCem, el cual tuvo una proporción del 0.05% del peso del agregado, siguiente las propias recomendaciones de la ficha o especificación técnica del aditivo. Cabe resaltar, que el aditivo se consideró para mejorar la resistencia a la compresión del concreto permeable, permitiendo a su vez mayor trabajabilidad del concreto ya que un pavimento permeable por lo general presenta menor contenido de agua, lo que hace que la mezcla no sea tan fluida. El proceso en el cual se obtuvo las proporciones de la dosificación D2 se encuentran en la figura 55.

Figura 55. Diseño de mezcla – Dosificación D2

PARÁMETROS

Porcentaje de agregado fino (%)	*b/bo*	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	*ASTM C33/C33M Size No. 67*
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

% Finos	0	%
b/b 0	0.99	
% vacíos	15	%
a/c	0.30	

DATOS INCIALES

Peso u. compactado	1624.61	kg/m^3
Peso específico	2728.48	kg/m^3
Volumen total	1	m^3
%Absorción	1.19%	
%Absorción Ajustado	101.19%	
%Humedad	0.50%	
%Pasta	20%	
ycemento	3130	kg/m^3
yagua	1000	kg/m^3

1. Peso Agregado Grueso

Waseco = P.U.grava x b/b$_0$ x V$_{total}$

Waseco = 1608.36 kg

2. Ajuste Peso Agregado

Wasaturado = Waseco x %Abs

Wasaturado = 1627.50 kg

3. Volumen de Pasta

Vpasta = %Pasta x V$_{total}$

Vpasta = 0.2 m^3

4. Contenido Cemento

Wcemento = Vpasta / ((1/ycemento)+((a/c)/yagua))

Wcemento = 322.85 kg

5. Contenido agua

Wagua = (a/c) x Wcemento

Wagua = 96.85 kg

6. Contenido agregados

Warena = Wahúmedo x % arena

Warena = Wahúmedo x 0

Warena = 0 kg

Wgrava = Wasaturado x (100% - % arena)

Wgrava = 1627.50 kg

7. Volumen cada material

Vmaterial = W$_i$/y$_i$

Vgrava =	0.60	m3 -->	1627.50	kg	
Vcemento =	0.10	m3 -->	322.85	kg	
Vagua =	0.10	m3 -->	96.85	kg	
Vagua efectiva =	0.10	m3 -->	96.97	kg	
Plastificante Sikacem =	0.50	% -->	1.61423	kg	
Vs =	0.80	m3			

8. % Vacíos corregidos

Vc = ((V$_{total}$ - V$_s$)/V$_{total}$)*100%

Vc = 20.34 %

20.00 %

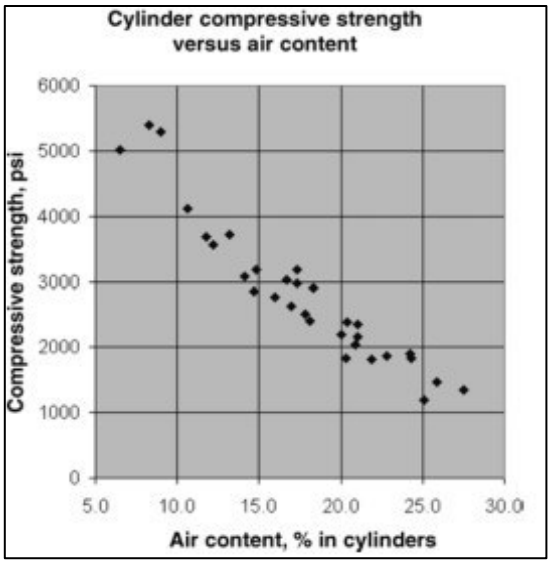
Teniendo como resultado la siguiente dosificación mostrada en la tabla 72:

Tabla 72. Dosificación D2

	Volumen por 1 m3		Peso (kg) por 1 m3	
Grava :	0.60	m3	1627.50	kg
Cemento :	0.10	m3	322.85	kg
Agua efectiva:	0.10	m3	96.97	kg
Plastificante Sikacem:	0.50	%	1.61	kg
Vtotal =	0.80	m3		
%vacíos =	20%			

Además, el porcentaje de pasta, el cual es la resultante de la suma entre el cemento y el agua, resultó de 20%. Aclarando que la dosificación en peso se basa para 1 m^3 de concreto, es decir que para la dosificación por probeta se debe calcular en función al volumen de concreto que queremos colocar en el trompo para el mezclado. Asimismo, el porcentaje de vacíos final resultó de 20%, lo cual, según la figura 56, la resistencia a la compresión que debe tener esta dosificación es de 2200 psi o 154 kg/cm^2 aproximadamente.

Figura 56. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

5.2.1.2 Dosificación D3

Para esta dosificación se tuvo las siguientes consideraciones:

- Plastificante Sikacem: 1.00% del peso del cemento
- Porcentaje de vacíos de diseño: 15.00%
- Porcentaje de vacíos final: 20.00%
- Agregado grueso a usar: tipo 1

El proceso en el cual se obtuvo las proporciones de la dosificación D3 se encuentran en la figura 57.

Figura 57. Diseño de mezcla – Dosificación D3

PARÁMETROS

Porcentaje de agregado fino (%)	*b/bo*	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	*ASTM C33/C33M Size No. 67*
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

% Finos	0	%
b/b 0	0.99	
% vacíos	15	%
a/c	0.30	

DATOS INICIALES

Peso u. compactado	1624.61	kg/m^3
Peso específico	2728.48	kg/m^3
Volumen total	1	m^3
%Absorción	1.19%	
%Absorción Ajustado	101.19%	
%Humedad	0.50%	
%Pasta	20%	
ycemento	3130	kg/m^3
yagua	1000	kg/m^3

1. Peso Agregado Grueso

Waseco = P.U.grava x b/b$_0$ x V$_{total}$

Waseco = 1608.36 kg

2. Ajuste Peso Agregado

Wasaturado = Waseco x %Abs

Wasaturado = 1627.50 kg

3. Volumen de Pasta

Vpasta = %Pasta x V$_{total}$

Vpasta = 0.2 m^3

4. Contenido Cemento

Wcemento = Vpasta / ((1/ycemento)+((a/c)/yagua))

Wcemento = 322.85 kg

5. Contenido agua

Wagua = (a/c) x Wcemento

Wagua = 96.85 kg

6. Contenido agregados

Warena = Wahúmedo x % arena

Warena = Wahúmedo x 0

Warena = 0 kg

7. Volumen cada material

Vmaterial = W$_i$/y$_i$

Vgrava =	0.60	m3 -->	1627.50	kg	
Vcemento =	0.10	m3 -->	322.85	kg	
Vagua =	0.10	m3 -->	96.85	kg	
Vagua efectiva =	0.10	m3 -->	96.97	kg	
Plastificante Sikacem =	1.00	% -->	3.22847	kg	
Vs =	0.80	m3			

Wgrava = Wasaturado x (100% - % arena)

Wgrava = 1627.50 kg

8. % Vacíos corregidos

Vc = ((V$_{total}$ - V$_s$)/V$_{total}$)*100%

Vc = 20.34 %

20.00 %

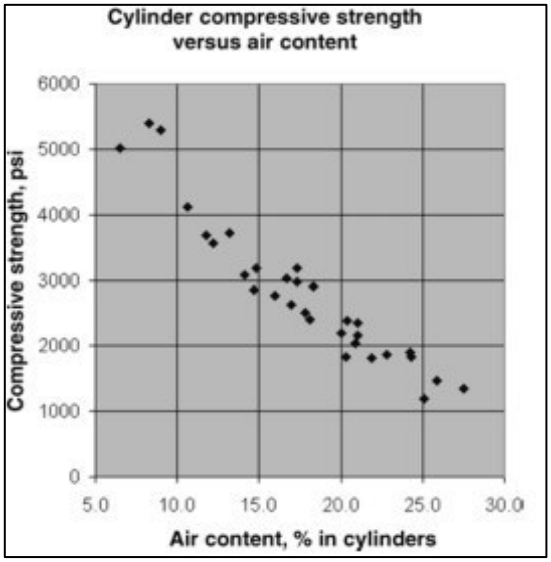
Teniendo como resultado la siguiente dosificación mostrada en la tabla 73:

Tabla 73. Dosificación D3

	Volumen por 1 m3		Peso (kg) por 1 m3	
Grava :	0.60	m3	1627.50	kg
Cemento :	0.10	m3	322.85	kg
Agua efectiva:	0.10	m3	96.97	kg
Plastificante Sikacem:	1.00	%	3.23	kg
Vtotal =	0.80	m3		
%vacíos =	20%			

Además, el porcentaje de pasta, el cual es la resultante de la suma entre el cemento y el agua, resultó de 20%. Cabe mencionar, que esta dosificación presenta el más alto porcentaje de plastificante, el cual estará en función al peso del cemento. Por ende, se espera resultados óptimos de la resistencia a la compresión y flexión. Asimismo, el porcentaje de vacíos final resultó de 20%, lo cual, según la figura 58, la resistencia a la compresión que debe tener esta dosificación es de 2200 psi o 154 kg/cm^2 aproximadamente.

Figura 58. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

5.2.1.3 Dosificación D4

Para esta dosificación se consideró un cambio en el porcentaje de vacíos para ver el comportamiento de la resistencia a la compresión y flexión, así como de la permeabilidad.

Se tuvo las siguientes consideraciones:

- Plastificante Sikacem: 1.00% del peso del cemento
- Porcentaje de vacíos de diseño: 8.00%
- Porcentaje de vacíos final: 13.00%
- Agregado grueso a usar: tipo 1

El proceso en el cual se obtuvo las proporciones de la dosificación D4 se encuentran en la figura 59.

Figura 59. Diseño de mezcla – Dosificación D4

PARÁMETROS

Porcentaje de agregado fino (%)	*b/bo*	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	*ASTM C33/C33M Size No. 67*
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

% Finos	0	%
b/b 0	0.99	
% vacíos	8	%
a/c	0.30	

DATOS INCIALES

Peso u. compactado	1624.61	kg/m^3
Peso específico	2728.48	kg/m^3
Volumen total	1	m^3
%Absorción	1.19%	
%Absorción Ajustado	101.19%	
%Humedad	0.50%	
%Pasta	27%	
ycemento	3130	kg/m^3
yagua	1000	kg/m^3

1. Peso Agregado Grueso

Waseco = P.U.grava x b/b$_0$ x V$_{total}$

Waseco = 1608.36 kg

2. Ajuste Peso Agregado

Wasaturado = Waseco x %Abs

Wasaturado = 1627.50 kg

3. Volumen de Pasta

Vpasta = %Pasta x V$_{total}$

Vpasta = 0.27 m^3

4. Contenido Cemento

Wcemento = Vpasta / ((1/ycemento)+((a/c)/yagua))

Wcemento = 435.84 kg

5. Contenido agua

Wagua = (a/c) x Wcemento

Wagua = 130.75 kg

6. Contenido agregados

Warena = Wahúmedo x % arena

Warena = Wahúmedo x 0

Warena = 0 kg

Wgrava = Wasaturado x (100% - % arena)

Wgrava = 1627.50 kg

7. Volumen cada material

Vmaterial = W$_i$/y$_i$

Vgrava =	0.60	m3 -->	1627.50	kg	
Vcemento =	0.14	m3 -->	435.84	kg	
Vagua =	0.13	m3 -->	130.75	kg	
Vagua efectiva =	0.13	m3 -->	130.86	kg	
Plastificante Sikacem =	1.00	% -->	4.3584	kg	
Vs =	0.87	m3			

8. % Vacíos corregidos

Vc = ((V$_{total}$ - V$_s$)/V$_{total}$)*100%

Vc = 13.34 %

13.00 %

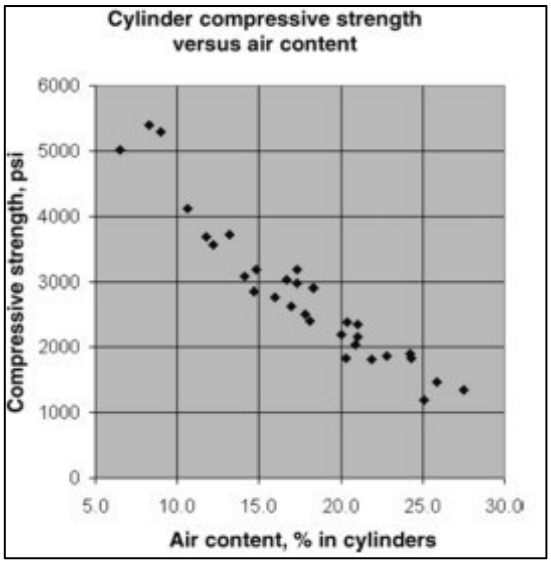
Teniendo como resultado la siguiente dosificación mostrada en la tabla 74:

Tabla 74. Dosificación D4

	Volumen por 1 m3		Peso (kg) por 1 m3	
Grava :	0.60	m3	1627.50	kg
Cemento :	0.14	m3	435.84	kg
Agua efectiva:	0.13	m3	130.86	kg
Plastificante Sikacem:	1.00	%	4.36	kg
Vtotal =	0.87	m3		
%vacíos =	13%			

Además, el porcentaje de pasta resultó 27%. Asimismo, el porcentaje de vacíos final resultó de 13%, lo cual, según la figura 60, la resistencia a la compresión que debe tener esta dosificación es de 3100 psi o 217 kg/cm^2 aproximadamente.

Figura 60. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

5.2.2 Diseño de mezcla con arena

Este diseño estará compuesto por dos dosificaciones, diferenciados entre sí por diferente porcentaje de arena gruesa y diferente porcentaje de vacíos. Además, estos dos diseños se diferenciarán de los demás por tener diferente relación agua cemento, el cual se modificará por el hecho de agregarse agregado fino a la mezcla.

5.2.2.1 Dosificación D5

Se tuvo las siguientes consideraciones:

- Plastificante Sikacem: 0.60% del peso del cemento, porcentaje de vacíos de diseño: 10.00%, porcentaje de vacíos final: 8.00%
- Porcentaje de agregado fino (% del peso del agregado total): 10%
- Agregado grueso a usar: tipo 2

El proceso en el cual se obtuvo las proporciones de la dosificación D5 se encuentran en la figura 61.

Figura 61. Diseño de mezcla - Dosificación D5

PARÁMETROS

Porcentaje de agregado fino	*b/bo*	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	*ASTM C33/C33M Size No. 67*
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

% Finos	10	%
b/b 0	0.93	
% vacíos	10	%
a/c	0.36	

DATOS INCIALES

P.u. compactado seco grava	1630	kg/m^3
P.u. compactado seco arena	1710	kg/m^3
Peso específico grava	2710	kg/m^3
Peso específico arena	2700	kg/m^3
Volumen total	1	m^3
%Absorción grava	1.96%	
%Humedad grava	0.36%	
%Absorción arena	1.90%	
%Humedad arena	1.42%	
%Pasta	27.50%	
ycemento	3130	kg/m^3
yagua	1000	kg/m^3

1. Peso Agregado Grueso

Waseco = P.U.grava x b/b$_0$ x V$_{total}$

Waseco = 1515.90 kg

2. Ajuste Peso Agregado

Wahúmedo = Waseco x %Hum

Wahúmedo = 1521.36 kg

3. Volumen de Pasta

Vpasta = %Pasta x V$_{total}$

Vpasta = 0.275 m^3

4. Contenido Cemento

Wcemento = Vpasta / ((1/ycemento)+((a/c)/yagua))

Wcemento = 404.72 kg

5. Contenido agua

Wagua = (a/c) x Wcemento

Wagua = 145.70 kg

6. Contenido agregados

Warena = 169.0397 kg

Warena_húm = 171.4401 kg

7. Volumen cada material

Vmaterial = W$_i$/y$_i$ 1 m3

Vgrava =	0.56	m3 -->	1521.36	kg	
Varena =	0.06	m3 -->	171.44	kg	
Vcemento =	0.13	m3 -->	404.72	kg	
Vagua =	0.15	m3 -->	145.70	kg	
Vagua efectiva 1 =	0.17	m3 -->	170.76	kg	
Vagua efectiva 2 =	0.16	m3 -->	162.23	kg	
Vs =	0.92	m3			

8. % Vacíos corregidos

Wgrava_húm = 1521.36 kg

Vc = ((V$_{total}$ - V$_s$)/V$_{total}$)*100%

Vc = 7.51 %

8.00 %

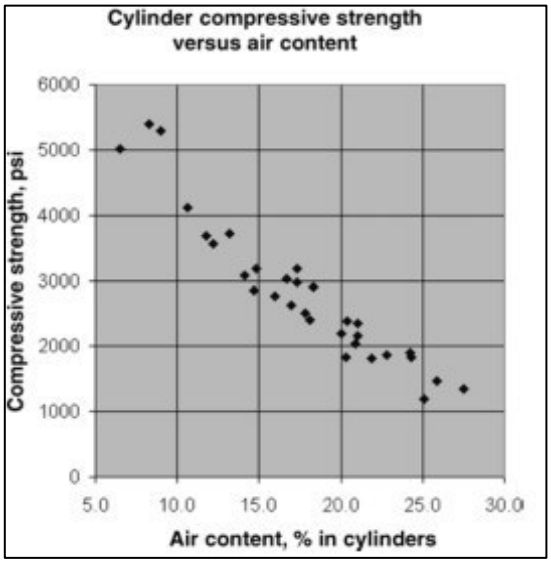
Este diseño de mezcla resultó las siguientes proporciones mostradas en la tabla 75.

Tabla 75. Dosificación D5

	Volumen por 1 m3		Peso (kg) por 1 m3	
Grava :	0.56	m3	1521.36	kg
Arena:	0.06	m3	171.44	kg
Cemento :	0.13	m3	404.72	kg
Agua efectiva:	0.16	m3	162.23	kg
Plastificante Sikacem:	0.60	%	2.43	kg
Vtotal =	0.92	m3		
%vacíos =	8%			

Teniendo como resultado un porcentaje de pasta (agua + cemento) del 29%. Asimismo, el porcentaje de vacíos final resultó de 8%, lo cual, según la figura 62, la resistencia a la compresión que debe tener esta dosificación es de 4200 psi o 295 kg/cm^2 aproximadamente.

Figura 62. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

5.2.2.2 Dosificación D6

Para esta dosificación, el peso del cemento lo extenderemos hasta el máximo recomendado que nos brinda la norma ACI 522R, el cual es 450 kg por m^3 de concreto.

Para la presente dosificación se tuvo las siguientes consideraciones:

- Plastificante Sikacem: 0.60% del peso del cemento
- Porcentaje de vacíos de diseño: 10.00%
- Porcentaje de vacíos final: 6.00%
- Porcentaje de agregado fino (% del peso del agregado total): 15%
- Agregado grueso a usar: tipo 2

El proceso en el cual se obtuvo las proporciones de la dosificación D6 se encuentran en la figura 63.

Figura 63. Diseño de mezcla - Dosificación D6

PARÁMETROS

Porcentaje de agregado fino	*b/bo*	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	*ASTM C33/C33M Size No. 67*
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

% Finos	15	%
b/b 0	0.895	
% vacíos	10	%
a/c	0.36	

DATOS INCIALES

P.u. compactado seco grava	1630	kg/m^3
P.u. compactado seco arena	1710	kg/m^3
Peso específico grava	2710	kg/m^3
Peso específico arena	2700	kg/m^3
Volumen total	1	m^3
%Absorción grava	1.96%	
%Humedad grava	0.36%	
%Absorción arena	1.90%	
%Humedad arena	1.42%	
%Pasta	28.00%	
ycemento	3130	kg/m^3
yagua	1000	kg/m^3

1. Peso Agregado Grueso

Waseco = P.U.grava x b/b$_0$ x V$_{total}$

Waseco = 1458.85 kg

2. Ajuste Peso Agregado

Wahúmedo = Waseco x %Hum

Wahúmedo = 1464.10 kg

3. Volumen de Pasta

Vpasta = %Pasta x V$_{total}$

Vpasta = 0.28 m^3

4. Contenido Cemento

Wcemento = Vpasta / ((1/ycemento)+((a/c)/yagua))

Wcemento = 412.07 kg

5. Contenido agua

Wagua = (a/c) x Wcemento

Wagua = 148.35 kg

6. Contenido agregados

Warena = 258.3709 kg

Warena_húm = 262.0398 kg

Wgrava_húm = 1464.10 kg

7. Volumen cada material

Vmaterial = W$_i$/y$_i$ 1 m3

Vgrava =	0.54	m3 -->	1464.10	kg	
Varena =	0.10	m3 -->	262.04	kg	
Vcemento =	0.13	m3 -->	450.00	kg	
Vagua =	0.15	m3 -->	148.35	kg	
Vagua efectiva 1 =	0.17	m3 -->	172.93	kg	
Vagua efectiva 2 =	0.16	m3 -->	162.00	kg	
Vs =	0.94	m3			

8. % Vacíos corregidos

Vc = ((V$_{total}$ - V$_s$)/V$_{total}$)*100%

Vc = 5.81 %

6.00 %

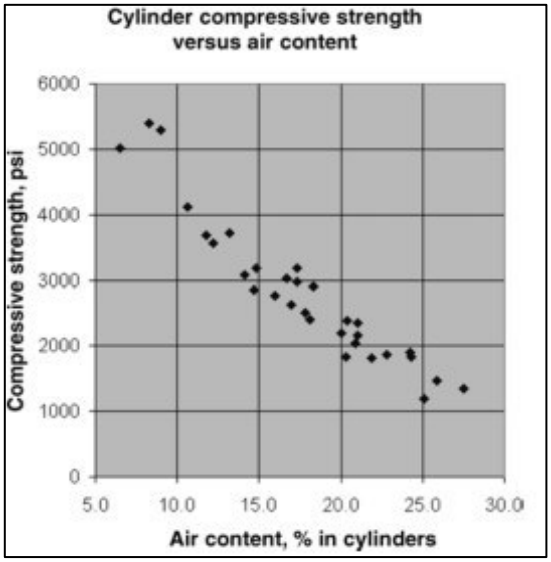
Este diseño de mezcla tuvo como resultados las siguientes proporciones, mostradas en la tabla 76:

Tabla 76. Dosificación D6

	Volumen por 1 m3		Peso (kg) por 1 m3	
Grava :	0.54	m3	1464.10	kg
Arena:	0.10	m3	262.04	kg
Cemento :	0.13	m3	450.00	kg
Agua efectiva:	0.16	m3	162.00	kg
Plastificante Sikacem:	0.60	%	2.70	kg
Vtotal =	0.94	m3		
%vacíos =	6%			

Este diseño tuvo un porcentaje de pasta del 29%, el cual es la sumatoria del agua con el cemento. Asimismo, el porcentaje de vacíos final resultó de 6%, lo cual, según la figura 64, la resistencia a la compresión que debe tener esta dosificación es de 4500 psi o 316 kg/cm^2 aproximadamente.

Figura 64. Resistencia a la compresión vs contenido de vacíos según el ACI 522R



Nota: ACI 522 R10 – Reported by ACI committe 52

Finalmente, en la tabla 77 se muestra un cuadro resumen de las diferentes dosificaciones en base a los diseños de mezclas efectuados bajo la norma ACI 522R.

Tabla 77. Cuadro resumen - Dosificaciones

Dosificación	D1	D2	D3	D4	D5	D6
a/c	0.30	0.30	0.30	0.30	0.36	0.36
%finos	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.00%	15.00%
%Plastificante	0.00%	0.50%	1.00%	1.00%	0.60%	0.60%
Agua x m3 (kg)	96.97	96.97	96.97	130.86	162.23	162.00
Grava x m3 (kg)	1627.50	1627.50	1627.50	1627.50	1521.36	1464.10
Cemento x m3 (kg)	322.85	322.85	322.85	435.84	404.72	450.00
Plastificante x m3 (kg)	0.00	1.61	3.23	4.36	2.43	2.70
Arena gruesa x m3 (kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	171.44	262.04
%de vacíos final	20.00%	20.00%	20.00%	13.00%	8.00%	6.00%
%Pasta	20.00%	20.00%	20.00%	27.00%	29.00%	29.00%
F'c esperada (kg/cm^2)	154	154	154	217	295	316

5.3 Concreto permeable

5.3.1 Resistencia a la compresión

5.3.1.1 Procedimiento

Se elaboraron probetas y vigas para poder realizar los ensayos mencionados en el capítulo IV de la presente tesis. Se realizaron 11 probetas como se muestra en la tabla 78:

Tabla 78. Numeración de probetas realizadas para ensayos de compresión.

Grupo	Dosificación	Nº de espécimen
1er grupo	D1	M1
		M2

	D2	M1
		M2
	D3	M1
		M2
2do grupo	D4	M1
3er grupo	D5	M1
		M2
	D6	M1
		M2

Las probetas se elaboraron en tres grupos: el primero está compuesto por la dosificación D1, D2 y D3 descritas con anterioridad, asimismo, las tres dosificaciones presentan similares proporciones en donde la única diferencia radica en la adición del aditivo plastificante y en sus proporciones de esta; el segundo grupo está compuesto por la dosificación D4, la cual se diferencia con las del primer grupo en su porcentaje de vacíos y su porcentaje de pasta, principalmente; el tercer grupo está compuesto por las dosificaciones D5 y D6, las cuales se diferencias de las demás debido a que estás fueron diseñadas adicionalmente con arena. Cabe mencionar, que las probetas del primer grupo fueron elaboradas con probetas de tamaño de 4” x 8”, es decir, las probetas con dosificación D1, D2 y D3; la dosificación del segundo grupo fue elaborado con probeta de tamaño 6” x 12”; y las dosificaciones del tercer grupo fueron elaborados con probetas de tamaño de 6” x 12”. Los procedimientos se encuentran en las figuras 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73 y 74.

Figura 65. Colocado de desmoldante en probetas.



Figura 66. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D1.



Figura 67. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D2.

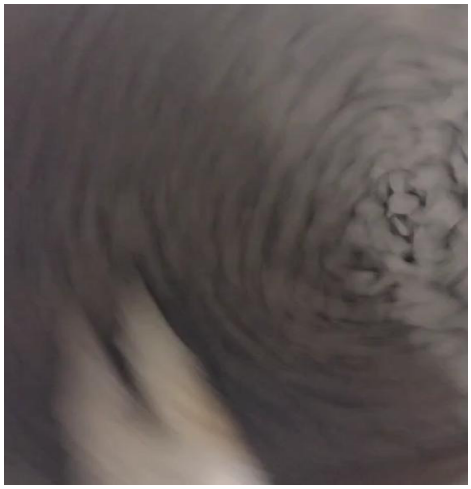


Figura 68. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D3.



Figura 69. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D4.



Figura 70. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D5.



Figura 71. Mezcla de concreto permeable en trompo para dosificación D6.



Figura 72. Vaciado de concreto a probetas de 4”x8”.



Figura 73. Vaciado de concreto a probetas de 6”x12”.



Figura 74. Curado de probetas



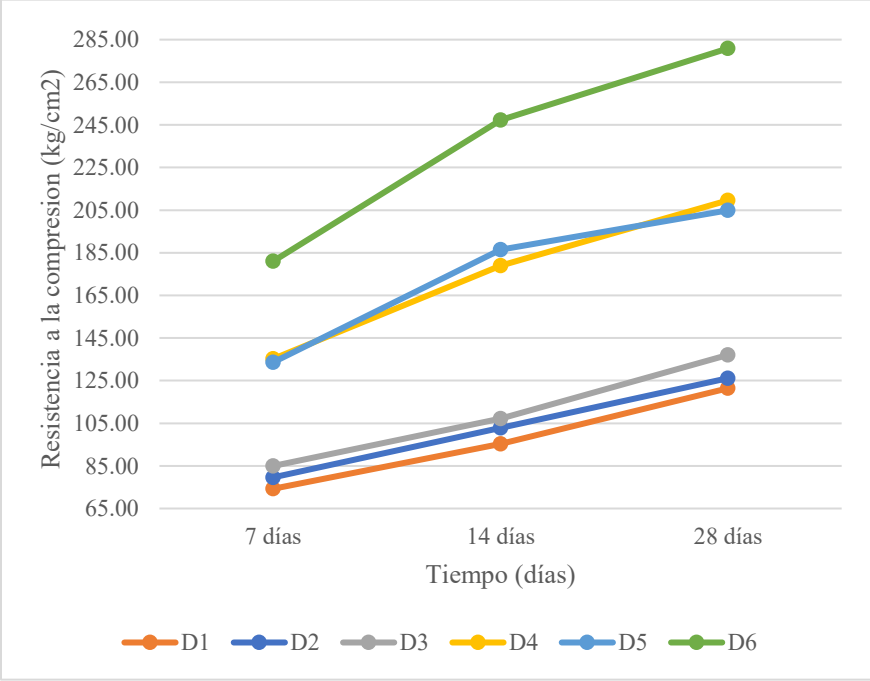
5.3.1.2 Resultados

En base a las dosificaciones mencionadas anteriormente y a los ensayos se compresión realizados, se tiene que la dosificación D4 y D5 llegaron a 210 kg/cm^2 aproximadamente, mientras que la dosificación D6 llegó a 280 kg/cm^2 aproximadamente. Cabe precisar que las dosificaciones D5 y D6 son las que se realizaron con el agregado de arena en un 10% y 15% respectivamente, del peso del agregado total. Asimismo, las dosificaciones presentaron diversos porcentajes de plastificante mencionados anteriormente, lo que llevó a diferentes resultados, los cuales se muestran en la tabla 79 y en la figura 75.

Tabla 79. Resultados de resistencia a la compresión.

Grupo	Dosificación	Nº de especimen	Resistencia a la compresión (kg/cm2)					
			7 días		14 días		28 días	
			Valores	Promedio	Valores	Promedio	Valores	Promedio
1er grupo	D1	M1	75.30	74.25	95.00	95.35	120.20	121.40
		M2	73.20		95.70		122.60	
	D2	M1	80.20	79.60	100.70	102.85	125.68	126.13
		M2	79.00		105.00		126.57	
	D3	M1	82.60	84.95	109.30	107.20	138.90	137.05
		M2	87.30		105.10		135.20	
2do grupo	D4	M1	135.20	135.20	178.90	178.90	209.60	209.60
3er grupo	D5	M1	134.20	133.58	189.46	186.40	206.60	204.91
		M2	132.97		183.35		203.23	
	D6	M1	182.22	181.00	244.43	247.23	273.39	280.88
		M2	179.78		250.04		288.38	

Figura 75. Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs tiempo (días).



Cabe precisar que los resultados de cada muestra según el laboratorio de materiales de Geo Perú y el de la UNMSM, se encuentran en el Anexo 5 de la presente investigación. A continuación,

se muestran la resistencia a la compresión de las probetas sin arena y con arena, en las figuras 76 y 77.

Figura 76. Resistencia a la compresión de probetas sin arena.

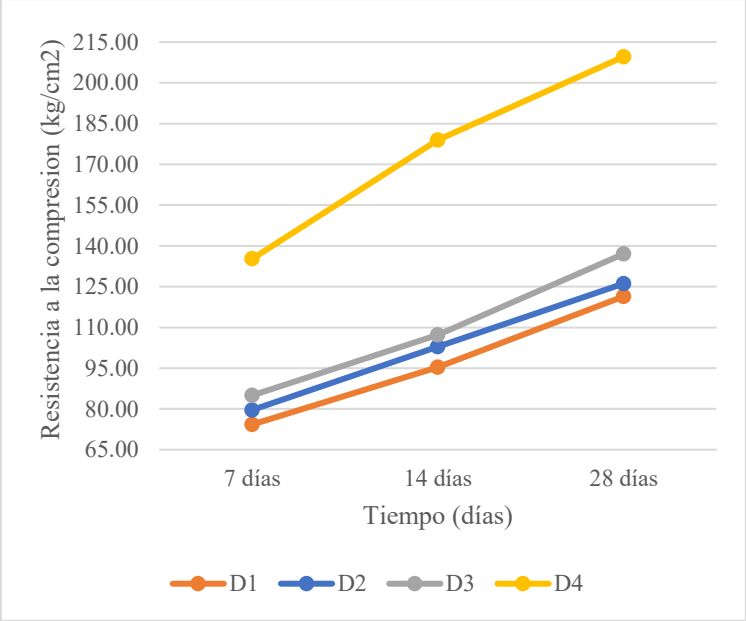
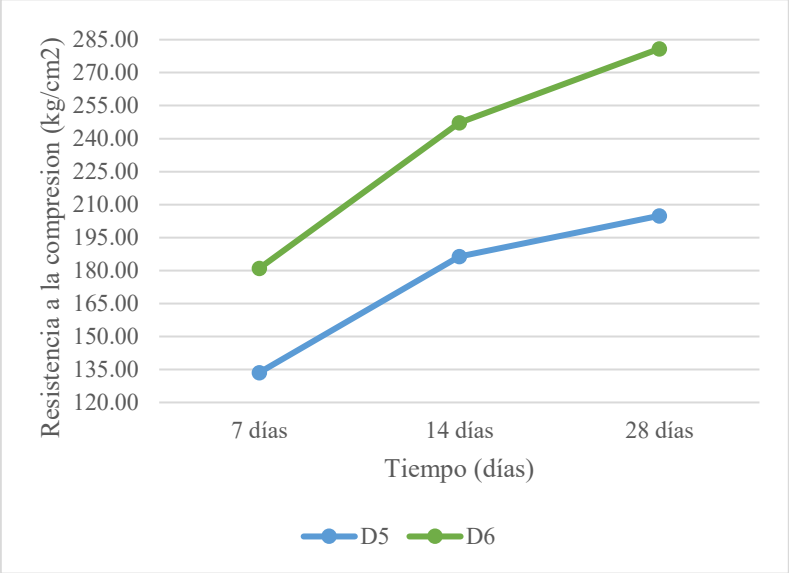


Figura 77. Resistencia a la compresión de probetas con arena.



Asimismo, se aprecia el procedimiento de este ensayo en las figuras 78 y 79.

Figura 78. Probetas de concreto permeable antes de rotura.



Figura 79. Probeta de concreto permeable después de rotura.



5.3.2 Resistencia a la flexión

5.3.2.1 Procedimiento.

Respecto al ensayo de resistencia a la flexión, cabe precisar que solo se elaboraron ensayos a las dosificaciones D1, D2 y D3 debido a que como se obtuvieron resistencias mayores al mínimo mencionado en la norma CE 010 “Pavimentos Urbanos”, el cual es 34 kg/cm^2, no se vio necesario realizar dichos ensayos en las demás dosificaciones ya que la dosificación D4, D5 y D6 fueron diseñadas con menor porcentaje de vacíos, por ende, tendrían mayor resistencia tanto como resistencia a la compresión y a la flexión. Asimismo, se elaboraron 6 vigas de dimensiones estándar (15 x 15 x 55 cm), los cuales se detallan en la tabla 80 y se aprecian en la figura 80.

Tabla 80. Numeración de vigas realizadas para ensayos de flexión.

Grupo	Dosificación	Nº de espécimen
1er grupo	D1	M1
		M2
	D2	M1
		M2
	D3	M1
		M2

Figura 80. Elaboración de vigas de concreto.



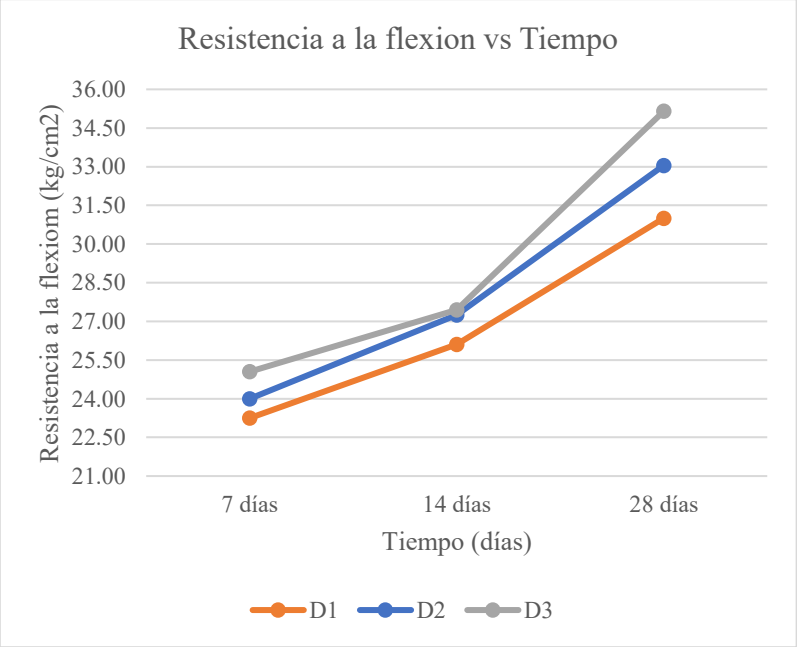
5.3.2.2 Resultados

La resistencia a la flexión más alta, de las tres dosificaciones que se realizaron los ensayos (D1, D2 y D3), la obtuvo la dosificación D3 con 35.15 kg/cm^2. Cabe precisar que la norma CE 010 "Pavimentos Urbanos" exige un mínimo de 34 kg/cm^2 de resistencia a la flexión, para lo cual estaríamos cumpliendo con este parámetro y podríamos diseñar nuestro pavimento. Estas resistencias alcanzadas por las probetas, se visualizan en la tabla 81 y en la figura 81.

Tabla 81. Resultados de resistencia a la flexión.

Grupo	Dosificación	Nº de espécimen	Resistencia a la flexion (kg/cm2)					
			7 días		14 días		28 días	
			Valores	Promedio	Valores	Promedio	Valores	Promedio
1er grupo	D1	M1	23.20	23.25	25.90	26.10	31.40	31.00
		M2	23.30		26.30		30.60	
	D2	M1	24.10	24.00	27.10	27.25	32.70	33.05
		M2	23.90		27.40		33.40	
	D3	M1	25.70	25.05	25.70	27.45	35.20	35.15
		M2	24.40		29.20		35.10	

Figura 81. Resistencia a la flexión (kg/cm^2) vs tiempo (días).



Cabe precisar que los resultados de cada muestra según el laboratorio de materiales de Geo Perú se encuentran en el Anexo 5 de la presente investigación.

5.3.3 Permeabilidad

5.3.3.1 Procedimiento

Respecto al ensayo de permeabilidad, se realizaron 9 probetas para poder medir la permeabilidad del concreto usando la norma ASTM C1701, la cual nos brinda una metodología descrita en el marco teórico para la determinación de la tasa de infiltración del agua en el concreto permeable. Para este ensayo hemos tomado en cuenta el uso de los siguientes materiales:

- Tubo de 4” y de 6”, el primero para las probetas de 4” y el segundo para las probetas de 6”.
- Pegamento Soldiflex.
- Abrazadera de 4” y de 6”.

Se muestran las probetas realizadas en las dosificaciones en la tabla 82:

Tabla 82. Numeración de probetas para ensayo de permeabilidad.

Grupo	Dosificación	Nº de espécimen
1er grupo	D1	M-1
		M-2
	D2	M-1
		M-2
	D3	M-1
		M-2
2do grupo	D4	M-1
3er grupo	D5	M-1
	D6	M-1

Los procedimientos realizados para el ensayo de permeabilidad se aprecian en las figuras 82, 83, 84, 85 y 86.

Figura 82. Tubo y abrazadera en probeta de concreto.



Figura 83. Medición de agua de 3.6 kg para fase de prehumedecimiento.



Figura 84. Vaciado de 3.6 kg de agua en fase de prehumedecimiento.



Figura 85. Fase de humedecimiento.



Figura 86. Filtración del agua a través del concreto permeable.



5.3.3.2 Resultados

Siguiendo los pasos detallados en la norma ASTM C1701 se presentan los siguientes resultados en la tabla 83 y 84:

Tabla 83. Resultados de permeabilidad en la fase de prehumedecimiento.

Dosificación	Muestra	Prehumedecimiento						
		D (mm)	M (kg)	t (s)	I (mm/h)	I (L/min/m2)	I (m/s)	Promedio (L/min/m2)
D1	M-1	101.60	3.60	30.85	51817.07	863.62	0.0144	838.94
	M-2	101.60	3.60	32.72	48855.65	814.26	0.0136	
D2	M-1	101.60	3.60	35.40	45156.97	752.62	0.0125	744.30
	M-2	101.60	3.60	36.20	44159.03	735.98	0.0123	
D3	M-1	101.60	3.60	43.47	36773.79	612.90	0.0102	612.05
	M-2	101.60	3.60	43.59	36672.56	611.21	0.0102	
D4	M-1	152.40	3.60	70.21	10119.21	168.65	0.0028	168.65
D5	M-1	152.40	3.60	90.36	7862.66	131.04	0.0022	131.04
D6	M-1	152.40	3.60	152.24	4666.77	77.78	0.0013	77.78

Tabla 84. Resultados de la permeabilidad en la fase de humedecimiento.

Dosificación	Muestra	Humedecimiento						
		D (mm)	M (kg)	t (s)	I (mm/h)	I (L/min/m2)	I (m/s)	Promedio (L/min/m2)
D1	M-1	101.60	3.60	35.86	44577.71	742.96	0.0124	749.39
	M-2	101.60	3.60	35.25	45349.13	755.82	0.0126	
D2	M-1	101.60	3.60	39.52	40449.31	674.16	0.0112	685.71
	M-2	101.60	3.60	38.21	41836.08	697.27	0.0116	
D3	M-1	101.60	3.60	53.55	29851.67	497.53	0.0083	500.44
	M-2	101.60	3.60	52.93	30201.34	503.36	0.0084	
D4	M-1	152.40	3.60	78.04	9103.92	151.73	0.0025	151.73
D5	M-1	152.40	3.60	97.99	7250.43	120.84	0.0020	120.84
D6	M-1	152.40	3.60	160.55	4425.22	73.75	0.0012	73.75

De las 6 dosificaciones, se vio un decrecimiento de la permeabilidad conforme la resistencia de compresión y flexión aumentaban, esto se detallará en el apartado de discusión de resultados. Dichos resultados se aprecian en la figura 87 y la figura 88.

Figura 87. Resultados de la permeabilidad en la fase de prehumedecimiento.

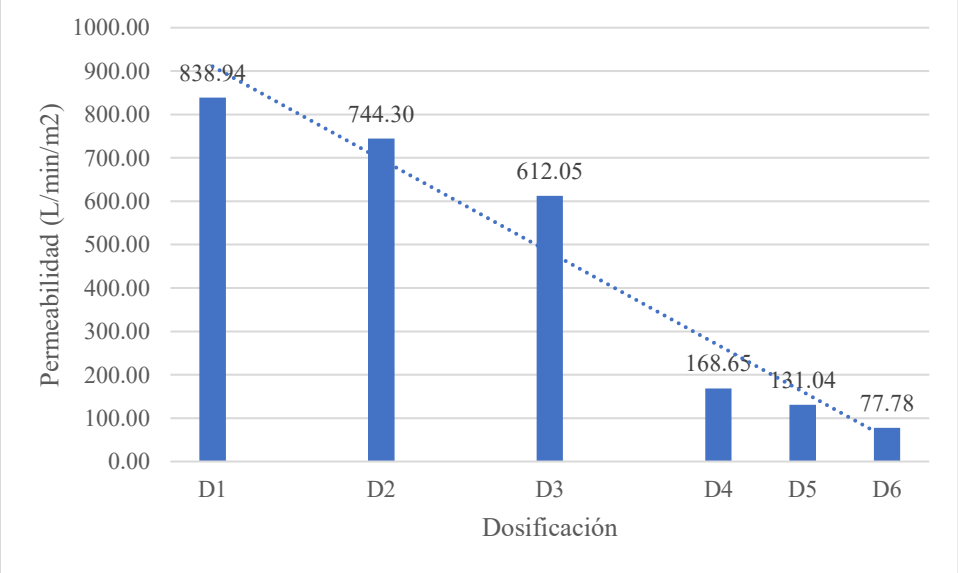
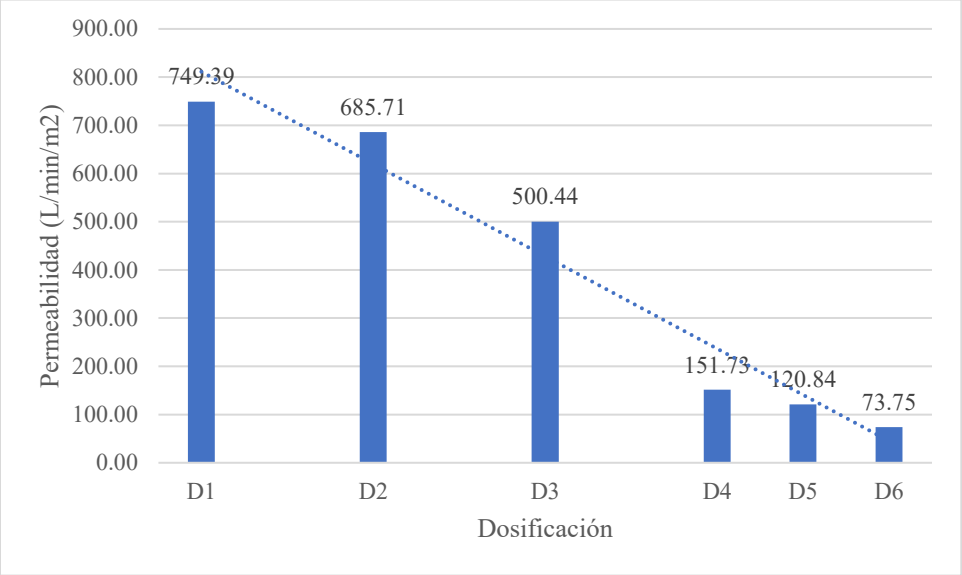


Figura 88. Resultados de la permeabilidad en la fase de humedecimiento.



Asimismo, las dosificaciones objetivo, las cuales son la D4 y D5, tuvieron una tasa de infiltración de 151.73 L/min/m^2 y 95.77 L/min/m^2 respectivamente, en la fase de humedecimiento, las cuales están en el rango que nos indica la norma "ACI 522R", quien nos menciona que la tasa de infiltración para que el concreto se considerase permeable debe ser como mínimo de 81 L/min/m^2.

5.4 Diseño estructural del pavimento permeable

Obtuvimos el siguiente resultado según los pasos expuestos dentro del marco teórico, utilizando un estudio de tráfico realizado, el cual se muestra en el Anexo N°4 de la presente investigación, asimismo, se tomarán en cuenta los valores del CBR de la subrasante del estudio de mecánica de suelos del expediente con CUI N.º 2569073, además, del estudio de canteras presentado dentro del marco teórico extrajimos los valores del CBR de la subbase granular. Dicho resultado de diseño se aprecia en la tabla 85.

Tabla 85. Reporte del pavimento rígido permeable

REPORTE DISEÑO DE PAVIMENTO

Método AASHTO 1993

Proyecto:	PAVIMENTOS PERMEA
Tramo:	JR. ARICA
Fecha:	11/06/2025
Ubicación:	Lima
Ingeniero:	Jesus Alejandro De la Veg
Reglamento:	Pavimentos Urbanos CE. (
Diseño num:	Diseño 1
Tipo de diseño:	CONCRETO

DATOS DEL PAVIMENTO

PERIODO DE DISEÑO	20.00	años
CANTIDAD DE ESAL	230,000	
CONFIABILIDAD (R%)	75.00	%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)	-0.67	
ERROR DE COMBINACIÓN ESTÁNDAR (So)	0.35	
RESISTENCIA A LA COMPRENSIÓN (f'c)	210.00	kg/cm2
MÓDULO DE ROTURA (MR)	3.53	Mpa
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Ec)	21,456.36	Mpa
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA (J)	3.80	
MÓDULO DE REACCIÓN (Kc)	79.70	Mpa/m
COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	1.10	
SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	4.50	
SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	2.00	
DIFERENCIA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)	2.50	

RESULTADOS

PAVIMENTO	*Espesor (pulg)*	*Espesor (cm)*
Losa de Concreto	5.91	15.00
Sub-Base	7.87	20.00

CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEFINITIVA

Concreto	15.00 cm
Sub-Base	20.00 cm
Sub-Rasante	

Se usó el método AASHTO 1993 y se consideró los datos mencionados en los apartados anteriores:

- ESAL = 230,000 (Anexo 4 de la presente investigación).
- F'c (resistencia de diseño) = 210 kg/cm^2

- Periodo de diseño = 20 años
- Confiabilidad = 75% (ya que es una vía local)
- Módulo de rotura = 3.53 Mpa
- Coeficiente de transferencia = 3.8
- CBR subbase granular = 61%
- CBR subrasante = 15.4 (expediente técnico de la muestra de nuestra investigación CUI 2569073)
- Coeficiente de drenaje = 1.10
- Serviciabilidad inicial = 4.5
- Serviciabilidad inicial = 2.0

En base a la tabla 85, se tiene el siguiente resultado:

- Espesor de 15 cm para la capa de concreto permeable, y
- Espesor de 20 cm para la capa de subbase granular.

5.5 Sistema de drenaje

5.5.1 Condiciones hidráulicas

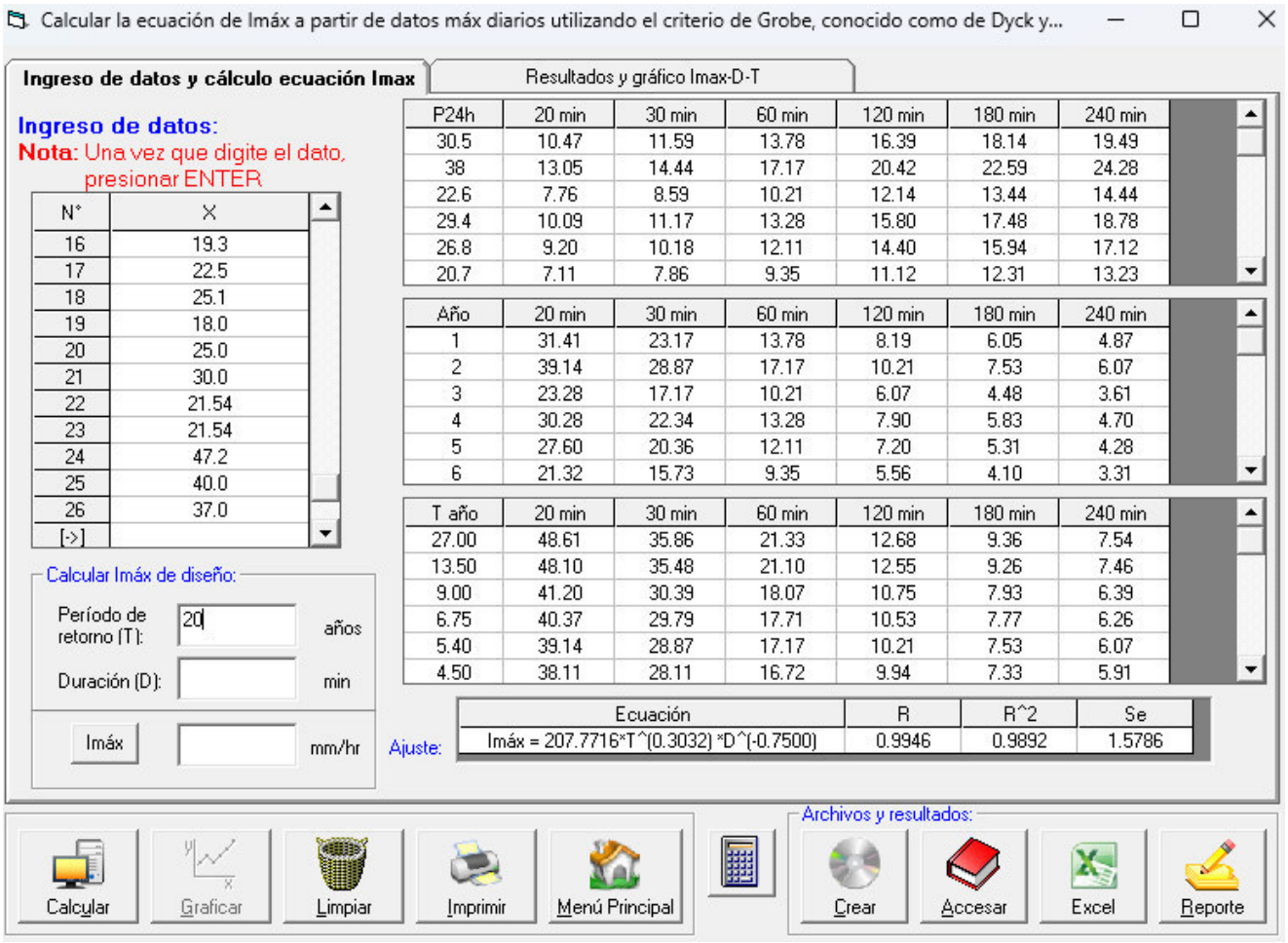
Respecto a las condiciones de drenaje, se consideraron los datos de precipitación de Senamhi de la estación Cerro de Pasco, localizada en el distrito de Chaupimarca, provincia de Pasco, Departamento de Pasco, mostrados en la tabla 86

Tabla 86. Datos de la estación meteorológica de Cerro de Pasco

ESTACION: CERRO DE PASCO						LONGITUD: 76°15'51.1"			DPTO.	PASCO			
PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS						LATITUD: 10°41'36.15"			PROV.	PASCO			
UNIDAD: mm						ALTITUD: 4357 msnm			DIST.	CHAUPIMARCA			
AÑO	**ENE.**	**FEB.**	**MAR.**	**ABR.**	**MAY.**	**JUN.**	**JUL.**	**AGO.**	**SET.**	**OCT.**	**NOV.**	**DIC.**	**Pmax24**
1998	12.10	30.50	13.70	18.50	5.20	5.50	S/D	1.50	5.70	19.70	15.80	9.60	**30.50**
1999	38.00	31.70	14.70	25.80	7.30	4.80	4.30	3.30	10.70	16.10	16.60	16.50	**38.00**
2000	18.00	17.30	18.30	6.50	9.40	2.80	4.50	8.20	7.10	14.30	12.70	22.60	**22.60**
2001	29.40	24.30	24.00	23.70	10.90	2.00	11.50	6.00	7.90	19.10	16.60	28.00	**29.40**
2002	8.00	19.40	26.80	15.50	13.50	3.00	10.40	3.50	13.70	24.10	12.60	22.30	**26.80**
2003	14.50	19.40	20.70	18.10	8.30	7.00	4.60	10.00	20.70	6.00	20.00	13.10	**20.70**
2004	12.70	31.20	11.40	16.90	6.00	4.00	8.60	7.90	27.50	22.50	26.80	33.20	**33.20**
2005	15.40	20.00	46.70	17.40	2.90	2.80	4.10	4.50	6.00	12.80	29.10	9.00	**46.70**
2006	9.80	17.50	16.20	19.10	3.90	17.00	2.70	4.00	21.80	21.30	27.30	24.60	**27.30**
2007	15.50	16.00	18.40	14.20	16.00	S/D	8.00	4.40	10.50	16.00	20.30	26.70	**26.70**
2008	16.60	18.50	8.00	12.50	5.40	7.30	3.20	10.40	10.00	10.40	29.40	25.00	**29.40**
2009	26.00	19.00	39.20	11.40	12.00	12.00	8.20	12.40	5.10	20.00	31.40	29.50	**39.20**
2010	25.70	24.30	35.90	14.50	17.00	2.00	4.40	S/D	7.50	24.00	13.80	30.80	**35.90**
2011	20.50	16.30	20.80	24.40	12.00	S/D	6.30	9.00	14.00	16.00	22.70	24.00	**24.40**
2012	20.00	20.70	15.00	12.00	7.80	6.50	3.50	5.20	16.80	25.40	18.00	24.60	**25.40**
2013	19.30	12.00	13.00	10.20	8.90	5.80	8.00	8.00	15.00	15.00	10.50	10.00	**19.30**
2014	20.00	13.20	20.00	21.00	7.30	10.00	7.00	1.80	20.60	12.00	16.00	22.50	**22.50**
2015	12.00	9.00	15.00	14.20	9.00	9.00	9.00	5.40	12.50	13.30	25.10	15.40	**25.10**
2016	18.00	14.80	13.50	13.50	8.20	7.10	3.70	10.00	9.00	16.00	7.40	16.00	**18.00**
2017	14.50	25.00	15.00	14.00	7.20	2.00	6.50	4.00	11.00	13.70	17.00	10.00	**25.00**
2018	14.00	11.00	17.00	19.00	7.00	3.00	6.00	8.00	25.00	30.00	16.20	11.50	**30.00**
2020	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	**32.60**
2021	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	**54.00**
2022	35.20	47.20	42.00	34.00	20.00	28.00	5.00	12.00	35.00	11.00	25.00	26.50	**47.20**
2023	13.00	35.60	16.20	17.30	10.60	3.00	1.00	7.00	12.00	40.00	18.50	33.80	**40.00**
2024	37.00	23.00	27.20	18.10	8.10	6.60	1.00	2.80	4.50	16.00	20.00	29.00	**37.00**

Luego, trasladamos los valores de Precipitación máxima en 24 horas (Pmax24) al programa hidroesta, para conseguir la ecuación de la intensidad máxima, la cual se aprecia en la figura 89.

Figura 89. Cálculo de ecuación de Intensidad Máxima en 24 horas



Tras esto, se analizaron las pendientes y direcciones de flujo de las calles aledañas, según los cual se identificaron 9 subcuencas que influyen en el caudal del Jirón Arica Cuadras 01 y 02, además es necesario mencionar que primero se realizó un análisis hidrológico de las calles considerando la escorrentía, puesto que se consideró un pavimento rígido, luego se adaptó para un pavimento permeable, comparando los caudales e intensidades máximas, de modo que se comenzó analizando las características fisiográficas de las subcuencas, mostrado en la tabla 87

Tabla 87. Datos fisiográficos de las subcuencas

Nombre de la Subcuenca	Pista (m2)	Pista (ha)	Área verde (ha)	Techos y lotes (ha)	Área total (ha)	Distancia (L)	Cota superior	Cota inferior	Desnivel (m)	Pendiente
JR. ARICA Cuadra 02	500.2	0.050	0.015	0.008	0.073	92.63	4349.76	4336.54	13.217	0.143
JR. ARICA Cuadra 01	567	0.057	0.018	0.015	0.090	105.00	4336.54	4321.72	14.815	0.141
JR. TARMA Cuadra 02	277.34	0.028	0.000	0.000	0.028	55.00	4353.55	4343.93	9.625	0.175
JR. TARMA Cuadra 03	344.18	0.034	0.000	0.000	0.034	52.28	4343.93	4334.78	9.149	0.175
JR. OROPEZA Cuadra 01	417.54	0.042	0.000	0.020	0.061	69.59	4362.60	4353.55	9.047	0.130
JR. OROPEZA Cuadra 02	414	0.041	0.000	0.016	0.057	69.00	4353.55	4349.76	3.795	0.055
JR. S/N 1 Cuadra 01	142.02	0.014	0.000	0.004	0.019	47.34	4346.29	4343.93	2.367	0.050
JR. SAN MARTIN Cuadra 01	539.58	0.054	0.000	0.023	0.077	89.93	4334.78	4330.05	4.730	0.053
JR. TARMA Cuadra 01	342.14	0.034	0.000	0.014	0.048	63.36	4364.64	4353.55	11.088	0.175

Luego proseguimos con el cálculo de los valores de la máxima intensidad utilizando la ecuación previamente calculada por el programa Hidroesta, para un periodo de retorno de 20 años, debido al tiempo de vida útil del pavimento, presentado en la tabla 88

Tabla 88. Calculo de valores de intensidad máxima

Nombre de la Subcuenca	Distancia (L)	Desnivel (m)	Tiempo de concentración D (min)	Tiempo de retorno T (años)	Ecuación de intensidad máxima	Intensidad máxima (mm/hr)
JR. ARICA Cuadra 02	92.63	13.22	1.35	20	207.7716*T^ (0.3032) *D^ (-0.75)	411.44
JR. ARICA Cuadra 01	105.00	14.81	1.49	20		382.09
JR. TARMA Cuadra 02	55.00	9.63	0.83	20		592.58
JR. TARMA Cuadra 03	52.28	9.15	0.80	20		609.17
JR. OROPEZA Cuadra 01	69.59	9.05	1.12	20		473.31
JR. OROPEZA Cuadra 02	69.00	3.80	1.55	20		370.95
JR. S/N 1 Cuadra 01	47.34	2.37	1.20	20		449.44
JR. SAN MARTIN Cuadra 01	89.93	4.73	1.94	20		313.48
JR. TARMA Cuadra 01	63.36	11.09	0.93	20		544.12

Luego realizamos un cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado según los coeficientes utilizados por el método racional en la Norma OS. 060, los cuales se aprecian en las tablas 89 y 90.

Tabla 89. Coeficientes utilizados en el método racional

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc) Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58

Nota: Norma OS. 060

Tabla 90. Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado

Nombre de la Subcuenca	Pista (ha)	Área verde (ha)	Techos y lotes (ha)	Área total (ha)	Cp
	C: 0.86	C: 0.48	C: 0.86		
JR. ARICA Cuadra 02	0.05	0.01	0.01	0.07	0.78
JR. ARICA Cuadra 01	0.06	0.02	0.01	0.09	0.78
JR. TARMA Cuadra 02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.86
JR. TARMA Cuadra 03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.86
JR. OROPEZA Cuadra 01	0.04	0.00	0.02	0.06	0.86
JR. OROPEZA Cuadra 02	0.04	0.00	0.02	0.06	0.86
JR. S/N 1 Cuadra 01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.86
JR. SAN MARTIN Cuadra 01	0.05	0.00	0.02	0.08	0.86
JR. TARMA Cuadra 01	0.03	0.00	0.01	0.05	0.86

Se procede a realizar el cálculo del caudal en cada subcuenca mediante las ecuaciones del método racional en la tabla 90.

Tabla 91. Cálculo de los caudales según el método racional

Nombre de la Subcuenca	Intensidad máxima (mm/hr)	Cp	Área subcuenca (ha)	Caudal (m3/s)
JR. ARICA Cuadra 02	411.44	0.78	0.07	0.07
JR. ARICA Cuadra 01	382.09	0.78	0.09	0.07
JR. TARMA Cuadra 02	592.58	0.86	0.03	0.04
JR. TARMA Cuadra 03	609.17	0.86	0.03	0.05
JR. OROPEZA Cuadra 01	473.31	0.86	0.06	0.07
JR. OROPEZA Cuadra 02	370.95	0.86	0.06	0.05
JR. S/N 1 Cuadra 01	449.44	0.86	0.02	0.02
JR. SAN MARTIN Cuadra 01	313.48	0.86	0.08	0.06
JR. TARMA Cuadra 01	544.12	0.86	0.05	0.06

Según estos valores, realizaremos un análisis de caudales acumulados, obteniendo los caudales de diseño de las vías, presentados en la tabla 92

Tabla 92. Caudal de diseño de cada vía

Nombre de la Subcuenca	Caudal de diseño en la vía
JR. ARICA Cuadra 02	0.153 m^3/s
JR. ARICA Cuadra 01	0.490 m^3/s
JR. TARMA Cuadra 02	0.138 m^3/s
JR. TARMA Cuadra 03	0.208 m^3/s
JR. OROPEZA Cuadra 01	0.070 m^3/s
JR. OROPEZA Cuadra 02	0.083 m^3/s
JR. S/N 1 Cuadra 01	0.020 m^3/s
JR. SAN MARTIN Cuadra 01	0.268 m^3/s
JR. TARMA Cuadra 01	0.060 m^3/s

Con estos caudales de diseño, procedemos a realizar las verificaciones de tirante para las vías a proyectar, siendo que necesitaremos una cuneta triangular debido a los empalmes de las calles aledañas, mostrados en las tablas 93 y 94.

Tabla 93. Resultados de tirante y velocidad de las 9 subcuencas

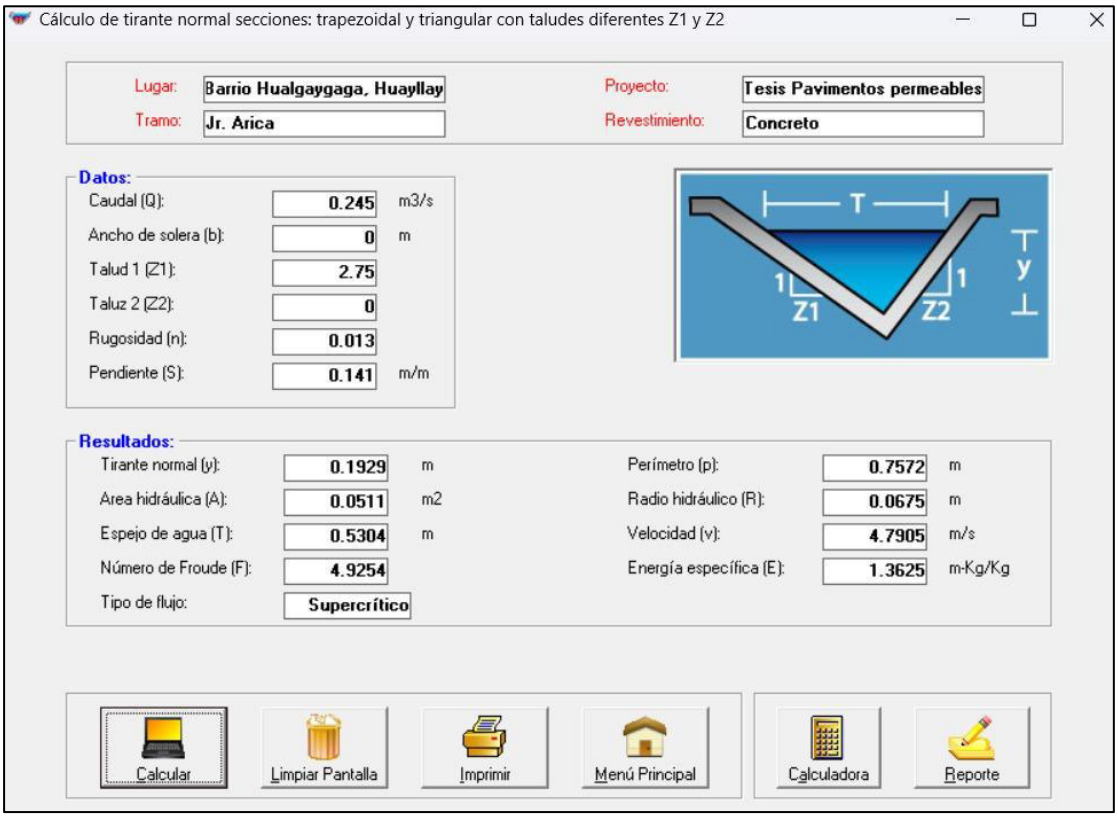
CALLES	Caudal de diseño en la vía	Ancho de vía	Bombeo	Talud	Carriles	Ancho de diseño	Pendiente de la vía	Tirante normal	Tirante recom.	Área hidráulica mínima de la vía	Área hidráulica del flujo	Perímetro hidráulico	Radio hidráulico	Espejo de agua	Velocidad
JR. ARICA Cuadra 02	0.153 m³/s	5.40 m	2.50%	40	2	2.70 m	0.143	0.044 m	0.068 m	0.182 m	0.077 m²	3.609 m	0.021 m	3.520 m	1.969 m/s
JR. ARICA Cuadra 01	0.490 m³/s	5.40 m	2.50%	40	2	2.70 m	0.141	0.069 m	0.068 m	0.182 m	0.190 m²	5.660 m	0.034 m	5.520 m	2.573 m/s
JR. TARMA Cuadra 02	0.138 m³/s	5.40 m	2.50%	40	2	2.70 m	0.175	0.041 m	0.068 m	0.182 m	0.067 m²	3.363 m	0.020 m	3.280 m	2.045 m/s
JR. TARMA Cuadra 03	0.208 m³/s	5.40 m	2.50%	40	2	2.70 m	0.175	0.048 m	0.068 m	0.182 m	0.092 m²	3.937 m	0.023 m	3.840 m	2.252 m/s
JR. OROPEZA Cuadra 01	0.070 m³/s	6.00 m	2.50%	40	2	3.00 m	0.130	0.034 m	0.075 m	0.225 m	0.046 m²	2.789 m	0.017 m	2.720 m	1.514 m/s
JR. OROPEZA Cuadra 02	0.083 m³/s	6.00 m	2.50%	40	2	3.00 m	0.055	0.042 m	0.075 m	0.225 m	0.071 m²	3.445 m	0.020 m	3.360 m	1.169 m/s
JR. S/N 1 Cuadra 01	0.020 m³/s	3.00 m	2.50%	40	1	3.00 m	0.050	0.033 m	0.075 m	0.113 m	0.022 m²	1.353 m	0.016 m	1.320 m	0.918 m/s
JR. SAN MARTIN Cuadra 01	0.268 m³/s	6.00 m	2.50%	40	2	3.00 m	0.053	0.066 m	0.075 m	0.225 m	0.174 m²	5.414 m	0.032 m	5.280 m	1.535 m/s
JR. TARMA Cuadra 01	0.060 m³/s	5.40 m	2.50%	40	2	2.70 m	0.175	0.030 m	0.068 m	0.182 m	0.036 m²	2.461 m	0.015 m	2.400 m	1.667 m/s

Tabla 94. Verificación de caudales y tirantes

CALLES	Caudal de diseño en la vía	Q que soporta la vía	Verificación por caudales	Tirante normal	Tirante recom.	Verificación de tirantes
JR. ARICA Cuadra 02	0.153 m³/s	0.471 m³/s	Ok	0.044 m	0.068 m	Ok
JR. ARICA Cuadra 01	0.490 m³/s	0.469 m³/s	No cumple	0.069 m	0.068 m	No cumple
JR. TARMA Cuadra 02	0.138 m³/s	0.522 m³/s	Ok	0.041 m	0.068 m	Ok
JR. TARMA Cuadra 03	0.208 m³/s	0.522 m³/s	Ok	0.048 m	0.068 m	Ok
JR. OROPEZA Cuadra 01	0.070 m³/s	0.596 m³/s	Ok	0.034 m	0.075 m	Ok
JR. OROPEZA Cuadra 02	0.083 m³/s	0.388 m³/s	Ok	0.042 m	0.075 m	Ok
JR. S/N 1 Cuadra 01	0.020 m³/s	0.185 m³/s	Ok	0.033 m	0.075 m	Ok
JR. SAN MARTIN Cuadra 01	0.268 m³/s	0.379 m³/s	Ok	0.066 m	0.075 m	Ok
JR. TARMA Cuadra 01	0.060 m³/s	0.522 m³/s	Ok	0.030 m	0.068 m	Ok

Como podemos visualizar en las tablas 93 y 94, se debe proyectar una cuneta en el Jr. Arica Cuadra 01, lo cual se realizó mediante el programa Hcanales.

Figura 90. Cálculo de la sección de la cuneta con el programa Hcanales



Se proyectará una cuneta triangular a cada lado de la vía, como se aprecia en la figura 90, teniendo unas dimensiones de 0.55 m de ancho y 0.20 m de altura, para dirigir el flujo de manera correcta y evitar que pase hacia la vía.

Tras ello, realizamos la modificación para utilizar un concreto permeable, en donde además de revisar las condiciones hidráulicas, también realizamos una comparativa entre la intensidad máxima total y la permeabilidad para verificar si debemos retirar las cunetas, presentado en la tabla 95

Tabla 95. Comparativa entre la intensidad máxima total y la permeabilidad

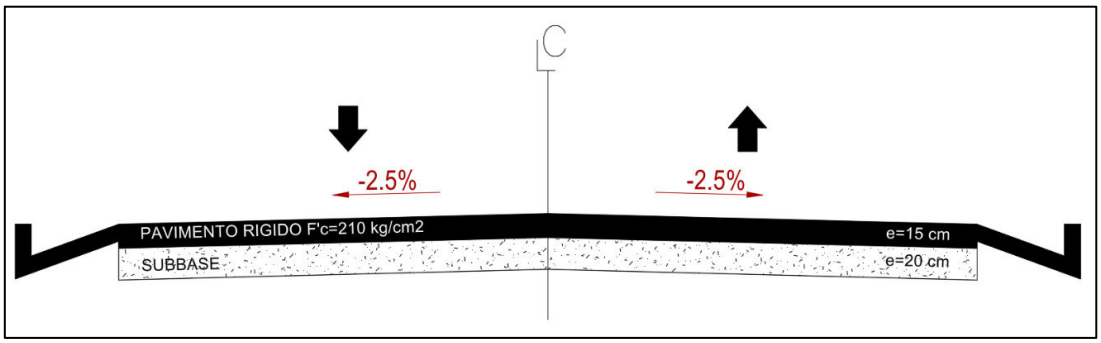
Nombre de la Subcuenca	Intensidad máxima (mm/hr)	Permeabilidad (mm/hr)
JR. ARICA Cuadra 02	411.44	4425.22
JR. ARICA Cuadra 01	382.09	
JR. TARMA Cuadra 02	592.58	
JR. TARMA Cuadra 03	609.17	
JR. OROPEZA Cuadra 01	473.31	
JR. OROPEZA Cuadra 02	370.95	
JR. S/N 1 Cuadra 01	449.44	
JR. SAN MARTIN Cuadra 01	313.48	
JR. TARMA Cuadra 01	544.12	
Total	**4146.59**	

Podemos comprobar que el valor de la permeabilidad obtenido mediante los ensayos es mayor al valor de la intensidad máxima de precipitaciones en 24 horas, por lo cual hemos considerado que al ser la permeabilidad mayor, las vías ya no presentarán escorrentía superficial, puesto que todo se infiltra en el pavimento; por lo cual eliminamos las cunetas proyectadas anteriormente por ya no ser necesarias.

5.5.2 Sección transversal

Para realizar el diseño de la sección transversal hemos tenido en consideración las condiciones hidráulicas del pavimento permeable, además dado que realizaremos una comparación entre un pavimento de concreto tradicional y un pavimento permeable, presentaremos primero la sección de pavimento convencional con una cuneta proyectada, la cual se especificó dentro de las condiciones hidráulicas. Dicha sección se aprecia en la figura 91.

Figura 91. Sección transversal de pavimento convencional



Para esta sección transversal tenemos una cuneta triangular con revestimiento de concreto de 0.55m x 0.20m, además tenemos un espesor de losa de concreto de 0.15m, una base de 0.20m y la subrasante, estas cunetas nos ayudan a dirigir y aumentar la capacidad del drenaje superficial, sin embargo, al realizar la modificación de pavimento permeable, según las condiciones hidráulicas visualizamos que ya no requerimos cunetas, puesto que no existiría drenaje superficial.

Luego, procedemos a realizar los cálculos para poder diseñar una sección con pavimento permeable, en la cual colocaremos un subdren.

5.5.2.1 Diseño de subdren:

Para el diseño del subdren, nos apoyaremos del "Manual de Diseño de Infraestructura con Geosintéticos" y del software que nos brinda la empresa Pavco "Geosoft", guiándonos de los parámetros establecidos en la AASHTO.

5.5.2.1.1 Paso 1

Primero realizamos el cálculo del caudal de infiltración, donde escogeremos el valor máximo de frecuencia anual de precipitación de las condiciones hidráulicas, siendo este de 54 mm/h, además tenemos definido un ancho de semibanca o de carril de 2.70 m y una longitud de tramo drenante de 100.00m, debido a la presencia de las intersecciones.

Luego, proseguimos a escoger el factor de infiltración (Fi), y el factor de retención de la base (Fr), mostrados en la tabla 96 y 97 respectivamente.

Tabla 96. Valores recomendados para Fi

Tipo de Carpeta	Fi
Carpetas asfaltadas muy bien conservadas	0.30
Carpetas asfaltadas normalmente conservadas	0.40
Carpetas asfaltadas probablemente conservadas	0.50
Carpetas de concreto de cemento Portland	0.67

Nota: Diseño de infraestructura con geosintéticos – décima edición

Tabla 97. Valores recomendados para Fr

Tipo de Carpeta	Fi
Bases bien gradadas, en servicio 5 años o mas	0.25
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	0.33
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o mas	0.33
Bases de gradación abierta, en servicio menos de 5 años	0.50

Nota: Diseño de infraestructura con geosintéticos – décima edición

Según lo cual tenemos un valor de Fi de 0.67 y un valor para Fr de 0.33

Con estos valores, procedemos a realizar la determinación del caudal de diseño:

$$Q_{inf} = I_R * B * L * F_i * F_r$$

$$Q_{inf} = 54\, mm/h * 2.7m * 100m * 0.67 * 0.33$$

$$Q_{inf} = 0.9\, L/s$$

Tomamos en consideración que no existe un caudal por nivel freático, puesto que, guiándonos del estudio de mecánica de suelos, no hay presencia de capa freática, siendo así nuestro caudal de diseño o caudal de infiltración total de 0.9 L/s.

5.5.2.1.2 Paso 2

Procederemos a elegir el tipo de diseño que se realizará, para este caso se optó por un filtro o geodrén francés, esto debido al tipo de empalme que se realizará con la cuneta existente en la Av. Vencedores del Sangrar, y al tipo de proceso constructivo el cual es más práctico de aplicar. En la figura 92 se aprecia la estructura de un geodrén francés.

Figura 92. Filtro o geodrén francés



Nota: (PAVCO, 2021)

5.5.2.1.3 Paso 3

Primero, definiremos el tamaño de las partículas del material drenante, para lo cual el Manual de Diseño de Infraestructura con Geosintéticos de la empresa PAVCO nos brinda un rango desde 1/2" hasta 2” como material drenante; en base a ello escogimos un tamaño promedio de las partículas de 0.5 pulgadas.

Posteriormente, calcularemos el área de la sección transversal mínima, usando la siguiente fórmula:

$$Q_T = v * i * A$$

Donde:

Q_T = caudal total de infiltración (m^3/s).

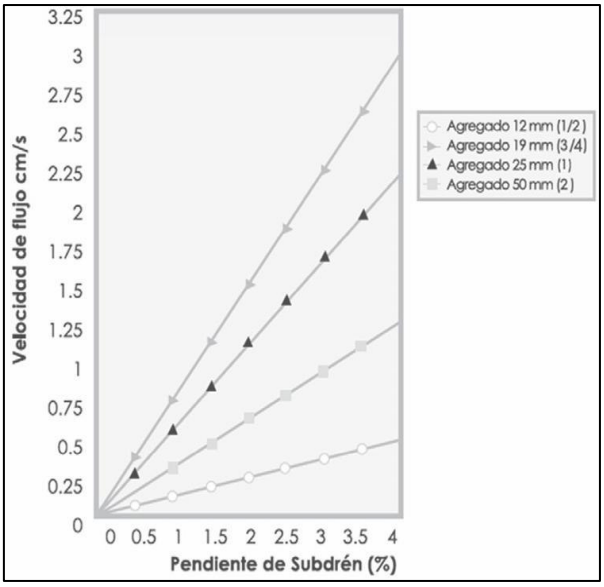
V = velocidad de flujo, la cual depende de la pendiente longitudinal y del tamaño del agregado usado en el subdrén.

i = gradiente hidráulico que para el caso de subdrenajes es igual a 1

A = área de la sección transversal del subdrén.

Para el cálculo de la velocidad de flujo, usaremos la figura 124, con la cual extrapolaremos la velocidad y la pendiente longitudinal. La pendiente longitudinal promedio para nuestra investigación es del 14%, por lo tanto, si proyectamos dicha pendiente en el la figura 93 tendremos una velocidad de flujo de 1.5 cm/s aproximadamente.

Figura 93. Velocidad del flujo vs Pendiente del Subdren



Nota: (PAVCO, 2021)

$$Q_T = v * i * A$$

$$0.0009045 = (0.015) * 1 * A$$

$$A = 0.0603\, m^2$$

Consideramos un ancho fijo de 0.40 m y procedemos a calcular el espesor o profundidad de la sección transversal.

$$(0.40) * h = 0.0603\ m^2$$

$$h = 0.151\ m \approx 0.20\ m$$

Cabe precisar que el espesor o profundidad "h" debe ser como mínimo el mismo tamaño del espesor máximo de las capas granulares. Por lo tanto, tenemos una sección transversal de 0.40 x 0.20 m como mínimo.

5.5.2.1.4 Paso 4

Procederemos a calcular el diámetro del tubo, para lo cual usaremos la siguiente fórmula o ecuación de Manning:

$$Q_T = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Cabe mencionar, que el coeficiente de Manning para una tubería perforada es aproximadamente 0.013. Asimismo, escogemos un diámetro mínimo de 2" para poder calcular el caudal del tubo y compararlo con el caudal de infiltración total.

$$Q_T = \left(\frac{1}{0.013}\right) * (0.0127)^{\frac{2}{3}} * (0.14)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_T = 0.00317546\frac{m^3}{s}$$

$$Q_T = 3.17546\frac{L}{s} > 0.9\frac{L}{s}\ (caudal\ de\ infiltración)$$

Por ende, nuestro diámetro de 2" nos es suficiente para drenar el caudal de infiltración determinado en el paso 1.

5.5.2.1.5 Paso 5

Luego, según el estudio de mecánica de suelos, tenemos que el material de la subrasante es una arena limosa, por lo cual guiándonos del libro "Fundamentos de ingeniería de

cimentaciones" de Braja M. Das, escogeremos el valor de permeabilidad hidráulica dentro del promedio dado, escogiendo un valor de 10^{-5} cm/s, mostrado dentro de la tabla 98

Tabla 98. Intervalo de la permeabilidad hidráulica para varios suelos

Tipo de suelo	Permeabilidad hidráulica, k (cm/s)
Grava media a gruesa	Mayor que 10^{-1}
Arena gruesa a fina	10^{-1} a 10^{-3}
Arena fina, arena limosa	10^{-3} a 10^{-5}
Limo, limo arcilloso, arcilla limosa	10^{-5} a 10^{-7}
Arcillas	10^{-7} o menor

Nota: (Madhab Das, 2012)

Procedemos a escoger el geotextil no tejido, realizando las respectivas verificaciones de la norma AASHTO-M-288-06, siendo que escogemos tentativamente el geotextil no tejido NT3000 recomendado por el Software Geosoft, donde realizamos las verificaciones respectivas con las especificaciones técnicas brindadas por PAVCO y colocaremos los datos según sea necesario, presentando esta comparativa en la tabla 99

Tabla 99. Verificación de propiedades del geotextil no tejido NT3000

PROPIEDADES			Norma AASHTO-M-288-06	GEOTEXTIL NT 3000	Observación
Propiedades mecánicas	Norma	UNIDAD			
Resistencia a la tensión	ASTM D4632	N (lb)	700	720 (162)	Cumple
Elongación		%	>50	>50	Cumple
Resistencia al punzonamiento	ASTM D6241	N (lb)	250	2100 (472)	Cumple
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D4533	N (lb)	250	295 (66)	Cumple
Propiedades hidráulicas					
Tamaño de Abertura aparente	ASTM D4751	mm (Tamiz)	0.25 (200)	0.150 (100)	Cumple
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	Según proyecto	27 x 10^{-2}	Cumple
Permitividad	ASTM D4491	s^{-1}	0.2	1.5	Cumple
Tasa de flujo	ASTM D4491	l/min/m2	Según proyecto	4400	Cumple
Propiedades físicas					
Espesor	ASTM D5199	mm	Según proyecto	1.8	Cumple
Resistencia UV @500 hr	ASTM D4355	%	>50	>70	Cumple

Podemos visualizar en la tabla 99 que el geotextil escogido, el NT 3000 de la empresa Pavco, cumple con las condiciones mínimas necesarias de un geotextil de clase 2, por lo cual será el utilizado dentro de nuestro proyecto.

Asimismo, según el manual "Diseño de Infraestructura con geosintéticos – Décima edición", se recomienda para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, utilizar el valor de tamaño de abertura aparente de TAA< 0.30 mm, presentado en la tabla 100

Tabla 100. Factores de reducción en geotextiles

Área	Colmatación	Reducción de vacíos por Creep	Intrusión en los vacíos	Colmatación química	Colmatación biológica
	FR_{SCB}	FR_{CR}	FR_{IN}	FR_{CC}	FR_{CB}
Sistema de subdrenaje en vías	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0

Nota: (PAVCO, 2021)

Por un tema de seguridad, escogeremos los valores promedio dentro del rango de factores de reducción mostrados en la tabla 101:

Tabla 101. Factores de reducción escogidos

Área	Colmatación	Reducción de vacíos por Creep	Intrusión en los vacíos	Colmatación química	Colmatación biológica
	FR_{SCB}	FR_{CR}	FR_{IN}	FR_{CC}	FR_{CB}
Sistema de subdrenaje en vías	6.00	1.25	1.10	1.35	3.00

Por lo tanto, el geotextil no tejido escogido para nuestro geodrén francés es el NT3000, el cual se aprecia en la figura 94.

Figura 94. Geotextil no tejido NT3000.



Nota: https://pavcowavingeosinteticos.com/fichas/No_Tejidos_MARV_FT2021.pdf

Por otro lado, también se necesitará una geomembrana para evitar el paso del agua del geodrén a la subrasante. Para este caso, sabemos que la geomembrana que se aplica para la Ingeniería Vial es la de tipo lisa, la cual presente un buen coeficiente de impermeabilidad, teniendo los siguientes espesores: 0.1 mm, 0.2 mm, 0.25 mm hasta 3.0 mm. Para nuestra investigación, escogeremos una geomembrana lisa de alta densidad HDPE de 2.0 mm de espesor, la cual se aprecia en la figura 95.

Figura 95. Geomembrana lisa HDPE de 2.00 mm de espesor.



Nota: https://www.icofesa.com/producto.php?id=23706

5.5.2.1.6 Paso 6

En base a los pasos señalados anteriormente, realizaremos el mismo diseño que anteriormente, pero verificándolo mediante el uso del software Geosoft de la empresa Pavco. Dichos pasos se aprecian en las figuras 96, 97, 98, 99 y 100.

Figura 96. Parámetros del caudal según el software Geosoft



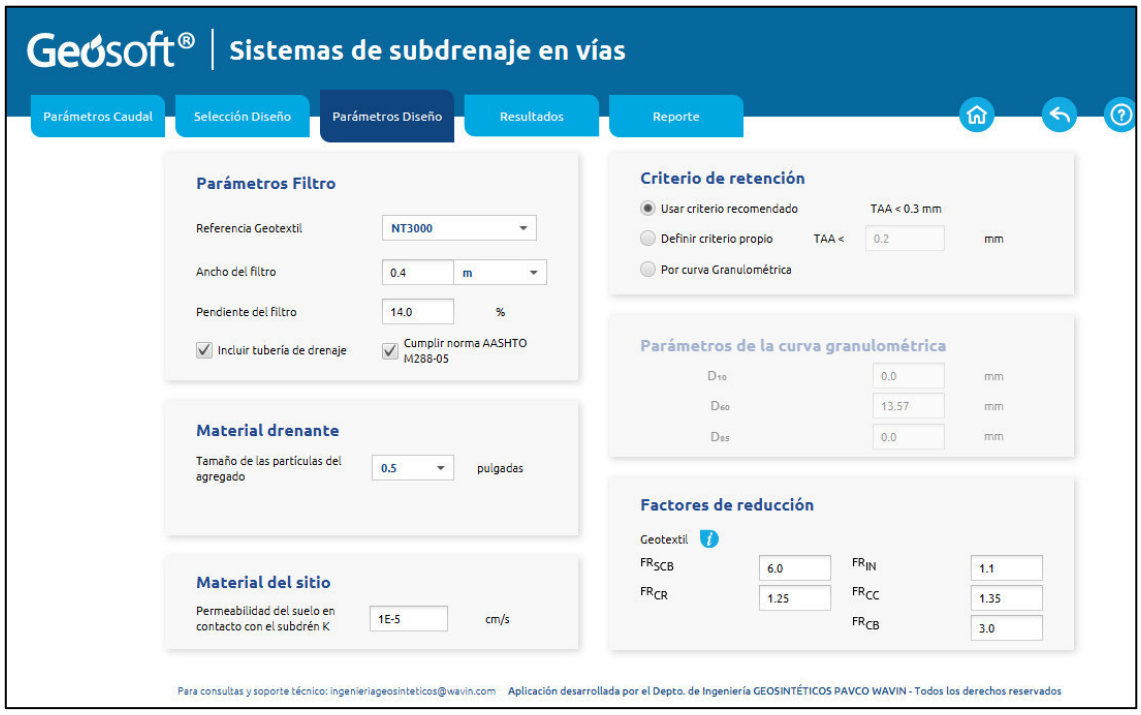
Nota: Software Geosoft

Figura 97. Selección del diseño según el software Geosoft



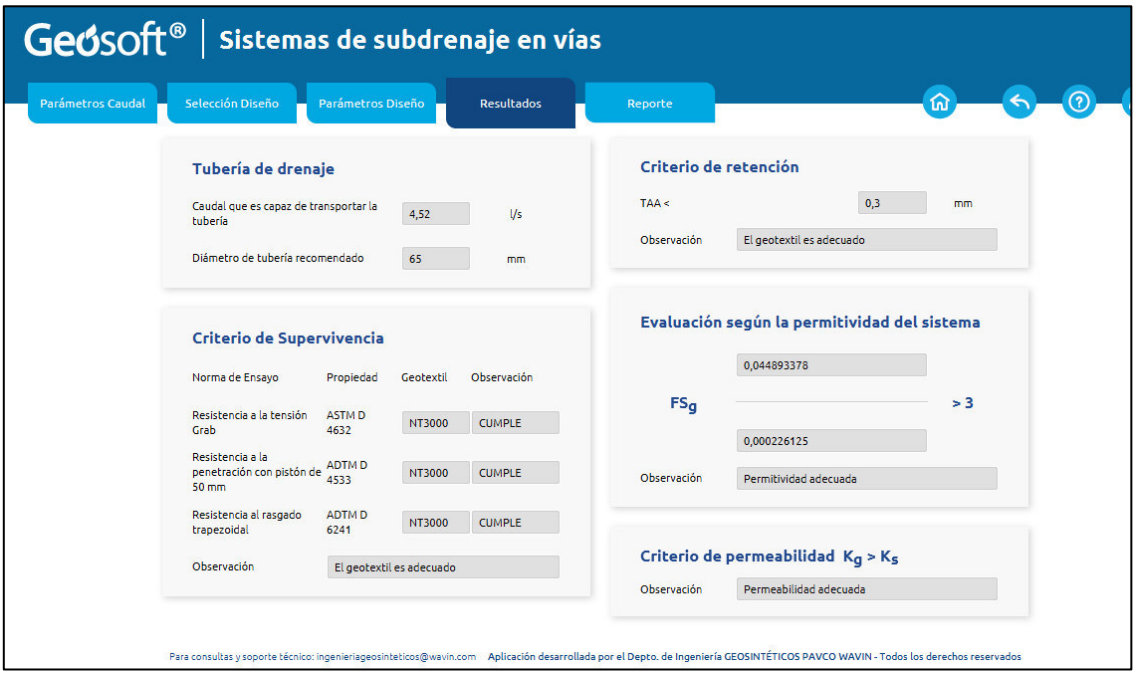
Nota: Software Geosoft

Figura 98. Parámetros de diseño según el software Geosoft



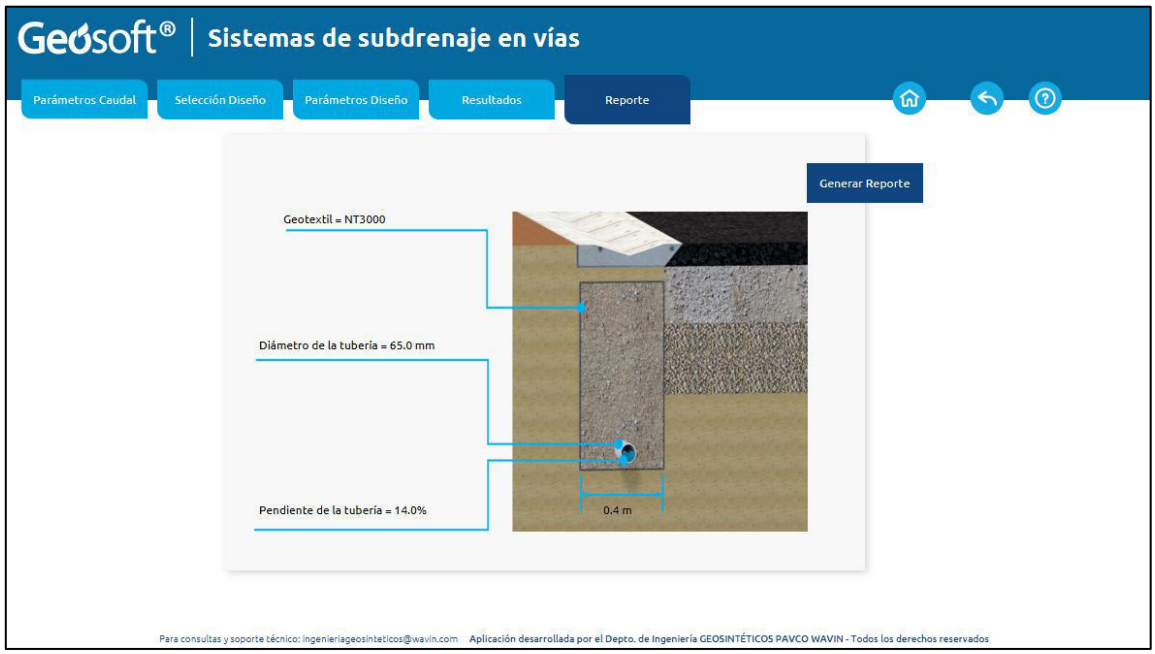
Nota: Software Geosoft

Figura 99. Resultados según el software Geosoft



Nota: Software Geosoft

Figura 100. Reporte según el software Geosoft



Nota: Software Geosoft

Siguiendo los pasos efectuados tanto como en el Software y en los cálculos manuales precisados en los pasos del 1 al 5, se tiene los siguientes resultados del geodrén:

- Dimensiones: 0.40 x 0.27 m (ancho x altura), el cual presenta un área mayor al mínimo indicado en el paso 3.
- Diámetro de tubería perforada corrugada: 3 pulgadas, debido a la comercialidad de esta tubería, el cual es un diámetro mayor al mínimo indicado en el paso 4.
- Geotextil no tejido: NT3000
- Geomembrana: Lisa de alta densidad HDPE de 2.00 mm de espesor.

5.5.2.2 Diseño de juntas.

Las juntas se diseñarán principalmente para evitar el efecto de contracción y el efecto de alabeo térmico durante la construcción y el funcionamiento, los cuales generarían fisuras y grietas en el pavimento, así como el alabeo mencionado.

5.5.2.2.1 Juntas longitudinales.

Las juntas longitudinales serán generalmente de construcción ya que el proceso constructivo escogido será el de pavimentación por carriles. Asimismo, esta junta longitudinal será la misma que la del eje de la vía, debido a que cada carril presenta 2.7 m de ancho, por lo que no habría inconveniente con la separación.

Tabla 102. Diámetros y longitudes de barras de amarre.

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

Nota: Manual de Carreteras Suelos, Geotecnia y Pavimentos – MTC.

Según la tabla 102 se escoge el diámetro de las barras de amarre, el cual depende del espesor de nuestro pavimento (15 cm). Por lo tanto, se tiene para las barras de amarre:

- 1.27 cm x 66 cm (diámetro x longitud) @76 cm

Cabe resaltar que, la función principal de estas barras de amarre es no permitir el alabeo térmico entre los carriles al no separarlos, asimismo permite una repartición de cargas entre las losas.

5.5.2.2.2 Juntas transversales.

Las juntas transversales serán de contracción, y estas no presentarán dowels debido a que el tráfico aplicado es ligero. Asimismo, la separación de juntas se determina con la siguiente fórmula:

$$SJT = (21\ a\ 24)\ D$$

Donde:

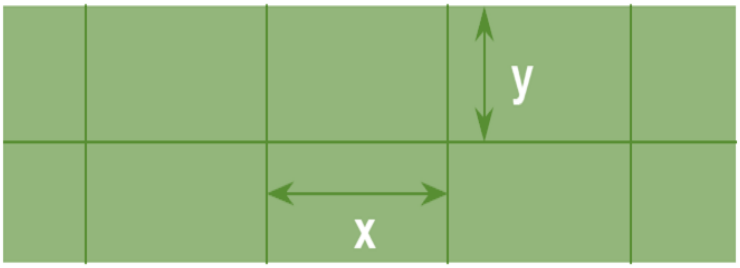
SJT : Separación de Juntas Transversales (<= 4.5 m)

D: Espesor del pavimento (m)

$$SJT = 23 * 0.15 = 3.45\ m$$

Este valor lo corroboramos con la siguiente relación que debe tener un paño de pavimento rígido:

Figura 101. Relación de ancho y largo de un paño de pavimento rígido.



$$\frac{x}{y} \leq 1.25$$

Tabla 103. Determinación de espaciamiento de junta de contracción

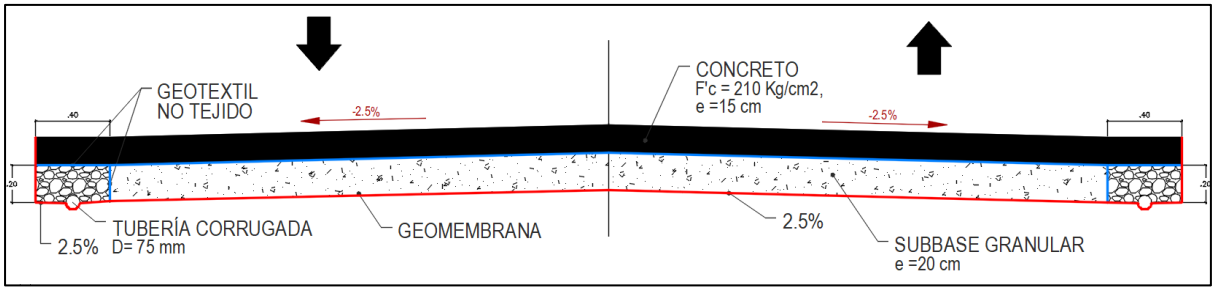
Ancho de vía (m)	Carriles (Y) (m)	Valor mínimo de paño (m)	Valor máximo de paño (m)	Valor tomado (X) (m)	Dimensiones de paños (m)	relación largo ancho (X/Y)	
5.40	2.70	2.16	3.38	3.00	3.00 x 2.70	1.11	ok

Por lo tanto, como se evidencia en la tabla 103, nuestro carril tiene un ancho de 2.7, por lo que nuestro espaciamiento de junta transversal de contracción escogido es de 3 m, el cual presenta una relación de largo y ancho de 1.11 < 1.25.

5.5.2.3 Sección transversal del pavimento permeable.

Luego de haber realizado los diseños de espesor, de juntas de subdrén y sus verificaciones, presentamos la sección transversal de pavimento permeable, el cual está compuesto de un subdrén francés de dimensiones 0.40 x 0.27 m recubiertos en la parte superior y lateral con un geotextil no tejido el cual permita el paso del agua de la subbase granular, asimismo, en la parte inferior estará cubierta con geomembrana para evitar el paso del agua hacia la subrasante. Asimismo, entre la capa de concreto permeable y la subbase granular se colocará un geotextil no tejido con el objetivo principal de evitar la contaminación de la subbase granular y esta pueda mantener su permeabilidad a lo largo de la vida útil del pavimento. Este geotextil no tejido tendrá la función de filtrar el agua mas no de los sedimentos que puedan ingresar hacia la subbase granular. Todo esto se muestra en la figura 102.

Figura 102. Sección transversal de pavimento permeable



Asimismo, se detalla en la figura 103 un plano de planta del pavimento permeable en donde se aprecian las juntas transversales y longitudinales principalmente.

Figura 103. Plano de planta – juntas

Colocar plano…

5.6 Costos

5.6.1 Costo de construcción

Como se detalló anteriormente, la permeabilidad del concreto permitirá la eliminación de las cunetas ya que el agua superficial será gestionada por un sistema sub-superficial a través de un geodrén, geomembranas y geotextiles no tejidos. Es así como, se determinará el costo de inversión o construcción correspondiente a un pavimento convencinal (no permeable) y uno permeable, en el contexto del proyecto de inversión con CUI 2569073, el cual es la muestra de nuestra investigación. Asimismo, de aquel proyecto es que se tomaron algunos costos referenciales de algunas partidas, tales como:

- Obras provisionales: S/. 252,840.47 por unidad global (glb).
- Construcción de escalinatas: S/. 15,782.63 por unidad global (glb).
- Construcción de muros de contención: S/. 233,964.33 por unidad global (glb).
- Impacto ambiental, seguridad y salud: S/. 49,529.88 por unidad global (glb).

Esto, con el objetivo de tener un costo más cercano a la realidad, donde las partidas que vamos a variar con las de “Pavimentos” y “Cunetas”. A continuación, se muestra los APU’s, en la figura 102.

Figura 104. Análisis de precios unitarios – Construcción.

Partida	01.01.01	OBRAS PROVISIONALES					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 16,000.0000	EQ. 16,000.0000			Costo unitario directo por : glb	252,840.47
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Subcontratos							
0401010006	OBRAS PROVISIONALES			glb		1.0000	252,840.47	252,840.47
								252,840.47

Partida	01.02.01.01	CORTE CON MAQUINARIA A NIVEL DE SUBRASANTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000			Costo unitario directo por : m3	7.96
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra							
0147010004	PEON			hh	2.0000	0.0400	20.22	0.81
								0.81
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	0.81	0.02
0349040033	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP			hm	1.0000	0.0200	356.70	7.13
								7.15

Partida	01.02.01.02	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000			Costo unitario directo por : m3	33.45
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra							
0147010003	OFICIAL			hh	1.0000	0.3200	22.33	7.15
0147010004	PEON			hh	2.0000	0.6400	20.22	12.94
								20.09
	Materiales							
0239050000	AGUA			m3		0.0500	3.50	0.18
								0.18
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	20.09	0.60
0349030076	COMPACTADOR VIBRATORIA TIPO PLANCHA 4 - 7 HP			hm	1.0000	0.3200	39.30	12.58
								13.18

Partida	01.02.01.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUETE DE 15M3 (D = 5.91 KM)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 390.0000	EQ. 390.0000			Costo unitario directo por : m3	19.78
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra							
0147010004	PEON			hh	1.0000	0.0205	20.22	0.41
								0.41
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	0.41	0.01
0348040034	CAMION VOLQUETE 15 M3.			hm	2.0000	0.0410	382.16	15.67
0349040100	CARGADOR S/LLANTAS 125-135 HP 3 YD3.			hm	0.7000	0.0144	256.07	3.69
								19.37

Partida	01.02.01.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000			Costo unitario directo por : m2	3.47
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO			hh	1.0000	0.0067	28.39	0.19
0147010004	PEON			hh	1.0000	0.0067	20.22	0.14
								0.33
	Materiales							
0239050000	AGUA			m3		0.0050	3.50	0.02
								0.02
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	0.33	0.01
0348120096	CAMION CISTERNA (3 500 GAL.)			hm	0.0500	0.0003	246.33	0.07
0349030007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T			hm	1.0000	0.0067	221.60	1.48
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP			hm	1.0000	0.0067	233.41	1.56
								3.12

Partida	01.02.02.01	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB-BASE GRANULAR e=0.20M					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,872.0000	EQ. 1,872.0000			Costo unitario directo por : m2	13.80
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0085	20.22	0.17
							0.17
	Materiales						
0205030075	MATERIAL GRANULAR		m3		0.2100	60.00	12.60
0239050000	AGUA		m3		0.0050	3.50	0.02
							12.62
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.17	0.01
0348120096	CAMION CISTERNA (3 500 GAL.)		hm	0.0500	0.0002	246.33	0.05
0349030007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T		hm	1.0000	0.0043	221.60	0.95
							1.01

Partida	01.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTO RIGIDO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000			Costo unitario directo por : m2	44.16
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.3200	28.39	9.08
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.3200	22.33	7.15
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.3200	20.22	6.47
							22.70
	Materiales						
0202010002	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"		kg		0.3100	6.36	1.97
0243010003	MADERA TORNILLO		p2		3.0000	6.27	18.81
							20.78
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	22.70	0.68
							0.68

Partida	01.02.03.02	CONCRETO CONVENCIONAL F'C=210 KG/CM2 E=15cm					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000			Costo unitario directo por : m2	66.09
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.1333	28.39	3.78
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	0.1333	22.33	2.98
0147010004	PEON		hh	8.0000	0.5333	20.22	10.78
							17.54
	Materiales						
0205000032	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"		m3		0.0835	55.08	4.60
0205010004	ARENA GRUESA		m3		0.0819	49.15	4.03
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)		BOL		1.5325	25.00	38.31
0239050000	AGUA		m3		0.0293	3.50	0.10
							47.04
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	17.54	0.53
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.0667	12.90	0.86
0348560006	REGLA VIBRATORIA		hm	0.2500	0.0167	7.39	0.12
							1.51

Partida	01.02.03.03	CURADO DE CONCRETO PARA LOSA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000			Costo unitario directo por : m2	1.77
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0160	20.22	0.32
							0.32
	Materiales						
0230190000	ADITIVO CURADOR		gln		0.0350	37.20	1.30
							1.30
	Equipos						
0348560007	MOCHILA ROCIADOR DE ADITIVO		hm	1.0000	0.0160	9.07	0.15
							0.15

Partida	01.02.04.01	JUNTAS DE CONTRACCIÓN, e=6 mm					
Rendimiento	m/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000			Costo unitario directo por : m	14.60
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0533	22.33	1.19
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.1067	20.22	2.16
							3.35
	Materiales						
0227010096	CORDON DE RESPALDO DE POLIETILENO PARA SELLADO DE JUNTAS DE Ø = 1"		m		1.0500	2.97	3.12
0230150048	SELLADOR ELASTOMERICO DE POLIURETANO		gln		0.0341	169.49	5.78
0239020101	DISCO DE 14" PARA CONCRETO		und		0.0015	451.61	0.68
0254910005	IMPRIMANTE PARA SELLANTES		gln		0.0022	227.97	0.50
							10.08
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	3.35	0.10
0337030020	CORTADORA DE CONCRETO 14"		día	1.0000	0.0067	160.00	1.07
							1.17

Partida	01.02.04.02	JUNTAS DE AISLAMIENTO EN LOSA, e=20 mm					
Rendimiento	m/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000			Costo unitario directo por : m	7.26
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0533	22.33	1.19
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.1067	20.22	2.16
							3.35
	Materiales						
0205010004	ARENA GRUESA		m3		0.0040	49.15	0.20
0213000006	ASFALTO RC-250		gln		0.2558	14.12	3.61
							3.81
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	3.35	0.10
							0.10

Partida	01.02.05.01	PINTADO DE MARCAS SOBRE PAVIMENTO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000			Costo unitario directo por : m2	18.53
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.1000	28.39	2.84
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.2000	20.22	4.04
							6.88
	Materiales						
0229220001	CORDEL		rll		0.0250	13.52	0.34
0239500033	TIZA		cja		0.0500	5.00	0.25
0253030025	SOLVENTE XILOL		gln		0.0070	37.00	0.26
0254450100	PINTURA PARA TRAFICO ESTÁNDAR		gln		0.0700	87.00	6.09
							6.94
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	6.88	0.21
0348550002	MAQUINA PARA PINTURA DE TRAFICO		hm	1.0000	0.1000	45.00	4.50
							4.71

Partida	01.02.05.02	PINTADO DE LINEA AMARILLA					
Rendimiento	m/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000			Costo unitario directo por : m	10.83
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0800	28.39	2.27
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.1600	20.22	3.24
							5.51
	Materiales						
0229220001	CORDEL		rll		0.0250	13.52	0.34
0239500033	TIZA		cja		0.0500	5.00	0.25
0253030025	SOLVENTE XILOL		gln		0.0011	37.00	0.04
0254450100	PINTURA PARA TRAFICO ESTÁNDAR		gln		0.0106	87.00	0.92
							1.55
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	5.51	0.17
0348550002	MAQUINA PARA PINTURA DE TRAFICO		hm	1.0000	0.0800	45.00	3.60
							3.77

Partida	01.03.01.01	CORTE CON MAQUINARIA A NIVEL DE SUBRASANTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000			Costo unitario directo por : m3	7.96
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0400	20.22	0.81
							0.81
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.81	0.02
0349040033	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP		hm	1.0000	0.0200	356.70	7.13
							7.15

Partida	01.03.01.02	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000			Costo unitario directo por : m3	33.45
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.3200	22.33	7.15
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.6400	20.22	12.94
							20.09
	Materiales						
0239050000	AGUA		m3		0.0500	3.50	0.18
							0.18
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	20.09	0.60
0349030076	COMPACTADOR VIBRATORIA TIPO PLANCHA 4 - 7 HP		hm	1.0000	0.3200	39.30	12.58
							13.18

Partida	01.03.01.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUETE DE 15M3 (D = 5.91 KM)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 390.0000	EQ. 390.0000			Costo unitario directo por : m3	19.78
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0205	20.22	0.41
							0.41
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.41	0.01
0348040034	CAMION VOLQUETE 15 M3.		hm	2.0000	0.0410	382.16	15.67
0349040100	CARGADOR S/LLANTAS 125-135 HP 3 YD3.		hm	0.7000	0.0144	256.07	3.69
							19.37

Partida	01.03.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000			Costo unitario directo por : m2	44.16
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO			hh	1.0000	0.3200	28.39	9.08
0147010003	OFICIAL			hh	1.0000	0.3200	22.33	7.15
0147010004	PEON			hh	1.0000	0.3200	20.22	6.47
								22.70
	Materiales							
0202010002	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"			kg		0.3100	6.36	1.97
0243010003	MADERA TORNILLO			p2		3.0000	6.27	18.81
								20.78
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	22.70	0.68
								0.68

Partida	01.03.02.02	CONCRETO CONVENCIONAL F'C=210 KG/CM2 PARA CUNETAS					
Rendimiento	m/DIA	MO. 225.0000	EQ. 225.0000			Costo unitario directo por : m	34.38
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra							
0147010002	OPERARIO			hh	2.0000	0.0711	28.39	2.02
0147010003	OFICIAL			hh	2.0000	0.0711	22.33	1.59
0147010004	PEON			hh	8.0000	0.2844	20.22	5.75
								9.36
	Materiales							
0205000032	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"			m3		0.0430	55.08	2.37
0205010004	ARENA GRUESA			m3		0.0422	49.15	2.07
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)			BOL		0.7889	25.00	19.72
0239050000	AGUA			m3		0.0152	3.50	0.05
								24.21
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	9.36	0.28
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3			hm	1.0000	0.0356	12.90	0.46
0348560006	REGLA VIBRATORIA			hm	0.2500	0.0089	7.39	0.07
								0.81

Partida	01.03.02.03	CURADO DE CONCRETO PARA LOSA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000			Costo unitario directo por : m2	1.77
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra							
0147010004	PEON			hh	1.0000	0.0160	20.22	0.32
								0.32
	Materiales							
0230190000	ADITIVO CURADOR			gln		0.0350	37.20	1.30
								1.30
	Equipos							
0348560007	MOCHILA ROCIADOR DE ADITIVO			hm	1.0000	0.0160	9.07	0.15
								0.15

Partida	01.04.01	CONSTRUCCIÓN DE ESCALINATAS					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 40.0000	EQ. 40.0000			Costo unitario directo por : glb	15,782.63
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Subcontratos							
0401010007	CONSTRUCCIÓN DE ESCALINATAS			glb		1.0000	15,782.63	15,782.63
								15,782.63

Partida	01.05.01	CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 40.0000	EQ. 40.0000			Costo unitario directo por : glb	233,964.33
Código	**Descripción Recurso**			**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Subcontratos							
0401010008	CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN			glb		1.0000	233,964.33	233,964.33
								233,964.33

Partida	01.06.01	IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD				
Rendimiento	glb/DIA	MO. 40.0000	EQ. 40.0000		Costo unitario directo por : glb	49,529.88
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Subcontratos						
0401010009	IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD		glb		1.0000	49,529.88	49,529.88
							49,529.88

5.6.1.1 Concreto convencional

En base a los APU's precisados anteriormente, se realizó un presupuesto considerando cunetas triangulares y un pavimento rígido tradicional. Metrando las partidas correspondientes a "01.02 Pavimentos" y "01.03 Cunetas", en base a los planos elaborados del Anexo N°3 de la presente investigación, se tiene un costo directo de S/. 727,676.36 sin considerar utilidad ni IGV, como se detalla en la figura 103.

Figura 105. Presupuesto de inversión – pavimento convencional.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	CONCRETO CONVENCIONAL				S/727,676.36
01.01	OBRAS PRELIMINARES				S/252,840.47
01.01.01	OBRAS PROVISIONALES	glb	1.00	252,840.47	S/252,840.47
01.02	PAVIMENTO				S/148,073.88
01.02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS HASTA SUB-RASANTE				S/44,047.20
01.02.01.01	CORTE CON MAQUINARIA A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	1442.68	7.96	S/11,483.73
01.02.01.02	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	23.706	33.45	S/792.97
01.02.01.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUETE DE 15M3 (D = 5.91 KM)	m3	1418.974	19.78	S/28,067.31
01.02.01.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE	m2	1,067.20	3.47	S/3,703.19
01.02.02	SUB BASE				S/14,727.39
01.02.02.01	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB-BASE GRANULAR e=0.20M	m2	1,067.20	13.80	S/14,727.39
01.02.03	OBRAS DE CONCRETO				S/75,253.15
01.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTO RIGIDO	m2	64.15	44.16	S/2,832.82
01.02.03.02	CONCRETO CONVENCIONAL F'C=210 KG/CM2 E=15cm	m2	1,067.20	66.09	S/70,531.38
01.02.03.03	CURADO DE CONCRETO PARA LOSA	m2	1,067.20	1.77	S/1,888.95
01.02.04	JUNTAS				S/11,114.81
01.02.04.01	JUNTAS DE CONTRACCIÓN, e=6 mm	m	548.63	14.60	S/8,010.00
01.02.04.02	JUNTAS DE AISLAMIENTO EN LOSA, e=20 mm	m	427.66	7.26	S/3,104.81
01.02.05	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				S/2,931.34
01.02.05.01	PINTADO DE MARCAS SOBRE PAVIMENTO	m2	42.69	18.53	S/791.01
01.02.05.02	PINTADO DE LINEA AMARILLA	m	197.63	10.83	S/2,140.33
01.03	CUNETAS				S/27,485.17
01.03.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS HASTA SUB-RASANTE				S/7,737.31
01.03.01.01	CORTE CON MAQUINARIA A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	276.682	7.96	S/2,202.39
01.03.01.02	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	4.546416	33.45	S/152.08
01.03.01.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUETE DE 15M3 (D = 5.91 KM)	m3	272.1356	19.78	S/5,382.84
01.03.02	OBRAS DE CONCRETO				S/19,747.86
01.03.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CUNETAS	m2	130.44	44.16	S/5,760.04
01.03.02.02	CONCRETO CONVENCIONAL F'C=210 KG/CM2 PARA CUNETAS	m	395.26	34.38	S/13,589.04
01.03.02.03	CURADO DE CONCRETO PARA LOSA	m2	225.30	1.77	S/398.78
01.04	ESCALINATAS				S/15,782.63
01.04.01	CONSTRUCCIÓN DE ESCALINATAS	glb	1.00	15,782.63	S/15,782.63
01.05	MUROS DE CONTENCIÓN				S/233,964.33
01.05.01	CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN	glb	1.00	233,964.33	S/233,964.33
01.06	IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD				S/49,529.88
01.06.01	IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	49,529.88	S/49,529.88

5.6.1.2 Concreto permeable

Se dividió en dos presupuestos, uno con concreto permeable sin arena y otro con arena; ambas propuestas técnicas, como se detalló anteriormente, no requerirán la construcción de cunetas por lo que la partida señalada en la figura 102 “01.03 Cunetas” se eliminará. Asimismo, se añadirán subpartidas adicionales a la partida “01.02 Pavimentos”, debido a que al no recurrir un sistema de drenaje convencional que involucra la construcción de cunetas, se requerirá un sistema de drenaje que esté compuesto por un subdrén francés, geotextiles no tejidos y geomembranas, como se mencionó en los apartados anteriores. Además, la subpartida de “concreto” se modificará debido a que las proporciones de un concreto permeable son diferentes a uno convencional.

5.6.1.2.1 Concreto permeable sin arena

Se presenta los APU’s modificados y/o agregados, en la figura 104.

Figura 106. APU’s modificados y/o incorporados – concreto permeable sin arena.

Partida	01.02.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000			Costo unitario directo por : m2	9.72
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0080	28.39	0.23
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0080	22.33	0.18
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0160	20.22	0.32
							0.73
	Materiales						
0230830002	GEOMEMBRANA		m2		1.0500	8.54	8.97
							8.97
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.73	0.02
							0.02

Partida	01.02.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE					
Rendimiento	m/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000			Costo unitario directo por : m	29.96
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	28.39	0.76
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0267	22.33	0.60
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0267	20.22	0.54
							1.90
	Materiales						
0281010011	TUBERIA CORRUGADA Y PERFORADA HDPE, Ø=3"		m		1.0000	28.00	28.00
							28.00
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.90	0.06
							0.06

Partida	01.02.04.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000		Costo unitario directo por : m2		9.20
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0080	28.39	0.23
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0080	22.33	0.18
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0160	20.22	0.32
							0.73
	Materiales						
0230830005	GEOTEXTIL NO TEJIDO PAVCO - NT 300		m2		1.0500	8.05	8.45
							8.45
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.73	0.02
							0.02

Partida	01.02.05.01	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000		Costo unitario directo por : m3		76.06
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0533	20.22	1.08
							1.08
	Materiales						
0205360013	GRAVILLA SELECCIONADA 1/2"		m3		1.0500	65.00	68.25
							68.25
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.08	0.03
0349040101	MINI CARGADOR BOB CAT 953		hm	1.0000	0.0533	125.65	6.70
							6.73

Partida	01.02.07.02	CONCRETO SIN ARENA F'C=210 KG/CM2, E=15cm					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000		Costo unitario directo por : m2		69.87
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.1333	28.39	3.78
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	0.1333	22.33	2.98
0147010004	PEON		hh	8.0000	0.5333	20.22	10.78
							17.54
	Materiales						
0205000032	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"		m3		0.0094	55.08	0.52
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)		BOL		1.5987	25.00	39.97
0230160012	PLASTIFICANTE SIKACEM		L		0.8325	12.31	10.25
0239050000	AGUA		m3		0.0218	3.50	0.08
							50.82
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	17.54	0.53
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.0667	12.90	0.86
0348560006	REGLA VIBRATORIA		hm	0.2500	0.0167	7.39	0.12
							1.51

Partida	01.02.07.03	CURADO DE CONCRETO PERMEABLE					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000		Costo unitario directo por : m2		1.38
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0160	20.22	0.32
							0.32
	Materiales						
0280010058	MANTA DE POLIETILENO e=0.15mm		m2		0.2100	5.00	1.05
							1.05
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.32	0.01
							0.01

Según los nuevos APU's incorporados y modificados, se tiene que el presupuesto para la construcción de un pavimento permeable sin arena es de S/. 744,576.96, como se detalla en la figura 105.

Figura 107. Presupuesto de inversión – pavimento permeable sin arena.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	CONCRETO PERMEABLE				S/744,576.96
01.01	OBRAS PRELIMINARES				S/252,840.47
01.01.01	OBRAS PROVISIONALES	glb	1.00	252,840.47	S/252,840.47
01.02	PAVIMENTO Y GEODRÉN				S/192,459.65
01.02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS HASTA SUB-RASANTE				S/44,047.20
01.02.01.0	CORTE CON MAQUINARIA A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	1442.68	7.96	S/11,483.73
01.02.01.0	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	23.706	33.45	S/792.97
01.02.01.0	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUETE DE 15M3 (D = 5.91 KM)	m3	1418.974	19.78	S/28,067.31
01.02.01.0	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE	m2	1,067.20	3.47	S/3,703.19
01.02.02	GEOMEMBRANA				S/13,652.29
01.02.02.0	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA	m2	1,404.56	9.72	S/13,652.29
01.02.03	SUBDREN				S/11,841.99
01.02.03.0	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE	m	395.26	29.96	S/11,841.99
01.02.04	GEOTEXTIL				S/12,000.09
01.02.04.0	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL	m2	1,304.36	9.20	S/12,000.09
01.02.05	CAPA DE MATERIAL FILTRANTE				S/3,216.58
01.02.05.0	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE	m3	42.29	76.06	S/3,216.58
01.02.06	SUB BASE				S/14,727.39
01.02.06.0	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB-BASE GRANULAR e=0.20M	m2	1,067.20	13.80	S/14,727.39
01.02.07	OBRAS DE CONCRETO				S/78,927.96
01.02.07.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTO RIGIDO	m2	64.15	44.16	S/2,832.82
01.02.07.0	CONCRETO SIN ARENA F'C=210 KG/CM2, E=15cm	m2	1,068.00	69.87	S/74,621.30
01.02.07.0	CURADO DE CONCRETO PERMEABLE	m2	1,068.00	1.38	S/1,473.84
01.02.08	JUNTAS				S/11,114.81
01.02.08.0	JUNTAS DE CONTRACCIÓN, e=6 mm	m	548.63	14.60	S/8,010.00
01.02.08.0	JUNTAS DE AISLAMIENTO EN LOSA, e=20 mm	m	427.66	7.26	S/3,104.81
01.02.09	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				S/2,931.34
01.02.09.0	PINTADO DE MARCAS SOBRE PAVIMENTO	m2	42.69	18.53	S/791.01
01.02.09.0	PINTADO DE LINEA AMARILLA	m	197.63	10.83	S/2,140.33
01.03	ESCALINATAS				S/15,782.63
01.03.01	CONSTRUCCIÓN DE ESCALINATAS	glb	1.00	15,782.63	S/15,782.63
01.04	MUROS DE CONTENCIÓN				S/233,964.33
01.04.01	CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN	glb	1.00	233,964.33	S/233,964.33
01.05	IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD				S/49,529.88
01.05.01	IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	49,529.88	S/49,529.88

5.6.1.2.2 Concreto permeable con arena

Se consideró los mismos cambios realizados en los APU's en el numeral anterior "concreto permeable sin arena", con la única diferencia del APU de "concreto" ya que las proporciones para un concreto permeable con arena y sin arena son diferentes, por ende, el precio unitario es diferencial. En la figura 106 se aprecia el APU modificado.

Figura 108. APU modificado – concreto permeable con arena.

Partida	01.02.07.02	CONCRETO CON ARENA F'C=210 KG/CM2 E=15cm					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000			Costo unitario directo por : m2	68.39
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.1333	28.39	3.78
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	0.1333	22.33	2.98
0147010004	PEON		hh	8.0000	0.5333	20.22	10.78
							17.54
	Materiales						
0205000032	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" - 3/4"		m3		0.0884	55.08	4.87
0205010004	ARENA GRUESA		m3		0.0100	49.15	0.49
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)		BOL		1.4948	25.00	37.37
0230160012	PLASTIFICANTE SIKACEM		L		0.5294	12.31	6.52
0239050000	AGUA		m3		0.0262	3.50	0.09
							49.34
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	17.54	0.53
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.0667	12.90	0.86
0348560006	REGLA VIBRATORIA		hm	0.2500	0.0167	7.39	0.12
							1.51

En base a los cambios mencionados en los precios unitarios y los metrados realizados se tiene un presupuesto de construcción o inversión de S/. 742,996.31para un pavimento permeable con arena, como se detalla en la figura 107.

Figura 109. Presupuesto de inversión – pavimento permeable con arena.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	CONCRETO PERMEABLE				S/742,996.31
01.01	OBRAS PRELIMINARES				S/252,840.47
01.01.01	OBRAS PROVISIONALES	glb	1.00	252,840.47	S/252,840.47
01.02	PAVIMENTO Y GEODRÉN				S/190,879.00
01.02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS HASTA SUB-RASANTE				S/44,047.20
01.02.01.0	CORTE CON MAQUINARIA A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	1442.68	7.96	S/11,483.73
01.02.01.0	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	23.706	33.45	S/792.97
01.02.01.0	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUETE DE 15M3 (D = 5.91 KM)	m3	1418.974	19.78	S/28,067.31
01.02.01.0	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE	m2	1,067.20	3.47	S/3,703.19
01.02.02	GEOMEMBRANA				S/13,652.29
01.02.02.0	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANA	m2	1,404.56	9.72	S/13,652.29
01.02.03	SUBDREN				S/11,841.99
01.02.03.0	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA HDPE	m	395.26	29.96	S/11,841.99
01.02.04	GEOTEXTIL				S/12,000.09
01.02.04.0	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL	m2	1,304.36	9.20	S/12,000.09
01.02.05	CAPA DE MATERIAL FILTRANTE				S/3,216.58
01.02.05.0	RELLENO CON MATERIAL FILTRANTE	m3	42.29	76.06	S/3,216.58
01.02.06	SUB BASE				S/14,727.39
01.02.06.0	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB-BASE GRANULAR e=0.20M	m2	1,067.20	13.80	S/14,727.39
01.02.07	OBRAS DE CONCRETO				S/77,347.32
01.02.07.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PAVIMENTO RIGIDO	m2	64.15	44.16	S/2,832.82
01.02.07.0	CONCRETO CON ARENA F'C=210 KG/CM2 E=15cm	m2	1,068.00	68.39	S/73,040.66
01.02.07.0	CURADO DE CONCRETO PERMEABLE	m2	1,068.00	1.38	S/1,473.84
01.02.08	JUNTAS				S/11,114.81
01.02.08.0	JUNTAS DE CONTRACCIÓN, e=6 mm	m	548.63	14.60	S/8,010.00
01.02.08.0	JUNTAS DE AISLAMIENTO EN LOSA, e=20 mm	m	427.66	7.26	S/3,104.81
01.02.09	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				S/2,931.34
01.02.09.0	PINTADO DE MARCAS SOBRE PAVIMENTO	m2	42.69	18.53	S/791.01
01.02.09.0	PINTADO DE LINEA AMARILLA	m	197.63	10.83	S/2,140.33
01.03	ESCALINATAS				S/15,782.63
01.03.01	CONSTRUCCIÓN DE ESCALINATAS	glb	1.00	15,782.63	S/15,782.63
01.04	MUROS DE CONTENCIÓN				S/233,964.33
01.04.01	CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN	glb	1.00	233,964.33	S/233,964.33
01.05	IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD				S/49,529.88
01.05.01	IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	49,529.88	S/49,529.88

5.6.2 Costo de conservación

Teniendo en cuenta la construcción del pavimento en el proyecto de la presente investigación, se determinó el presupuesto para la conservación o mantenimiento a lo largo de su periodo de diseño, el cual fue considerado de 20 años.

La empresa “Concreto Ecológico de México S.A.” nos menciona a través una publicación en su página web las ventajas técnicas que presenta un pavimento permeable, las cuales se consolidan en:

- Mejor comportamiento ante los cambios de temperatura, disminuyendo los movimientos de dilatación y contracción.
- Mayor elasticidad.
- No generan baches gracias a su eficiencia en la repartición de cargas.
- Presenta mayor durabilidad comparándolo con un pavimento convencional.

Asimismo, (Cárdenas Gutiérrez et al., 2017) en su artículo hacen mención que el pavimento permeable es mejor aprovechado en zonas que presenten bajo tráfico ya que el pavimento no requeriría demasiado mantenimiento debido al poco desgaste, asimismo, gracias a su buen comportamiento a los cambios de temperatura, se disminuiría la vulnerabilidad a la aparición de fisuras y grietas a lo largo del periodo de diseño.

En base a lo mencionado anteriormente, se realizarán presupuestos de conservación considerando modificaciones en las partidas que hagan referencia a los mantenimientos de fisuras y grietas. Las partidas consideradas en los APU’s se aprecian en la figura 108.

Figura 110. APU's para conservación.

Partida	02.01.01.01	LIMPIEZA GENERAL (CALZADA Y BERMAS)					
Rendimiento	m/DIA	MO. 8,000.0000	EQ. 8,000.0000			Costo unitario directo por : m	0.11
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	5.0000	0.0050	20.22	0.10
							0.10
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	0.10	0.01
							0.01

Partida	02.01.01.02	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS EN CONCRETO HIDRAULICO					
Rendimiento	m/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000			Costo unitario directo por : m	6.42
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0800	28.39	2.27
							2.27
	Materiales						
0229010104	SIKAFLEX 11C GRIS HORMIGON 300 ML		und		0.1210	17.00	2.06
0261010026	BAKER ROD (MATERIAL DE RESPALDO BAKER ROD (MATERIAL DE RESPALDO)		m		1.0500	1.31	1.38
							3.44
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	2.27	0.07
0349020094	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP		hm	0.1000	0.0080	79.50	0.64
							0.71

Partida	02.01.01.03	REPARACIÓN EN LOSAS Y BERMAS EN ESPESOR PARCIAL					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000			Costo unitario directo por : m2	217.33
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	28.39	22.71
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	22.33	17.86
0147010004	PEON		hh	2.0000	1.6000	20.22	32.35
							72.92
	Materiales						
0254060031	PUENTE DE ADHERENCIA		m2		1.0000	50.82	50.82
							50.82
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	72.92	3.65
							3.65
	Subpartidas						
900305030105	CONCRETO CONVENCIONAL F'C=210 KG/CM2		m2		1.0500	66.09	69.39
900508010101	DEMOLICION ESTRUCTURA DE CONCRETO		m2		1.0500	19.57	20.55
							89.94

Partida	02.01.02.01	CONSERVACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD					
Rendimiento	m/DIA	MO. 40.0000	EQ. 40.0000			Costo unitario directo por : m	76.90
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.4000	28.39	11.36
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.8000	20.22	16.18
							27.54
	Materiales						
0230340006	MICROESFERAS DE VIDRIO		kg		0.4270	5.40	2.31
0239050000	AGUA		m3		0.0600	3.50	0.21
0254450100	PINTURA PARA TRAFICO ESTÁNDAR		gln		0.2530	87.00	22.01
							24.53
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	27.54	0.83
0348130051	CAMION BARANDA 3 TON.		hm	0.5000	0.1000	150.00	15.00
0348550002	MAQUINA PARA PINTURA DE TRAFICO		hm	1.0000	0.2000	45.00	9.00
							24.83

Partida	02.01.02.02	LIMPIEZA DE SEÑALES VERTICALES					
Rendimiento	und/DIA	MO. 78.0000	EQ. 78.0000			Costo unitario directo por : und	14.54
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.4103	20.22	8.30
							8.30
	Materiales						
0239020046	DETERGENTE		kg		0.0500	9.00	0.45
0239050000	AGUA		m3		0.0080	3.50	0.03
0239060024	WAYPE INDUSTRIAL		kg		0.0600	25.00	1.50
							1.98
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	8.30	0.42
0348130051	CAMION BARANDA 3 TON.		hm	0.2500	0.0256	150.00	3.84
							4.26

Partida	02.02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000			Costo unitario directo por : glb	2,482.13
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147000025	OPERADOR DE MAQUINARIA-EQUIPO		hh	2.0000	16.0000	24.00	384.00
0147010004	PEON		hh	1.0000	8.0000	20.22	161.76
							545.76
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	545.76	16.37
0348040037	CAMION PLATAFORMA 6x2 178-210 HP 12 TON.		hm	1.0000	8.0000	240.00	1,920.00
							1,936.37

Partida	02.02.01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACIÓN					
Rendimiento	KM/DIA	MO. 1.5000	EQ. 1.5000			Costo unitario directo por : KM	1,521.13
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147000032	TOPOGRAFO		hh	1.0000	5.3333	20.86	111.25
0147010004	PEON		hh	10.0000	53.3333	20.22	1,078.40
							1,189.65
	Materiales						
0230550005	NIVEL		hm		10.6670	10.00	106.67
0230550011	TEODOLITO		hm		10.6667	15.50	165.33
							272.00
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	1,189.65	59.48
							59.48

Partida	02.02.02.01	RESELLADO DE JUNTAS EN CALZADA Y BERMAS					
Rendimiento	m/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000			Costo unitario directo por : m	25.26
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0800	28.39	2.27
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.3200	20.22	6.47
							8.74
	Materiales						
0229010104	SIKAFLEX 11C GRIS HORMIGON 300 ML		und		0.1210	17.00	2.06
0261010026	BAKER ROD (MATERIAL DE RESPALDO BAKER ROD (MATERIAL DE RESPALDO)		m		1.0500	1.31	1.38
							3.44
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	8.74	0.44
0348130051	CAMION BARANDA 3 TON.		hm	1.0000	0.0800	150.00	12.00
0349020094	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP		hm	0.1000	0.0080	79.50	0.64
							13.08

Partida	02.02.02.02	REEMPLAZO DE LOSAS EN CALZADA Y BERMAS					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000			Costo unitario directo por : m2	277.53
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	1.0000	28.39	28.39
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	1.0000	22.33	22.33
0147010004	PEON		hh	8.0000	4.0000	20.22	80.88
							131.60
	Materiales						
0202970009	ACERO CORRUGADO 1/2"		kg		1.5101	4.21	6.36
0205030075	MATERIAL GRANULAR		m3		0.2100	60.00	12.60
							18.96
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	131.60	3.95
							3.95
	Subpartidas						
900305030105	CONCRETO CONVENCIONAL F'C=210 KG/CM2		m2		1.0500	66.09	69.39
900305080203	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		m2		1.0500	32.44	34.06
900508010101	DEMOLICION ESTRUCTURA DE CONCRETO		m2		1.0000	19.57	19.57
							123.02

Partida	02.02.03.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000			Costo unitario directo por : m2	17.85
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	28.39	0.76
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.1067	20.22	2.16
							2.92
	Materiales						
0230240000	DISOLVENTE		gln		0.0096	30.00	0.29
0230340006	MICROESFERAS DE VIDRIO		kg		0.3500	5.40	1.89
0254450002	PINTURA PARA TRAFICO BLANCA		gln		0.1200	95.00	11.40
							13.58
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2.92	0.15
0348550002	MAQUINA PARA PINTURA DE TRAFICO		hm	1.0000	0.0267	45.00	1.20
							1.35

Partida	02.02.04.01	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000			Costo unitario directo por : glb	4,000.00
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Subcontratos						
0406010032	SERVICIO DE PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL		glb		1.0000	4,000.00	4,000.00
							4,000.00

Partida	02.02.04.02	PROGRAMA DE ABANDONO O CIERRE					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000			Costo unitario directo por : glb	5,500.00
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Subcontratos						
0406010033	SERVICIO DE PROGRAMA DE ABANDONO O CIERRE		glb		1.0000	5,500.00	5,500.00
							5,500.00

Los cambios que se realizaron en los presupuestos se basaron en modificaciones y/o incorporaciones de nuevas partidas, asimismo, a modificaciones en cantidades de algunas partidas correspondiente a fisuras y grietas.

5.6.2.1 Concreto convencional

En base a los APU's mencionados anteriormente, se tiene un presupuesto de S/. 2,936.11 (sin IGV, ni utilidad ni gastos generales) para conservación rutinaria por año; mientras, para la conservación periódica, se tiene un presupuesto de S/. 75,331.27 (sin IGV, ni utilidad ni gastos generales) por cada 4 años, como se detalla en la figura 109. Cabe precisar que la longitud de nuestro pavimento a conservar es de 197.63 metros lineales.

Figura 111. Presupuesto para conservación – pavimento convencional.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
02	CONSERVACIÓN				S/78,267.38
02.01	CONSERVACIÓN RUTINARIA				S/2,936.11
02.01.01	TRABAJOS EN PLATAFORMA				S/2,404.53
02.01.01.01	LIMPIEZA GENERAL (CALZADA Y BERMAS)	m	197.63	0.11	S/21.74
02.01.01.02	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS EN CONCRETO HIDRAULICO	m	9.88	6.42	S/63.44
02.01.01.03	REPARACIÓN EN LOSAS Y BERMAS EN ESPESOR PARCIAL	m2	10.67	217.33	S/2,319.35
02.01.02	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				S/531.58
02.01.02.01	CONSERVACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD	m	5.40	76.90	S/415.26
02.01.02.02	LIMPIEZA DE SEÑALES VERTICALES	und	8.00	14.54	S/116.32
02.02	CONSERVACIÓN PERIÓDICA				S/75,331.27
02.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/2,782.75
02.02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	2,482.13	S/2,482.13
02.02.01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACIÓN	KM	0.20	1,521.13	S/300.62
02.02.02	TRABAJOS EN PLATAFORMA				S/63,048.52
02.02.02.01	RESELLADO DE JUNTAS EN CALZADA Y BERMAS	m	59.29	25.26	S/1,497.64
02.02.02.02	REEMPLAZO DE LOSAS EN CALZADA Y BERMAS	m2	320.16	192.25	S/61,550.88
02.02.03	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				S/0.00
02.02.03.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	106.72	17.85	S/0.00
02.02.04	PROTECCIÓN AMBIENTAL				S/9,500.00
02.02.04.01	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	4,000.00	S/4,000.00
02.02.04.02	PROGRAMA DE ABANDONO O CIERRE	glb	1.00	5,500.00	S/5,500.00

5.6.2.2 Concreto permeable

Se realizaron dos presupuestos, tanto para pavimento permeable sin arena y con arena. Se tomaron en cuenta los APU's descritos para conservación, sin embargo, para el concreto permeable se consideró una partida adicional "Barrido y aspirado en losa", la cual se aprecia en la figura 110.

Figura 112. APU Barrido y aspirado en losa.

Partida	02.01.01.04	BARRIDO Y ASPIRADO EN LOSA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 16,000.0000	EQ. 16,000.0000			Costo unitario directo por : m2	0.76
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0005	20.22	0.01
							0.01
	Equipos						
0312700093	BARREDORA Crosswind1		hm	1.0000	0.0005	1,500.00	0.75
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.01	
							0.75

5.6.2.2.1 Concreto permeable sin arena

Se tuvo en cuenta la modificación de algunas partidas debido al uso del concreto en mención, el cual tendrá un precio unitario diferente al convencional por las proporciones que presenta. Estas partidas se aprecian en la figura 111.

Figura 113. APU's modificados – conservación concreto permeable sin arena.

Partida	02.01.01.03	REPARACIÓN EN LOSAS Y BERMAS PERMEABLES SIN ARENA EN ESPESOR PARCIAL					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000			Costo unitario directo por : m2	221.30
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	28.39	22.71
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	22.33	17.86
0147010004	PEON		hh	2.0000	1.6000	20.22	32.35
							72.92
	Materiales						
0254060031	PUENTE DE ADHERENCIA		m2		1.0000	50.82	50.82
							50.82
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	72.92	3.65
							3.65
	Subpartidas						
900304020111	CONCRETO SIN ARENA F'C=210 KG/CM2, E=20cm		m2		1.0500	69.87	73.36
900508010101	DEMOLICION ESTRUCTURA DE CONCRETO		m2		1.0500	19.57	20.55
							93.91

Partida	02.02.02.02	REEMPLAZO DE LOSAS EN CALZADA Y BERMAS PERMEABLE SIN ARENA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000			Costo unitario directo por : m2	281.50
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	1.0000	28.39	28.39
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	1.0000	22.33	22.33
0147010004	PEON		hh	8.0000	4.0000	20.22	80.88
							131.60
	Materiales						
0202970009	ACERO CORRUGADO 1/2"		kg		1.5101	4.21	6.36
0205030075	MATERIAL GRANULAR		m3		0.2100	60.00	12.60
							18.96
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	131.60	3.95
							3.95
	Subpartidas						
900304020111	CONCRETO SIN ARENA F'C=210 KG/CM2, E=20cm		m2		1.0500	69.87	73.36
900305080203	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		m2		1.0500	32.44	34.06
900508010101	DEMOLICION ESTRUCTURA DE CONCRETO		m2		1.0000	19.57	19.57
							126.99

En base a lo mencionado anteriormente y a los criterios de conservación para un pavimento permeable mencionados anteriormente, se tiene un presupuesto de S/. 2,576.97 (sin IGV, ni utilidad ni gastos generales) para conservación rutinaria por año; mientras, para la

conservación periódica, se tiene un presupuesto de S/. 52,239.09 (sin IGV, ni utilidad ni gastos generales) por cada 4 años, como se detalla en la figura 112.

Figura 114. Presupuesto para conservación – pavimento permeable sin arena.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
02	CONSERVACIÓN				S/54,816.06
02.01	CONSERVACIÓN RUTINARIA				S/2,576.97
02.01.01	TRABAJOS EN PLATAFORMA				S/2,045.39
02.01.01.0	LIMPIEZA GENERAL (CALZADA Y BERMAS)	m	197.63	0.11	S/21.74
02.01.01.0	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS EN CONCRETO HIDRAULICO	m	4.94	6.42	S/31.72
02.01.01.0	REPARACIÓN EN LOSAS Y BERMAS PERMEABLES SIN ARENA EN ESPESOR PARC	m2	5.34	221.30	S/1,180.86
02.01.01.0	BARRIDO Y ASPIRADO EN LOSA	m2	1,067.20	0.76	S/811.07
02.01.02	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				S/531.58
02.01.02.0	CONSERVACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD	m	5.40	76.90	S/415.26
02.01.02.0	LIMPIEZA DE SEÑALES VERTICALES	und	8.00	14.54	S/116.32
02.02	CONSERVACIÓN PERIÓDICA				S/52,239.09
02.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/2,782.75
02.02.01.0	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	2,482.13	S/2,482.13
02.02.01.0	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACIÓN	KM	0.20	1,521.13	S/300.62
02.02.02	TRABAJOS EN PLATAFORMA				S/38,051.38
02.02.02.0	RESELLADO DE JUNTAS EN CALZADA Y BERMAS	m	19.76	25.26	S/499.21
02.02.02.0	REEMPLAZO DE LOSAS EN CALZADA Y BERMAS PERMEABLE SIN ARENA	m2	133.40	281.50	S/37,552.17
02.02.03	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				S/1,904.96
02.02.03.0	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	106.72	17.85	S/1,904.96
02.02.04	PROTECCIÓN AMBIENTAL				S/9,500.00
02.02.04.0	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	4,000.00	S/4,000.00
02.02.04.0	PROGRAMA DE ABANDONO O CIERRE	glb	1.00	5,500.00	S/5,500.00

5.6.2.2.2 Concreto permeable con arena

Se tuvo en cuenta la modificación de algunas partidas debido al uso del concreto en mención, el cual tendrá un precio unitario diferente al convencional por las proporciones que presenta. Estas partidas se aprecian en la figura 113.

Figura 115. APU's modificados – conservación concreto permeable con arena.

Partida	02.01.01.03	REPARACIÓN EN LOSAS Y BERMAS PERMEABLES EN ESPESOR PARCIAL				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000		Costo unitario directo por : m2	219.75
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	28.39	22.71
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.8000	22.33	17.86
0147010004	PEON		hh	2.0000	1.6000	20.22	32.35
							72.92
	Materiales						
0254060031	PUENTE DE ADHERENCIA		m2		1.0000	50.82	50.82
							50.82
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	72.92	3.65
							3.65
	Subpartidas						
900508010101	DEMOLICION ESTRUCTURA DE CONCRETO		m2		1.0500	19.57	20.55
900510010612	CONCRETO CON ARENA F'C=210 KG/CM2		m2		1.0500	68.39	71.81
							92.36

Partida	02.02.02.02	REEMPLAZO DE LOSAS EN CALZADA Y BERMAS PERMEABLE				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000		Costo unitario directo por : m2	279.95
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	1.0000	28.39	28.39
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	1.0000	22.33	22.33
0147010004	PEON		hh	8.0000	4.0000	20.22	80.88
							131.60
	Materiales						
0202970009	ACERO CORRUGADO 1/2"		kg		1.5101	4.21	6.36
0205030075	MATERIAL GRANULAR		m3		0.2100	60.00	12.60
							18.96
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	131.60	3.95
							3.95
	Subpartidas						
900305080203	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		m2		1.0500	32.44	34.06
900508010101	DEMOLICION ESTRUCTURA DE CONCRETO		m2		1.0000	19.57	19.57
900510010612	CONCRETO CON ARENA F'C=210 KG/CM2		m2		1.0500	68.39	71.81
							125.44

En base a lo mencionado anteriormente y a los criterios de conservación para un pavimento permeable mencionados anteriormente, se tiene un presupuesto de S/. 2,037.12 (sin IGV, ni utilidad ni gastos generales) para conservación rutinaria por año; mientras, para la conservación periódica, se tiene un presupuesto de S/. 52,032.32 (sin IGV, ni utilidad ni gastos generales) por cada 4 años, como se detalla en la figura 114.

Figura 116. Presupuesto para conservación – pavimento permeable con arena.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
02	CONSERVACIÓN				S/54,601.02
02.01	CONSERVACIÓN RUTINARIA				S/2,568.70
02.01.01	TRABAJOS EN PLATAFORMA				S/2,037.12
02.01.01.0	LIMPIEZA GENERAL (CALZADA Y BERMAS)	m	197.63	0.11	S/21.74
02.01.01.0	SELLADO DE FISURAS Y GRIETAS EN CONCRETO HIDRAULICO	m	4.94	6.42	S/31.72
02.01.01.0	REPARACIÓN EN LOSAS Y BERMAS PERMEABLES EN ESPESOR PARCIAL	m2	5.34	219.75	S/1,172.59
02.01.01.0	BARRIDO Y ASPIRADO EN LOSA	m2	1,067.20	0.76	S/811.07
02.01.02	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				S/531.58
02.01.02.0	CONSERVACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD	m	5.40	76.90	S/415.26
02.01.02.0	LIMPIEZA DE SEÑALES VERTICALES	und	8.00	14.54	S/116.32
02.02	CONSERVACIÓN PERIÓDICA				S/52,032.32
02.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				S/2,782.75
02.02.01.0	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	2,482.13	S/2,482.13
02.02.01.0	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACIÓN	KM	0.20	1,521.13	S/300.62
02.02.02	TRABAJOS EN PLATAFORMA				S/37,844.61
02.02.02.0	RESELLADO DE JUNTAS EN CALZADA Y BERMAS	m	19.76	25.26	S/499.21
02.02.02.0	REEMPLAZO DE LOSAS EN CALZADA Y BERMAS PERMEABLE	m2	133.40	279.95	S/37,345.40
02.02.03	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				S/1,904.96
02.02.03.0	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	106.72	17.85	S/1,904.96
02.02.04	PROTECCIÓN AMBIENTAL				S/9,500.00
02.02.04.0	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	4,000.00	S/4,000.00
02.02.04.0	PROGRAMA DE ABANDONO O CIERRE	glb	1.00	5,500.00	S/5,500.00

6. DISCUSIÓN

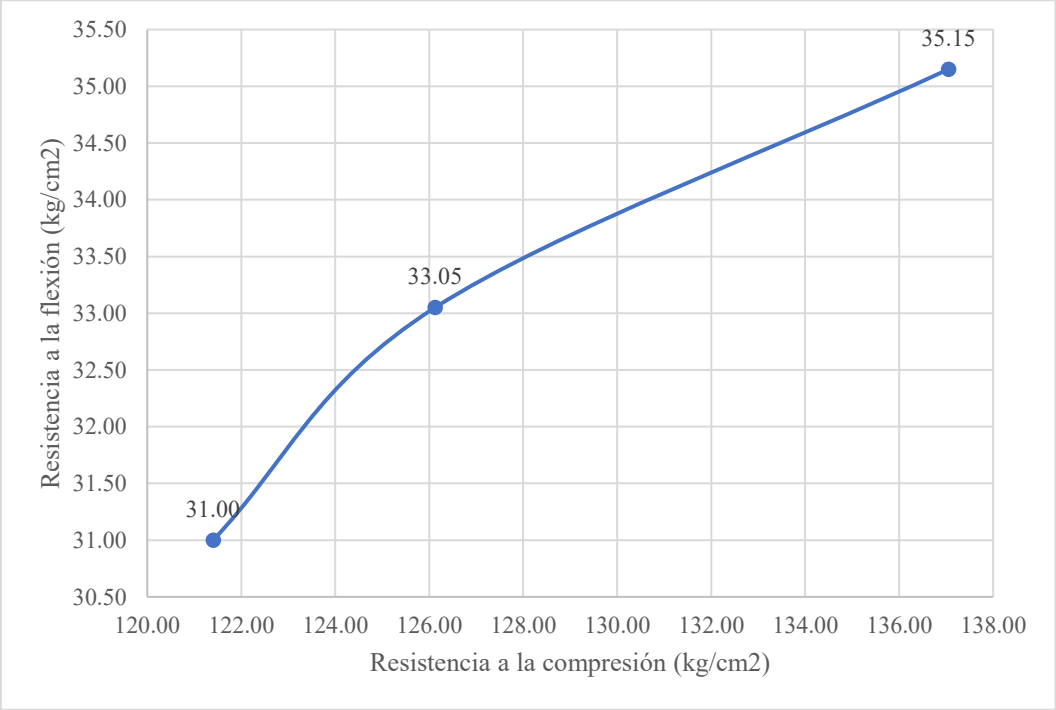
6.1 Resistencia a la compresión vs resistencia a la flexión vs plastificante vs pasta

Se tiene la tabla 102, donde se muestra los resultados de resistencia a la compresión y la flexión, de las cuales se puede visualizar que se encuentran relacionados directamente proporcional, es decir, mientras va aumentando la resistencia a la flexión, la resistencia a la compresión tiende a subir, teniendo como una resistencia a la flexión máxima de 35.15 kg/cm^2 con una resistencia a la compresión de 137.05 kg/cm^2. Asimismo, vemos que el porcentaje de relación entre la resistencia a la flexión y a la compresión es constante entre un 25% a 26% aproximadamente.

Tabla 104. Resistencia a la flexión y resistencia a la flexión.

Dosificación	**D1**	**D2**	**D3**
Resistencia a la flexión (kg/cm^2)	31.00	33.05	35.15
%Plastificante	*0.00%*	*0.50%*	*1.00%*
%Pasta	*20%*	*20%*	*20%*
Porcentaje de relación	*25.54%*	*26.20%*	*25.65%*
Resistencia a la compresión (kg/cm^2)	121.40	126.13	137.05

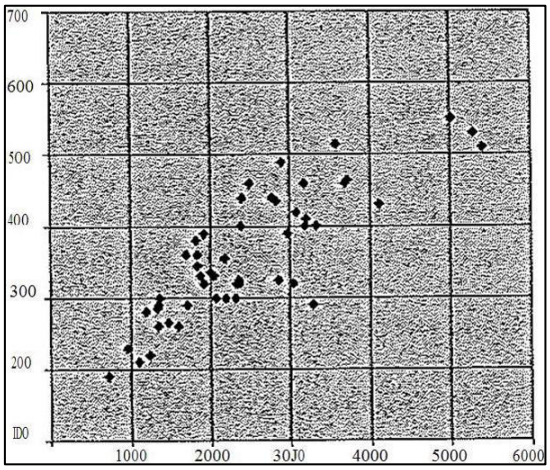
Figura 117. Resistencia a la compresión versus Resistencia a la flexión.



De la tabla 102 visualizamos que los porcentajes de plastificante en la dosificación D1, D2 y D3 son diferentes, manteniendo las mismas proporciones en su diseño de mezcla, los cuales fueron detallados anteriormente. A pesar de ello, apreciamos que se tuvieron resistencias a la compresión diferentes, teniendo un resultado mayor si el porcentaje de plastificante es alto. Esto se puede apreciar mejor en la figura 115.

Asimismo, la norma ACI 522R nos da una relación directamente proporcional entre la resistencia a la flexión y a la compresión, la cual se puede visualizar en la figura 116:

Figura 118. Resistencia a la compresión versus Resistencia a la flexión – ACI 522R.



Nota: ACI 522R.

En los ensayos hemos podido visualizar que la porosidad afecta al concreto permeable más en la resistencia a la compresión que a la flexión. Esto es debido a que, en el ensayo de flexión o módulo de rotura, la falla se produce en la interfaz de la pasta, pero la carga se distribuye eficientemente a través de la "red de contacto" rígida del agregado grueso. La fractura por tracción es menos dependiente de la pasta de la mezcla que la falla por compresión, lo que resulta en un módulo de rotura elevado.

Caso contrario ocurre con la resistencia a la compresión, la cual está relacionada más con cargas concentradas y la fractura se debe principalmente a la falla en la pasta de la mezcla.

Es por esa razón, que el aumento de pasta en la mezcla beneficiará más a la resistencia a la compresión que a la flexión o módulo de rotura.

6.2 Resistencia a la compresión vs porcentaje de vacíos

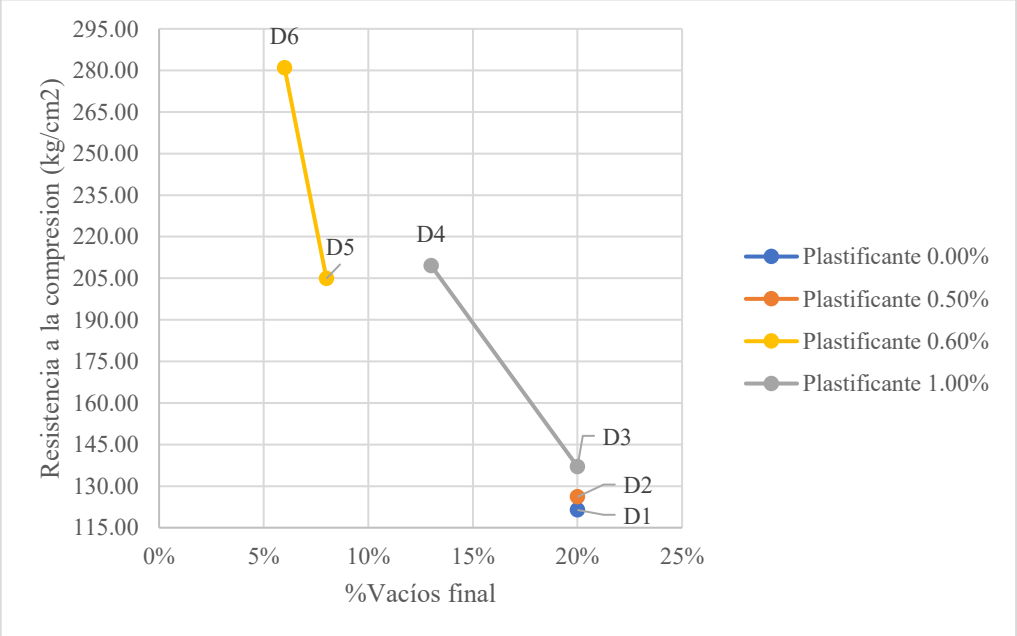
Tenemos en la tabla 103 que la resistencia a la compresión de la dosificación D1 resultó 121.40 kg/cm^2, teniendo un porcentaje de vacíos en la mezcla del 20% con un 0.00% de plastificante. Por otro lado se tiene que la dosificación D6, presentó una resistencia a la compresión de 280.88% con un porcentaje de vacíos del 6% con un 0.60% de plastificante.

Tabla 105. Resistencia a la compresión versus el porcentaje de vacíos

Dosificación	D1	D2	D3	D4	D5	D6
%de vacíos final	20%	20%	20%	13%	8%	6%
%Plastificante	0.00%	0.50%	1.00%	1.00%	0.60%	0.60%
F'c (kg/cm^2)	121.40	126.13	137.05	209.60	204.91	280.88

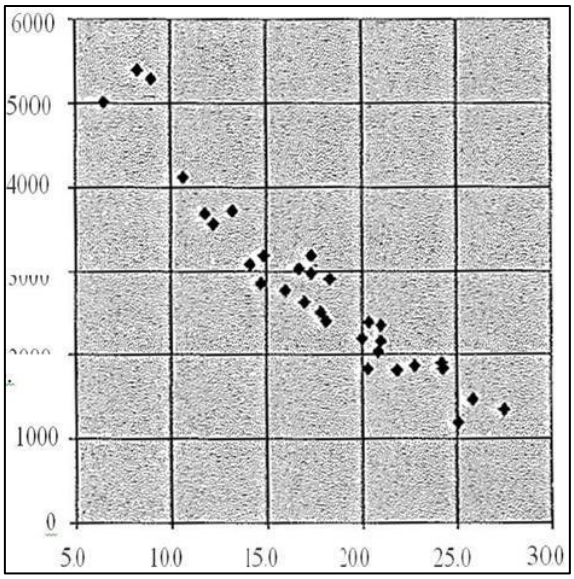
En base a la tabla 103, podemos apreciar que la resistencia a la compresión que va entre 120 kg/cm^2 a 280 kg/cm^2 presenta un rango de porcentaje de vacíos entre 20% a 6%, respectivamente.

Figura 119. Resistencia a la compresión versus el porcentaje de vacíos.



En la figura 117 se puede apreciar que las dosificaciones (D6 y D5) que presentaron porcentaje de vacíos entre 5% a 6%, tuvieron una resistencia a la compresión entre 205 kg/cm^2 a 280 kg/cm^2. Asimismo, podemos visualizar que la resistencia de compresión de la dosificación D5 y D4 son similares, con diferencias en: el porcentaje de vacíos, porcentaje de plastificante y la dosificación ya que la D5 incluye arena en su proporción y la D4, no. Además, se aprecia que las dosificaciones D1, D2 y D3 presentan el mismo porcentaje de vacíos del 20% con diferencias en el porcentaje de plastificante (0%, 0.5% y 1% respectivamente), los cuales dieron resultados diferentes en las resistencias a la compresión.

Figura 120. Porcentaje de vacíos versus resistencia a la compresión (psi).



Nota: ACI 522R.

De la figura 118, la norma ACI 522R nos menciona que para un porcentaje de vacíos entre 5% a 10%, se debería tener una resistencia a la compresión entre 4000 a 5000 psi, esto quiere decir entre 270 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2. Asimismo, se visualiza que para porcentajes de vacío entre 15% a 20%, se debería tener una resistencia a la compresión entre 2000 a 3000 psi, es decir, entre 140 kg/cm^2 a 210 kg/cm^2. Estos rangos se asemejan a nuestros resultados obtenidos en la presente investigación.

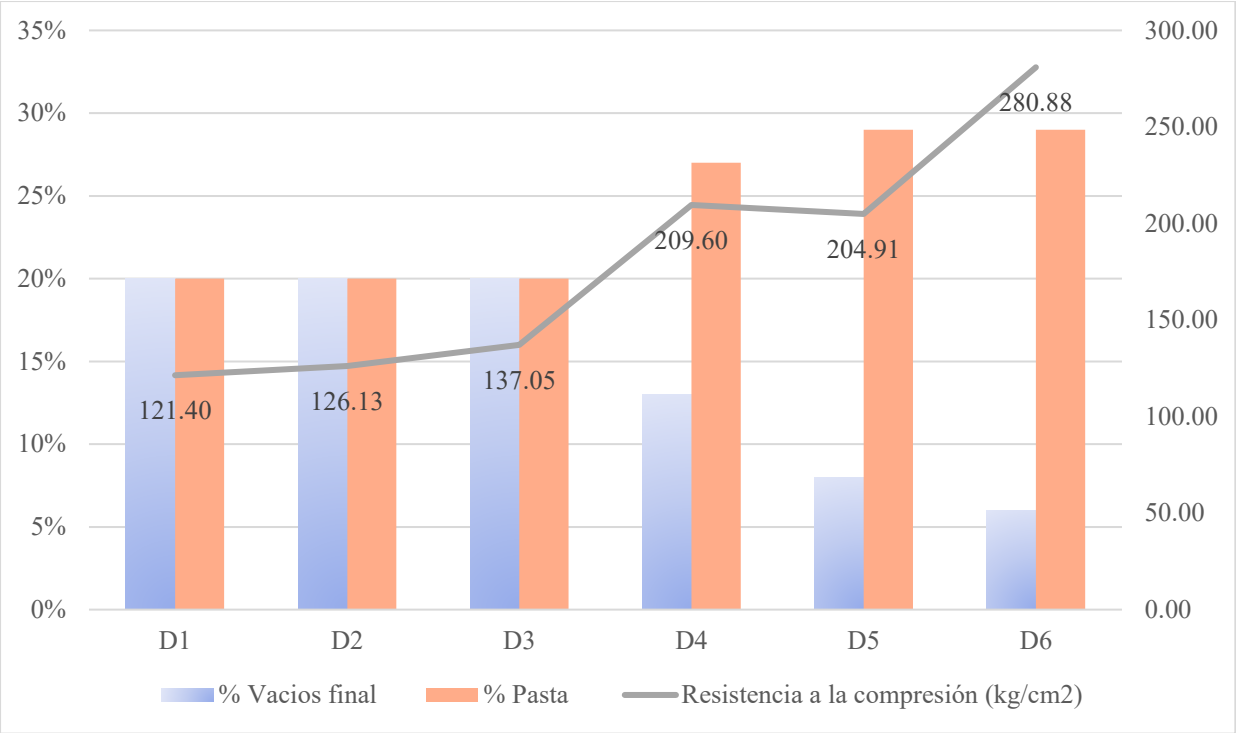
Asimismo, se tiene la tabla 104, donde se aprecia el porcentaje pasta, el porcentaje de vacíos y la resistencia a la compresión.

Tabla 106. Resistencia a la compresión versus el porcentaje de vacíos y pasta.

Dosificación	D1	D2	D3	D4	D5	D6
%de vacíos final	20%	20%	20%	13%	8%	6%
%Pasta	20%	20%	20%	27%	29%	29%
F'c (kg/cm2)	121.40	126.13	137.05	209.60	204.91	280.88

En la tabla 66 se aprecia que las dosificaciones con porcentaje de vacíos de 20% presentan un 20% de pasta, mientras que las dosificaciones con porcentaje de vacíos entre 13% a 6% presentan un porcentaje de pasta entre 27% a 29%.

Figura 121. Resistencia a la compresión vs % vacíos final vs % pasta.



En la figura 119 se puede apreciar que mientras el porcentaje de vacíos disminuye, la resistencia a la compresión aumenta, sin embargo, esto no sería posible sin que el porcentaje de pasta también aumente. Visualizamos que las dosificaciones D1, D2 y D3 presentan un

porcentaje de pasta del 20% y cuentan con una resistencia a la compresión entre 120 a 140 kg/cm^2, mientras que las dosificaciones D4, D5 y D6 presentan un porcentaje de pasta entre el 14% al 6% y cuentan con resistencias a la compresión entre 209 a 280 kg/cm^2.

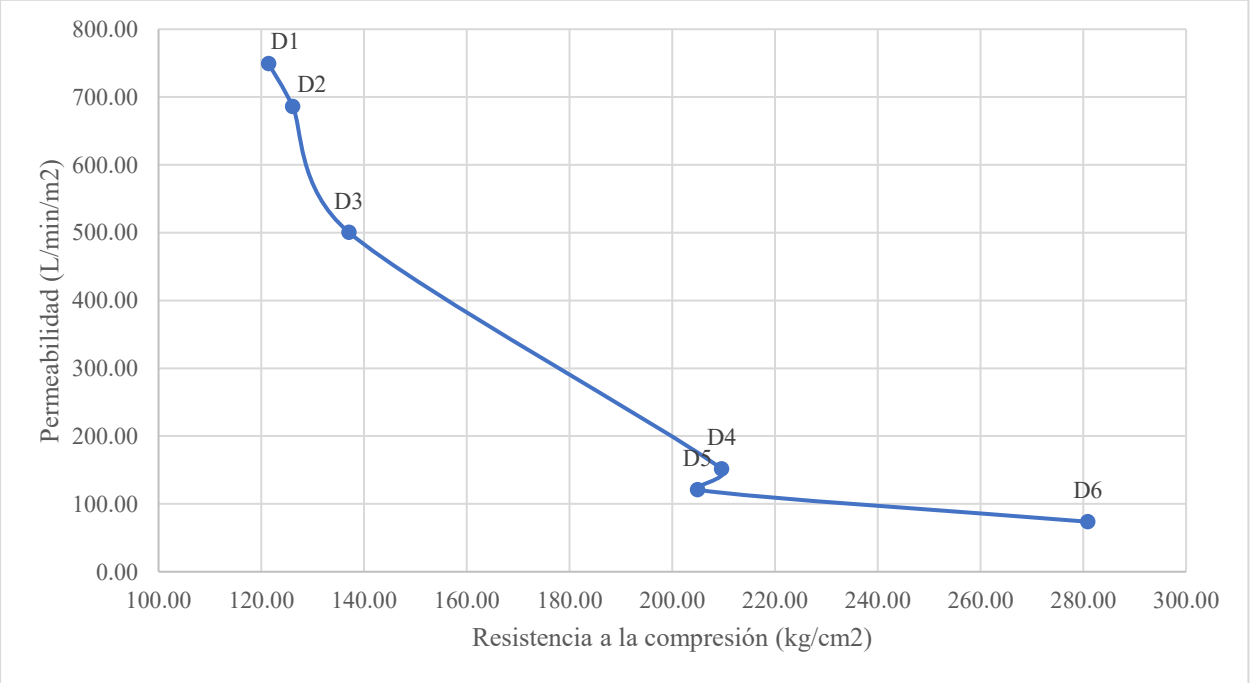
6.3 Resistencia a la compresión vs permeabilidad

Tenemos los resultados de resistencia a la compresión y la permeabilidad de las 6 dosificaciones en la tabla 105:

Tabla 107. Resistencia a la compresión versus permeabilidad.

Dosificación	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Permeabilidad (L/min/m2)	749.39	685.71	500.44	151.732	120.84	73.75
F'c (kg/cm2)	121.40	126.13	137.05	209.6	204.91	280.88

Figura 122. Resistencia a la compresión versus permeabilidad.



De la tabla 105 y de la figura 120 se aprecia que las dosificaciones que presentan una resistencia a la compresión entre 120 kg/cm^2 y 140 kg/cm^2 (D1, D2 y D3) tienen una

permeabilidad entre 500 a 800 L/min/m^2; mientras que las dosificaciones que presentan una resistencia a la compresión entre 200 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 (D4, D5 y D6), tienen una permeabilidad entre 180 a 70 L/min/m^2. Cabe precisar que las dosificaciones D4 y D5 presentan una resistencia a la compresión similar, sin embargo, tienen diferente permeabilidad y esto es debido a que la dosificación D4 presenta no presenta arena en su mezcla, mientras que la dosificación D5, sí; por lo que vemos que la arena gruesa o agregado fino tiene un factor importante en el porcentaje de vacíos y poros, ergo, influye en la permeabilidad del concreto. Del mismo modo, la dosificación D6, presenta una resistencia a la compresión de 280.88 kg/cm2; sin embargo, presenta una baja permeabilidad, mostrándonos que la permeabilidad disminuye conforme aumenta tanto el porcentaje de agregado fino como la resistencia a la compresión.

Asimismo, la norma ACI 522R nos brinda un rango de permeabilidad para que un concreto se considere permeable, el cual se encuentra entre 81 a 730 L/min/m^2. Podemos apreciar que nuestra permeabilidad de las dosificaciones D2, D3, D4 y D5 se encuentra dentro de ese rango, mientras que las dosificaciones D1 y D6, no; cabe mencionar, que dichas dosificaciones presentan una resistencia a la compresión de 121.40 kg/cm^2 y 280.88 kg/cm^2, respectivamente. Esto nos indica que mientras menos resistencia a la compresión presente un concreto, la permeabilidad será mayor. Sin embargo, para el caso de nuestra investigación, esto no tendría efecto ya que vemos que para un concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 aproximadamente, presenta una permeabilidad entre 150 a 200 L/min/m^2, lo cual se encuentra en el rango que nos brinda la norma “ACI 522R”.

6.4 Porcentaje de vacíos vs permeabilidad

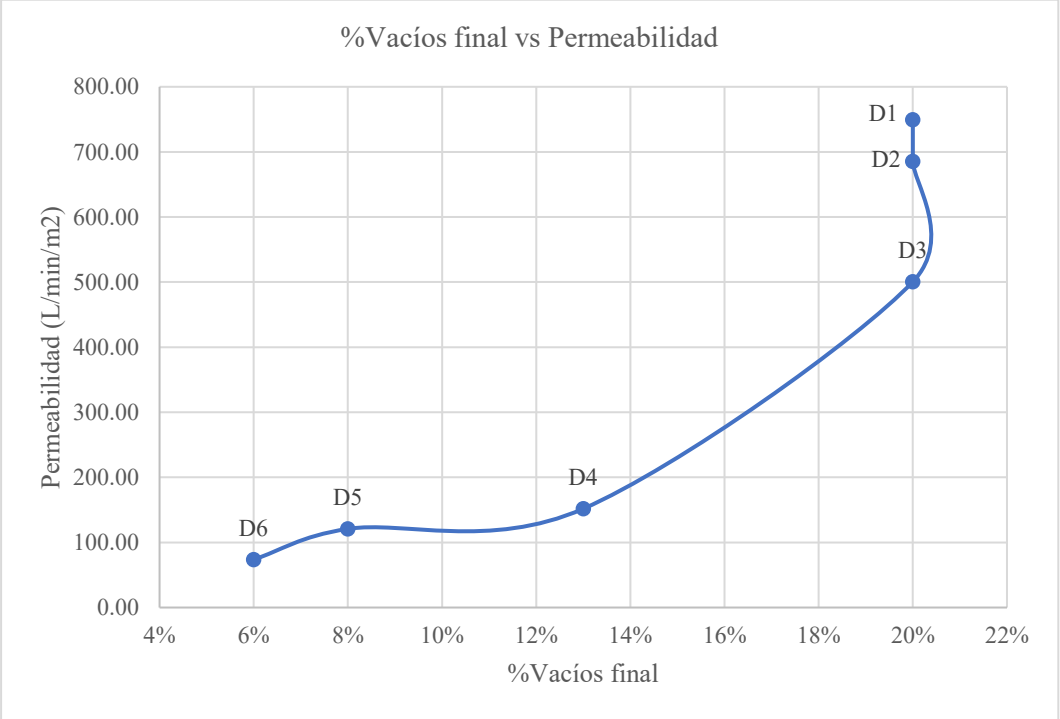
Tenemos los porcentajes de vacíos y los resultados de permeabilidad, de todas las dosificaciones realizadas, en la tabla 106:

Tabla 108. Porcentaje de vacíos versus permeabilidad (L/min/m^2).

Dosificación	D1	D2	D3	D4	D5	D6
%vacíos final	20%	20%	20%	13%	8%	6%
%Plastificante	0.00%	0.50%	1.00%	1.00%	0.60%	0.60%
Permeabilidad (L/min/m2)	749.39	685.71	500.44	151.732	120.84	73.75

En la tabla 106 se puede apreciar que las dosificaciones D1, D2 y D3 presentan un 20% de vacíos y tienen una permeabilidad entre 750 a 500 L/min/m^2, donde el factor principal que hace variar la permeabilidad es el porcentaje de plastificante. Asimismo, se visualiza que las dosificaciones D4, D5 y D6 presentan un porcentaje de vacíos entre 13% a 6% y tienen una permeabilidad entre 150 a 70 L/min/m^2 aproximadamente.

Figura 123. Porcentaje de vacíos versus permeabilidad (L/min/m^2).



Asimismo, en la figura 121 se puede apreciar el comportamiento entre el porcentaje de vacíos y la permeabilidad, visualizando que mientras menos sea el porcentaje de vacíos, la permeabilidad tenderá a disminuir. Esto no quiere decir que tendrá un comportamiento lineal ya que la permeabilidad no solo dependerá del porcentaje de vacíos, si no, también de la

resistencia a la compresión y flexión a la cual llegue y ello se definirá en las proporciones de su dosificación.

6.5 Análisis costo – efectividad

Como se pudo detallar en los resultados, el costo de construcción y conservación tanto para un pavimento convencional, pavimento permeable sin arena y pavimento permeable con arena son diferentes debido a los siguientes criterios:

- El precio unitario de algunas partidas cambia debido a la diferencia que presenta la subpartida de "concreto hidráulico" ya que cada pavimento presenta su propia dosificación, generando diferentes APU's.

Tabla 109. Diferencia de precios unitarios en las mismas partidas.

Partidas	Precios unitarios (soles/m2)		
	Convencional	Permeable sin arena	Permeable con arena
Construcción			
Concreto hidráulico	66.09	69.87	68.39
Conservación			
Reparación en losas y bermas en espesor parcial	217.33	221.30	219.75
Reemplazo de losas en calzadas y bermas	192.25	281.5	279.95

Como se puede visualizar en la tabla 107, vemos que el costo unitario del concreto de un pavimento permeable es de 69 soles/m^2 aproximadamente, mientras que el de un pavimento convencional es de 66 soles/m^2 aproximadamente, asimismo, el costo unitario de las partidas que usen concreto serán diferentes. Por ejemplo, la partida "reparación en losas y bermas en espesor parcial" para un pavimento permeable tendrá un mayor costo que un pavimento convencional como se muestra en la tabla 107

- Se incorporaron y se eliminaron partidas debido al proceso constructivo que presenta un pavimento convencional y uno permeable, ya que un pavimento

convencional contendrá cunetas detalladas en el capítulo apartado de resultados, sin embargo, nuestro pavimento permeable no tendrá cunetas, pero sí contará con un geodrén francés, el cual estará costeado en las partidas adicionadas. Dichas partidas modificadas se visualizan en la tabla 108.

Tabla 110. Partidas adicionadas y/o eliminadas.

Partidas adicionadas/ eliminadas	Precios unitarios (soles/m2)		
	Convencional	Permeable sin arena	Permeable con arena
Construcción			
Movimiento de tierras hasta subrasante (cunetas)	Incluido	No incluido	No incluido
Obras de concreto (cunetas)	Incluido	No incluido	No incluido
Geomembrana	No incluido	Incluido	Incluido
Subdrén francés	No incluido	Incluido	Incluido
Geotextil	No incluido	Incluido	Incluido
Capa de material filtrante	No incluido	Incluido	Incluido
Conservación			
Barrido y aspirado en losa	No incluido	Incluido	Incluido

- El metrado en la conservación disminuye en los pavimentos permeables, ya que como se indicó anteriormente, un pavimento permeable requerirá menor conservación o mantenimiento debido a su buen comportamiento ante los cambios de temperatura, asimismo, este pavimento no tendrá gran desgaste debido al tipo de tráfico aplicado, el cual es un tipo de bajo tránsito.

En base a los resultados de los costos de construcción y conservación presentados en el capítulo de resultados, se elaboró un flujo económico, considerando un periodo de diseño de 20 años, mostrado en la tabla 109.

Tabla 111. Flujo económico de los tres sistemas de pavimentos.

SISTEMA CONVENCIONAL

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Construcción	S/987,457																				
Cons. rutinaria		S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944	S/3,944
Cons. periódica					S/93,335				S/93,335				S/93,335				S/93,335				S/93,335

CTP = S/1,526,891
Construcción: S/987,457
Conservación: S/539,434

SISTEMA PAVIMENTO PERMEABLE SIN ARENA

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Construcción	S/997,413																				
Cons. rutinaria		S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193	S/3,193
Cons. periódica					S/64,724				S/64,724				S/64,724				S/64,724				S/64,724

CTP = S/1,384,891
Construcción: S/997,413
Conservación: S/387,479

SISTEMA PAVIMENTO PERMEABLE CON ARENA

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Construcción	S/995,268																				
Cons. rutinaria		S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183	S/3,183
Cons. periódica					S/64,468				S/64,468				S/64,468				S/64,468				S/64,468

CTP = S/1,381,261
Construcción: S/995,268
Conservación: S/385,993

Tabla 112. Resumen – costos de los tres sistemas de pavimento.

	Pavimento convencional	Pavimento permeable sin arena	Pavimento permeable con arena
CTP	S/1,526,890.79	S/1,384,891.49	S/1,381,260.67
Construcción	S/987,456.82	S/997,412.97	S/995,268.04
Conservación	S/539,433.97	S/387,478.52	S/385,992.62

Como se puede visualizar en la tabla 110, vemos que a pesar de que el costo de construcción de un pavimento permeable sea mayor a uno convencional, visualizamos que conforme pasa el tiempo, ya en la etapa de operación y mantenimiento, el costo total del proyecto (CTP) de un pavimento permeable, el cual es la suma de la inversión más la conservación, resulta menor que un pavimento de sistema convencional, por lo que sería más beneficioso la construcción de un pavimento permeable si lo miramos como una inversión a largo plazo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- La dosificación del pavimento permeable con aditivo plastificante influye directa y crucialmente en las condiciones hidráulicas de las vías urbanas al determinar su permeabilidad y su porcentaje de vacíos, ya que, en nuestra investigación las dosificaciones D1, D2, D3, D4, D5, y D6 alcanzaron una tasa de infiltración de 749.39 L/min/m^2, 685.71 L/min/m^2, 500.44 L/min/m^2, 151.73 L/min/m^2, 120.84 L/min/m^2 y 73.75 L/min/m^2 respectivamente; mientras que el porcentaje de vacíos, disminuye de manera inversamente proporcional a esta; siendo el caso que las dosificaciones D1, D2, D3, D4, D5, y D6 se diseñaron para un porcentaje de vacíos de 20%, 20%, 20%, 13%, 8% y 6% respectivamente; por lo cual podemos concluir que la tasa o caudal de infiltración, influye de manera inversa al aumento de su

porcentaje de vacíos, lo cual ocasiona una variación de las condiciones hidráulicas de la vía.

- Las propiedades físicas del pavimento permeable con aditivo plastificante influyen directamente en las condiciones hidráulicas de las vías urbanas, siendo esto evidenciado por los ensayos de las dosificaciones D1, D2, D3, D4, D5 y D6, las cuales presentaron resistencias a la compresión entre 120 kg/cm^2 a 280 kg/cm^2, teniendo resultados de permeabilidad entre 750 L/min/m^2 y 73 L/min/m^2, respectivamente; además, según las condiciones hidráulicas presentadas en el Estudio Hidrológico, se observa que se elimina la escorrentía superficial dado que el valor del caudal de infiltración del pavimento permeable es mayor al valor de la caudal máximo de escorrentía para una tasa de retorno de 20 años. Asimismo, se concluye que a medida que aumenta la resistencia a la compresión, la permeabilidad disminuye debido a que una mayor resistencia involucra menor cantidad de vacíos en su interior, lo que afecta tanto al caudal y tasa de infiltración del pavimento.

- La dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante influye directamente en el diseño geométrico del drenaje de la vía; debido a que existen principales factores de la dosificación que influyen en el diseño geométrico, tal como el porcentaje de vacíos. Las dosificaciones D1, D2, D3 presentaron un porcentaje de vacíos del 20% cada una y cuentan con una permeabilidad de 749.39 L/min/m^2, 685.71 L/min/m^2 y 500.44 L/min/m^2, respectivamente. Cabe precisar que la dosificación D1, D2 y D3 presentaron 0.00%, 0.5% y 1% de aditivo plastificante, respectivamente. Asimismo, las dosificaciones D4, D5 y D6 presentaron un porcentaje de vacíos del 13%, 8% y 6% con una permeabilidad de

151.73 L/min/m^2, 120.84 L/min/m^2 y 73.75 L/min/m^2, respectivamente. Por lo tanto, llegamos a la conclusión de que el porcentaje de vacíos en una dosificación es de suma importancia debido a que al disminuir el porcentaje de vacíos, la permeabilidad será menor, y por ende, el diseño de las cunetas cambiaría ya que si la permeabilidad del concreto permeable no es suficiente para poder filtrar toda la escorrentía superficial entonces se tendrán que considerar y diseñar las cunetas con el caudal excedente; caso contrario, si la permeabilidad es suficiente para poder filtrar toda la escorrentía superficial, entonces no sería necesario las cunetas, siempre y cuando se tenga un subsistema de drenaje como el geodrén francés, propuesto en la presente investigación.

- Las propiedades físicas del concreto permeable con aditivo plastificante influyen significativamente en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas, ya que, como se vio en el apartado de resultados, la permeabilidad de las seis dosificaciones está en el rango de 750 a 73 L/min/m^2, lo que permitió prescindir de un sistema de drenaje superficial que involucren cunetas ya que la permeabilidad mínima de 73 L/min/m^2 era suficiente para poder filtrar todo el agua de la escorrentía superficial lo que conllevó a diseñar un sistema de subdrenaje mediante el geodrén francés. Cabe precisar que dicha permeabilidad cumple con la resistencia a la compresión requerida mínima para pavimento rígido, según la CE010 “Pavimentos Urbanos”, la cual es de 210 kg/cm^2. Asimismo, hemos corroborado que la resistencia a la compresión es inversamente proporcional a la permeabilidad, es decir, mientras más resistente sea el concreto permeable (más pasta y/o más %finos y/o más %plastificante) la permeabilidad será menor.

- En conclusión, los pavimentos permeables con aditivo plastificante influyen en las vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco, debido a que: i) la permeabilidad que presenta es suficiente para filtrar la escorrentía superficial, por lo que se prescindió de las cunetas y se optó por un sistema de subdrenaje mediante el uso del subdrén francés; ii) el aditivo plastificante aumenta la resistencia a la compresión y a la flexión del pavimento permeable, sin embargo, disminuye la permeabilidad del mismo; iii) tanto un alto porcentaje de pasta (agua y cemento), como el uso del agregado fino en la dosificación del pavimento permeable, aumentan la resistencia del pavimento; sin embargo, disminuyen la permeabilidad del mismo; iv) un alto porcentaje de vacíos aumenta la permeabilidad del pavimento, sin embargo, disminuye la resistencia del mismo.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda usar un tamaño de agregado grueso promedio al que nos menciona la norma ACI 522R, de 1/2", el cual está dentro del rango de 3/8” a 3/4"; ya que si usamos un agregado de gran tamaño no se llegará a la resistencia a la compresión y flexión solicitada.

- Se recomienda tener cuidado al preparar la mezcla, realizando una correcta integración de los elementos, además de un vaciado rápido y uniforme, caso contrario, podrían existir irregularidades en la mezcla lo que conllevaría a alteraciones en la resistencia del concreto

- Se recomienda utilizar un agregado grueso con una granulometría bien gradada, esto para poder hacer más compacto el concreto, y así rellenar los vacíos entre las

partículas más grandes y manteniendo el porcentaje de vacíos, de manera que alcance la resistencia esperada.

- Se recomienda el uso de hasta un 20% de agregado fino como máximo en caso el tamaño del agregado grueso se encuentre en el límite superior de la norma ACI 522R, siendo este desde 1/2” a más, esto debido a que permite que los poros sean más pequeños, permitiendo un aumento de la resistencia y manteniendo niveles aceptables de permeabilidad.

- Se recomienda el uso del aditivo plastificante cuando se requiera una optimización de la resistencia del concreto, asimismo, este aditivo permite una mayor trabajabilidad del concreto ya que sabemos que un concreto permeable presenta baja proporción de agua – cemento (a:c).

- Se recomienda investigar y realizar ensayos del concreto permeable adicionándole fibras metálicas o sintéticas a la mezcla con la finalidad de aumentar la resistencia y ver el comportamiento con la permeabilidad y analizar el costo – beneficio de su aplicación en comparación con un concreto permeable y convencional.

- Se recomienda continuar con la investigación realizando ensayos de concreto utilizando agregado grueso de tamaño de 3/8” a 1/2" y/o confitillo (huso 69) con agregado fino para conocer sus propiedades.

- Se recomienda realizar un control y monitoreo de las fallas que presentaría un pavimento permeable en su periodo de vida útil, gestionando sus actividades de conservación rutinaria y periódica.

- Se recomienda curar el concreto permeable, después de su vaciado, con una manta de polietileno que mantenga la humedad del concreto, con el objetivo de evitar que se introduzcan partículas dentro de los poros del concreto y así dañar la funcionalidad del mismo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorós, C., & Bendezú, J. (2019). Diseño de mezcla de concreto permeable para la construcción de la superficie de rodadura de un pavimento de resistencia de 210 kg/cm2. *2019*. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626313/BENDEZU_UJ.pdf?sequence=3&isAllowed=y#page=36&zoom=100,109,412

Andrade, O., Rosil, H. O., Diaz, P., & Angel, M. (2019). Propuesta de diseño de mezcla para un concreto permeable de FC=175kg/cm^2 en veredas. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/635423

Ángeles, N. (2021). *Efecto de la adición de plastificante y superplastificante en las propiedades mecánicas y físicas del concreto permeable para pavimentos, Huancayo - 2021* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12231/2/IV_FIN_105_TE_Angeles_Suazo_2021.pdf

Ayuso, J. L., Peña, A., & Montesinos, M. P. (1994). Estimación del hidrograma unitario. Estudio comparativo de cuatro métodos lineales. *Ingeniería Del Agua*, *1*(2). https://doi.org/10.4995/ia.1994.2635

Bautista Pereda, A. J. (2018). Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de aguas pluviales según la norma ACI 522R-10. *Universidad de San Martín de Porres - USMP*. https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4928

Cabello, S., Campuzano, L., Espinoza, J., & Sánchez, C. (2015). Concreto poroso: constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización. *Cumbres*, *1*(1), 64–69. https://doi.org/10.48190/cumbres.v1n1a9

Cárdenas Gutiérrez, E., Albiter Rodríguez, Á., & Jaimes Jaramillo, J. (2017). *Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua*. https://www.redalyc.org/articulo.oa?

Castro Fresno, D., Rodríguez Bayón, J., Rodríguez Hernández, J., & Ballester Muñoz, F. (2005). Sistemas urbanos de drenaje sostenible (Suds). *Interciencia*, *30*(5), 255–260. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Castro, J., De Solminihac, H., Videla, C., & Fernández, B. (2009). Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción*, *24*(3), 271–284. https://doi.org/10.4067/S0718-50732009000300005

Chaiña J., & Villanueva Y. (2017). *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil Tesis para optar el título de Ing. Civil, que presentan*. https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6038

Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. In *Hidrologia aplicada*.

De La Cruz Morales, Y. (2017). *Pavimentos permeables como alternativa de drenaje en las principales calles de la ciudad de Ayacucho, Perú*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1975

Díaz Vázquez, A., Herrera Larrea, T., & Marrero Moreno, I. (2020). *Estudio de las características del hormigón permeable y su implementación en el Uruguay*. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/23909

Dongo Gómez, P. N., & Saavedra Pérez, O. J. (2021). INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO. *Veritas*, *22*(1), 29. https://doi.org/10.35286/veritas.v22i1.292

García-Haba, E., Rodríguez-Hernández, J., Andrés-Doménech, I., Hernández-Crespo, C., Anta, J., & Martín, M. (2022). Diseño de pavimentos permeables en España: situación actual y necesidades futuras. *Ingeniería Del Agua*, *26*(4). https://doi.org/10.4995/ia.2022.18290

Guerra Chayna, R. P., & Guerra Ramos, C. E. (2020). Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, *20*(20), 121–140. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2020000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Guerra, P. R. y Guerra, C. E. (2020). Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, *20*(20), 121–140. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2020000200008&lang=es

Hernan, S., Villavueva, O., Guillermo, S., Cieza, C., Héctor, P., Gamarra, A., Juan, U., & Mera, I. L. (2021). *INGENIERO CIVIL AMBIENTAL*. http://hdl.handle.net/20.500.12423/3737

Instituto de la Construcción y Gerencia, I. (2005). Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas. *MTC, Ministerio de Transporte y Comunicaciones ICG, Instituto de La Construcción Diario El Peruano*, 1–138. https://www.academia.edu/34355355/MANUAL_DE_DISEÑO_GEOMÉTRICO_DE_VÍAS_URBANAS

Madhab Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones - Séptima edición*. http://latinoamerica.cengage.com

N., L. E. A., & N., J. E. B. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *35*(2), 79–91. https://doi.org/10.22267/RCIA.183502.93

Navarro Vasquez, M. F., & Leon Arevalo, J. (2019). *Estudio y diseño de pavimentos permeables para estacionamientos de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín*.

Ortiz, L., Cruz D', A., Santillan Yzazaga, M., Quiroz, L., Presidente, Q., Ludeña, L., Secretario, G., & Fernandez Choquepuma, M. A. (2024). *Diseño de pavimento con adoquines permeables en calles de baja transitabilidad vehicular de la Urbanización San Carlos-José*. http://hdl.handle.net/20.500.12423/7187

PAVCO, W. (2021). *Diseño de infraestructura con Geosintéticos*.

Pomalaza Guillermo, Á. F. (2021). *Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil*.

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9778/4/IV_FIN_105_TE_Pomalaza_Guillermo_2021.pdf#page=87&zoom=100,109,233

Ramírez, J. S., Rodriguez Loaiza, D. C., & Asprilla, W. J. (2022). Humedales artificiales subsuperficiales: comparación de metodologías de diseño para el cálculo del area superficial basado en la remoción de la materia organica. *Ingenierías USBMed*, *11*(1). https://doi.org/10.21500/20275846.4558

Rodríguez-Rojas, M. I., Cuevas-Arrabal, M. M., Moreno Escobar, B., & Martínez Montes, G. (2017). El cambio de paradigma de la gestión del drenaje urbano desde la perspectiva del planeamiento. Una propuesta metodológica. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*. https://doi.org/10.21138/bage.2492

Solís-Carcaño, R., & Moreno, E. I. (2006a). Análisis de la porosidad del concreto con agregado calizo. *Revista de La Facultad de Ingenieria*, *21*(3).

Solís-Carcaño, R., & Moreno, E. I. (2006b). Análisis de la porosidad del concreto con agregado calizo. *Revista de La Facultad de Ingenieria*, *21*(3), 57–68.

Sucedo Vidal, A. (2010). Concreto Hidraulico Permeable, Una Alternativa Para La Recarga De Los Mantos Acuiferos Del Valle De Mexico. *Concreto Hidraulico Permeable, Una Alternativa Para La Recarga De Los Mantos Acuiferos Del Valle De Mexico.*

Weber, J. F. (2014). Parámetros del modelo de infiltración de horton obtenidos mediante el uso de un simulador de lluvia, Córdoba, Argentina. Revista Ambiente e Agua, 9(1). https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1320

9. ANEXOS

Anexo N°1. Matriz de consistencia.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿De qué manera influyen los pavimentos permeables con aditivo plastificante en el drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?	Evaluar de qué manera influyen los pavimentos permeables con aditivo plastificante en el drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.	Los pavimentos permeables con aditivo plastificante influyen significativamente en el drenaje de las vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.	VI: Pavimentos permeables con aditivo plastificante	Dosificación	0.30 (a:c) + 0% aditivo + 20% de vacíos
					0.30 (a:c) + 0.5% aditivo + 20% de vacíos
					0.30 (a:c) + 1% aditivo + 20% de vacíos
					0.30 (a:c) + 1% aditivo + 13% de vacíos
					0.36 (a:c) + 0.6% aditivo + 10% de finos + 8% de vacíos
					0.36 (a:c) + 0.6% aditivo + 15% de finos + 6% de vacíos
				Propiedades físicas del concreto permeable	Resistencia a la compresión Kg/cm2
					Resistencia a la flexión Kg/cm2
					Permeabilidad (mm/hr)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPOTESIS ESPECÍFICOS**		**DIMENSIONES**	**INDICADORES**
¿De qué manera influye la dosificación del pavimento permeable con aditivo plastificante en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?	Evaluar de qué manera influye la dosificación del pavimento permeable con aditivo plastificante en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.	La dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante influye significativamente en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.	VD: Drenaje en vías urbanas	Condiciones hidráulicas	Caudal de infiltración (m3/s)
¿De qué manera influyen las propiedades físicas del concreto permeable en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?	Evaluar de qué manera influyen las propiedades físicas del pavimento permeable con aditivo plastificante en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.	Las propiedades físicas del concreto permeable influyen significativamente en las condiciones hidráulicas del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.			Velocidad de infiltración (m/s)
¿De qué manera influye la dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?	Evaluar de qué manera influye la dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.	La dosificación del concreto del pavimento permeable con aditivo plastificante influye significativamente en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.		Diseño geométrico	Pendiente longitudinal (%)
¿De qué manera influyen las propiedades físicas del concreto permeable con aditivo plastificante en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco?	Evaluar de qué manera influyen las propiedades físicas del concreto permeable con aditivo plastificante en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.	Las propiedades físicas del concreto permeable con aditivo plastificante influyen significativamente en el diseño geométrico del drenaje de vías urbanas del distrito de Huayllay, Pasco.			Pendiente transversal (%)

Anexo N°2. Panel fotográfico



Imagen 01. Intersección Jr. Vencedores y Jr. Arica – Cuadra 01.

Calle en terreno natural, presenta fuerte pendiente, nos encontramos en la intersección del Jr. Arica con el Jr. Vencedores, podemos observar viviendas de hasta dos niveles a ambos lados de la vía, presencia de vegetación leve y fuerte presencia de terreno arcilloso. En la imagen de la derecha se aprecia el tipo de cunetas, el cual es de tipo rectangular.



Imagen 02. Jr. Arica – Cuadra 01.

Calle en terreno natural, presenta fuerte pendiente, nos encontramos en la intersección del Jr. Arica con el Jr. Vencedores, podemos observar viviendas de hasta dos niveles a ambos lados de la vía, presencia de vegetación leve y fuerte presencia de terreno arcilloso. Presencia de



Imagen 03. Jr. Arica – Cuadra 01.

Calle en terreno natural, presenta fuerte pendiente, podemos observar viviendas de hasta dos niveles a ambos lados de la vía, presencia de vegetación leve y fuerte presencia de terreno arcilloso, presencia de maquinaria para inicio de la obra de mejoramiento.



Imagen 04. Intersección Jr. San Martín y Jr. Arica.

Calle en terreno natural, presenta fuerte pendiente, nos encontramos en la intersección del Jr. Arica con el Jr. San Martin, podemos observar viviendas de hasta dos niveles a ambos lados de la vía, fuerte presencia de terreno arcilloso, presencia de cunetas existentes.



Imagen 05. Intersección Jr. San Martín y Jr. Arica.

Cuneta de tipo triangular del Jr. San Martín, el cual intercepta al Jr. Arica en la mitad aproximadamente.



Imagen 06. Intersección del Jr. Oropeza y Jr. Arica – Cuadra 02.

Calle en terreno natural, presenta fuerte pendiente, nos encontramos en la intersección del Jr. Arica con el Jr. Oropeza, podemos observar viviendas de hasta dos niveles a ambos lados de la vía, no presenta vegetación y fuerte presencia de terreno arcilloso, además se observa la construcción de muros de contención como inicio de labores. En la imagen de la derecha se observa las cunetas del Jr. Oropeza, las cuales son de tipo triangular en ambos lados de la vía.



Imagen 07. Jr. Luis Oropeza.

Intersección en la parte más alta del Jr. Arica con el Jr. Luis Oropeza. En la imagen de la derecha se puede apreciar el tipo de cunetas que presenta el Jr. Oropeza, el cual es de tipo triangular en ambos lados de la vía.



Imagen 08. Medición de cunetas de los jirones de intersección al Jr. Arica.

En la imagen de la izquierda se aprecia la medición de cunetas triangulares, las cuales se presentan en el Jr. Luis Oropeza y el Jr. San Martín. En la imagen de la derecha se aprecia la medición de cunetas rectangulares, las cuales se presentan en el Jr. Vencedores. Todas las cunetas están presentes en ambos lados de las vías.



Imagen 09. Construcción de muros de contención en el Jr. Arica.



Imagen 10. Comisaría distrital de Huayllay y Plaza del distrito en mención.



Imagen 11. Muestras de agregado grueso dejadas en el laboratorio de la EPIC - UNMSM



Imagen 12. Cuarteo de agregado grueso para sacar las muestras para los ensayos de caracterización.



Imagen 13. Peso de las muestras previamente para la realización de los ensayos de caracterización.



Imagen 14. Cuarteo y puesta de muestras al horno para el ensayo de absorción del agregado grueso.



Imagen 15. Muestra 1 y 2 para ensayo de absorción de agregado grueso – tipo 1 paquete 1

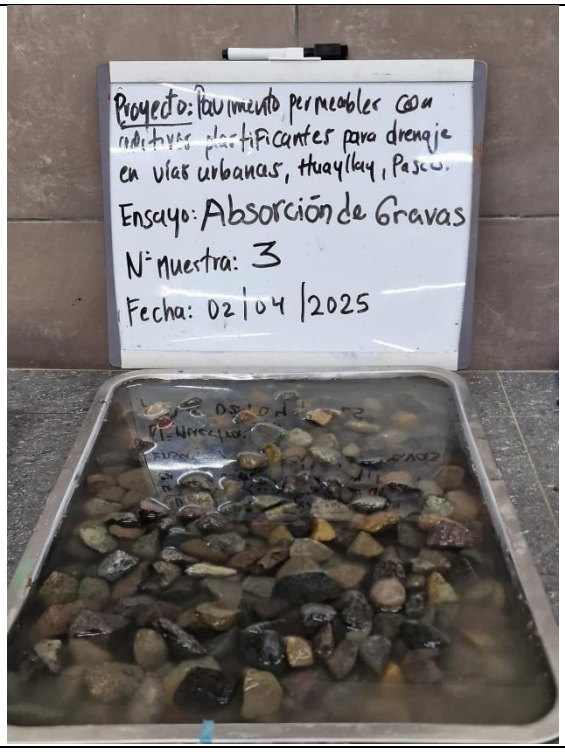
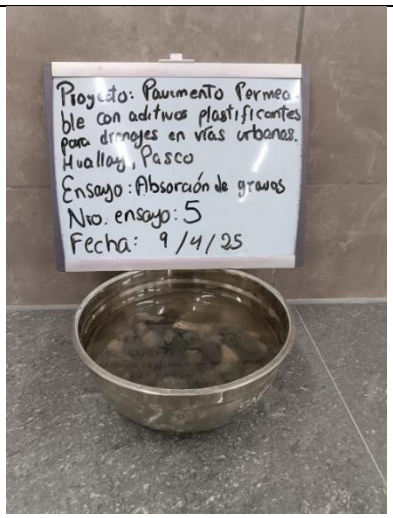
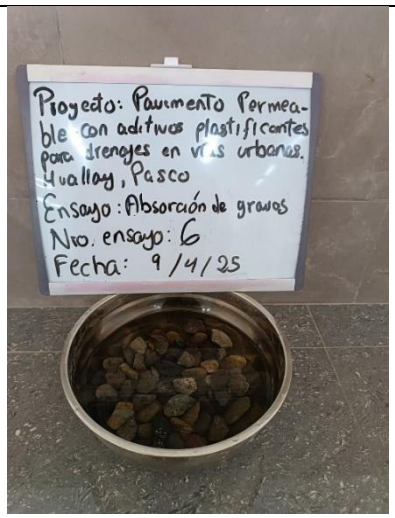
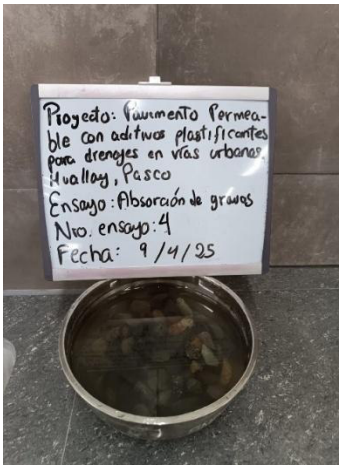
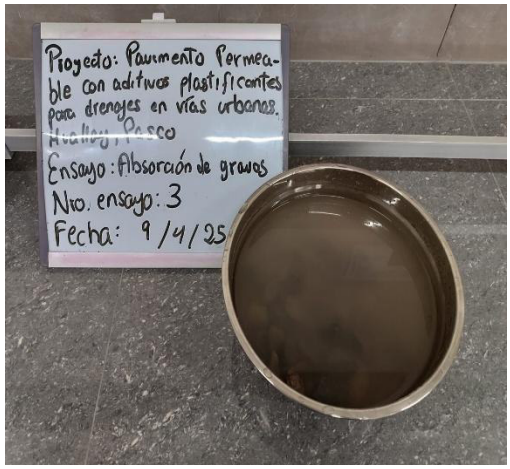


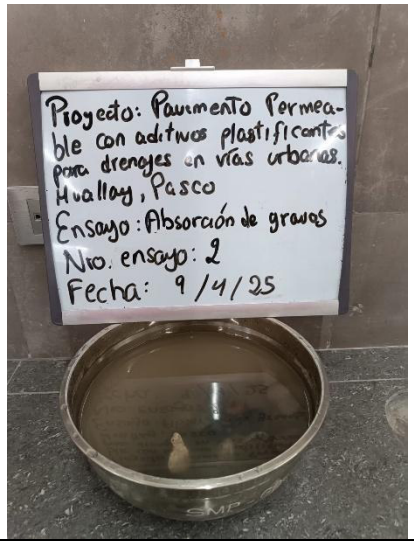
Imagen 16. Muestra 3 para ensayo de absorción de agregado grueso – tipo 1 paquete 1











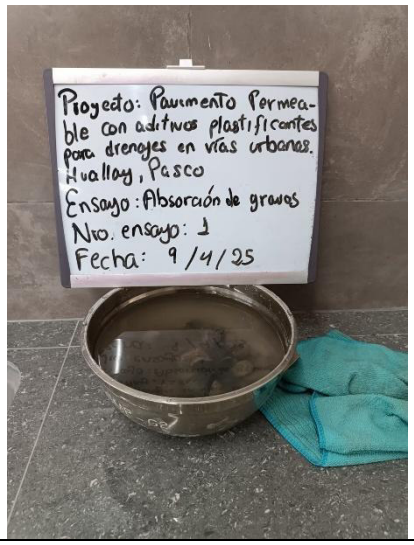


Imagen 17. Muestras para ensayo de absorción de agregado grueso – tipo 1 paquete 2



Imagen 18. Muestra para ensayo de absorción de agregado grueso – tipo 2



Imagen 19. Muestras para ensayo de humedad de agregado grueso – tipo 1 (paquete 1 y 2)



Imagen 20. Muestras para ensayo de humedad de agregado grueso – tipo 2

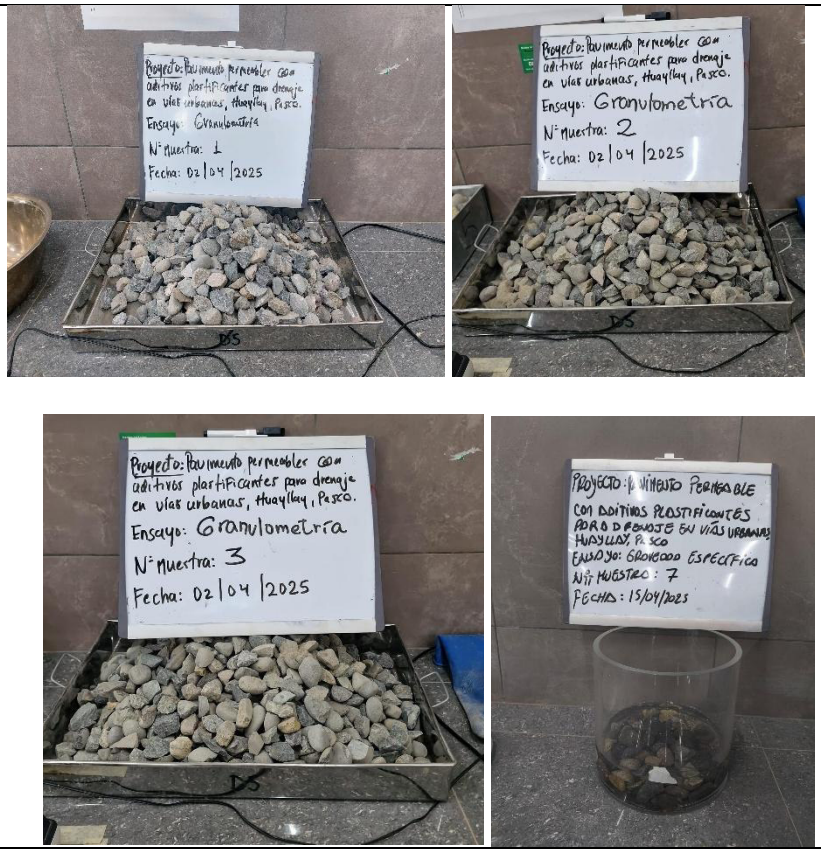


Imagen 21. Muestras para ensayo de granulometría de agregado grueso – tipo 1 (paquete 1 y 2)



Imagen 22. Ensayo de granulometría de agregado grueso – tipo 2



Imagen 23. Ensayo de peso unitario suelto y compactado seco – agregado grueso

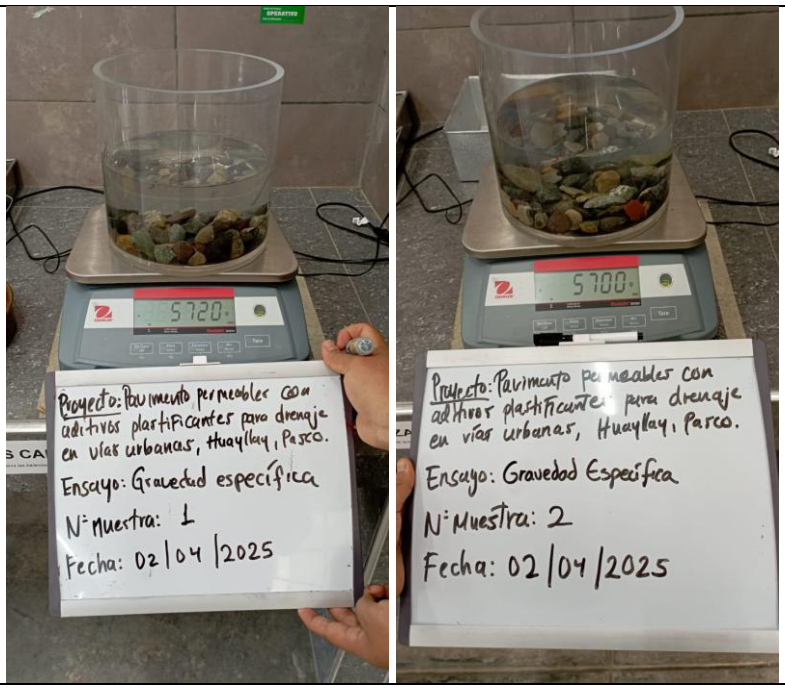


Imagen 24. Ensayo de gravedad específica – agregado grueso





Imagen 25. Muestras al horno para ensayos del agregado fino (arena gruesa)



Imagen 26. Ensayo de absorción del agregado fino (arena gruesa)



Imagen 27. Ensayo de granulometría del agregado fino (arena gruesa)

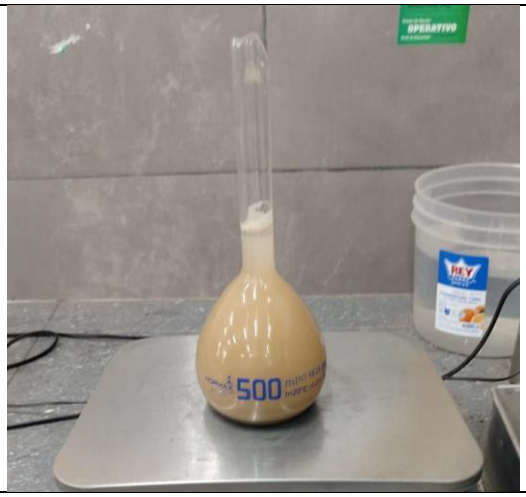


Imagen 28. Ensayo de gravedad específica del agregado fino (arena gruesa)



Imagen 29. Ensayo de peso unitario suelto y compactado seco del agregado fino (arena gruesa)



Imagen 30. Agregado grueso usado para la mezcla y elaboración de probetas y vigas de concreto.



Imagen 31. Vaciado de probetas de concreto permeable.





Imagen 31. Curado de probetas de concreto permeable.



Imagen 32. Probetas de concreto permeable con arena antes de la rotura.



Imagen 33. Probetas de concreto permeable con arena después de la rotura.



Imagen 34. Elaboración de vigas de concreto permeable.



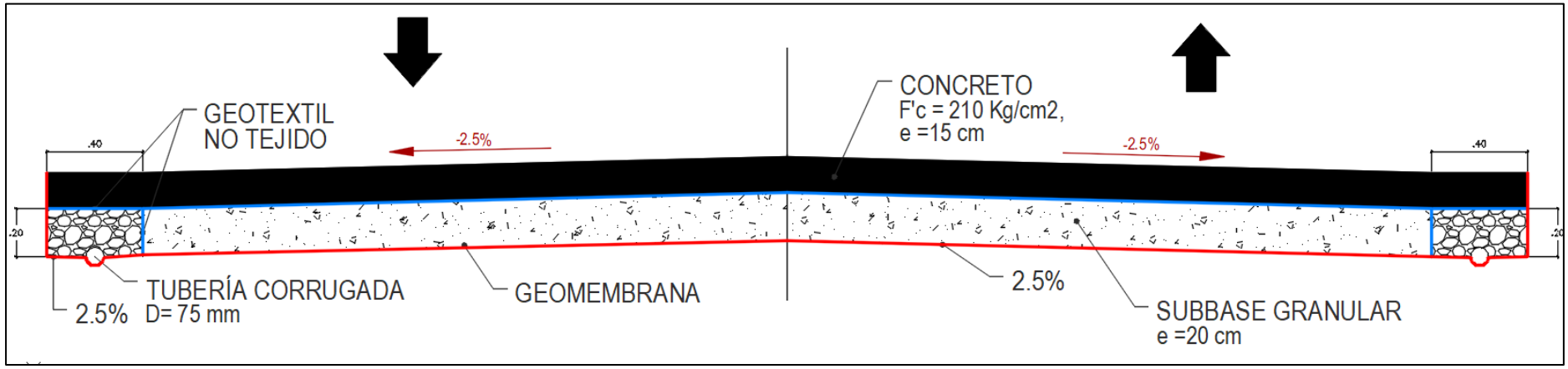
Imagen 35. Tubería y pegamento utilizados para nuestro ensayo de permeabilidad.



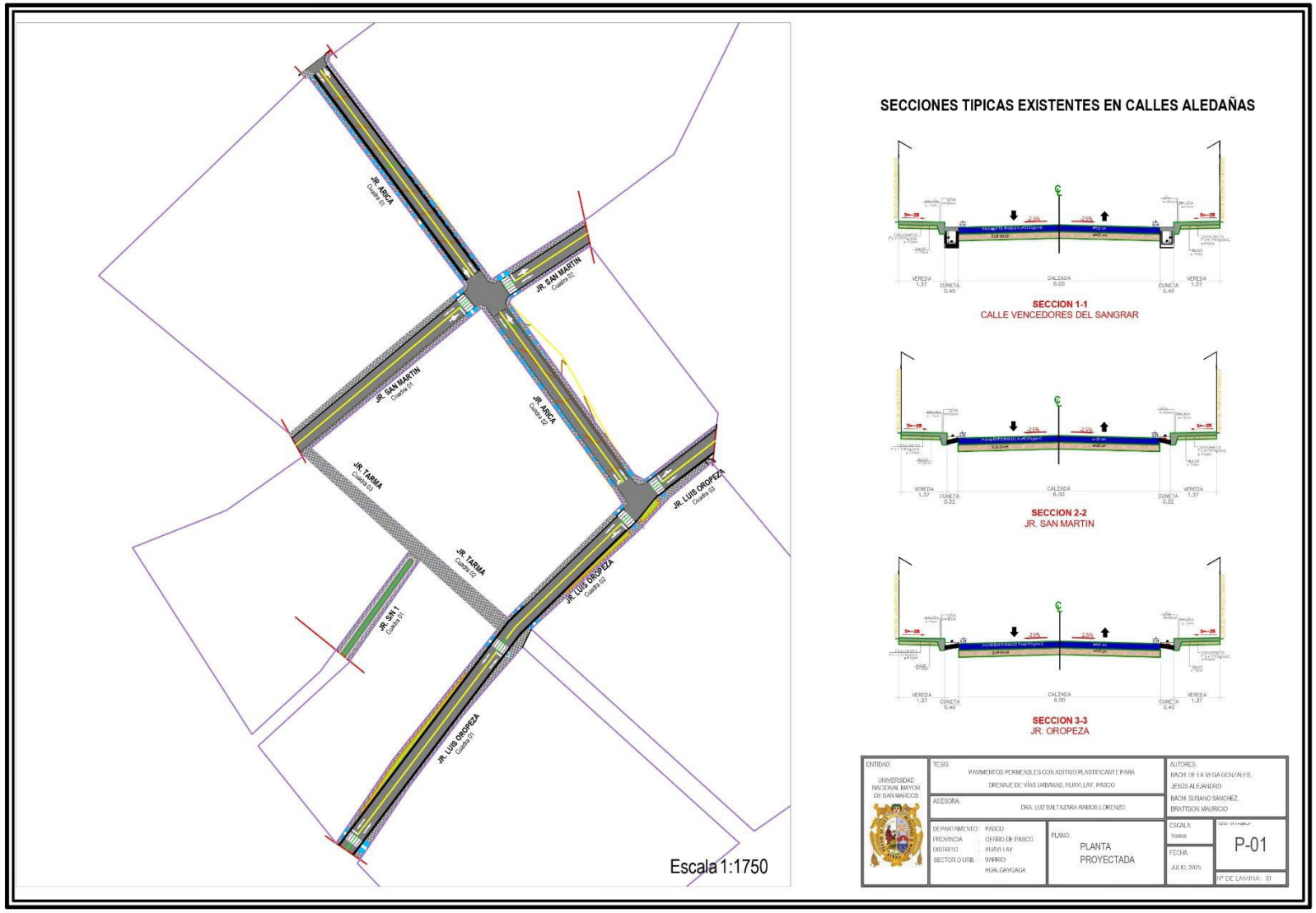
Imagen 36. Medición de nuestro ensayo de permeabilidad.

Anexo N°3. Planos y sección transversal.

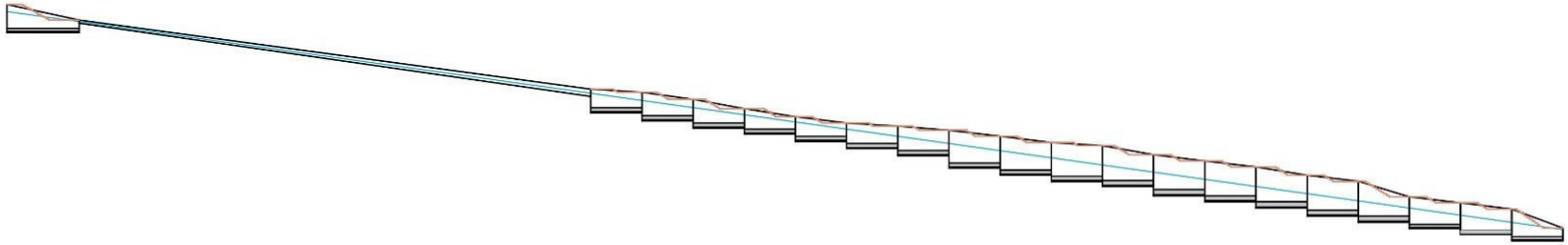
Apéndice 1 – Sección transversal de la propuesta técnica del pavimento permeable.



Apéndice 2 – Planos

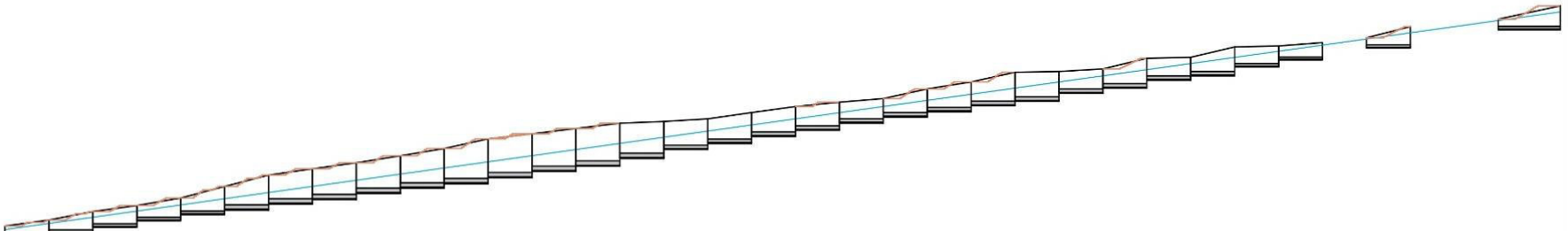


PERFIL IZQUIERDO DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN



Escala 1:600

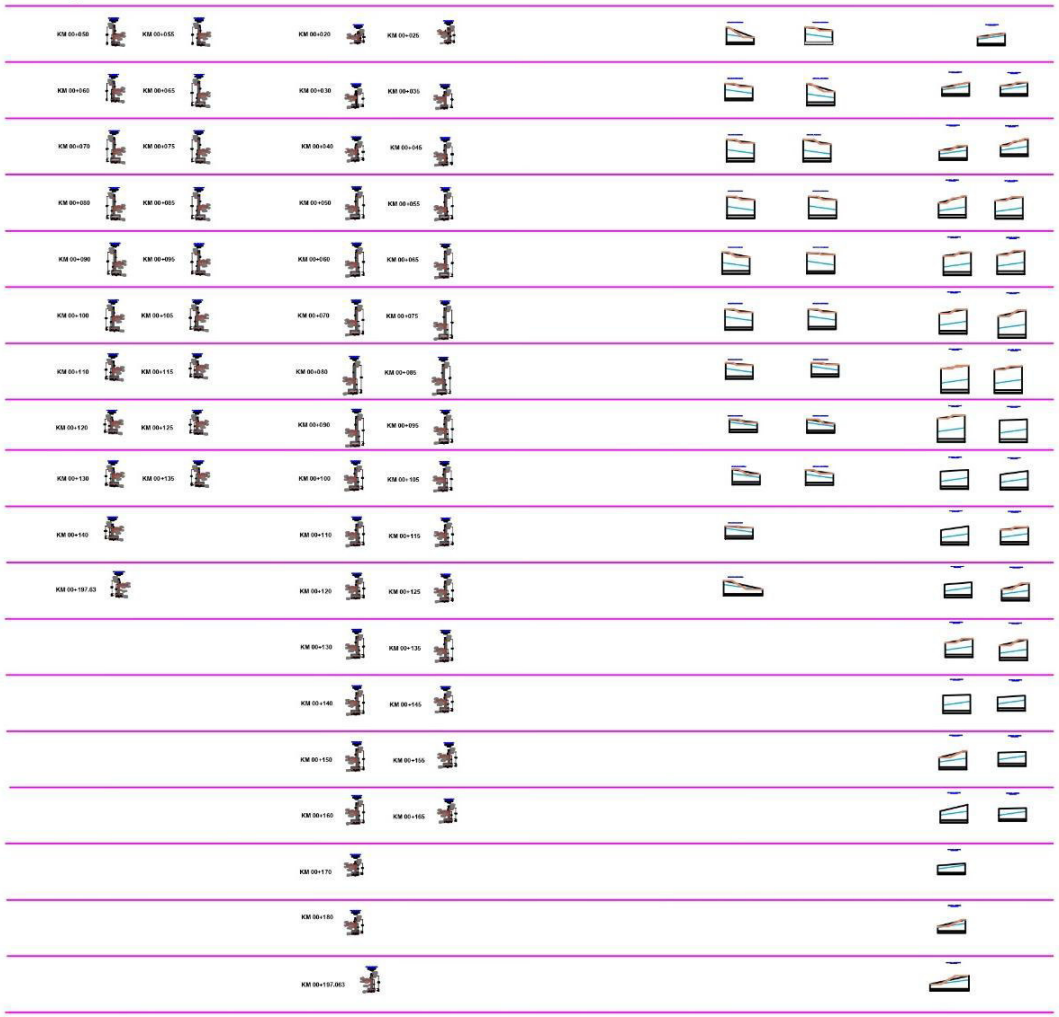
PERFIL DERECHO DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN



Escala 1:650

ENTIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	TESIS: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE PARA DRENAJE DE VÍAS URBANAS, HUAYLLAY, PASCO		AUTORES: BACH. DE LA VEGA GONZALES, JESÚS ALEJANDRO; BACH. SUSANO SÁNCHEZ, BRATTSON MAURICIO
	ASESORA: DRA. LUZ BALTAZARA RAMOS LORENZO		
	DEPARTAMENTO : PASCO PROVINCIA : CERRO DE PASCO DISTRITO : HUAYLLAY SECTOR O URB. : BARRIO HUALGAYGAGA	PLANO: MUROS DE CONTENCIÓN	ESCALA: 1/600 FECHA: JULIO, 2025
			COD. DE LÁMINA: PM-01 Nº DE LÁMINA: 01

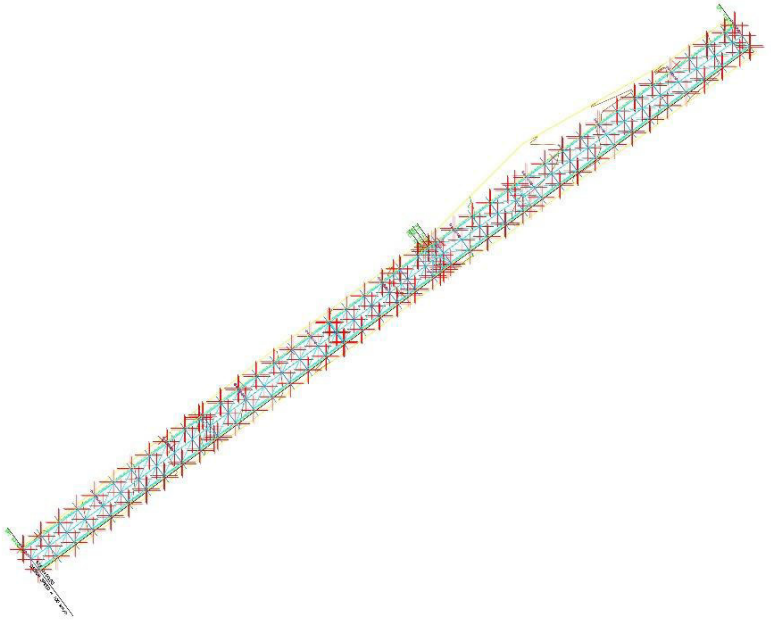
ARQUITECTURA
SECCIONES MUROS



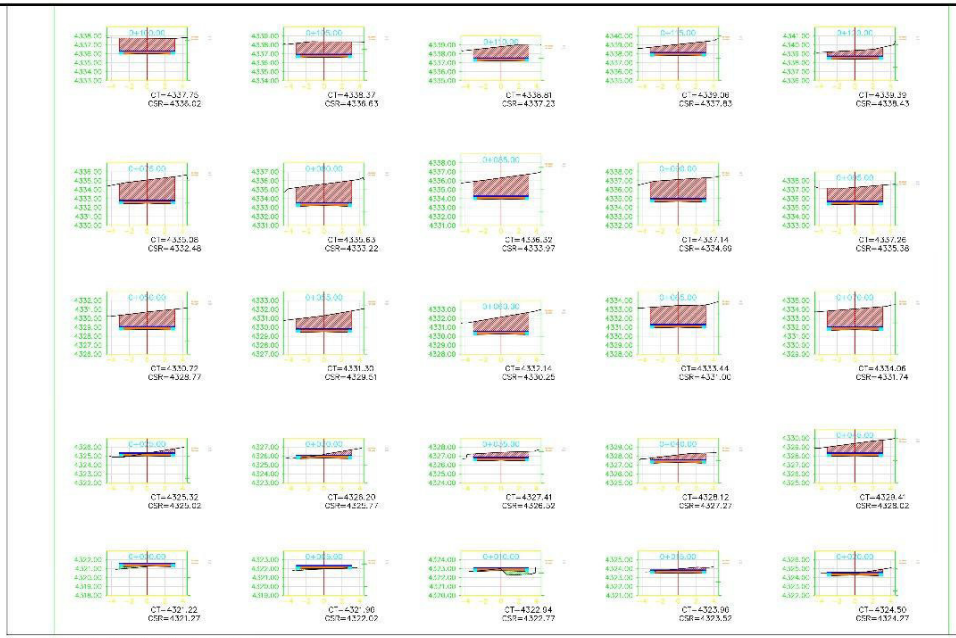
PERFILES SECCIONES
MUROS

Escala 1:1200

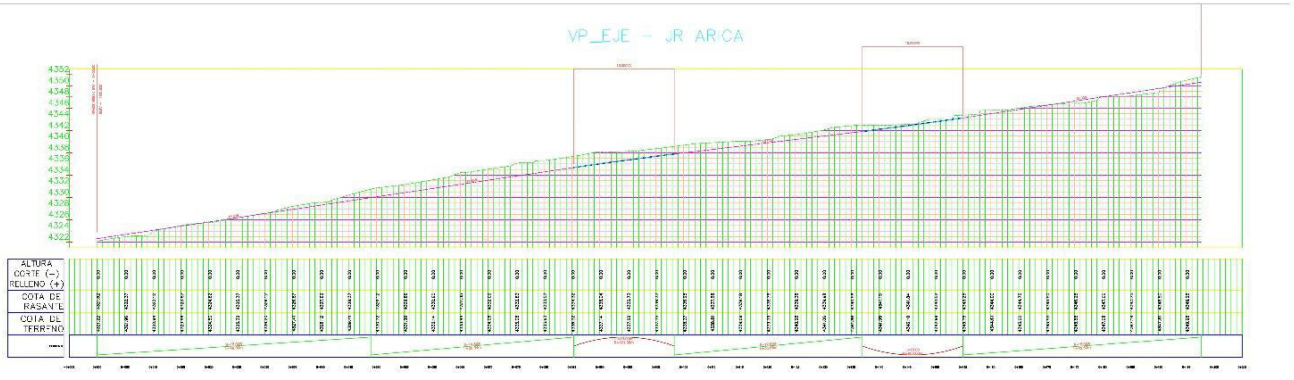
ENTIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	TESIS: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE PARA DRENAJE DE VÍAS URBANAS, HUAYLLAY, PASCO		AUTORES: BACH. DE LA VEGA GONZALES, JESÚS ALEJANDRO; BACH. SUSANO SÁNCHEZ, BRATTSON MAURICIO
	ASESORA: DRA. LUZ BALTAZARA RAMOS LORENZO		
	DEPARTAMENTO : PASCO PROVINCIA : CERRO DE PASCO DISTRITO : HUAYLLAY SECTOR O URB. : BARRIO HUALGAYGAGA	PLANO : MUROS DE CONTENCIÓN	ESCALA: 1/1200 FECHA: JULIO, 2025
			CÓD. DE LÁMINA: PM-01 Nº DE LÁMINA: 02



PLANEAMIENTO GENERAL – CORREDOR JIRÓN ARICA
ESCALA: 1 / 500



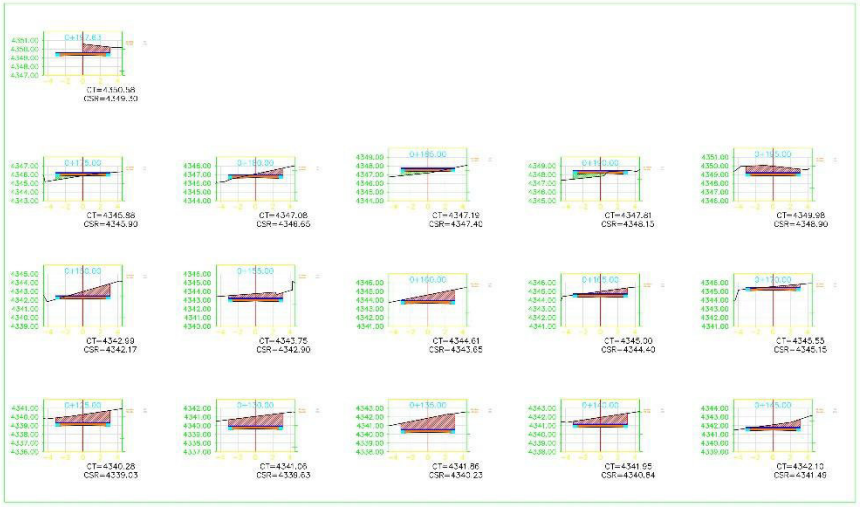
SECCIONES TRANSVERSALES PARTE 1
ESCALA: 1 / 250



PERFIL – CORREDOR JIRÓN ARICA
ESCALA: 1 / 400

ENTIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	TESIS: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE PARA DRENAJE DE VÍAS URBANAS, HUAYLLAY, PASCO		AUTORES: BACH. DE LA VEGA GONZALES, JESÚS ALEJANDRO BACH. SUSANO SÁNCHEZ, BRAITRON MAURICIO
	ASESORA: DRA. LUCIA NATASHA RAMOS LORENZO		
	DEPARTAMENTO : PASCO PROVINCIA : CERRO DE PASCO DISTRITO : HUAYLLAY SECTOR O URB. : BARRIO HUALGAYOAGA	PLANO : PLANTA PROYECTADA	ESCALA: Varios FECHA: JULIO 2025 CÓD. PLANO: PC-01 Nº DE LÁMINA: 01





VP_EJE – JR ARICA

SECCIONES TRANSVERSALES PARTE 2

ESCALA: 1 / 250

ENTIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	TESIS: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE PARA DRENAJE DE VÍAS URBANAS, HUAYLLAY - PASCO		AUTORES: BACH. DE LA VEGA GONZALES, JESUS ALEJANDRO BACH. SUSANO SANCHEZ BRAITRON MAURICIO
	ASESORA: DRA. LUZ BALTAZARA RAMOS LORENZO		
	DEPARTAMENTO : PASCO PROVINCIA : CERRO DE PASCO DISTRITO : HUAYLLAY SECTOR O URB. : BARRIO HUALGAYOAGA	PLANO: PLANTA PROYECTADA	ESCALA: Varios FECHA: JULIO, 2025
			COD. PLANO: PC-01 N° DE LAMINA: 02

Anexo N°4. Estudio de trafico

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRÁFICO

TRAMO DE LA VIA	Jr. Oropeza - Intersección con el Jr. Arica			ESTACION	1
SENTIDO	Entrada	E ←	Salida S →	CODIGO DE LA ESTACION	-
UBICACIÓN	Barrio Hualgaygaga, distrito de Huayllay - Pasco			DIA Y FECHA	domingo 06 10 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	Combi Serv Urbano	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
06:00	E																			
07:00	S																			
07:00	E																			
08:00	S							1												
08:00	E	2		1		1	1	2		2										
09:00	S	3		2	1															
09:00	E	2																		
10:00	S																			
10:00	E							2												
11:00	S	1																		
11:00	E	1								3										
12:00	S										1									
12:00	E	1																		
13:00	S																			
13:00	E																			
14:00	S	1		1				1												
14:00	E																			
15:00	S																			
15:00	E	2																		
16:00	S																			
16:00	E	2																		
17:00	S					1		1												
17:00	E	2			1															
18:00	S																			
18:00	E			1																
19:00	S			2						1										
19:00	E									2										
20:00	S																			
20:00	E																			
21:00	S																			
21:00	E																			
22:00	S																			
22:00	E																			
23:00	S																			
23:00	E																			
00:00	S																			
00:00	E																			
01:00	S																			
01:00	E																			
02:00	S																			
02:00	E																			
03:00	S																			
03:00	E																			
04:00	S																			
04:00	E																			
05:00	S																			
05:00	E																			
06:00	S																			
TOTAL		17	0	7	2	2	1	7	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA	Jr. Oropeza - Intersección con el Jr. Arica			ESTACION	1
SENTIDO	Entrada	E ←	Salida → S	CODIGO DE LA ESTACION	-
UBICACION	Barrio Hualgaygaga, distrito de Huayllay - Pasco			DIA Y FECHA	lunes 07 10 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	Combi Serv Urbano	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
06:00	E																			
07:00	S	2																		
07:00	E	3		1				1		1										
08:00	S																			
08:00	E							1		1										
09:00	S	1		1																
09:00	E																			
10:00	S							1		2										
10:00	E							1		1										
11:00	S	1																		
11:00	E			1																
12:00	S									3										
12:00	E							1		1										
13:00	S																			
13:00	E	2																		
14:00	S									2										
14:00	E			1				2		1										
15:00	S																			
15:00	E	3						1												
16:00	S	1																		
16:00	E									2										
17:00	S			1																
17:00	E	1																		
18:00	S	1						1		1										
18:00	E			1																
19:00	S	3																		
19:00	E																			
20:00	S	1																		
20:00	E																			
21:00	S																			
21:00	E																			
22:00	S																			
22:00	E																			
23:00	S																			
23:00	E																			
00:00	S																			
00:00	E																			
01:00	S																			
01:00	E																			
02:00	S																			
02:00	E																			
03:00	S																			
03:00	E																			
04:00	S																			
04:00	E																			
05:00	S																			
05:00	E																			
06:00	S																			
TOTAL		19	0	6	0	0	0	9	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA	Jr. Oropeza - Intersección con el Jr. Arica			ESTACION	1
SENTIDO	Entrada	E ←	Salida S →	CODIGO DE LA ESTACION	-
UBICACION	Barrio Hualgaygaga, distrito de Huayllay - Pasco			DIA Y FECHA martes	08 / 10 / 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	Combi Serv Urbano	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																					
06:00	E																			
07:00	S																			
07:00	E	1		1				1												
08:00	S	2		1						1										
08:00	E	1								1										
09:00	S	3						1												
09:00	E			1						2										
10:00	S	1																		
10:00	E	1						1												
11:00	S																			
11:00	E			1				1												
12:00	S	1																		
12:00	E	1								1										
13:00	S																			
13:00	E			1																
14:00	S	1								2										
14:00	E			1																
15:00	S	2						2												
15:00	E	1																		
16:00	S																			
16:00	E	3								2										
17:00	S	1		1																
17:00	E																			
18:00	S	1						1												
18:00	E									2										
19:00	S	1																		
19:00	E			1						1										
20:00	S																			
20:00	E																			
21:00	S																			
21:00	E																			
22:00	S																			
22:00	E																			
23:00	S																			
23:00	E																			
00:00	S																			
00:00	E																			
01:00	S																			
01:00	E																			
02:00	S																			
02:00	E																			
03:00	S																			
03:00	E																			
04:00	S																			
04:00	E																			
05:00	S																			
05:00	E																			
06:00	S																			
TOTAL		21	0	8	0	0	0	7	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA	Jr. Oropeza - Intersección con el Jr. Arica			ESTACION	1
SENTIDO	Entrada	E ←	Salida → S	CODIGO DE LA ESTACION	-
UBICACION	Barrio Hualgaygaga, distrito de Huayllay - Pasco			DIA Y FECHA	miércoles 09 10 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	Combi Serv Urbano	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	251/252	253	351/352	>= 353	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
06:00	E																			
07:00	S			1																
07:00	E	1						1		2										
08:00	S	2		1				1												
08:00	E																			
09:00	S	1								2										
09:00	E																			
10:00	S	1																		
10:00	E									1										
11:00	S									1										
11:00	E	1																		
12:00	S	1																		
12:00	E																			
13:00	S	1								1										
13:00	E	1		1				1												
14:00	S							1												
14:00	E			1						1										
15:00	S	2																		
15:00	E									2										
16:00	S	2		1						2										
16:00	E	2																		
17:00	S	2		1																
17:00	E																			
18:00	S	3																		
18:00	E																			
19:00	S																			
19:00	E																			
20:00	S																			
20:00	E																			
21:00	S																			
21:00	E																			
22:00	S																			
22:00	E																			
23:00	S																			
23:00	E																			
00:00	S																			
00:00	E																			
01:00	S																			
01:00	E																			
02:00	S																			
02:00	E																			
03:00	S																			
03:00	E																			
04:00	S																			
04:00	E																			
05:00	S																			
05:00	E																			
06:00	S																			
TOTAL		20	0	6	0	0	0	4	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA	Jr. Oropeza - Intersección con el Jr. Arica			ESTACION	1
SENTIDO	Entrada	E ←	Salida → S	CODIGO DE LA ESTACION	-
UBICACION	Barrio Hualgaygaga, distrito de Huayllay - Pasco			DIA Y FECHA	jueves 10 10 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	Combi Serv Urbano	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
06:00	E																			
07:00	S																			
07:00	E									1										
08:00	S	1						1		1										
08:00	E			1																
09:00	S	1																		
09:00	E	1		1																
10:00	S	1																		
10:00	E	1		1																
11:00	S	1																		
11:00	E	1		1																
12:00	S	2						1												
12:00	E	1		1				1		1										
13:00	S	2								1										
13:00	E			1						1										
14:00	S	1								1										
14:00	E	2		1																
15:00	S	1																		
15:00	E																			
16:00	S	1																		
16:00	E	1		1						1										
17:00	S	1								1										
17:00	E									1										
18:00	S							1		1										
18:00	E																			
19:00	S																			
19:00	E																			
20:00	S																			
20:00	E																			
21:00	S																			
21:00	E																			
22:00	S																			
22:00	E																			
23:00	S																			
23:00	E																			
00:00	S																			
00:00	E																			
01:00	S																			
01:00	E																			
02:00	S																			
02:00	E																			
03:00	S																			
03:00	E																			
04:00	S																			
04:00	E																			
05:00	S																			
05:00	E																			
06:00	S																			
TOTAL		19	0	8	0	0	0	4	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA	Jr. Oropeza - Intersección con el Jr. Arica			ESTACION	1
SENTIDO	Entrada E ←	Salida S →		CODIGO DE LA ESTACION	-
UBICACION	Barrio Hualgaygaga, distrito de Huayllay - Pasco			DIA Y FECHA viernes	11 / 10 / 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	Combi Serv Urbano	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																					
06:00	E																			
07:00	S																			
07:00	E									1										
08:00	S	1						1		1										
08:00	E	2																		
09:00	S	1																		
09:00	E	2		1																
10:00	S	1																		
10:00	E	1		1																
11:00	S	1																		
11:00	E	1		1																
12:00	S	1						1												
12:00	E	1		2				1		2										
13:00	S	1								2										
13:00	E	1																		
14:00	S	1																		
14:00	E	2		1																
15:00	S	1								2										
15:00	E			1						2										
16:00	S	1		2						2										
16:00	E	1		1						1										
17:00	S	1								1										
17:00	E	1								1										
18:00	S	1						1		1										
18:00	E	1																		
19:00	S																			
19:00	E																			
20:00	S																			
20:00	E																			
21:00	S																			
21:00	E																			
22:00	S																			
22:00	E																			
23:00	S																			
23:00	E																			
00:00	S																			
00:00	E																			
01:00	S																			
01:00	E																			
02:00	S																			
02:00	E																			
03:00	S																			
03:00	E																			
04:00	S																			
04:00	E																			
05:00	S																			
05:00	E																			
06:00	S																			
TOTAL		24	0	10	0	0	0	4	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA	Jr. Oropeza - Intersección con el Jr. Arica			ESTACION	1
SENTIDO	Entrada E ←	Salida	S →	CODIGO DE LA ESTACION	-
UBICACION	Barrio Hualgaygaga, distrito de Huayllay - Pasco			DIA Y FECHA	sábado 12 10 2024

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	Combi Serv Urbano	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
06:00	E																			
07:00	S																			
07:00	E	1								1										
08:00	S	1								1										
08:00	E	2																		
09:00	S	1																		
09:00	E	2		1																
10:00	S	1																		
10:00	E	1		1																
11:00	S	1																		
11:00	E	1		1																
12:00	S	1		1	1					1										
12:00	E	3		1	1					2										
13:00	S	1				1				2	1									
13:00	E	1		1		1														
14:00	S	1																		
14:00	E	2		1																
15:00	S	1																		
15:00	E			1																
16:00	S	1																		
16:00	E	1		1						1	1									
17:00	S	1								1										
17:00	E									1										
18:00	S									1										
18:00	E																			
19:00	S																			
19:00	E																			
20:00	S																			
20:00	E																			
21:00	S																			
21:00	E																			
22:00	S																			
22:00	E																			
23:00	S																			
23:00	E																			
00:00	S																			
00:00	E																			
01:00	S																			
01:00	E																			
02:00	S																			
02:00	E																			
03:00	S																			
03:00	E																			
04:00	S																			
04:00	E																			
05:00	S																			
05:00	E																			
06:00	S																			
TOTAL		24	0	9	2	2	0	0	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ESTACION 1

Vehiculo	domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	TOTAL SEMANA	IMDS	FC	IMDa
AUTOMOVIL	17	19	21	20	19	24	24	144	21	0.7931	16
STATIO WAGON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7931	0
PICK-UP	7	6	8	6	8	10	9	54	8	0.7931	6
COMBIO SERV. URBANO	2	0	0	0	0	0	2	4	1	0.7931	0
COMBI RURAL	2	0	0	0	0	0	2	4	1	0.7931	0
MINIBUS (MICRO)	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0.7399	0
B2	7	9	7	4	4	4	0	35	5	0.7399	4
B3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
C2	8	15	12	12	10	16	11	84	12	0.7399	9
C3	1	0	0	0	0	0	2	3	0	0.7399	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
T2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
T3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
T3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
C3R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7399	0
TOTAL	45	49	48	42	41	54	50	329	47		35

T. Total:	35
T. Ligero:	22
T. Pesado:	13

IMS POR ESTACION

Vehiculo	ESTACION 1	PROM. SEMANA
AUTOMOVIL	144	144
STATIO WAGON	0	0
PICK-UP	54	54
COMBIO SERV. URBANO	4	4
COMBI RURAL	4	4
MINIBUS (MICRO)	1	1
B2	35	35
B3-1	0	0
C2	84	84
C3	3	3
C4	0	0
T2S2	0	0
T2S3	0	0
T3S2	0	0
T3S3	0	0
C2R2	0	0
C2R3	0	0
C3R2	0	0
C3R3	0	0
TOTAL	329	329

T. Total:	329
T. Ligero:	206
T. Pesado:	123

TOTAL IMDa POR VEHICULO

Vehiculo	IMDa
AUTOMOVIL	16
STATIO WAGON	0
PICK-UP	6
COMBIO SERV. URBANO	0
COMBI RURAL	0
MINIBUS (MICRO)	0
B2	4
B3-1	0
C2	9
C3	0
C4	0
T2S2	0
T2S3	0
T3S2	0
T3S3	0
C2R2	0
C2R3	0
C3R2	0
C3R3	0
TOTAL	35

T. Total:	35	
T. Ligero:	22	62.86
T. Pesado:	13	37.14

Periodo de Diseño

El periodo del diseño del pavimento rígido considerado para esta via es de 20 años.

Periodo de diseño	20 Años

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento del tráfico pesado está en función del crecimiento económico de la zona de estudio, y según el MTC indica que **PASCO** creció **0.39%**. Para nuestro diseño consideraremos 0.39% la tasa de crecimiento para asegurar el crecimiento futuro del tráfico para el año proyectado.

i% =	0.39%

Factor de Crecimiento Acumulado (Fca)

De acuerdo con la tasa de crecimiento:

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:
r: tasa de crecimiento
n: período de diseño en años

Fca =	20.76

Factor Direccional (Fd)

Según la CE.010 Pavimentos Urbanos, para propósitos de diseño se asume el tráfico como igualmente distribuido en cada una de las dos direcciones (es decir 50% en cada lado de la vía)

Fd =	0.5

Factor Carril (Fc)

Para el Factor Carril (Fc), consideramos el Manual de Carreteras Suelos, Geologia, Geotécnia y Pavimentos 2014, **Cuadro 6.1**. Se obtó por este parámetro porque en el manual CE.010 Pavimentos Urbanos, no contempla dicho parámetro que es necesario para el calculo del ESAL de Diseño

Cuadro 6.1
Factores de Distribución Direccional y de Carril para Determinar el Tránstio en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.50	0.50
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentido	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guia AASTHO93

Del cuadro 6.1, correspondiente al Manual de Carreretas, escogemos el valor de Fc para el siguiente caso: El tramo de la via de estudio comprende una calzadas sin ningun separador central con dos sentidos y un carril por sentido, por ello el **Fc** considerado es:

Fc =	1.00

Factor de Presión de neumáticos (Fp)

En el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos 2014, se menciona que para el caso de afirmados y pavimentos rígidos el factor de ajuste por presión de neumáticos será igual a 1

Fp =	1.00

ESAL de Diseño

AASTHO 93

Carriles en ambas direcciones:	1	Periodo de Diseño (años)	20 Años
Año de Aforo	2024	Fd =	0.5
Año inicio de servicio estimado	2027	Fc =	1
Año proyectado:	2047	Fp =	1
		Fca =	20.76

Vehiculo	IMDa (año de aforo)	IMDa (inicio de servicio)	Factor camión	EEdia-carril	ESAL
	2024	2027			
MINIBUS (MICRO)	0.0	0.00	0.06	0.000	0.0
B2	4.0	4.05	4.61	9.324	70653.6
B3-1	0.0	0.00	3.62	0.000	0.0
C2	9.0	9.11	4.61	20.980	158970.5
C3	0.0	0.00	4.73	0.000	0.0
C4	0.0	0.00	4.96	0.000	0.0
T2S2	0.0	0.00	8.07	0.000	0.0
T2S3	0.0	0.00	8.77	0.000	0.0
T3S2	0.0	0.00	8.19	0.000	0.0
T3S3	0.0	0.00	8.90	0.000	0.0
C2R2	0.0	0.00	11.28	0.000	0.0
C2R3	0.0	0.00	11.40	0.000	0.0
C3R2	0.0	0.00	11.40	0.000	0.0
C3R3	0.0	0.00	11.52	0.000	0.0
				ESAL	229624.1

Fuente : Elaboración propia

$ESAL_{Diseño}$	229,624.07

2.0 Conclusiones:

El tipo de Tráfico de acuerdo a la Norma Técnica CE.010:	Tráfico Medio
El IMDa obtenido, corresponde a una calle :	Vias Locales
El ESAL Diseño, para el tramo de estudio es:	2.30E+05

Anexo N°5. Resultados de los ensayos

UNMSM	INFORME DE ENSAYO DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001	Código	LAB_M_0002
		Versión	1
		Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			Cliente:	BRATTSON SUSANO, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			Lab. Encargado	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	Muestra:	M1	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	4/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			Fecha ensayo:	jueves, 3 de Abril de 2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					Pág	1 de 1

1. Datos

		Inicial	Granular
Recipiente No		A	A
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	13471	13471
Muestra seca	g	13471	13471



3. Analisis Granulometrico

TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)	PESO RETENIDO (total) (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	327	327	327.00	2.43%	2.43%	97.57%
3/4"	19	11995	11995	11995.00	89.06%	91.48%	8.52%
1/2"	12.7	1133	1133	1133.00	8.41%	99.90%	0.10%
3/8"	9.53	7	7	7.00	0.05%	99.95%	0.05%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	99.95%	0.05%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	99.95%	0.05%
Fondo	0	7	7	7.00	0.05%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	13469	13469	13469.00	100.00%		

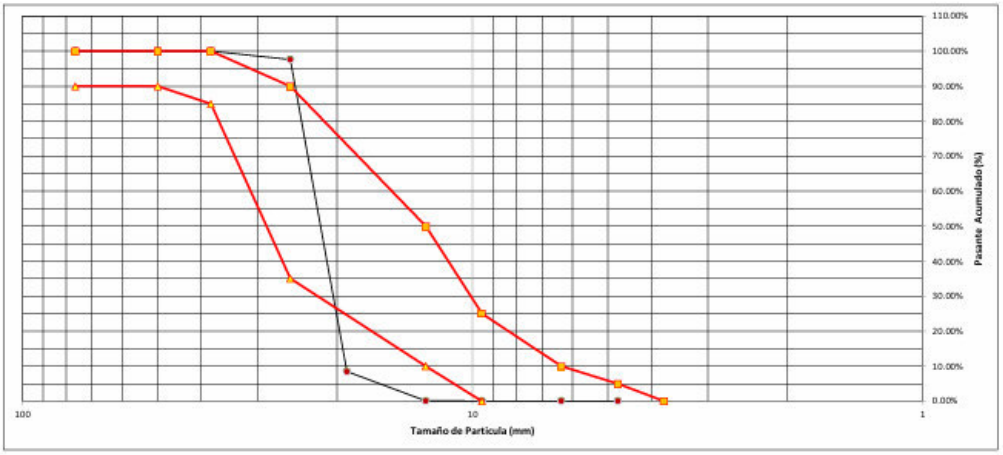
CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	13471.000
Muestra seca final (gr)	13469.000
% Correccion	0.01%

D10=	21.173
D30=	23.212
D60=	24.498

Cu=	1.157
Cc=	1.039

Gravas	99.95%
Arenas	0.05%

USCS	GRAVAS MAL GRADADO - GP



4. Observaciones

Realizado por:
Ing. Laboratorio

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM	INFORME DE ENSAYO DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001	Código	LAB_M_0002
		Versión	1
		Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	BRATTSON SUSANO, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M2	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	4/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	jueves, 3 de Abril de 2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág**	1 de 1

1. Datos

		Inicial	*Granular*
Recipiente No		A	A
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	13471	13471
Muestra seca	g	**14745**	**13471**



3. Analisis Granulometrico

TAMIZ	*DIAMETRO (mm)*	*PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)*	*PESO RETENIDO (total) (gr)*	*PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)*	*% RETENIDO*	*% RETENIDO ACUMULADO*	*% PASANTE ACUMULADO*
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	461	461	461.00	3.13%	3.13%	96.87%
3/4"	19	13083	13083	13083.00	88.74%	91.87%	8.13%
1/2"	12.7	1186	1186	1186.00	8.04%	99.91%	0.09%
3/8"	9.53	4	4	4.00	0.03%	99.94%	0.06%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	99.94%	0.06%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	99.94%	0.06%
Fondo	0	9	9	9.00	0.06%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	14743	14743	14743.00	100.00%		

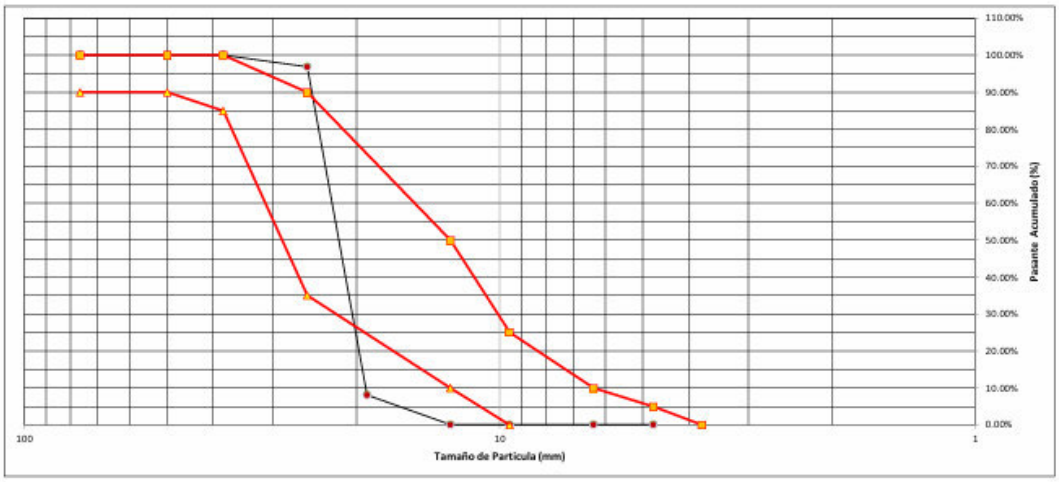
CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	13471.000
Muestra seca final (gr)	14743.000
% Correccion	-9.44%

D10=	21.281
D30=	23.274
D60=	24.531

Cu=	1.153
Cc=	1.038

Gravas	99.94%
Arenas	0.06%

USCS	*GRAVAS MAL GRADADO - GP*



4. Observaciones

Realizado por:
Ing. Laboratorio

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM	INFORME DE ENSAYO DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001	Código	LAB_M_0002
		Versión	1
		Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	BRATTSON SUSANO, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**		**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	4/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	jueves, 3 de Abril de 2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág**	1 de 1

1. Datos

		Inicial	*Granular*
Recipiente No		A	A
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	15005	15005
Muestra seca	g	**15005**	**15005**



3. Analisis Granulometrico

TAMIZ	*DIAMETRO (mm)*	*PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)*	*PESO RETENIDO (total) (gr)*	*PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)*	*% RETENIDO*	*% RETENIDO ACUMULADO*	*% PASANTE ACUMULADO*
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	255	255	255.00	1.70%	1.70%	98.30%
3/4"	19	13415	13415	13415.00	89.40%	91.10%	8.90%
1/2"	12.7	1326	1326	1326.00	8.84%	99.94%	0.06%
3/8"	9.53	0	0	0.00	0.00%	99.94%	0.06%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	99.94%	0.06%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	99.94%	0.06%
Fondo	0	9	9	9.00	0.06%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	15005	15005	15005.00	100.00%		

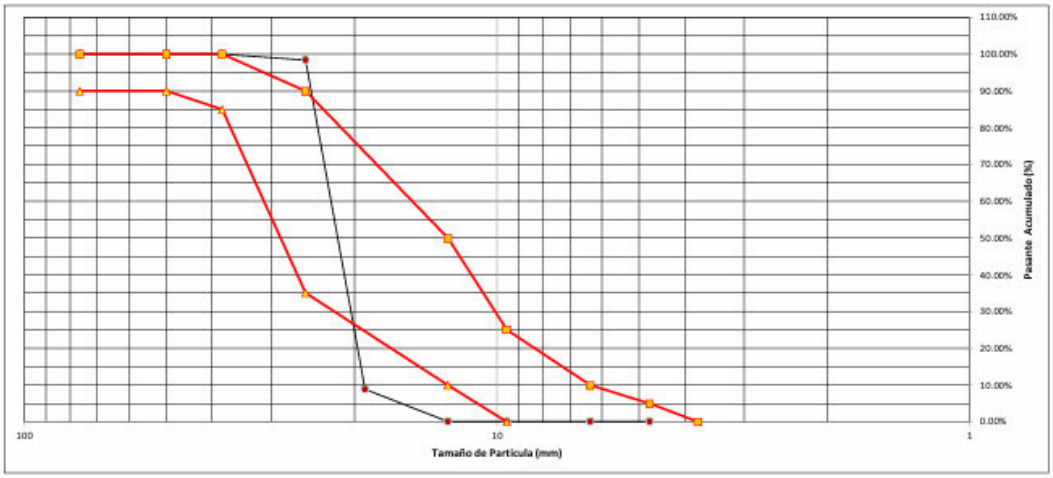
CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	15005.000
Muestra seca final (gr)	15005.000
% Correccion	0.00%

D10=	21.479
D30=	23.364
D60=	24.553

Cu=	1.143
Cc=	1.035

Gravas	99.94%
Arenas	0.06%

USCS	*GRAVAS MAL GRADADO - GP*



4. Observaciones

Realizado por:
Ing. Laboratorio

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM	INFORME DE ENSAYO DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001	Código	LAB_M_0002
		Versión	1
		Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE			Cliente:	BRATTSON SUSANA, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	HAULLAY, PASCO			Lab. Encargado	LAB MECANICA DE SUELOS		
Sondeo:		Muestra:	M1	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	14/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	14/04/2025			Fecha ensayo:	14/04/2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SEMIANGULOSAS, SEMIREDONDEADAS Y REDONDEADAS					Pág	1 de 1

1. Datos

		Inicial	Granular
Recipiente No			0
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	15213	15213
Muestra seca	g	15213	15213



3. Analisis Granulometrico

Muestra retenida en los tamices "SIN PESAR" >Tamiz N°100

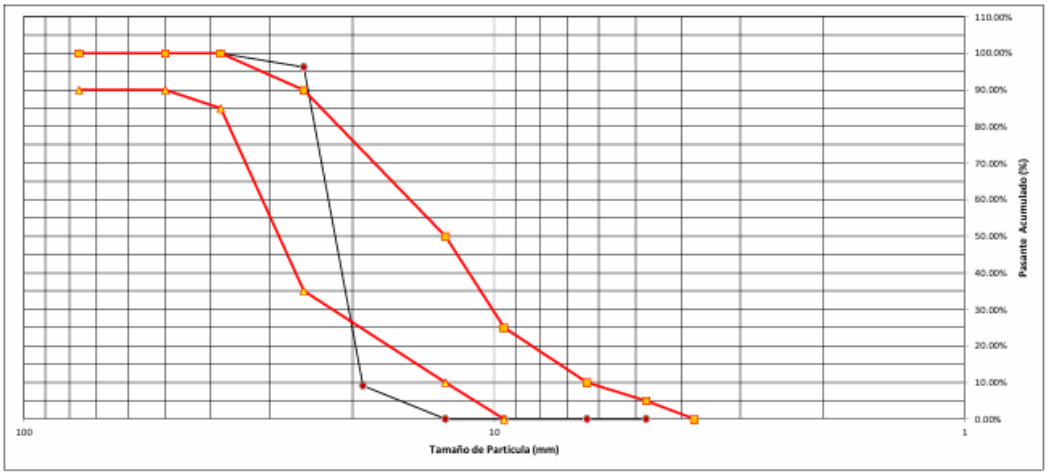
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)	PESO RETENIDO (total) (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	565	565	565.00	3.72%	3.72%	96.28%
3/4"	19	13250	13250	13250.00	87.15%	90.87%	9.13%
1/2"	12.7	1388	1388	1388.00	9.13%	100.00%	0.00%
3/8"	9.53	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Fondo	0	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	15203	15203	15203.00	100.00%		

CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	15213.000
Muestra seca final (gr)	15203.000
% Correccion	0.07%

D10=	-	Cu=	-
D30=	-	Cc=	-
D60=	-		

Gravas	100.00%
Arenas	0.00%

USCS	GRAVAS MAL GRADADO - GP



4. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Mgtr. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM

INFORME DE ENSAYO
DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS
ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001

Código	LAB_M_0002
Versión	1
Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE			Cliente:	BRATTSON SUSANA, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	HAULLAY, PASCO			Lab. Encargado	LAB MECANICA DE SUELOS		
Sondeo:		Muestra:	M2	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	14/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	14/04/2025			Fecha ensayo:	14/04/2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SEMIANGULOSAS, SEMIREDONDEADAS Y REDONDEADAS					Pág	1 de 1

1. Datos

		Inicial	Granular
Recipiente No			0
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	16237	16237
Muestra seca	g	16237	16237



3. Analisis Granulometrico

Muestra retenida en los tamices "SIN PESAR" >Tamiz N°100

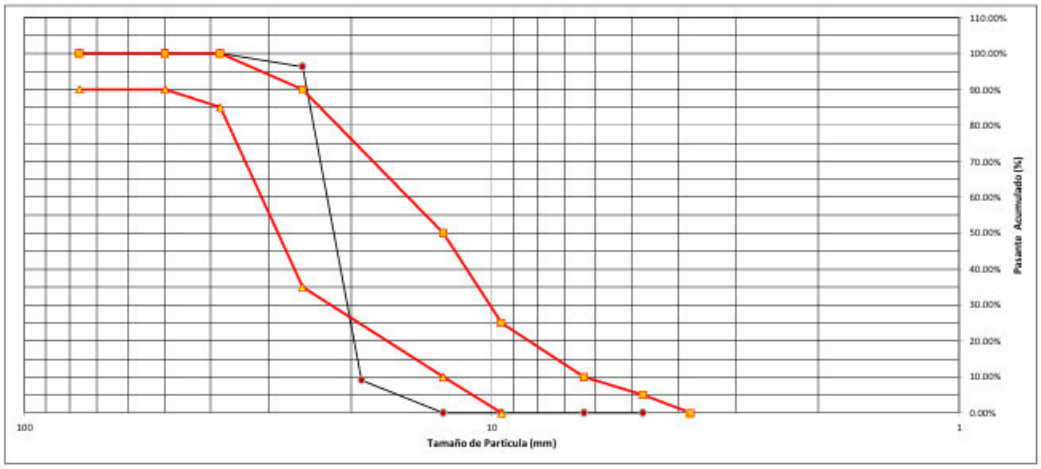
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)	PESO RETENIDO (total) (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	149	149	149.00	0.92%	0.92%	99.08%
3/4"	19	14297	14297	14297.00	88.10%	89.01%	10.99%
1/2"	12.7	1783	1783	1783.00	10.99%	100.00%	0.00%
3/8"	9.53	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Fondo	0	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
		0					
TOTAL	-	16229	16229	16229.00	100.00%		

CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	16237.000
Muestra seca final (gr)	16229.000
% Correccion	0.05%

D10=	-	Cu=	-
D30=	-	Cc=	-
D60=	-		

Gravas	100.00%
Arenas	0.00%

USCS	GRAVAS MAL GRADADO - GP



4. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA DE GEOLOGÍA, MINAS, METALURGIA Y GEOGRAFÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Mag. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM	INFORME DE ENSAYO DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001	Código	LAB_M_0002
		Versión	1
		Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE			Cliente:	BRATTSON SUSANA, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	HAULLAY, PASCO			Lab. Encargado	LAB MECANICA DE SUELOS		
Sondeo:		Muestra:	M3	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	14/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	14/04/2025			Fecha ensayo:	14/04/2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SEMIANGULOSAS, SEMIREDONDEADAS Y REDONDEADAS					Pág	1 de 1

1. Datos

		Inicial	Granular
Recipiente No			0
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	15286	15286
Muestra seca	g	15286	15286



3. Analisis Granulometrico

Muestra retenida en los tamices "SIN PESAR" >Tamiz N°100

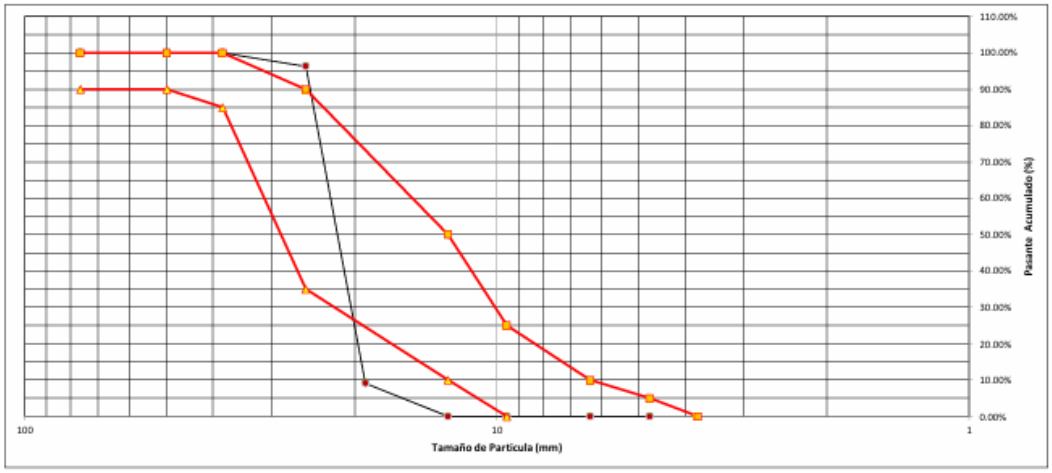
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)	PESO RETENIDO (total) (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	228	228	228.00	1.49%	1.49%	98.51%
3/4"	19	13517	13517	13517.00	88.57%	90.06%	9.94%
1/2"	12.7	1517	1517	1517.00	9.94%	100.00%	0.00%
3/8"	9.53	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Fondo	0	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	15262	15262	15262.00	100.00%		

CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	15286.000
Muestra seca final (gr)	15262.000
% Correccion	0.16%

D10=	-	Cu=	-
D30=	-	Cc=	-
D60=	-		

Gravas	100.00%
Arenas	0.00%

USCS	GRAVAS MAL GRADADO - GP



4. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM	INFORME DE ENSAYO DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001	Código	LAB_M_0002
		Versión	1
		Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE			Cliente:	BRATTSON SUSANA, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	HAULLAY, PASCO			Lab. Encargado	LAB MECANICA DE SUELOS		
Sondeo:		Muestra:	M4	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	14/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	14/04/2025			Fecha ensayo:	14/04/2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SEMIANGULOSAS, SEMIREDONDEADAS Y REDONDEADAS					Pág	1 de 1

1. Datos

		Inicial	Granular
Recipiente No			0
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	15286	15286
Muestra seca	g	15286	15286



3. Analisis Granulometrico

Muestra retenida en los tamices "SIN PESAR" >Tamiz N°100

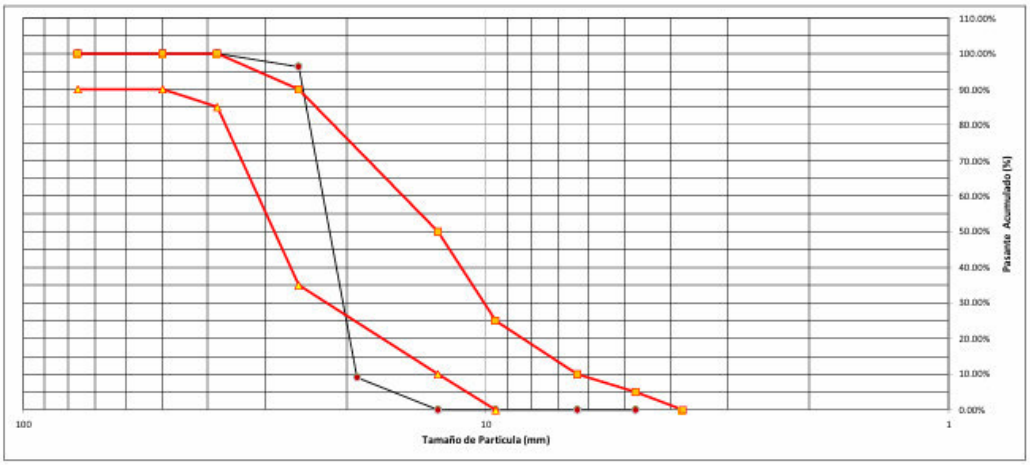
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)	PESO RETENIDO (total) (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	204	204	204.00	1.30%	1.30%	98.70%
3/4"	19	13950	13950	13950.00	88.81%	90.11%	9.89%
1/2"	12.7	1554	1554	1554.00	9.89%	100.00%	0.00%
3/8"	9.53	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Fondo	0	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	15708	15708	15708.00	100.00%		

CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	15286.000
Muestra seca final (gr)	15708.000
% Correccion	-2.76%

D10=	-	Cu=	-
D30=	-	Cc=	-
D60=	-		

Gravas	100.00%
Arenas	0.00%

USCS	GRAVAS MAL GRADADO - GP



4. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Mtro. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM	INFORME DE ENSAYO DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001	Código	LAB_M_0002
		Versión	1
		Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE			Cliente:	BRATTSON SUSANA, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	HAULLAY, PASCO			Lab. Encargado	LAB MECANICA DE SUELOS		
Sondeo:		Muestra:	M5	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	14/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	14/04/2025			Fecha ensayo:	14/04/2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SEMIANGULOSAS, SEMIREDONDEADAS Y REDONDEADAS					Pág	1 de 1

1. Datos

		Inicial	Granular
Recipiente No			0
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	15457	15457
Muestra seca	g	15457	15457



3. Analisis Granulometrico — Muestra retenida en los tamices "SIN PESAR" >Tamiz N°100

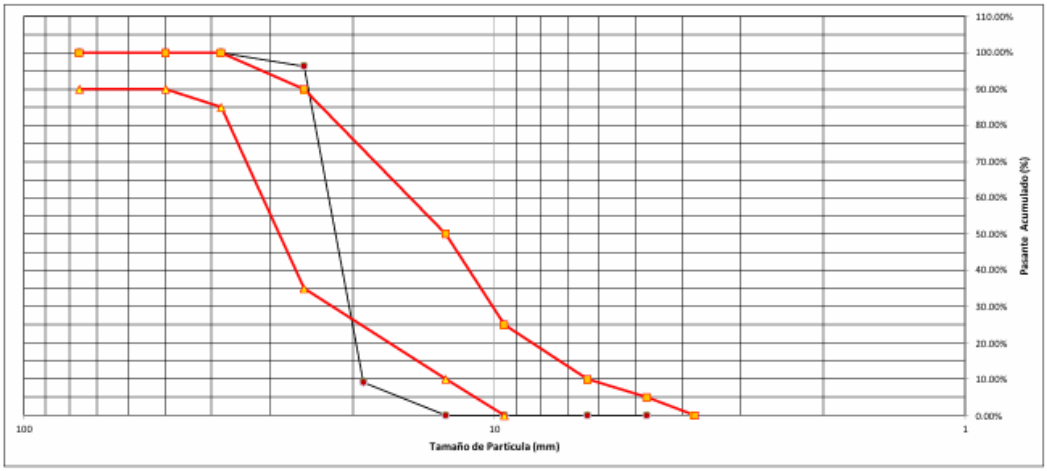
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)	PESO RETENIDO (total) (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	185	185	185.00	1.20%	1.20%	98.80%
3/4"	19	13724	13724	13724.00	88.85%	90.05%	9.95%
1/2"	12.7	1537	1537	1537.00	9.95%	100.00%	0.00%
3/8"	9.53	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Fondo	0	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	15446	15446	15446.00	100.00%		

CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	15457.000
Muestra seca final (gr)	15446.000
% Correccion	0.07%

D10=	-	Cu=	-
D30=	-	Cc=	-
D60=	-		

Gravas	100.00%
Arenas	0.00%

USCS	GRAVAS MAL GRADADO - GP



4. Observaciones

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

INFORME DE ENSAYO
DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS
ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001

Código	LAB_M_0002
Versión	1
Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE			Cliente:	BRATTSON SUSANA, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	HAULLAY, PASCO			Lab. Encargado	LAB MECANICA DE SUELOS		
Sondeo:		Muestra:	M6	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	14/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	14/04/2025			Fecha ensayo:	14/04/2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SEMIANGULOSAS, SEMIREDONDEADAS Y REDONDEADAS					Pág	1 de 1

1. Datos

		Inicial	Granular
Recipiente No			0
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	16320	16320
Muestra seca	g	16320	16320



3. Analisis Granulometrico — Muestra retenida en los tamices "SIN PESAR" >Tamiz N°100

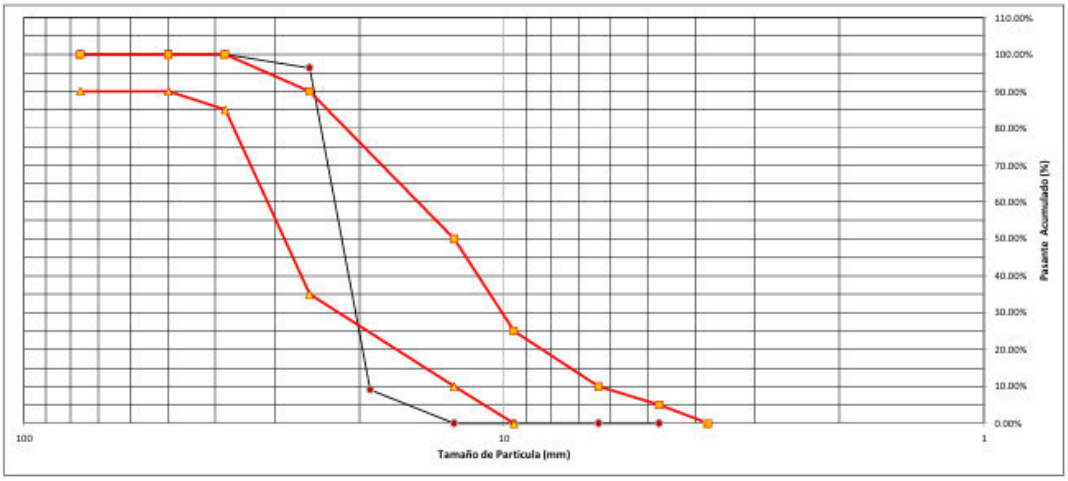
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)	PESO RETENIDO (total) (gr)	PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	275	275	275.00	1.69%	1.69%	98.31%
3/4"	19	14327	14327	14327.00	87.82%	89.51%	10.49%
1/2"	12.7	1712	1712	1712.00	10.49%	100.00%	0.00%
3/8"	9.53	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
1/4"	6.35	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
Fondo	0	0	0	0.00	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	16314	16314	16314.00	100.00%		

CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	16320.000
Muestra seca final (gr)	16314.000
% Correccion	0.04%

D10=	-	Cu=	-
D30=	-	Cc=	-
D60=	-		

Gravas	100.00%
Arenas	0.00%

USCS	GRAVAS MAL GRADADO - GP



4. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM	INFORME DE ENSAYO DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS ASTM C136/C136M - NTP 400.012:2001	Código	LAB_M_0002
		Versión	1
		Fecha	7/08/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	BRATTSON SUSANO, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	30/05/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	28/05/2025			**Fecha ensayo:**	jueves, 29 de Mayo de 2025		
Descripción	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág**	1 de 1

1. Datos

		Inicial	*Granular*
Recipiente No		A	A
Peso del Recipiente	g	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	25000	25000
Muestra seca	g	**25000**	**25000**

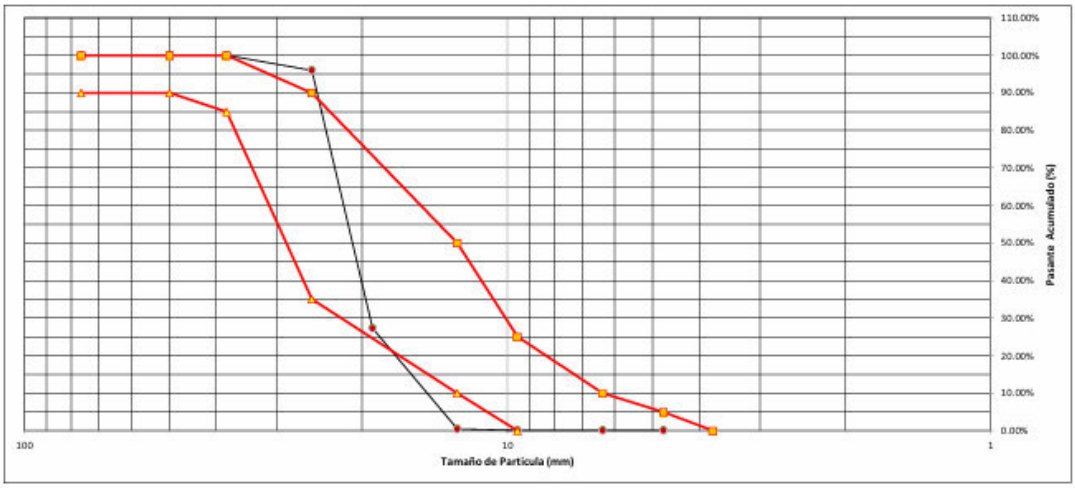


3. Analisis Granulometrico

TAMIZ	*DIAMETRO (mm)*	*PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)*	*PESO RETENIDO (total) (gr)*	*PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)*	*% RETENIDO*	*% RETENIDO ACUMULADO*	*% PASANTE ACUMULADO*
3"	76.2	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	1010	1010	1010.00	4.04%	4.04%	95.96%
3/4"	19	17155	17155	17155.00	68.62%	72.66%	27.34%
1/2"	12.7	6717	6717	6717.00	26.87%	99.53%	0.47%
3/8"	9.53	90	90	90.00	0.36%	99.89%	0.11%
1/4"	6.35	3	3	3.00	0.01%	99.90%	0.10%
No. 4	4.75	0	0	0.00	0.00%	99.90%	0.10%
Fondo	0	24	24	24.00	0.10%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	24999	24999	24999.00	100.00%		

CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	25000.000
Muestra seca final (gr)	24999.000
% Correccion	0.00%

Gravas	99.90%
Arenas	0.10%



4. Observaciones

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio
Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM

INFORME DE ENSAYO
DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS
ASTM C136 - NTP 400.012

Código	LAB_S_0002
Versión	1
Fecha	8/7/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	BRATTSON SUSANO, JESÚS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	6/6/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	3/6/2025			**Fecha ensayo:**	Thursday, June 5, 2025		
Descripción	ARENA GRUESA DE COLOR AMARILLO GRISACEO					**Pág**	1 de 1

1. Datos

		Inicial	*Granular*	*Fino*
Recipiente No		1	1	1
Peso del Recipiente	g	0	0	0
Recipiente + Muestra seca	g	10000	10000	0
Muestra seca	g	**10000**	**10000**	**0**

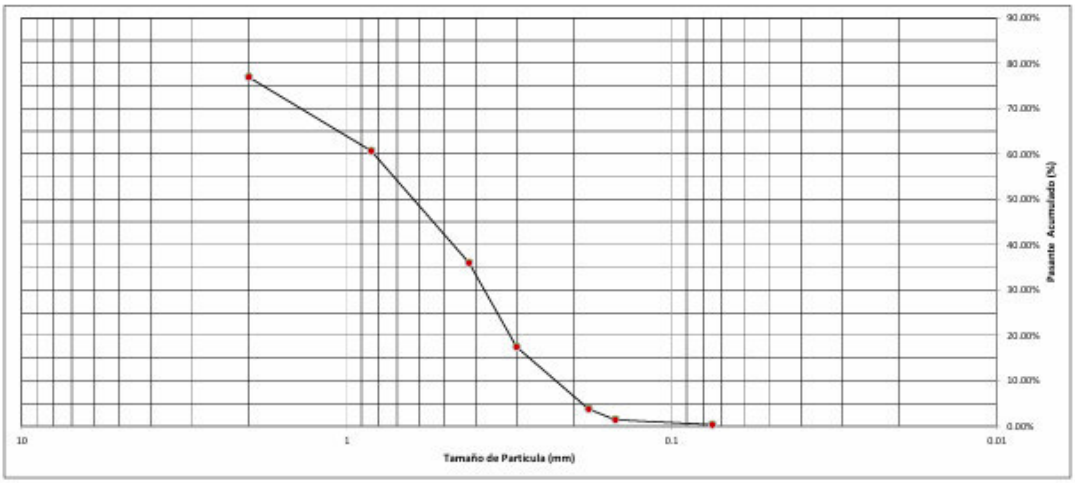


3. Analisis Granulometrico

TAMIZ	*DIAMETRO (mm)*	*PESO RETENIDO (tamizaje) (gr)*	*PESO RETENIDO (total) (gr)*	*PESO RETENIDO CORREGIDO (gr)*	*% RETENIDO*	*% RETENIDO ACUMULADO*	*% PASANTE ACUMULADO*
No. 4	4.75	540.11	540.1080216	540.11	5.40%	5.40%	94.60%
No. 8	2.36	1530.31	1530.306061	1530.31	15.30%	20.70%	79.30%
No. 10	2	240.05	240.0480096	240.05	2.40%	23.10%	76.90%
No. 20	0.84	1624.32	1624.324865	1624.32	16.24%	39.35%	60.65%
No. 40	0.42	2468.49	2468.493699	2468.49	24.68%	64.03%	35.97%
No. 50	0.30	1850.37	1850.370074	1850.37	18.50%	82.54%	17.46%
No. 80	0.18	1370.27	1370.274055	1370.27	13.70%	96.24%	3.76%
No. 100	0.149	236.05	236.0472094	236.05	2.36%	98.60%	1.40%
No. 200	0.075	108.02	108.0216043	108.02	1.08%	99.68%	0.32%
Fondo	0	32.01	32.00640128	32.01	0.32%	100.00%	0.00%
TOTAL	-	**10000**	**10000**	**10000.00**	**100.00%**		

CORRECCIÓN DEL TAMIZADO	
Muestra seca inicial (gr)	10000.000
Muestra seca final (gr)	10000.000
% Correccion	0.00%

Arenas	94.60%
Pasa Tamiz No. 200	0.32%



4. Observaciones

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO ASTM D 2216 - NTP 339.127	Código	LAB_M_0001
		Versión	1
		Fecha	3/04/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1-5	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe**	
Fecha d extracción de la muestra:	martes, 1 de Abril de 2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº	1	2	3	4	5
Metodo	B	B	B	B	B
Material	GP	GP	GP	GP	GP
Perforación / Muestra	CANT./M1	CANT./M2	CANT./M3	CANT./M4	CANT./M5
Profundidad (m)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Recipiente Nº	5	1	4	6	G3
Masa Recipiente Wr (g)	389	395	397	366	368
Wm + Wr (g)	9047	9007	8962	9913	8280
Ws + Wr (g)	9009	8965	8920	9870	8244
Wn (%)	0.44	0.49	0.49	0.45	0.46

Observaciones

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio
Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO ASTM D 2216 - NTP 339.127	Código	LAB_M_0001
		Versión	1
		Fecha	3/04/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1-5	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe**	##########
Fecha d extracción de la muestra:	martes, 1 de Abril de 2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº	1	2	3	4	5	6
Metodo	B	B	B	B	B	B
Material	GP	GP	GP	GP	GP	GP
Perforación / Muestra	CANT./M1	CANT./M2	CANT./M3	CANT./M4	CANT./M5	CANT./M6
Profundidad (m)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Recipiente Nº	5	1	4	6	G3	G3
Masa Recipiente Wr (g)	0	0	0	0	0	0
Wm + Wr (g)	2008	2003	2002	1999	1999	1994
Ws + Wr (g)	2001	1995	1995	1996	1915	1991
Wn (%)	0.35	0.40	0.35	0.15	4.39	0.15



Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO ASTM D 2216 - NTP 339.127	Código	LAB_M_0001
		Versión	1
		Fecha	3/04/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1-5	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe**	23/04/2025
Fecha d extracción de la muestra:	martes, 1 de Abril de 2025			**Fecha ensayo:**	22/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº	1	2
Metodo	B	B
Material	GP	GP
Perforación / Muestra	CANT./M1	CANT./M2
Profundidad (m)	N/A	N/A
Recipiente Nº	1	2
Masa Recipiente Wr (g)	0	0
Wm + Wr (g)	5000	5003
Ws + Wr (g)	4978	4980
Wn (%)	0.44	0.46

Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Universidad del Perú. Decana de América.	INFORME DE ENSAYO CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO ASTM D 2216 - NTP 339.127	Código	LAB_M_0001
		Versión	1
		Fecha	3/04/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1-5	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe**	30/05/2025
Fecha d extracción de la muestra:	miércoles, 28 de Mayo de 2025			**Fecha ensayo:**	30/05/2025		
Descripción:	GRAVAS, ARENA PARA DISEÑO DE MEZCLA					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº	1	2
Metodo	B	B
Material	G	S
Perforación / Muestra	CANT./M1	CANT./M2
Profundidad (m)	N/A	N/A
Recipiente Nº	1	2
Masa Recipiente Wr (g)	0	0
Wm + Wr (g)	2500	500
Ws + Wr (g)	2491	499
Wn (%)	0.36	0.20





Observaciones

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio
Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO ASTM D 2216 - NTP 339.127	Código	LAB_M_0001
		Versión	1
		Fecha	4/3/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe**	6/6/2025
Fecha de extracción de la muestra:	Tuesday, June 3, 2025			**Fecha ensayo:**	6/5/2025		
Descripción:	ARENA GRUESA PARA DISEÑO DE MEZCLA					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº	**1**
Metodo	B
Material	G
Perforación / Muestra	CANT./M1
Profundidad (m)	N/A
Recipiente Nº	1
Masa Recipiente Wr (g)	0
Wm + Wr (g)	500
Ws + Wr (g)	493
Wn (%)	1.42





Observaciones

Realizado por:
Ing. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio
Mcs. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025	**% Abs.**	**2%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	723		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	8428		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	8552		

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio
Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.

Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	2	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025	**% Abs.**	**2%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	2			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	691		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	9257		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	9386		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			Cliente:	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			Lab. Encargado:	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	Muestra:	3	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			Fecha ensayo:	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					Pág.	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	D/M/A	3/04/2025	% Abs.	2%
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	3			
Profundidad	m	N/A		
Temperatura	°C	26		
Factor de correcion K	0.9986			
Peso Recipiente	gr	693		
Peso Recipiente + Muestra Seca	gr	9755		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	gr	9894		



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

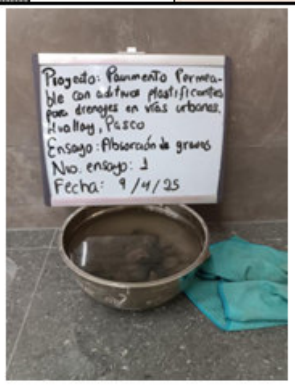
Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	9/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025	**% Abs.**	**0.10%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	2004		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	2006		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	2	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	9/04/2025	**% Abs.**	**0.45%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	1998		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	2007		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

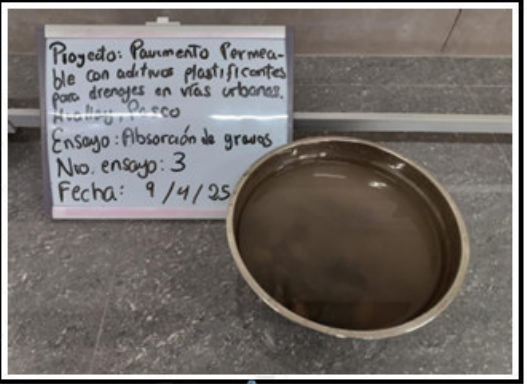
Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	3	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	9/04/2025	**% Abs.**	**0.30%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	1998		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	2004		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	4	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	9/04/2025	**% Abs.**	**0.40%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	2002		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	2010		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	5	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	9/04/2025	**% Abs.**	**0.40%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	2013		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	2021		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	3/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	9/04/2025	**% Abs.**	**0.40%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	2006		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	2014		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	2	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	23/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	23/04/2025	**% Abs.**	**0.8%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	23		
Factor de correcion K	**0.9993**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	9148		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	9217		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE GRAVAS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	30/05/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	28/05/2025			**Fecha ensayo:**	29/05/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025	**% Abs.**	**1.96%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	625		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	3116		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	3165		



Realizado por: **Ing. Asist. Laboratorio**

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por: **Representante de Laboratorio**

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.

Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO ABSORCIÓN DE AGREGADO FINOS ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	3/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	6/6/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	3/6/2025			**Fecha ensayo:**	5/6/2025		
Descripción:	ARENA GRUESA DE COLOR AMARILLO GRISACEO					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	5/6/2025	**% Abs.**	**1.9%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	20		
Factor de correcion K	**1**			
Peso Recipiente	**gr**	125		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	358		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	**gr**	362.5		



Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de Laboratorio
Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_S_0006
		Versión	1
		Fecha	7/8/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	3/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	jueves, 3 de Abril de 2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025
Perforacion No	CANTERA	
Muestra No	M1	
Profundidad	m	N/A
Temperatura	°C	26
Factor de correcion K	**0.9986**	
Peso Molde	gr	9416
Vol. Suelto	cm^3	2739.08
Vol. Mín	cm^3	2562.36
Vol. Máx	cm^3	2297.29
Peso Molde + Muestra	gr	13807
Densidad Grava	gr/cm^3	2.34
Densidad Mín	gr/cm^3	1.60
Densidad Muestra	gr/cm^3	1.71
Densidad Máx	gr/cm^3	1.91

DR	**36%**

Compactación baja (suelo suelto, adecuado para ciertas aplicaciones)



Realizado por:
Ing. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio
Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	7/8/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M5	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	martes, 15 de Abril de 2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025	**DR**	**30%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	M5			
Profundidad	m	N/A		
Temperatura	°C	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Molde	gr	9416		
Vol. Suelto	cm^3	2739.08		
Vol. Mín	cm^3	2584.45		
Vol. Máx	cm^3	2290.22		
Peso Molde + Muestra	gr	13807		
Densidad Grava	gr/cm^3	2.34		
Densidad Mín	gr/cm^3	1.60		
Densidad Muestra	gr/cm^3	1.70		
Densidad Máx	gr/cm^3	1.92		



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	7/8/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M6	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	martes, 15 de Abril de 2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025	**DR**	**28%**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	M6			
Profundidad	m	N/A		
Temperatura	°C	23		
Factor de correcion K	**0.9993**			
Peso Molde	gr	9416		
Vol. Suelto	cm^3	2739.08		
Vol. Mín	cm^3	2597.70		
Vol. Máx	cm^3	2297.29		
Peso Molde + Muestra	gr	13807		
Densidad Grava	gr/cm^3	2.34		
Densidad Mín	gr/cm^3	1.60		
Densidad Muestra	gr/cm^3	1.69		
Densidad Máx	gr/cm^3	1.91		



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	7/8/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M7	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	martes, 15 de Abril de 2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025
Perforacion No	CANTERA	
Muestra No	M6	
Profundidad	m	N/A
Temperatura	°C	23
Factor de correcion K	**0.9993**	
Peso Molde	gr	9416
Vol. Suelto	cm^3	2739.08
Vol. Mín	cm^3	2599.47
Vol. Máx	cm^3	2314.96
Peso Molde + Muestra	gr	13807
Densidad Grava	gr/cm^3	2.34
Densidad Mín	gr/cm^3	1.60
Densidad Muestra	gr/cm^3	1.69
Densidad Máx	gr/cm^3	1.90

DR **29%**



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	7/8/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M8	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	martes, 15 de Abril de 2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025
Perforacion No	CANTERA	
Muestra No	M6	
Profundidad	m	N/A
Temperatura	°C	23
Factor de correcion K	**0.9993**	
Peso Molde	gr	9416
Vol. Suelto	cm^3	2739.08
Vol. Mín	cm^3	2599.47
Vol. Máx	cm^3	2288.45
Peso Molde + Muestra	gr	13807
Densidad Grava	gr/cm^3	2.34
Densidad Mín	gr/cm^3	1.60
Densidad Muestra	gr/cm^3	1.69
Densidad Máx	gr/cm^3	1.92

DR	**27%**



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	7/8/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M9	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	martes, 15 de Abril de 2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025
Perforacion No	CANTERA	
Muestra No	M6	
Profundidad	m	N/A
Temperatura	°C	23
Factor de correcion K	**0.9993**	
Peso Molde	gr	9416
Vol. Suelto	cm^3	2739.08
Vol. Mín	cm^3	2594.17
Vol. Máx	cm^3	2314.96
Peso Molde + Muestra	gr	13807
Densidad Grava	gr/cm^3	2.34
Densidad Mín	gr/cm^3	1.60
Densidad Muestra	gr/cm^3	1.69
Densidad Máx	gr/cm^3	1.90

DR	**30%**



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	7/8/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC - UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M10	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	31/03/2025			**Fecha ensayo:**	martes, 15 de Abril de 2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	3/04/2025
Perforacion No	CANTERA	
Muestra No	M6	
Profundidad	m	N/A
Temperatura	°C	23
Factor de correcion K	**0.9993**	
Peso Molde	gr	9416
Vol. Suelto	cm^3	2739.08
Vol. Mín	cm^3	2562.36
Vol. Máx	cm^3	2297.29
Peso Molde + Muestra	gr	13807
Densidad Grava	gr/cm^3	2.34
Densidad Mín	gr/cm^3	1.60
Densidad Muestra	gr/cm^3	1.71
Densidad Máx	gr/cm^3	1.91

DR	**36%**



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO GRUESOS MÉTODO DE PESO Y MEDIDA	Código	LAB_M_0015
		Versión	1
		Fecha	12/10/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:		**Muestra:**		**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	30/05/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	28/05/2025			**Fecha ensayo:**	29/05/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, DE COLORES VARIADOS					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº Recipiente	A	
Peso del recipiente	0.0	g
Muesstra húmeda + Peso del recipiente	2500.0	g
Muestra seca + Peso del recipiente	2491.0	g
Hum. Natural ω_n	0.36%	%
Peso de molde, Wm:	9417.0	g
Peso muestra húmeda + Molde, Wm+Wmol:	13862.0	g
Diámetro del anillo de corte,D	152.0	mm
Altura del anillo de corte,h	150.0	mm
Peso de la muestra húmeda, Wmh	4445.0	g
Volumen de la muestra húmeda,Vmh	2721.9	cm^3
Peso unitario, ρ	1.63	g/cm^3
Peso unitario seco, rd	1.63	g/cm^3



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de labotorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Universidad del Perú. Decana de América.	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO GRUESOS MÉTODO DE PESO Y MEDIDA	Código	LAB_M_0015
		Versión	1
		Fecha	12/10/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:		**Muestra:**		**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	30/05/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	28/05/2025			**Fecha ensayo:**	29/05/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, DE COLORES VARIADOS					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº Recipiente	A	
Peso del recipiente	0.0	g
Muesstra húmeda + Peso del recipiente	2500.0	g
Muestra seca + Peso del recipiente	2491.0	g
Hum. Natural ω_n	0.36%	%
Peso de molde, Wm:	9417.0	g
Peso muestra húmeda + Molde, Wm+Wmol:	13688.0	g
Diámetro del anillo de corte,D	152.0	mm
Altura del anillo de corte,h	154.0	mm
Peso de la muestra húmeda, Wmh	4271.0	g
Volumen de la muestra húmeda,Vmh	2794.5	cm^3
Peso unitario, ρ	1.53	g/cm^3
Peso unitario seco, rd	1.53	g/cm^3



Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de labotorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Universidad del Perú. Decana de América.	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINOS MÉTODO DE PESO Y MEDIDA	Código	LAB_M_0016
		Versión	1
		Fecha	10/12/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	6/6/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	3/6/2025			**Fecha ensayo:**	5/6/2025		
Descripción:	ARENA GRUESA COLOR AMARILLO GRISACEO					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº Recipiente	A	
Peso del recipiente	0.0	g
Muesstra húmeda + Peso del recipiente	500.0	g
Muestra seca + Peso del recipiente	493.0	g
Hum. Natural ω_n	1.42%	%
Peso de molde, Wm:	9417.0	g
Peso muestra húmeda + Molde, Wm+Wmol:	13758.0	g
Diámetro del anillo de corte,D	152.0	mm
Altura del anillo de corte,h	140.2	mm
Peso de la muestra húmeda, Wmh	4341.0	g
Volumen de la muestra húmeda,Vmh	2544.0	cm^3
Peso unitario, ρ	1.71	g/cm^3
Peso unitario seco, rd	1.71	g/cm^3



Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de labotorio
Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Universidad del Perú. Decana de América.	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINOS MÉTODO DE PESO Y MEDIDA	Código	LAB_M_0016
		Versión	1
		Fecha	10/12/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	CANTERA	**Muestra:**	M1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	6/6/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	3/6/2025			**Fecha ensayo:**	5/6/2025		
Descripción:	ARENA GRUESA DE COLOR AMARILLO GRISACEO					**Pág.**	1 de 1

PARÁMETROS DEL ENSAYO

Nº Recipiente	A	
Peso del recipiente	0.0	g
Muesstra húmeda + Peso del recipiente	500.0	g
Muestra seca + Peso del recipiente	493.0	g
Hum. Natural ω_n (No aplica, ya se esta trabajando con peso seco)	1.42%	%
Peso de molde, Wm:	9417.0	g
Peso muestra húmeda + Molde, Wm+Wmol:	13758.0	g
Diámetro del anillo de corte,D	152.0	mm
Altura del anillo de corte,h	154.0	mm
Peso de la muestra húmeda, Wmh	4341.0	g
Volumen de la muestra húmeda,Vmh	2794.5	cm^3
Peso unitario, ρ	1.55	g/cm^3
Peso unitario seco, rd	1.55	g/cm^3



Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio
ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de labotorio
Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y SUBREDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025	**Gs**	**2.62**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	1006		
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1867		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	5098		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**5720**		



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

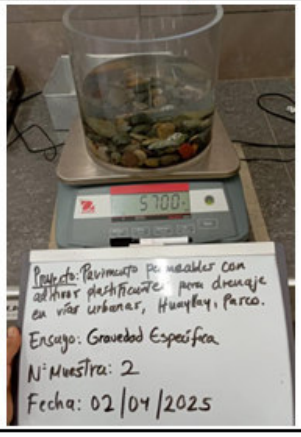
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			Cliente:	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			Lab. Encargado:	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	Muestra:	2	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			Fecha ensayo:	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					Pág.	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	D/M/A	2/04/2025	Gs	2.75
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	2			
Profundidad	m	N/A		
Temperatura	°C	26		
Factor de correcion K	0.9986			
Peso Recipiente	gr	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	gr	1010		
Peso Matraz 500 ml	gr	1868		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	gr	5057		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	gr	5700		



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.

Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

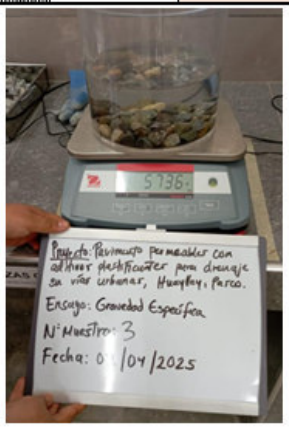
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	7/8/2023

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	3	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025	**Gs**	**2.83**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	3			
Profundidad	**m**			
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	997		
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1868		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	5091		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**5736**		



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Mag. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

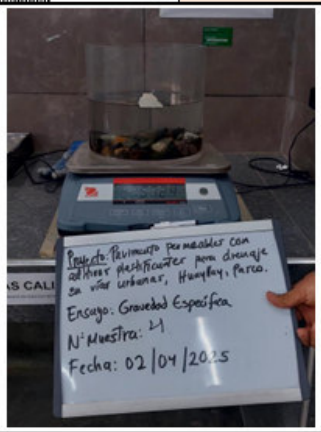
Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	4	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y REDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025	**Gs**	**2.75**
Perforacion No	Cantera			
Muestra No				
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	26		
Factor de correcion K	**0.9986**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	1005		
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1867		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	5084		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacios). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**5724**		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
NIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Mse. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	5	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y SUBREDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025	**Gs**	**2.67**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	M5			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	23		
Factor de correcion K	**0.9993**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	998		
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1868		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	5055		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**5680**		



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	6	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y SUBREDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025	**Gs**	**2.64**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	M6			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	23		
Factor de correcion K	**0.9993**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	1002		
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1868		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	3266		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**3889**		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

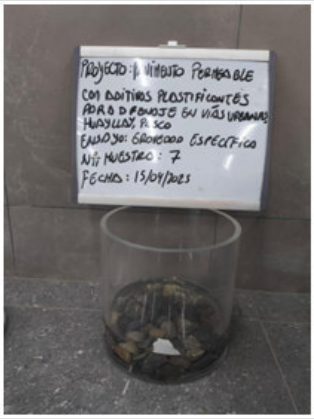
UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	7	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y SUBREDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025
Perforacion No	CANTERA	
Muestra No	M7	
Profundidad	**m**	N/A
Temperatura	**°C**	23
Factor de correcion K	**0.9993**	
Peso Recipiente	**gr**	0
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	998
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1868
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	3194
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**3841**

Gs	**2.84**



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	**INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131**	**Código**	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	8	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y SUBREDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025	**Gs**	**2.68**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	M8			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	23		
Factor de correcion K	**0.9993**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	1004		
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1868		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	3160		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**3789**		

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

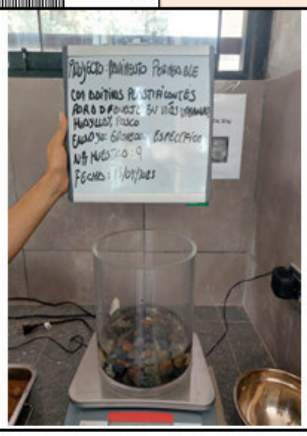
UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	9	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y SUBREDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025
Perforacion No	CANTERA	
Muestra No	M9	
Profundidad	**m**	N/A
Temperatura	**°C**	26
Factor de correcion K	**0.9986**	
Peso Recipiente	**gr**	0
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	995
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1868
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	3204
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**3820**

Gs	**2.62**



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

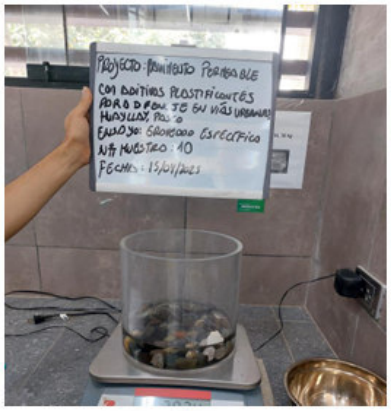
UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM D854 - NTP 339.131	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	10	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	16/04/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	1/04/2025			**Fecha ensayo:**	2/04/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y SUBREDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	2/04/2025
Perforacion No	CANTERA	
Muestra No	M10	
Profundidad	**m**	N/A
Temperatura	**°C**	23
Factor de correcion K	**0.9993**	
Peso Recipiente	**gr**	0
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	999
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1868
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	3161
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**3798**

Gs	**2.76**



ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

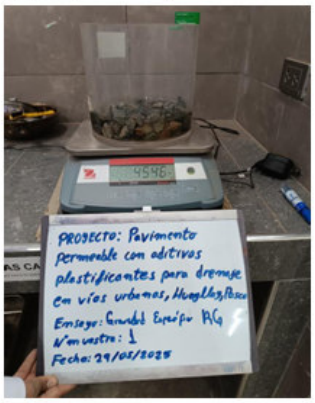
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	28/05/2025			**Fecha ensayo:**	29/05/2025		
Descripción:	GRAVAS ANGULOSAS, SUBANGULOSAS, SUBREDONDEADAS Y SUBREDONDEADAS.					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	29/05/2025	**Gs**	**2.71**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	19		
Factor de correcion K	**1.0002**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	2035		
Peso Matraz 500 ml	**gr**	1228		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	3263		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**4546**		



Realizado por:
Ing. Laboratorio

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

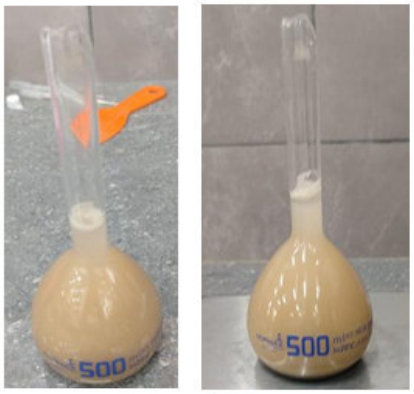
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

UNMSM Universidad Nacional Mayor de San Marcos	INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA ASTM C127 - NTP 400.021	Código	LAB_M_0006
		Versión	1
		Fecha	2/4/2025

Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	Brattson Susano, Jesus de la Vega		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado:**	EPIC UNMSM		
Sondeo:	Cantera	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	
Fecha de extraccion de la muestra:	3/6/2025			**Fecha ensayo:**	5/6/2025		
Descripción:	ARENA GRUESA DE COLOR AMARILLO GRISACÉO					**Pág.**	1 de 1

1. Toma de datos

Fecha de realización	**D/M/A**	5/6/2025	**Gs**	**2.70**
Perforacion No	CANTERA			
Muestra No	1			
Profundidad	**m**	N/A		
Temperatura	**°C**	20		
Factor de correcion K	**1**			
Peso Recipiente	**gr**	0		
Peso Recipiente + Muestra Seca	**gr**	100		
Peso Matraz 500 ml	**gr**	167.36		
Peso agua destilada + Peso Matraz 500 ml	**gr**	665		
Peso general después de agitar el matraz (Retiro de vacíos). (Muestra seca + Agua destilada + Matraz)	**gr**	**728**		



Realizado por:
Ing. Laboratorio

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Jefe de Laboratorio

Msc. YVAN HUARICALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
labmecasuelos@unmsm.edu.pe

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO* : PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO

SOLICITANTE* : JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ

CONTACTO* : NO INDICA

UBICACIÓN* : LIMA - PERÚ

CÓDIGO DE LA MUESTRA : GEO-001-582

FECHA DE MUESTREO* : 05/05/2025

FECHA DE RECEPCIÓN : 05/05/2025

FECHA DE EJECUCIÓN : 12/05/2025

FECHA DE EMISIÓN : 12/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilíndricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : Sin aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Días)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-001-582-001	01	05/05/2025	12/05/2025	7	200.35	101.15	59.4	1.00	Tipo 4	7.4	75.3
GEO-001-582-002	02	05/05/2025	12/05/2025	7	201.00	101.40	58.0	1.00	Tipo 2	7.2	73.2
									Promedio	**7.3**	**74.3**

(1)



(2)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo

Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.

Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.

Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.

Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO* : PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO

SOLICITANTE* : JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ

CONTACTO* : NO INDICA

UBICACIÓN* : LIMA - PERÚ

CÓDIGO DE LA MUESTRA : GEO-002-582

FECHA DE MUESTREO* : 05/05/2025

FECHA DE RECEPCIÓN : 05/05/2025

FECHA DE EJECUCIÓN : 12/05/2025

FECHA DE EMISIÓN : 12/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilindricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : 0.5 % de aditivo

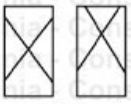
Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-002-582-001	01	05/05/2025	12/05/2025	7	204.00	101.00	63.0	1.00	Tipo 4	7.9	80.2
GEO-002-582-002	02	05/05/2025	12/05/2025	7	204.30	99.65	60.4	1.00	Tipo 4	7.7	79.0
									Promedio	**7.8**	**79.6**

(1)

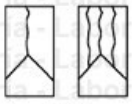


(2)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.



Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo



Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.



Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.



Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Díaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO* : PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO

SOLICITANTE* : JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ

CONTACTO* : NO INDICA

UBICACIÓN* : LIMA - PERÚ

CÓDIGO DE LA MUESTRA : GEO-003-582

FECHA DE MUESTREO* : 05/05/2025

FECHA DE RECEPCIÓN : 05/05/2025

FECHA DE EJECUCIÓN : 12/05/2025

FECHA DE EMISIÓN : 12/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilindricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : 1.0 % de aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-003-582-001	01	05/05/2025	12/05/2025	7	205.00	99.65	63.2	1.00	Tipo 4	8.1	82.6
GEO-003-582-002	02	05/05/2025	12/05/2025	7	204.15	100.05	67.3	1.00	Tipo 4	8.6	87.3
									Promedio	**8.3**	**85.0**

(1)



(2)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que fundonan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo

Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.

Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.

Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.

Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 05/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 05/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 19/05/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-004-582	FECHA DE EMISIÓN	: 19/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilíndricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : Sin aditivo

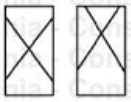
Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-004-582-001	03	05/05/2025	19/05/2025	14	199.65	102.15	76.4	1.00	Tipo 4	9.3	95.0
GEO-004-582-002	04	05/05/2025	19/05/2025	14	199.90	101.30	75.6	1.00	Tipo 4	9.4	95.7
									Promedio	**9.4**	**95.4**

(3)

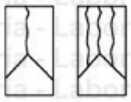


(4)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.



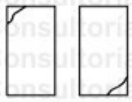
Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo



Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.



Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.



Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 05/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 05/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 19/05/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-005-582	FECHA DE EMISIÓN	: 19/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilíndricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : 0.5 % de aditivo

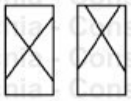
Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-005-582-001	03	05/05/2025	19/05/2025	14	201.10	100.65	78.6	1.00	Tipo 4	9.9	100.7
GEO-005-582-002	04	05/05/2025	19/05/2025	14	200.40	101.40	83.2	1.00	Tipo 4	10.3	105.0
									Promedio	**10.1**	**102.9**

(3)

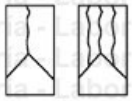


(4)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.



Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo



Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.



Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.



Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Díaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO* : PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA. HUAYLLAY PASCO
SOLICITANTE* : JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ
CONTACTO* : NO INDICA
UBICACIÓN* : LIMA - PERÚ
CÓDIGO DE LA MUESTRA : GEO-006-582

FECHA DE MUESTREO* : 05/05/2025
FECHA DE RECEPCIÓN : 05/05/2025
FECHA DE EJECUCIÓN : 19/05/2025
FECHA DE EMISIÓN : 19/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilindricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : 1.0 % de aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-006-582-001	03	05/05/2025	19/05/2025	14	200.60	101.40	86.5	1.00	Tipo 4	10.7	109.3
GEO-006-582-002	04	05/05/2025	19/05/2025	14	201.10	102.00	84.2	1.00	Tipo 4	10.3	105.1
									Promedio	**10.5**	**107.2**

(3)



(4)





Tipo 1 Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

Tipo 2 Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo

Tipo 3 Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.

Tipo 4 Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.

Tipo 5 Fracturas laterales en la parte superior o fondo.

Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Díaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 05/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 05/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 02/06/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-007-582	FECHA DE EMISIÓN	: 02/06/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilindricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : Sin aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-007-582-001	05	05/05/2025	02/06/2025	28	206.80	103.35	98.9	1.00	Tipo 4	11.8	120.2
GEO-007-582-002	06	05/05/2025	02/06/2025	28	203.90	103.70	101.5	1.00	Tipo 4	12.0	122.6
									Promedio	**11.9**	**121.4**

(5)



(6)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo

Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.

Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.

Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.

Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO* : PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO
SOLICITANTE* : JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ
CONTACTO* : NO INDICA
UBICACIÓN* : LIMA - PERÚ
CÓDIGO DE LA MUESTRA : GEO-008-582

FECHA DE MUESTREO* : 05/05/2025
FECHA DE RECEPCIÓN : 05/05/2025
FECHA DE EJECUCIÓN : 02/06/2025
FECHA DE EMISIÓN : 02/06/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilindricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : 0.5 % de aditivo

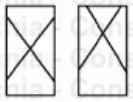
Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-008-582-001	05	05/05/2025	02/06/2025	28	197.20	100.40	97.8	1.00	Tipo 4	12.4	125.7
GEO-008-582-002	06	05/05/2025	02/06/2025	28	199.10	101.50	100.7	1.00	Tipo 4	12.5	126.6
									Promedio	**12.4**	**126.1**

(5)

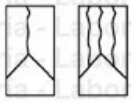


(6)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.



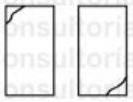
Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo



Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.



Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.



Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 05/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 05/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 02/06/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-009-582	FECHA DE EMISIÓN	: 02/06/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Testigos cilíndricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : 1.0 % de aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-009-582-001	05	05/05/2025	02/06/2025	28	204.40	102.15	111.6	1.00	Tipo 4	13.6	138.9
GEO-009-582-002	06	05/05/2025	02/06/2025	28	204.70	101.60	107.5	1.00	Tipo 4	13.3	135.2
									Promedio	**13.4**	**137.0**

(5)



(6)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo

Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.

Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.

Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.

Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 12/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 12/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 19/05/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-010-582	FECHA DE EMISIÓN	: 19/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 01 Testigos cilindricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : Nueva dosificación

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-010-582	01	12/05/2025	19/05/2025	7	304.80	152.40	241.9	1.00	Tipo 4	13.3	135.2

(1)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 en (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo

Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.

Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.

Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.

Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 12/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 12/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 26/05/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-011-582	FECHA DE EMISIÓN	: 26/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 01 Testigos cilíndricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : Nueva dosificación

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-011-582	01	12/05/2025	26/05/2025	14	304.75	152.32	319.7	1.00	Tipo 2	17.5	178.9

(1)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 in (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo

Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.

Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.

Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.

Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón ASTM C39/C39M-24

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 12/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 12/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 09/06/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-012-582	FECHA DE EMISIÓN	: 09/06/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 01 Testigos cilíndricos de concreto
F'C DE DISEÑO* : 210 kg/cm²
MUESTRA : Nueva dosificación

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (kN)	Factor de Esbeltez	Tipo de Fractura	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm²)
GEO-012-582	01	12/05/2025	09/06/2025	28	304.69	152.38	374.9	1.00	Tipo 4	20.6	209.6

(1)





Tipo 1
Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, menos 1 in (25mm) de agrietarse a través de los casquillos.

Tipo 2
Cono bien formado en un extremo, grietas verticales que funcionan a través de los casquillos, ningun cono bien definido en el otro extremo

Tipo 3
Grietas de acolumnado vertical a través de ambos extremos, ningun cono bien formado.

Tipo 4
Fractura diagonal sin agrietarse a través de los extremos, golpear ligeramente con el martillo para distingir del tipo 1.

Tipo 5
Fracturas laterales en la parte superior o fondo.

Tipo 6
Similar al tipo 5 pero el extremo del cilindro es acentado

REFERENCIAS:

ASTM C39/C39M-24 Standard test method for compressive strength of cilindrical concrete specimens

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

UNMSM	INFORME DE ENSAYO Prueba de resistencia a la compresión de testigos de concreto NTP 339.034 - ASTM C39 -ACI 211	Código	LAB_S_0010
		Versión	1
		Fecha	20/06/2025

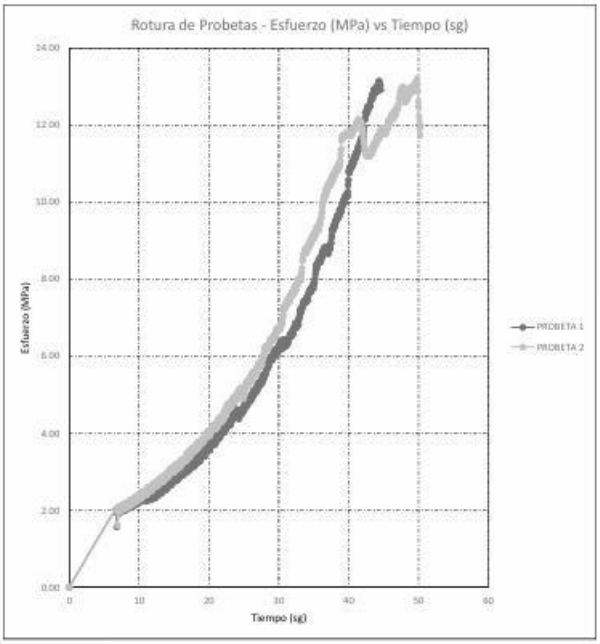
Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	BRATTSON SUSANDO - JESUS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado**	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO		
Sondeo:	MEZCLA	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	11/07/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	6/06/2025			**Fecha ensayo:**	jueves, 12 de Junio de 2025		
Descripción	DISEÑO DE MEZCLA PARA RESISTENCIA A 28 DIAS DE 210 KG/CM^2					**Pág**	1 de 1

1. Datos

N° Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso (gr)	Dias de curados	F'c de diseño (kg/cm^2)
1	302	149	12339	7	210
2	299	150	12121	7	210
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

2. Resultados

N° Probeta	*N° Lecturas*	*Tiempo (s)*	*Carga (kN)*	*Tiempo (s)*	*Esfuerzo (Mpa)*
1	823	*44590.83119*	229.4631549	44.59	13.16
2	803	*50249.33478*	230.4062576	50.25	13.04



REGISTRO FOTOGRÁFICO





PROBETA 1



PROBETA 2

3. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVONNE HUATAYALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
laboratorioepic@gmail.com

UNMSM	INFORME DE ENSAYO Prueba de resistencia a la compresión de testigos de concreto NTP 339.034 - ASTM C39 -ACI 211	Código	LAB_S_0010
		Versión	1
		Fecha	20/06/2025

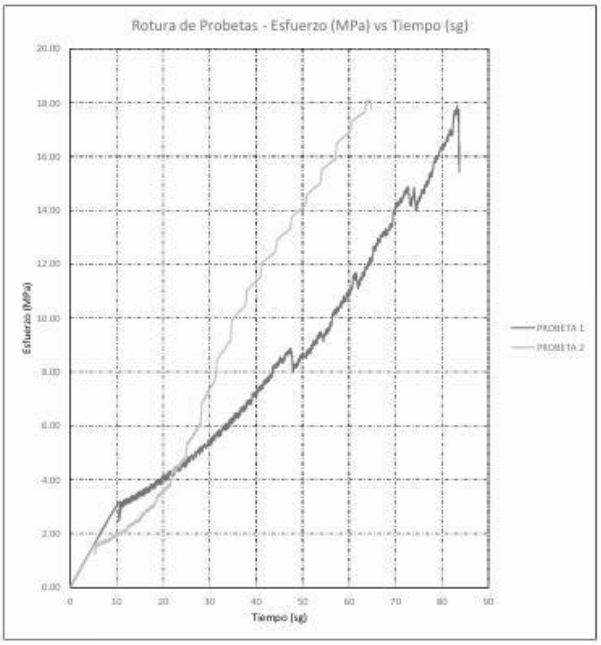
Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			Cliente:	BRATTSON SUSANDO - JESUS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			Lab. Encargado	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO		
Sondeo:	MEZCLA	Muestra:	2	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	11/07/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	6/06/2025			Fecha ensayo:	jueves, 12 de Junio de 2025		
Descripción	DISEÑO DE MEZCLA PARA RESISTENCIA A 28 DIAS DE 210 KG/CM^2					Pág	1 de 1

1. Datos

N° Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso (gr)	Días de curados	F'c de diseño (kg/cm^2)
1	303	149	11777	7	280
2	302	151	13357	7	280
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

2. Resultados

N° Probeta	*N° Lecturas*	*Tiempo (ms)*	*Carga (kN)*	*Tiempo (s)*	*Esfuerzo (Mpa)*
1	863	*80296.544*	311.64	80.30	17.87
2	945	*57153.458*	315.78	57.15	17.63



REGISTRO FOTOGRÁFICO





PROBETA 1



PROBETA 2

3. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DEL LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARACALLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
laboratorioepic@gmail.com

UNMSM	INFORME DE ENSAYO Prueba de resistencia a la compresión de testigos de concreto NTP 339.034 - ASTM C39 -ACI 211	Código	LAB_S_0010
		Versión	1
		Fecha	20/06/2025

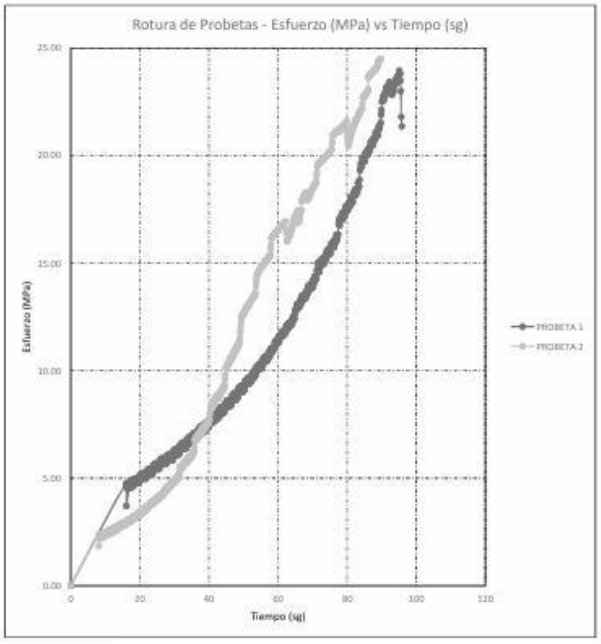
Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			Cliente:	BRATTSON SUSANDO - JESUS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			Lab. Encargado	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO		
Sondeo:	MEZCLA	Muestra:	2	Profundidad (m):	N/A	Fecha de informe:	11/07/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	6/06/2025			Fecha ensayo:	Jueves, 26 de Junio de 2025		
Descripción	DISEÑO DE MEZCLA PARA RESISTENCIA A 28 DIAS DE 280 KG/CM^2					Pág	1 de 1

1. Datos

N° Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso (gr)	Días de curados	F'c de diseño (kg/cm^2)
1	300	150	11557	14	280
2	300	150	12312	14	280
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

2. Resultados

N° Probeta	*N° Lecturas*	*Tiempo (ms)*	*Carga (kN)*	*Tiempo (s)*	*Esfuerzo (Mpa)*
1	656	*95759.23*	423.62	95.76	23.97
2	945	*79110.59*	433.28	79.11	24.52



REGISTRO FOTOGRÁFICO





PROBETA 1



PROBETA 2

3. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINACIÓN DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUAMANLLO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
laboratorioepic@gmail.com

UNMSM	INFORME DE ENSAYO Prueba de resistencia a la compresión de testigos de concreto NTP 339.034 - ASTM C39 -ACI 211	Código	LAB_S_0010
		Versión	1
		Fecha	20/06/2025

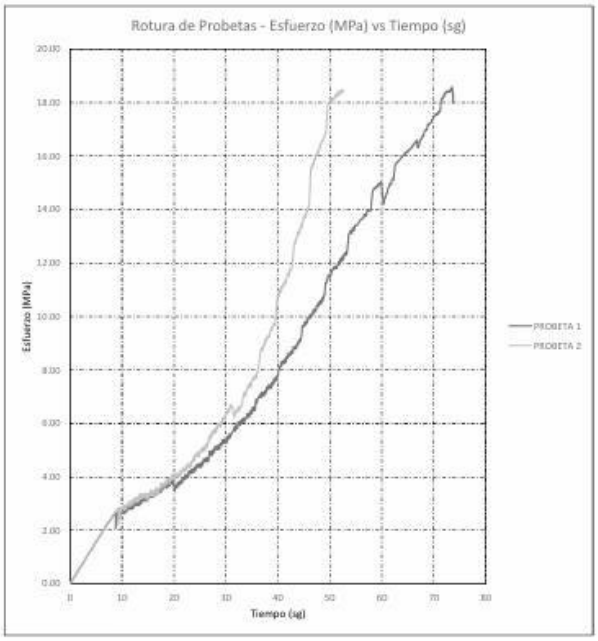
Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	BRATTSON SUSANDO - JESUS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado**	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO		
Sondeo:	MEZCLA	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	11/07/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	6/06/2025			**Fecha ensayo:**	miércoles, 25 de Junio de 2025		
Descripción	DISEÑO DE MEZCLA PARA RESISTENCIA A 28 DIAS DE 210 KG/CM^2					**Pág**	1 de 1

1. Datos

N° Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso (gr)	Días de curados	F'c de diseño (kg/cm^2)
1	287	148	12144	14	210
2	302	150	12778	14	210
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

2. Resultados

N° Probeta	*N° Lecturas*	*Tiempo (ms)*	*Carga (kN)*	*Tiempo (s)*	*Esfuerzo (Mpa)*
1	748	73772.25	319.66	73.77	18.58
2	686	52605.78	317.72	52.61	17.98



REGISTRO FOTOGRÁFICO





PROBETA 1



PROBETA 2

3. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
DOCENTE LABORATORIOS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARICANCHA VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
laboratorioepic@gmail.com

UNMSM	INFORME DE ENSAYO Prueba de resistencia a la compresión de testigos de concreto NTP 339.034 - ASTM C39 -ACI 211	Código	LAB_S_0010
		Versión	1
		Fecha	20/06/2025

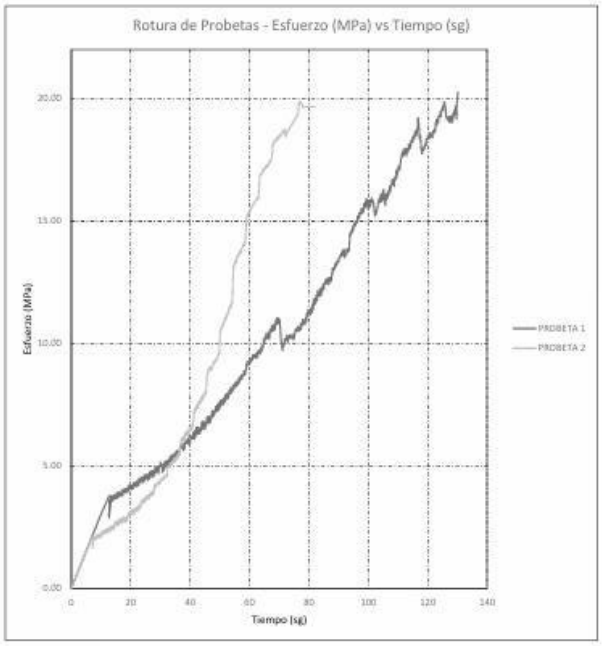
Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	BRATTSON SUSANDO - JESUS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado**	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO		
Sondeo:	MEZCLA	**Muestra:**	1	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	11/07/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	6/06/2025			**Fecha ensayo:**	jueves, 10 de Julio de 2025		
Descripción	DISEÑO DE MEZCLA PARA RESISTENCIA A 28 DIAS DE 210 KG/CM^2					**Pág**	1 de 1

1. Datos

N° Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso (gr)	Días de curados	F'c de diseño (kg/cm^2)
1	299	150.4	11830	29	210
2	299.6	150.18	13074	29	210
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

2. Resultados

N° Probeta	*N° Lecturas*	*Tiempo (s)*	*Carga (kN)*	*Tiempo (s)*	*Esfuerzo (Mpa)*
1	1040	*105603.41*	359.87	105.60	20.26
2	867	*78181.49*	353.02	78.18	19.93



REGISTRO FOTOGRÁFICO





PROBETA 1



PROBETA 2

3. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUARINGA LO VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
laboratorioepic@gmail.com

UNMSM	INFORME DE ENSAYO Prueba de resistencia a la compresión de testigos de concreto NTP 339.034 - ASTM C39 -ACI 211	Código	LAB_S_0010
		Versión	1
		Fecha	20/06/2025

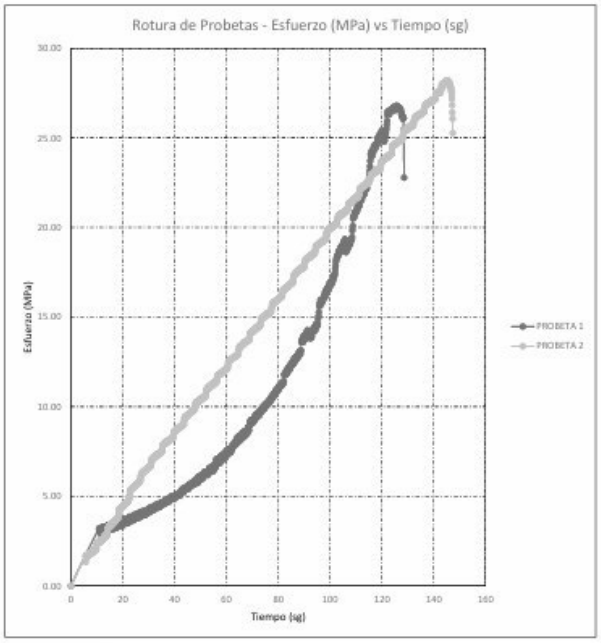
Proyecto:	PAVIMENTO PERMEABLE CON ADITIVOS PLASTIFICANTES PARA DRENAJE EN VIAS URBANAS			**Cliente:**	BRATTSON SUSANDO - JESUS DE LA VEGA		
Localización:	Huayllay, Pasco			**Lab. Encargado**	LABORATORIO DE MATERIALES Y CONCRETO		
Sondeo:	MEZCLA	**Muestra:**	2	**Profundidad (m):**	N/A	**Fecha de informe:**	11/07/2025
Fecha de extraccion de la muestra:	6/06/2025			**Fecha ensayo:**	jueves, 10 de Julio de 2025		
Descripción	DISEÑO DE MEZCLA PARA RESISTENCIA A 28 DIAS DE 280 KG/CM^2					**Pág**	1 de 1

1. Datos

N° Probeta	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso (gr)	Días de curados	F'c de diseño (kg/cm^2)
1	300.02	150.18	12522	29	280
2	299.8	150	13336	29	280
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

2. Resultados

N° Probeta	*N° Lecturas*	*Tiempo (s)*	*Carga (kN)*	*Tiempo (s)*	*Esfuerzo (Mpa)*
1	910	*117296.09*	474.86	117.30	26.81
2	1589	*73617.77*	499.81	73.62	28.28



REGISTRO FOTOGRÁFICO





PROBETA 1



PROBETA 2

3. Observaciones

ING. JUAN SEBASTIAN BONILLA URIBE
COORDINADOR DE LABORATORIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Realizado por:
Ing. Asist. Laboratorio

Msc. YVAN HUGO [illegible] VILCA
JEFE DE LABORATORIO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Aprobado por:
Representante de laboratorio

Los datos mostrados en el presente informe son resultado de ensayos elaborados y relacionados únicamente con las muestras mostradas en este mismo.
Este informe no debe ser divulgado ni reproducido sin previa autorización del laboratorio, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tel: (01) 6197000
laboratorioepic@gmail.com

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
ASTM C78/C78M

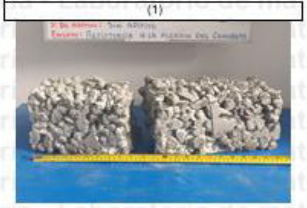
PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO				
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	:	05/05/2025	
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	:	05/05/2025	
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	:	12/05/2025	
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-001-582	FECHA DE EMISIÓN	:	12/05/2025	

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

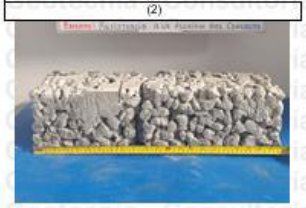
DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto
ADITIVO : Sin aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-001-582-001	1	05/05/2025	12/05/2025	7	151.0	150.0	552.0	14.35	2.3	23.2
GEO-001-582-002	2	05/05/2025	12/05/2025	7	152.0	150.1	498.0	14.48	2.3	23.3
								Promedio	**2.3**	**23.3**

(1)



(2)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Díaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
ASTM C78/C78M

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 05/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 05/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 12/05/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-002-582	FECHA DE EMISIÓN	: 12/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto
ADITIVO : 0.5 % de aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-002-582-001	1	05/05/2025	12/05/2025	7	150.0	147.8	549.0	14.40	2.4	24.1
GEO-002-582-002	2	05/05/2025	12/05/2025	7	151.2	150.4	550.1	14.89	2.4	23.9
								Promedio	**2.4**	**24.0**

(1)



(2)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
ASTM C78/C78M

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 05/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 05/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 12/05/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-003-582	FECHA DE EMISIÓN	: 12/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto
ADITIVO : 1.0 % de aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-003-582-001	1	05/05/2025	12/05/2025	7	148.5	150.2	550.3	15.34	2.5	25.7
GEO-003-582-002	2	05/05/2025	12/05/2025	7	149.6	149.4	549.2	15.20	2.4	24.4
								Promedio	2.5	25.1

(1)



(2)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading) ASTM C78/C78M

PROYECTO* : PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO

SOLICITANTE* : JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ

CONTACTO* : NO INDICA

UBICACIÓN* : LIMA - PERÚ

CÓDIGO DE LA MUESTRA : GEO-004-582

FECHA DE MUESTREO* : 05/05/2025

FECHA DE RECEPCIÓN : 05/05/2025

FECHA DE EJECUCIÓN : 19/05/2025

FECHA DE EMISIÓN : 19/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto

ADITIVO : Sin aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-004-582-001	3	05/05/2025	19/05/2025	14	150.5	150.3	549.8	16.00	2.5	25.9
GEO-004-582-002	4	05/05/2025	19/05/2025	14	150.1	150.5	550.6	16.22	2.6	26.3
								Promedio	**2.6**	**26.1**

(3)



(4)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
ASTM C78/C78M

PROYECTO* : PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO

SOLICITANTE* : JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ
FECHA DE MUESTREO* : 05/05/2025

CONTACTO* : NO INDICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 05/05/2025

UBICACIÓN* : LIMA - PERÚ
FECHA DE EJECUCIÓN : 19/05/2025

CÓDIGO DE LA MUESTRA : GEO-004-582
FECHA DE EMISIÓN : 19/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto
ADITIVO : Sin aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-004-582-001	3	05/05/2025	19/05/2025	14	150.5	150.3	549.8	16.00	2.5	25.9
GEO-004-582-002	4	05/05/2025	19/05/2025	14	150.1	150.5	550.6	16.22	2.6	26.3
								Promedio	**2.6**	**26.1**

(3)



(4)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
ASTM C78/C78M

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 05/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 05/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 19/05/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-006-582	FECHA DE EMISIÓN	: 19/05/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto
ADITIVO : 1.0 % de aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-006-582-001	3	05/05/2025	19/05/2025	14	151.7	151.3	549.6	17.89	2.8	28.7
GEO-006-582-002	4	05/05/2025	19/05/2025	14	151.1	151.5	548.9	18.01	2.9	29.2
								Promedio	**2.8**	**28.9**

(3)



(4)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Díaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading) ASTM C78/C78M

PROYECTO* : PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO

SOLICITANTE* : JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ

CONTACTO* : NO INDICA

UBICACIÓN* : LIMA - PERÚ

CÓDIGO DE LA MUESTRA : GEO-007-582

FECHA DE MUESTREO* : 05/05/2025

FECHA DE RECEPCIÓN : 05/05/2025

FECHA DE EJECUCIÓN : 02/06/2025

FECHA DE EMISIÓN : 02/06/2025

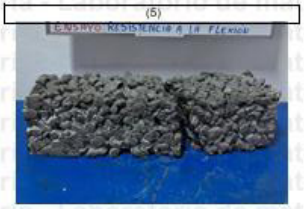
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto

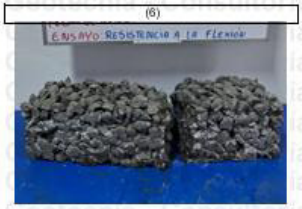
ADITIVO : Sin aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-007-582-001	5	05/05/2025	02/06/2025	28	150.0	165.0	545.0	19.40	3.1	31.4
GEO-007-582-002	6	05/05/2025	02/06/2025	28	155.0	155.0	550.0	18.90	3.0	30.6
								Promedio	3.0	31.0

(5)



(6)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Díaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
ASTM C78/C78M

PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO		
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	: 05/05/2025
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	: 05/05/2025
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	: 02/06/2025
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-008-582	FECHA DE EMISIÓN	: 02/06/2025

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto
ADITIVO : 0.5 % de aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-008-582-001	5	05/05/2025	02/06/2025	28	148.0	150.0	550.0	20.20	3.2	32.7
GEO-008-582-002	6	05/05/2025	02/06/2025	28	150.0	150.0	545.0	20.64	3.3	33.4
								Promedio	**3.3**	**33.1**

(5)



(6)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

GEO PERU
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA Y ESTUDIO DE SUELOS

INFORME DE ENSAYO GEO-582

Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)
ASTM C78/C78M

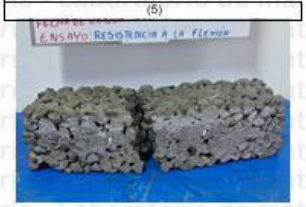
PROYECTO*	: PAVIMENTOS PERMEABLES CON ADITIVO PLASTIFICANTE EN DRENAJE DE VÍAS URBANA, HUAYLLAY PASCO				
SOLICITANTE*	: JESUS ALEJANDRO DE LA VEGA GONZALES & BRATTSON MAURICIO SUSANO SANHEZ	FECHA DE MUESTREO*	:	05/05/2025	
CONTACTO*	: NO INDICA	FECHA DE RECEPCIÓN	:	05/05/2025	
UBICACIÓN*	: LIMA - PERÚ	FECHA DE EJECUCIÓN	:	02/06/2025	
CÓDIGO DE LA MUESTRA	: GEO-009-582	FECHA DE EMISIÓN	:	02/06/2025	

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN : 02 Vigas de concreto
ADITIVO : 1.0 % de aditivo

Código Muestra	Identificación Especimen	Fecha De Vaciado	Fecha De Rotura	Edad (Dias)	Ancho Promedio (mm)	Altura Promedio (mm)	Largo (mm)	Carga Maxima (kN)	Módulo de Ruptura (MPa)	Módulo de Ruptura (kg/cm2)
GEO-009-582-001	5	05/05/2025	02/06/2025	28	140.0	155.0	550.0	21.78	3.5	35.2
GEO-009-582-002	6	05/05/2025	02/06/2025	28	145.0	150.0	550.0	21.67	3.5	35.1
								Promedio	**3.5**	**35.2**

(5)



(6)



REFERENCIAS:

ASTM C78/C78M Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

OBSERVACIONES:

- Los resultados se relacionan a las muestra sometidas a ensayos
- Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de JR GEOCONSULTORES PERÚ S.R.L.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencia
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.
- Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidos a ensayo.
- * : Datos suministrados por el cliente, el laboratorio no es responsable de esta información.
- *** : El ensayo indicado ha sido subcontratado a un laboratorio acreditado.
- Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

Romel Diaz Alvarado
Ingeniero Civil
Registro CIP 334809

Anexo N°6. Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala/Niveles de medición
VI: Pavimentos permeables con aditivo plastificante	Es un tipo de pavimento el cual permite la infiltración de agua hacia sus capas, las cuales son la capa estructural de concreto, la subbase granular y la subrasante. Dicha capa estructural de concreto es un tipo de mezcla de cemento, agregado y agua, además de un aditivo plastificante que aumentará la resistencia a la compresión del concreto, asimismo, contará con un porcentaje de vacíos tal que permite al agua infiltrarse a través de sus componentes basadas según la norma ACI-522R. Y las capas de subbase granular y subrasante están compuestas y cumplen con lo mencionado en las especificaciones técnicas brindadas por el MTC-MAN-10 EG 2013.	Determinación del porcentaje de aditivo plastificante, además, se recolectará la cantidad suficiente de agregados, los cuales se caracterizarán para poder realizar las mezclas y con ello medir las propiedades finales tales como la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la permeabilidad.	Dosificación	0.30 (a:c) + 0% aditivo + 20% de vacíos	Razón
				0.30 (a:c) + 0.5% aditivo + 20% de vacíos	Razón
				0.30 (a:c) + 1% aditivo + 20% de vacíos	Razón
				0.30 (a:c) + 1% aditivo + 13% de vacíos	Razón
				0.36 (a:c) + 0.6% aditivo + 10% de finos + 8% de vacíos	Razón
				0.36 (a:c) + 0.6% aditivo + 15% de finos + 6% de vacíos	Razón
			Propiedades físicas del concreto permeable	Resistencia a la compresión Kg/cm2	Razón
				Resistencia a la flexión Kg/cm2	Razón
				Permeabilidad (mm/hr)	Razón
VD: Drenaje en vías urbanas	Es la evacuación de las aguas superficiales con el fin de proteger la vía y a las poblaciones aledañas de diversos fenómenos naturales como lluvias.	Medición del caudal y la velocidad de infiltración. Así como, las pendientes longitudinales y transversales para el sistema de drenaje de la vía urbana.	Condiciones hidráulicas	Caudal de infiltración (m3/s)	Razón
				Velocidad de infiltración (m/s)	Razón
			Diseño geométrico	Pendiente longitudinal (%)	Razón
				Pendiente transversal (%)	Razón