

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Diseño de pavimento con adoquines permeables en calles de baja  
transitabilidad vehicular de la Urbanización San Carlos–José Leonardo**

**Ortiz**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Andrea Cruz D' Maria Santillan Yzazaga**

**ASESOR**

**Miguel Angel Fernandez Choquepuma**

<https://orcid.org/0000-0001-9367-7173>

**Chiclayo, 2024**

**Diseño de pavimento con adoquines permeables en calles de baja  
transitabilidad vehicular de la Urbanización San Carlos–José  
Leonardo Ortiz**

PRESENTADA POR  
**Andrea Cruz D' Maria Santillan Yzazaga**

A la Facultad de Ingeniería de  
la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR:

Luis Quiroz Quiñones  
PRESIDENTE

Lucas Ludeña Gutierrez  
SECRETARIO

Miguel Angel Fernandez Choquepuma  
VOCAL

### **Dedicatoria**

A Dios, por ayudarme a seguir adelante en esta etapa de mi vida. Creo rotundamente en sus bendiciones y en el camino que me ofreció para llegar hasta aquí.

A mi madre y mi padre, por brindarme lo mejor: mi educación y todo su amor.

A mi hijo y a mi pareja, por impulsarme a seguir adelante y por ayudarme en todo lo que pudieron.

A mi compañera de universidad y amiga, Vania, por acompañarme todo este tiempo, brindándome su apoyo incondicional.

Y, por último, a Nieve, por estar conmigo en todas mis madrugadas de estudio.

### **Agradecimientos**

A Dios, por darme salud y ganas de seguir adelante, dejando de lado el rendirme en mis metas.

A toda mi familia, por apoyarme en todo este camino, brindándome su amor y su esfuerzo para terminar la universidad, formando con valores a una gran persona.

A los docentes, por enseñarme todo sobre la ingeniería y cómo ser una gran profesional.

A mi asesor, por ofrecerme su tiempo y apoyo en todo este proceso.

## TESIS

---

### ORIGINALITY REPORT

---

**24%**

SIMILARITY INDEX

**23%**

INTERNET SOURCES

**3%**

PUBLICATIONS

**13%**

STUDENT PAPERS

---

### MATCHED SOURCE

---



**tesis.usat.edu.pe**

Internet Source

**4%**

---

5%

★ **tesis.usat.edu.pe**

Internet Source

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

## Índice

Resumen .....	16
Abstract .....	17
Introducción .....	18
Revisión de literatura .....	22
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>22</b>
<b>ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....</b>	<b>23</b>
<b>ANTECEDENTES NACIONALES .....</b>	<b>24</b>
<b>ANTECEDENTES LOCALES .....</b>	<b>26</b>
<b>BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS .....</b>	<b>27</b>
<b><i>BASES LEGALES</i> .....</b>	<b>27</b>
<b><i>CRITERIOS TEÓRICOS</i> .....</b>	<b>30</b>
Consideraciones para una baja transitabilidad.....	30
Consideraciones de geometría de las calles.....	30
Consideraciones para estudio de mecánica de suelos.....	31
Consideraciones hidrológicas de la zona.....	32
Consideraciones de drenaje .....	32
Consideraciones para pavimentos con Bloques Intertrabados (Adoquines).....	32
Consideraciones para pavimentos permeables .....	36
Consideraciones sobre el diseño estructural de pavimento flexible y semiflexible ...	51
Materiales y métodos .....	55
<b>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO Y MUESTREO.....</b>	<b>55</b>
<b>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>56</b>
<b>VARIABLES.....</b>	<b>56</b>
<b>Variable independiente: .....</b>	<b>56</b>
<b>Variable dependiente:.....</b>	<b>56</b>
<b>TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>56</b>
<b>MÉTODO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>57</b>
<b>MATERIALES .....</b>	<b>57</b>
<input type="checkbox"/> <b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....</b>	<b>57</b>
<input type="checkbox"/> <b>CONTEO VEHICULAR .....</b>	<b>58</b>

□ ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	58
□ ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE.....	58
□ DISEÑO DE PAVIMENTO INTERTRABADO.....	59
□ ELABORACIÓN DE RENTABILIDAD.....	59
<b>PROCEDIMIENTOS DE CADA TÉCNICA.....</b>	<b>59</b>
<b>PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>60</b>
<b>ESTUDIO DE TRÁFICO.....</b>	<b>60</b>
Procedimiento para el estudio de tráfico.....	61
<b>ESTUDIO DE SUELOS .....</b>	<b>82</b>
Procedimiento para el estudio de suelos .....	82
Datos obtenidos tras los ensayos de las muestras en calicatas.....	86
<b>ESTUDIO DE HIDROLÓGICO.....</b>	<b>87</b>
Procedimiento para el estudio de hidrológico.....	87
<b>ESTUDIO TOPOGRÁFICO .....</b>	<b>111</b>
Procedimiento para el levantamiento topográfico .....	111
Ubicación .....	111
Descripción del área del trabajo.....	111
Descripción de elementos existentes en el terreno.....	112
Monumentación de puntos topográficos .....	113
Recursos humanos y equipos utilizados .....	113
Conclusiones .....	114
Fotografías .....	114
<b>DISEÑO HIDRÁULICO.....</b>	<b>119</b>
<b>DISEÑO DEL CONCRETO PERMEABLE PARA LOS ADOQUINES DRENANTES ....</b>	<b>123</b>
Ensayo a los agregados .....	123
Ensayo a del concreto en estado fresco.....	126
Ensayo a del concreto en estado endurecido.....	128
<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO ADOQUINADO PERMEABLE .....</b>	<b>131</b>
Pasos para el diseño del pavimento adoquinado.....	132
Resultados y discusión .....	133
<b><i>ESTUDIO DE TRÁFICO .....</i></b>	<b>133</b>
<b><i>ESTUDIO DE SUELOS DE LA ZONA .....</i></b>	<b>134</b>
<b><i>ESTUDIO DE TOPOGRÁFICO .....</i></b>	<b>135</b>

<b><i>ESTUDIO DE HIDROLÓGICO</i></b> .....	<b>137</b>
<b><i>DISEÑO HIDRÁULICO DEL PAVIMENTO CON ADOQUINES PERMEABLES</i></b> .....	<b>138</b>
<b><i>DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE PARA ADOQUINES DRENANTES</i></b> .....	<b>144</b>
Ensayo a del concreto en estado fresco.....	145
Ensayo a del concreto en estado endurecido.....	146
<b><i>DISEÑO DE PAVIMENTO ADOQUINADO POR EL MÉTODO DE AASHTO</i></b> .....	<b>152</b>
<b><i>RENTABILIDAD</i></b> .....	<b>155</b>
Conclusiones .....	165
Recomendaciones.....	166
Referencias .....	167
Anexos.....	175

## Lista de Tablas

Tabla 1. Puntos de investigación dependiendo la clase de vía que se presente.....	31
Tabla 2. Granulometría para la Arena de Cama.....	
33 Tabla 3. Granulometría para la Arena de Sello.....	
34 Tabla 4. Adoquines- Requisitos [NTP 399.611] .....	
34 Tabla 5. F'c de los adoquines.....	
34 Tabla 6. Requerimientos mínimos para distintos tipos de pavimentos.....	
35 Tabla 7. Cantidades en porcentaje de los componentes del cemento portland.....	
38 Tabla 8. % que pasa de agregado fino por cada tamiz.....	
41 Tabla 9. Valores para b/bo, por porcentaje de a/A.....	46
Tabla 10. Factores de equivalencia de cargas por eje.....	51
Tabla 11. Ejemplos de EALs de Diseño.....	52
Tabla 12. Resistencia de la Subrasante en Función del Tipo de Suelo SUCS y AASHTO .....	52
Tabla 13. Porcentaje de medioambiente y drenaje para caracterización de la Sub-rasante.....	53
Tabla 14. Características de Base y Sub-base granulares.....	54
Tabla 15. Total de ensayos realizados para los adoquines de concreto permeable .....	56
Tabla 16. Técnicas e instrumentos del proyecto .....	57
Tabla 17. Establecimiento de horas de control.....	61
Tabla 18. Resumen del IMDa de la calle Nicolás de Ayllón .....	63
Tabla 19. Resumen del IMDa de la calle Atahualpa.....	63
Tabla 20. Resumen del IMDa de la calle Huáscar .....	64
Tabla 21. Resumen del IMDa de la calle Húsares de Junín .....	63
Tabla 22. Resumen del IMDa de la calle Ayacucho .....	64
Tabla 23. PBI nacional y PBI del sector transportes (2007—2020) .....	65
Tabla 24. Flujo de vehículos ligeros en unidades de pago de peaje (Unidades) .....	66
Tabla 25. Flujo de vehículos pesados en unidades de pago de peaje (Unidades) .....	66
Tabla 26. TC de vehículos ligeros y pesados.....	68
Tabla 27. Tráfico actual de Calle Nicolás de Ayllón .....	69
Tabla 28. Tráfico actual de Calle Atahualpa.....	70
Tabla 29. Tráfico actual de Calle Huáscar .....	71
Tabla 30. Tráfico actual de Calle Húsares de Junín.....	72
Tabla 31. Tráfico actual de Calle Ayacucho .....	73
Tabla 32. Tráfico proyectado de Calle Nicolás de Ayllón .....	74
Tabla 33. Tráfico proyectado de Calle Atahualpa.....	75
Tabla 34. Tráfico proyectado de Calle Huáscar .....	75
Tabla 35. Tráfico proyectado de Calle Húsares de Junín.....	76
Tabla 36. Tráfico proyectado de Calle Ayacucho.....	76

Tabla 37. EAL de diseño para la calle de Nicolás Ayllón.....	77
Tabla 38. EAL de diseño para la calle de Atahualpa. ....	78
Tabla 39. EAL de diseño para la calle de Huáscar.....	79
Tabla 40. EAL de diseño para la calle de Húsares de Junín.....	
80 Tabla 41. EAL de diseño para la calle de Ayacucho.....	
81 Tabla 42. Cuadro resumen de resultados de los ensayos.....	
86 Tabla 43. Pluviometría máxima mensual de Estación Hidrometeorológica Lambayeque.....	
87 Tabla 44. Pluviometría máxima anual de Estación Hidrometeorológica Lambayeque.....	
88 Tabla 46. Valores de Kn para la prueba de datos dudosos. ....	
89 Tabla 45. Parámetros estadísticos. ....	
89	Tabla 47. Distribución de
frecuencias.....	90 Tabla 48. Precipitación
máxima.....	91 Tabla 50. Prueba de
Kolmogorov-Sminov.....	92 Tabla 51.
Distribución teórica.....	92 Tabla 49.
Tamaño muestral N.....	92 Tabla 52.
Distribución normal.....	93 Tabla 53.
Distribución Log Normal 3 Parámetros .....	93 Tabla 55.
Distribución Gamma 3 Parámetros .....	95 Tabla 54.
Distribución Gamma 2 Parámetros .....	95 Tabla 57.
Distribución Gumbel.....	96 Tabla 56.
Distribución Log-Pearson TIPO III.....	96 Tabla 58.
Distribución Gumbel.....	96 Tabla 59.
Pasos para hallar la precipitación según el método.....	98 Tabla 60.
Probabilidad de ocurrencia.....	99 Tabla 61.
Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.....	99 Tabla 63.
Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=2 años .....	100 Tabla 62.
Intensidad de lluvia para diferentes tiempos de duración. ....	100 Tabla 64.
Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=5 años .....	101 Tabla 65.
Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=10 años .....	101 Tabla 66.
Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=25 años .....	102 Tabla 67.
Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=50 años .....	102 Tabla 68.
Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=100 años .....	103 Tabla 69.
Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=500 años .....	103 Tabla 70.
Resumen de aplicación de regresión potencial.....	104 Tabla 71.
Regresión potencial.....	105 Tabla 72.
Tablas de intensidades y duración por el Modelo de Grobe. ....	107 Tabla 73.
Tablas de intensidades y duración por el Modelo de Frederick Bell.....	109

Tabla 74. Resumen de las intensidades y lo métodos de resumen. ....	110
Tabla 75. Calles y longitudes en el levantamiento. ....	112
Tabla 76. Cuadro DMS Sistema WGS-84.....	113
Tabla 77. Ensayo normalizado para determinar materiales más finos. ....	123
Tabla 78. Curva granulométrica del Agregado Fino. ....	124
Tabla 79. Peso unitario compactado húmedo y seco del AF.....	124
Tabla 80. Peso específico de AF. ....	124
Tabla 83. Pesos Unitarios de AG .....	124
Tabla 82. Curva granulométrica de AG .....	125
Tabla 81. TMN del Agregado Grueso.....	125
Tabla 84. Peso específico de AG.....	126
Tabla 85. Tolerancias en la edad del ensayo. ....	128
Tabla 86. EALs de las calles estudiadas.....	133
Tabla 87. Tipo de suelo, LL, LP, CBR de muestras de calicatas en las calles. ....	134
Tabla 88. Perfil longitudinal de la Calle Nicolás de Ayllón.....	135
Tabla 89. Perfil longitudinal de la Calle Atahualpa .....	135
Tabla 90. Perfil longitudinal de la Calle Huáscar.....	136
Tabla 91. Perfil longitudinal de la Calle Húsares de Junín .....	136
Tabla 92. Perfil longitudinal de la Calle Ayacucho .....	137
Tabla 93. Resumen de los Imáx en todos los modelos.....	138
Tabla 94. Slump de diseño 1 y 2. ....	145
Tabla 95. Resistencia del diseño 1 y 2. ....	146
Tabla 96. Permeabilidad de las muestras 1 y 2. ....	150

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Composición estructural de los pavimentos adoquinados. ....	33
<b>Figura 2.</b> Composición de pavimento adoquinado drenante con parcial infiltración. ....	37
<b>Figura 3.</b> Composición de pavimento adoquinado drenante con infiltración a tuberías. ....	37
<b>Figura 4.</b> Composición de pavimento adoquinado drenante sin infiltración por tuberías. ....	37
<b>Figura 5.</b> Material cemento portland tipo MS fortimax en almacenamiento. ....	39
<b>Figura 6.</b> Piedra chancada de 1/2" empleada en el concreto permeable. ....	40
<b>Figura 7.</b> Mezclado del concreto permeable ..... en el laboratorio. ....	42 42
<b>Figura 8.</b> Mezclado de los agregados en el trompo. ....	42
<b>Figura 9.</b> Permeámetro de carga constante. ....	43
<b>Figura 10.</b> Función entre la resistencia a compresión y % de aire. ....	44
<b>Figura 11.</b> Función entre contenido de aire y la capacidad de filtración. ....	46
<b>Figura 12.</b> Función entre contenido de aire y la resistencia a la compresión. ....	47
<b>Figura 13.</b> Función del volumen de pasta y volumen de aire. ....	47
<b>Figura 14.</b> Curvas de diseño del espesor de la base granular. ....	55
<b>Figura 15.</b> Ubicación de calles elegidas para el estudio. ....	60
<b>Figura 17.</b> Auxiliares con su EPP. ....	83
<b>Figura 16.</b> Palas y picos en la zona de estudio. ....	83
<b>Figura 18.</b> Auxiliares con su EPP. ....	83
<b>Figura 22.</b> Calicata N°4 Calle Húsares de Junín. Término de la segunda capa. ....	85
<b>Figura 21.</b> Calicata N°3 Calle Huáscar. Término de la primera capa. ....	85
<b>Figura 20.</b> Calicata N°2 Calle Atahualpa. Iniciación de la primera capa. ....	84
<b>Figura 19.</b> Calicata N°1 Calle Nicolás. ....	84
<b>Figura 23.</b> Calicata N°5 Calle Ayacucho. Iniciando la calicata. ....	85
<b>Figura 24.</b> Calicata N°5 Calle Ayacucho. Capa número 1. ....	85
<b>Figura 25.</b> Ubicación de la estación Lambayeque. ....	91
<b>Figura 26.</b> Cálculo de la ecuación de Intensidad Máxima mediante el programa de HidroEsta2. ....	106
<b>Figura 27.</b> Cálculo de la ecuación de Intensidad Máxima mediante el programa de HidroEsta2. ....	106
<b>Figura 29.</b> Cálculo de la ecuación de Intensidad Máxima mediante el programa de HidroEsta2. ....	108
<b>Figura 28.</b> Cálculo de la ecuación de Intensidad Máxima mediante el programa de HidroEsta2. ....	108
<b>Figura 30.</b> Levantamiento de la calle Huáscar. ....	114
<b>Figura 31.</b> Levantamiento de la calle Huáscar otro ángulo. ....	115
<b>Figura 32.</b> Levantamiento de la calle Ayacucho. ....	115
<b>Figura 33.</b> Levantamiento de la calle Húsares de Junín. ....	116
<b>Figura 34.</b> Levantamiento de la calle Húsares de Junín. ....	116

<b>Figura 35.</b> Levantamiento de la calle Atahualpa.....	117
<b>Figura 36.</b> Levantamiento de la calle Húsares de Junín.....	117
<b>Figura 37.</b> Levantamiento de la calle Húsares de Atahualpa.....	118
<b>Figura 38.</b> Levantamiento de la calle Húsares de Atahualpa.....	118
<b>Figura 40.</b> Varillado con martillo Proctor D°1.....	
127 <b>Figura 39.</b> Medición del slump D°1.....	
127 <b>Figura 42.</b> Medición de slump D°2.....	
127 <b>Figura 41.</b> Medición de slump D°2.....	
127 <b>Figura 43.</b> Tipos de fallas de probetas.....	
128 <b>Figura 44.</b> Tipo de falla de D°1 a los 7 días.....	
129	<b>Figura</b>
Permeámetro.....	130 <b>Figura</b>
<b>46.</b> Muestra envuelta en papel film.....	130 <b>Figura</b>
<b>47.</b> Elaboración del dispositivo.....	130 <b>Figura</b>
<b>49.</b> Resultados por modelo Frederich Bell.....	138 <b>Figura</b>
<b>48.</b> Resultados por modelo Frederich Bell.....	138 <b>Figura</b>
<b>50.</b> Sector de estudio de la Urb. San Carlos.....	139 <b>Figura</b>
<b>52.</b> Medición de slump D°2.....	145 <b>Figura</b>
<b>51.</b> Medición del slump D°1.....	145 <b>Figura</b>
<b>54.</b> F'c-D°1-7 días-243.4 kg/cm2.....	146 <b>Figura</b>
<b>53.</b> F'c-D°1-7 días-191.9 kg/cm2.....	146 <b>Figura</b>
<b>56.</b> F'c-D°2-7 días-281.6 kg/cm2.....	147 <b>Figura</b>
<b>55.</b> F'c-D°1-7 días-218.7 kg/cm2.....	147 <b>Figura</b>
<b>57.</b> F'c-D°2-7 días-303.2 kg/cm2.....	147 <b>Figura</b>
<b>58.</b> F'c-D°1-14 días-323.2 kg/cm2.....	147 <b>Figura</b>
<b>59.</b> F'c-D°1-14 días-300.4 kg/cm2.....	147 <b>Figura</b>
<b>57.</b> F'c-D°2-7 días-300.4 kg/cm2.....	147 <b>Figura</b>
<b>60.</b> F'c-D°1-14 días-326.3kg/cm2.....	148
<b>Figura 61.</b> F'c-D°2-14 días-330.8 kg/cm2.....	148
<b>Figura 63.</b> F'c-D°2-14 días-335.4 kg/cm2.....	148
<b>Figura 62.</b> F'c-D°2-14 días-372.3 kg/cm2.....	148
<b>Figura 65.</b> Probetas después de curar.....	149
<b>Figura 64.</b> Moldeado de probetas.....	149
<b>Figura 67.</b> Probetas después de comprimir.....	149
<b>Figura 66.</b> Probetas de 4" y 6".....	149
<b>Figura 65.</b> Probetas después de comprimir.....	149
<b>Figura 68.</b> Probetas después de comprimir.....	149
<b>Figura 67.</b> Probetas después de comprimir.....	149

<b>Figura 69.</b> Probetas después de comprimir. ....	149
<b>Figura 71.</b> Muestra 1 de D°1 PERMEABILIDAD .....	150
<b>Figura 70.</b> Probetas para permeabilidad.....	150
<b>Figura 72.</b> Muestra 1 de D°1 PERMEABILIDAD .....	151
<b>Figura 73.</b> Muestra 1 de D°1 PERMEABILIDAD .....	151
<b>Figura 75.</b> Moldeo de probetas de 4” .....	151
<b>Figura 74.</b> Muestra 1 de D°1 PERMEABILIDAD.....	151
<b>Figura 77.</b> Estructura del pavimento de la investigación. ....	154

## Lista de Ecuaciones

<b>Ecuación 1 y 2.</b> Peso del agregado grueso [62].....	45
<b>Ecuación 3.</b> Determinar peso y volumen del cemento [54].....	48
<b>Ecuación 4.</b> Fórmulas para determinar peso y volumen del agua [54].....	48
<b>Ecuación 5.</b> Fórmulas para hallar volumen de agregado fino en el concreto permeable [54].....	49
<b>Ecuación 6.</b> Determinar pesos húmedos en los agregados [50].....	49
<b>Ecuación 7.</b> Humedad superficial del agregado grueso y fino [50].....	49
<b>Ecuación 8.</b> Aporte de humedad del agregado grueso y fino [50].....	49
<b>Ecuación 9.</b> Aporte de humedad del agregado global y agua efectiva [50].....	50
<b>Ecuación 10.</b> Volúmenes húmedos del agregado grueso y fino [50]. .....	50
<b>Ecuación 11.</b> Fórmula para verificar volumen de los componentes del concreto [50].....	51
alculo [34]. .....	52
<b>Ecuación 13.</b> Fórmula para hallar el IMDA. ....	62
<b>Ecuación 14.</b> Fórmula para hallar el flujo mensual departamental de vehículos ligeros.....	67
<b>Ecuación 15.</b> Fórmula para hallar el flujo mensual departamental de vehículos pesados.....	67
<b>Ecuación 16.</b> Tasa de crecimiento departamental. ....	68
<b>Ecuación 17.</b> Determinación de ecuación.....	105
<b>Ecuación 18.</b> La ecuación se expresará de la siguiente manera. ....	106
<b>Ecuación 19.</b> La ecuación se expresará de la siguiente manera. ....	108
<b>Ecuación 20.</b> Volumen de almacenamiento. ....	119
<b>Ecuación 21.</b> Volumen afluente acumulado.....	119
<b>Ecuación 22.</b> Volumen acumulado infiltrado.....	120
<b>Ecuación 23.</b> Caudal de salida.....	120
<b>Ecuación 24.</b> Caudal de salida.....	120
<b>Ecuación 25.</b> Dimensionamiento de la tubería de evacuación. ....	121
<b>Ecuación 26.</b> Transferencia de flujo de la estructura a la tubería drenante. ....	121
<b>Ecuación 27.</b> Tiempo de vaciado.....	122
<b>Ecuación 28.</b> Espesor de la subbase. ....	122

## Lista de Gráficos

Gráfico 1. PBI nacional y PBI del sector transportes (2007—2020) .....	66
Gráfico 2. Tráfico actual de Calle Nicolás de Ayllón .....	70
Gráfico 3. Tráfico actual de Calle Atahualpa.....	71
Gráfico 4. Tráfico actual de Calle Huáscar .....	72
Gráfico 7. Pluviometría total anual- Estación Lambayeque.....	88
Gráfico 8. Outlier de la Estación Lambayeque. ....	89
Gráfico 9. Distribución de frecuencias.....	90
Gráfico 11. Registro de estación afectado por 1.13.....	91
Gráfico 10. Registro histórico afectado por 1.13. ....	91
Gráfico 12. Determinación de las curvas IDF.....	104
Gráfico 13. Determinación de las curvas IDF del Modelo de Grobe. ....	107
Gráfico 14. Determinación de las curvas IDF del Modelo de Bell. ....	109

### Resumen

La presente investigación se basa en la creación de pavimentos con adoquines drenantes, para vías de bajo tránsito vehicular en la Urb. San Carlos debido a la crecida de precipitaciones por fenómenos del niño; estos a su vez, serán trabajados con 2 diseños de mezclas: 10% y 15% de agregado fino, en el concreto permeable empleado para obtener una resistencia mínima de 330 kg/cm<sup>2</sup> y un coeficiente de permeabilidad mínimo de 0.14 cm/s, cumpliendo con la ACI-522R. Tras los estudios realizados, se brindan los siguientes resultados: se demostró que la vía es de bajo tránsito o ligero, debido a que tienen un EALs vehicular de  $0.80 \times 10^5$ ; tiene un intensidad máxima de 22.258mm/s; la pendiente va de la calle Av. Augusto B. Leguía a la Av. Dorado; para el diseño más óptimo, arrojó un f'c a los 28 días fueron de 385.13 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente y una permeabilidad a los 14 días de un máximo de 0.13999 cm/s, cumpliendo con la ACI 522-R. Asimismo, se diseñó un pavimento adoquinado con un adoquín de espesor de 80mm, una cama granular de 50mm, una base granular de 100mm, una subbase granular de 100mm, una tubería de 6"y una geomembrana de 0.50mm. Además, se analizó la rentabilidad de este pavimento a un precio de s/.3,052,290.65.

**Palabras clave:** pavimentos, adoquines drenantes, agregado fino, concreto permeable, ACI-522R.

### Abstract

The present investigation is based on the creation of pavements with draining pavers, for roads with low vehicular traffic in Urb. San Carlos due to the increase of precipitations caused by the phenomena of El Niño; these in turn, will be worked with 2 mix designs: 10% and 15% of fine aggregate, in the permeable concrete used to obtain a minimum resistance of 330 kg/cm<sup>2</sup> and a minimum permeability coefficient of 0.14 cm/s, complying with the ACI-522R. After the studies carried out, the following results were obtained: it was demonstrated that the roadway is low or light traffic, since it has a vehicular EALs of  $0.80 \times 10^5$ ; it has a maximum intensity of 22.258mm/s; the slope goes from Av. Augusto B. Leguía to Av. Leguía to Av. Dorado; for the most optimal design, the  $f'c$  at 28 days was 385.13 kg/cm<sup>2</sup>, respectively, and the permeability at 14 days was a maximum of 0.13999 cm/s, complying with ACI 522-R. Likewise, a cobblestone pavement was designed with an 80 mm thick paver, a 50 mm granular bed, a 100 mm granular base, a 100 mm granular subbase, a 6" pipe and a 0.50 mm geomembrane. In addition, the cost-effectiveness of this pavement was analyzed at a price of s/.3,052,290.65.

**Keywords:** pavements, draining pavers, fine aggregate, permeable concrete, ACI 522-R

## Introducción

El crecimiento poblacional mundial asciende rápidamente en lapsos cortos de tiempo. Solo en el 2011, se registró una cantidad de 7,000 millones de personas, existiendo una diferencia significativa al del año 1950, con tan solo 2,600 [1]; simultáneamente, este ocasiona un aumento apresurado en los procesos de urbanización y consigo, problemas relacionados a la planificación en países que están en vía de desarrollo. En efecto, al ser una urbanización «espontánea», no existe una proyección del espacio habitable, originando ciudades informales (sectores precarios sin gestión urbana), que no están preparadas ante situaciones extraordinarias climáticas como altas precipitaciones, llegando a generarse inundaciones [2].

Las inundaciones pueden llegar a aumentar en gran magnitud en estas zonas, dado que contienen áreas que son susceptibles ante estos fenómenos, más aún en presencia de infraestructuras con drenaje pluvial limitado, como pavimentos convencionales de concreto y asfalto; o simplemente, calles sin pavimentación, donde el suelo se vuelve un factor clave en la impermeabilización de aguas de lluvia [2].

A nivel internacional, se observa que las temporadas de lluvia son cada vez más frecuentes, ocasionando inundaciones en calles, avenidas y otras infraestructuras viales; caos vehicular e incluso accidentes. Asimismo, en Australia se han evacuado 18000 personas debido a las lluvias torrenciales en marzo del presente año, que han causado inundaciones en carreteras y casas; incluso se les ha considerado como zonas de desastre natural [3].

Latinoamérica no está ajena a esta problemática, debido a que los países que lo conforman están propensos a presentar grandes precipitaciones y esto, a su vez, lo que produce son inundaciones en zonas urbanas, generando daños materiales en viviendas, infraestructuras viales y hasta en vidas humanas. En Barranquilla, Colombia, actualmente existe una constante presencia de lluvias convectivas locales de gran intensidad. Las calles centrales de la ciudad se convierten en caudalosos torrentes de agua, con niveles elevados y corrientes velozes. Cabe mencionar que estas inundaciones suceden por la concentración urbana que dejaron de lado la gestión del drenaje pluvial de la metrópoli, perjudicando principalmente a pobladores de zonas urbanas precarias e informales con deficiente planificación ante estos fenómenos, convirtiéndose en áreas altamente inundables, con gran pendiente y que, a la larga, no son idóneas para edificar y dotar servicios humanos [4].

Por otro lado, hablando del ámbito nacional, el problema más recurrente que tiene el Perú es producido por fenómenos naturales como las inundaciones. Estos eventos generalmente ocurren de noviembre a abril cada año, y su gravedad está fuertemente influenciada por la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, los cuales se consideran de gran complejidad. Estos fenómenos suelen producir sedimentación y erosión, siendo la última la causa principal para la producción de daños en las vías de comunicación, como pavimentos [5]. En la actualidad, se ha comenzado a tomar atención a la falta de obras que manejan las crecidas de precipitaciones, mayormente producidas en la costa norte peruana. Los destrozos en las ciudades, como consecuencia de las inundaciones, son cada vez más notorios, dado a la carencia en obras de drenaje pluvial y el mal manejo de los ríos aledaños que evitan los desbordes [6].

Chiclayo, ciudad costera del Perú, desde el mes de enero hasta marzo de 2017, fue víctima de la presencia del fenómeno climático denominado el “Niño Costero”, el cual generó consecuencias como lluvias de gran magnitud, y crecidas de ríos, tomando por sorpresa la infraestructura vial y redes de saneamiento de la ciudad provocando su colapso [7]. Dentro de ella, se encuentra el distrito de José Leonardo Ortiz, cuya afectación ante inundaciones, presenta niveles de susceptibilidad altas en la región, así como escenarios de riesgo en temporadas de lluvia de grados muy altos. Además, se encuentra dentro de los distritos de Chiclayo expuestos a fenómenos naturales como inundaciones, según el SIGRID. Cabe mencionar, que, en este, existen varias zonas informales en donde no existe la planificación ni la gestión de inundaciones urbanas, por ende, se produce el problema que se presentaba al inicio.

En el caso de las urbanizaciones de José Leonardo Ortiz, que se encuentran a niveles planos, como San Carlos, los pavimentos no están preparados para altas crecidas de precipitaciones, de hasta 8 mm, en las estaciones de verano, mayormente de febrero a marzo. De hecho, en febrero del año 1998, durante el Fenómeno del Niño, se registró hasta 100mm de lluvia diaria [8]. De la misma forma, para el año 2017, en la Urb. San Carlos, se presentaron fuertes precipitaciones, como las fotografías en los Anexos 4 y 5, afectando a viviendas e infraestructuras viales, debido a un inexistente drenaje pluvial, siendo declaradas zonas de emergencia. Por lo tanto, la falta de empleabilidad de pavimentos permeables podría ser una agravante ante esta crecida de precipitaciones; por ende, se verán altamente afectados por las lluvias, además de generarse inundaciones en las viviendas, atentando a la comodidad en la vida de los pobladores de ella.

Para ello, se recomendó seleccionar calles de la urbanización San Carlos, en las que la transitabilidad vehicular es baja, como son las siguientes: Calle Nicolás de Ayllón, Calle Atahualpa, Calle Huáscar, Calle Húsares de Junín y Calle Ayacucho; estas deberán demostrar un bajo IMDa, dado que la empleabilidad de los pavimentos permeables, en este caso, será limitado por la cantidad de carga vehicular que pase sobre él. Lo importante del proyecto es que garantice que pueda ser una alternativa de drenaje pluvial, además de que pueda soportar el tránsito vehicular ligero que requieren estas calles de la urbanización.

La baja tasa de infiltración de los pavimentos es un problema que no se ha solucionado a pesar del paso de los años; a causa del desempleo de pavimentos semirrígidos permeables, del desinterés por parte de las autoridades y la ineficiente planificación ante inundaciones. Generando problemas de sobrecarga del nivel de drenaje urbano y con ello enfermedades; charcos e inundaciones, oxidación del asfalto, colapso de viviendas y dificultad en el tránsito peatonal y vehicular.

Para mitigar en gran medida el porcentaje de estos efectos, se está planteando una alternativa de drenaje pluvial, con la incorporación de un diseño de pavimentos permeables con adoquines drenantes, sobre todo en aquellas calles que requieran baja resistencia, como son el caso de las calles de poco tránsito hasta estacionamientos, muy comunes en urbanizaciones. Estas deberán permitir la infiltración del agua desde la capa superficial hacia su interior, mediante el cual el agua almacenada se conducirá hasta un sistema drenaje pluvial de recolección de forma controlada [4]. Asimismo, los adoquines drenantes deberán satisfacer a la resistencia mínima de 370 kg/cm<sup>2</sup>, bajo la Normativa Técnica CE.010 y con la permeabilidad requerida de entre 0.14 a 1.22cm/s para que se considere concreto permeable según el ACI-522R.

En la actualidad, no se han realizado muchas investigaciones para mitigar este problema incluyendo, adoquines de concreto, que perjudica cada año a la ciudad de Chiclayo y a las urbanizaciones en ella. Por ello, se ha tenido pertinente realizar este proyecto de tesis con la finalidad de impulsar el uso de diseños innovadores de concreto permeable en la infraestructura vial.

La presente investigación se justifica por las siguientes razones:

La importancia social de este proyecto de tesis es impulsar el uso de pavimentos permeables con el fin de mejorar el bienestar de una población de 6431 habitantes de la Urbanización San Carlos, José Leonardo Ortiz, reduciendo el encharcamiento de las aguas pluviales en

épocas de avenida permitiendo un fácil tránsito vehicular y peatonal. En casos más extremos de lluvias intensas se estará reduciendo considerablemente el riesgo de daños materiales y pérdidas económicas por el colapso de viviendas causados por las inundaciones, gracias a la elevada tasa de infiltración que presenta los adoquines drenantes que permite filtrar las aguas hacia el suelo llevándolo por tuberías subterráneas, lo cual representa una ayuda considerable al sistema de drenaje pluvial.

Existe una diferencia económica entre la utilización de los pavimentos rígidos con concreto convencional, con los pavimentos flexibles con adoquines drenantes, según artículos encontrados se puede afirmar que el empleo de este último resulta ser más barato que el uso del otro, dado que los precios de restauración pavimentos adoquinados suelen ser mínimos. Asimismo, los adoquines permeables se podrían utilizar como alternativa también en estacionamiento. Adicionalmente, el uso de pavimento permeable serviría como una zona de retención, lo que resultaría en una reducción de los costos asociados a la construcción de estructuras como pozos de retención, instalación de bombas y tuberías de drenaje, así como sus respectivos mantenimientos. Esto permitiría contar con un sistema de alcantarillado de menor costo y dimensiones. De forma similar, cuando se realice mantenimiento de los sistemas de alcantarillado, los costos serían menores, debido a que, al retirar el pavimento con adoquines, estos podrían ser reutilizados al final de la restauración. Esto sería muy importante para la urbanización San Carlos, debido a que esta suele estar en constantes lluvias e inundándose las calles, producidos por el uso de concreto convencional.

La confiabilidad de este proyecto se basa en que, en principio, el concreto permeable, utilizado para los adoquines drenantes, tiene una menor huella hídrica que el concreto convencional puesto que se utiliza una menor cantidad de materiales, a su vez, al usar una menor cantidad de materiales disminuye la huella ecológica. Por otro lado, lo que le suma a lo mencionado es que regula el ciclo del agua de tal manera que se mantenga constante y así reducir la huella hídrica de la ciudad de Chiclayo. A comparación del concreto convencional, que no permite la infiltración del agua, provocando escorrentía superficial mayor, erosión en el concreto, encharcamiento y contaminación del agua, esta propuesta de concreto permeable, mejora el drenaje, alimenta acuíferos y disminuye la huella de carbono.

Con esta investigación, se busca innovar en cuanto a nuevas técnicas modernas de elaboración de concreto, revisando diseños que se adecuen a cada situación, buscando un equilibrio entre permeabilidad, resistencia y durabilidad. El concreto, a pesar de que es el

conjunto de materiales mayor empleado en la construcción, está en constante innovación, dado por su importancia, por ello en el presente proyecto, se hace énfasis en un diseño de adoquines drenantes que aún no han sido utilizados en pavimentos en el Perú, siendo este un avance tecnológico para dar solución a todos los problemas que han sido ocasionados como consecuencia del pavimento convencional (impermeable) en zonas urbanas con topografía plana.

De todo lo anterior mencionado, aparece el planteamiento del siguiente problema ¿Podrá emplearse pavimentos permeables con adoquines de concreto drenante en las calles de baja transitabilidad de las urbanizaciones como San Carlos, como solución a las altas precipitaciones en Chiclayo por los meses de verano? Para poder darle respuesta a este problema, se deberá plantear lo siguiente: La utilización de los adoquines drenantes en los pavimentos de baja transitabilidad será la más adecuada debido a la frecuencia del fenómeno del niño que se da en Chiclayo. Desde aquí, parte el objetivo general de proponer el diseño de pavimento con adoquines permeables en las calles de baja transitabilidad vehicular de la Urbanización San Carlos, José Leonardo Ortiz. Asimismo, se presenta cuáles son los objetivos específicos de la presente investigación: Seleccionar y conocer la geometría de las calles de baja transitabilidad vehicular en la Urb. San Carlos, mediante el IMDa; realizar un estudio de mecánica de suelos para conocer las características de la zona de estudio; realizar un estudio hidrológico en la Urb. San Carlos, para poder diseñar el drenaje que irá en la pavimentación, así también el análisis de la disposición final de las aguas filtradas; diseñar adoquines de concreto permeable capaces de cumplir con la resistencia requerida de Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos y la permeabilidad de la ACI 522-R10, estableciendo una dosificación adecuada para la mezcla; analizar la permeabilidad y resistencia a la compresión de los adoquines para ser aplicado a las calles de baja transitabilidad vehicular de la Urbanización San Carlos, José Leonardo Ortiz; desarrollar el diseño de pavimento con adoquines drenantes con la Normativa AASHTO-93, añadiendo la memoria de cálculo y planos correspondientes; y por último, evaluar la rentabilidad económica de los pavimentos permeables.

## **Revisión de literatura**

### **Antecedentes**

Se han realizado muchos proyectos de tesis con la temática de pavimentos permeables como alternativa de drenaje pluvial, evaluando las problemáticas internacionales, nacionales y locales.

### **Antecedentes internacionales**

#### **TESIS DE PREGRADO. *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE ADOQUÍN PERMEABLE, 2020.***

Ureña [8], opta una metodología en donde se enfoca en el diseño de un pavimento flexible con adoquín permeable, como solución a problemas en las épocas de lluvias y su acumulación en las vías, generando con ella, reducciones del nivel de confianza e incorrectos medios de evacuación de aguas. En ella se pretende: buscar diseños ya existentes en donde se haya empleado este tipo de adoquines destinados a condiciones climáticas de Costa Rica, con el objetivo de brindar una nueva opción para aquellos que quieran utilizar este tipo de pavimentos, ofreciendo además una guía con ciertos parámetros útiles para su implementación, algo que no sería considerado en un diseño convencional flexible. Asimismo, se analizan cuáles son las ventajas y desventajas económicas en comparación del empleo de otros pavimentos flexibles, analizando el costo-beneficio. Tras la realización de la tesis, se obtuvo como conclusiones que: el empleo de este tipo de pavimentos deberá ser normalmente usados en parqueos o calles de baja transitabilidad vehicular, menor de 1.000.000 ESALs; el diseño sería flexible con el adoquín permeable como carpeta de rodadura, tomando como guía de diseño estructural a AASHTO 86 y 93, y guía hidráulica a normas chilenas. En cuanto a los costos, al inicio de la construcción de pavimentos con adoquines drenantes es mayor a la empleabilidad de asfalto, pero en cuestiones de mantenimiento este último a la larga sería más costoso comparado al bajo mantenimiento de los adoquines.

#### **TESIS DE PREGRADO. *CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y PERMEABLES DE TRES PROPUESTAS DE ADOQUIN POROSO, A PARTIR DEL DISEÑO DE MEZCLA DE HORMIGÓN CON TRES TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADO GRUESA, 2020.***

Castaño y Agamez [9] realizan un proyecto en el que desean definir cuáles son las propiedades mecánicas y permeables de tres prototipos de adoquines porosos con distintos TMN de agregados grueso (3/4", 1/2", 3/8") elaborados a partir de diseños de mezcla ya existentes. Este va a servir para analizar si su comportamiento puede ser capaz de ser empleado como sistema de drenaje pluvial, regido bajo la norma técnica colombiana. De este modo, para lograrlo, se empleó el método científico, fragmentando el trabajo de investigación en dos partes: en la primera se evaluó el diseño de mezcla que tendrían los adoquines, realizando 6 ensayos, 2 diseños de mezclas diferentes para cada tamaño máximo nominal; en la segunda parte, se analizó la resistencia y permeabilidad. Tras la investigación, se tuvieron resultados y fueron los

siguientes: Resistencia de 7.72 MPa para el TMN de 3/8'', 7.93MPa para 1/2'' y 4.9MPa para 3/4''. Con este, se concluyó que para pavimentos con tráfico medio o peatonal serían más eficaces los adoquines de 1/2 y 3/8'', con coeficientes de permeabilidad de 0.31cm/s y 0.27cm/s, respectivamente.

***TESIS DE GRADO. ANÁLISIS Y DISEÑO PARA SOLUCIÓN DE AGUAS DE LLUVIAS MEDIANTE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE APLICANDO LA TECNICA DE FIRMES PERMEABLES EN CONDOMINIO ERCILLA, COMUNA DE TEMUCO, IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA, 2014.***

**Barahona [10]**, narra que Chile es un país en donde el aumento de precipitaciones y la falta de superficies permeables podrían ser un problema ante la mala gestión del drenaje de aguas pluviales en las metrópolis del país. Para ello, basa su proyecto en el estudio y aplicación de los pavimentos permeables, añadiéndoles adoquines de hormigón destinada para vías de circulación y también para estacionamientos del «Condominio Ercilla», que se encuentra la ciudad de Temuco. El pavimento diseñado en este proyecto deberá soportar las condiciones de precipitación dada en la zona y resistir, además, el nivel de tráfico del condominio. De la misma forma, se emplearán guías y manuales de bocetos ya existentes en Chile para el diseño de este. Otro objetivo que tiene este proyecto es para poder aprovecharse, en un futuro, como antecedente para otras zonas urbanas que quieran sumarse a esta técnica de drenaje sostenible. Después de realizar el trabajo de investigación, se hizo partió el proyecto en dos zonas del condominio, que dependían del rumbo final del agua drenada. En la primera zona, se estimó que los pavimentos infiltrarían completamente al suelo subyacente; a diferencia de la zona 2, estos pavimentos no permeabilizarán las aguas al terreno, conduciendo el volumen de agua mediante un sistema de drenaje hasta un estanque de almacenamiento, que posteriormente será reutilizado a uso no potable.

**Antecedentes nacionales**

***TESIS DE PREGRADO. PAVIMENTOS PERMEABLES COMO SISTEMA ALTERNATIVO PARA EL DRENAJE URBANO EN LA LOCALIDAD DE MOLINOPAMPA, AMAZONAS, 2018***

Para **Vela y Cruz [11]**, existe un problema en el Departamento de Amazonas, para ser específicos, en el distrito de Molinopampa, en donde hay presencia de lluvias de gran

intensidad, produciendo inundaciones en zonas donde no hay sistemas de drenaje pluvial ni pavimentación preparada para soportar la filtración de estas aguas. Por lo tanto, de ellos nace la solución de incorporar un sistema de pavimentos permeables que sirvan como drenaje urbano en dicha localidad. Además, este proyecto podrá servir como información a sociedades científicas para ver la posibilidad de ser empleada como una alternativa de drenaje pluvial urbana. Posteriormente a la investigación, se obtuvieron datos hidrológicos de 6 calles como: Héroes de Cenepa, Corpus Cristi, 21 de noviembre, Independencia, José Olaya y El Molino, en donde sus coeficientes de escorrentía arrojaron valores tales como 0.89, .0.89, 0.75, 0.81, 0.75 y 0.77, en el mismo orden. También se determinó que la mayor precipitación en la zona fue de 59.03mm al cabo de un día. Por añadidura, se halló que la tasa de infiltración fue de 12mm/hora, y con él, se procedió a elaborar un diseño de sistema drenaje con tubería perforada de 7.5cm de radio, que se encontraría en la subbase. Para el diseño del pavimento, se acordó que tendría una capa de rodadura con un espesor de 15cm, una base de 15cm, subbase de 20cm y, por último, una subrasante de 15 cm de espesor destinado para las 6 calles anteriormente mencionadas.

***TESIS DE PREGRADO. ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE PARA USO DE PAVIMENTO DE BAJA TRANSITABILIDAD EN LA CIUDAD DE PIURA, PIURA, 2020***

**Lama y Medina [12]**, relatan que el uso de pavimentos con elementos adoquinados es de gran importancia debido a que estas podrían ser de gran durabilidad y, en cuanto a costos de mantenimiento, es más bajo comparado a otro tipo de pavimentos. No obstante, no solo esos serían los beneficios, si no que, para ciudades cuyas precipitaciones son altas, estas servirían como drenantes si es que los adoquines son permeables. Desde este punto, nace el objetivo de esta investigación, que es la de diseñar adoquines con concreto drenante para las calles de la ciudad de Piura y, debido a sus limitaciones, aquellas que tengan baja transitabilidad vehicular. Para ello, se realizó una metodología cuyo diseño fue experimental, en donde se realizó una muestra de 12 probetas de concreto, que serían posteriormente ensayadas por resistencia a la compresión y permeabilidad. Estas tendrían que cumplir con la normativa establecida. Entre tanto, se obtuvieron resultados del diseño de mezcla de los adoquines, los cuales soportaron una  $f'c$  de 385 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con la Norma Técnica CE.010 de Pavimentos Urbanos. En cuanto a la permeabilidad, se obtuvo un coeficiente de 0.000337 cm/s, no cumpliendo con lo establecido por la ACI 552R.

### **Antecedentes locales**

**TESIS DE PREGRADO. *DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON AGREGADOS DE LA CANTERA LA VICTORIA Y ADICIÓN DEL ADITIVO CHEMA 3 Y FRIBAS POLIPROPILENO EN UNA VÍA COLECTORA EN LA CIUDAD DE CHICLAYO, 2021.***

**Santos [13]** propuso una solución para abordar un problema frecuente en la ciudad de Chiclayo, que es la presencia de lluvias intensas causadas por el Fenómeno del Niño Costero. Con este fin, desarrolló un diseño de mezcla para concreto permeable que se utilizaría en pavimentos rígidos, con el objetivo de mitigar las inundaciones en las calles debido al aumento de las precipitaciones. El objetivo era lograr un diseño que cumpliera con los estándares de resistencia y permeabilidad establecidos por el ACI 522R-10. Para ello, se crearon 11 diseños de hormigón drenante con diferentes porcentajes de vacíos y agregados finos. Se realizaron 6 probetas para el ensayo de resistencia a la compresión ( $f_c$ ), 3 muestras para evaluar la permeabilidad y 2 vigas para medir la resistencia a la flexión, para cada diseño de mezcla utilizado. Como resultado, el prototipo MPC-4 cumplió con los requisitos para el tipo de tráfico medio, con valores de  $f_c$  de 280 kg/cm<sup>2</sup>,  $f_y$  de 34 kg/cm<sup>2</sup> y una capacidad de filtración de 312L/min/m<sup>2</sup>. Estos resultados demostraron que estos pavimentos podrían ser utilizados sin problemas.

**TESIS DE PREGRADO. *EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE EN PAVIMENTOS ESPECIALES, LAMBAYEQUE. 2019***

**Tarifeno [14]** observó que el departamento de Lambayeque enfrenta un problema recurrente de inundaciones pluviales, especialmente durante el verano y durante la presencia del Fenómeno del Niño. Estas inundaciones resultan en acumulación de agua en los pavimentos, lo cual representa un alto riesgo para peatones, conductores y viviendas cercanas. Por lo tanto, el autor del proyecto propuso evaluar las propiedades del concreto drenante, incluyendo características mecánicas de los agregados y propiedades hidráulicas del concreto permeable, para su uso en pavimentos en esta zona. Este análisis se realizó siguiendo las normativas peruanas de pavimentación urbana y la ACI 522R-10. Además, se buscó estimar el costo y la duración de producción del proyecto. Los resultados de la investigación indicaron las siguientes características del concreto permeable: una resistencia a la compresión ( $f_c$ ) de 193 kg/cm<sup>2</sup>, una resistencia a la flexión de 67 kg/cm<sup>2</sup>, una absorción de 10.88 mm/s y una tasa de infiltración de 0.61 cm/s. Estos valores cumplieron con los parámetros establecidos por las normativas. En cuanto a los costos, se estimó que el concreto tradicional tendría un costo de s/. 403.18, mientras

que el concreto permeable tendría un costo de s/. 347.58, cumpliendo así con los objetivos del proyecto.

***TESIS DE PREGRADO. DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE AGREGADO FINO Y ADITIVOS EN LA CIUDAD DE CHICLAYO, 2021.***

Jacinto [62] se enfocó en su investigación en la creación de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino (0%, 5%, 10%, 15%, 20%), mezclados con el aditivo SikaCem Plastificante. Se aplicaron cantidades de 250 ml y 500 ml de aditivo por bolsa de cemento en el diseño. El objetivo de la tesis era lograr un concreto que ofreciera una buena resistencia sin comprometer su permeabilidad característica. Además, se buscaba determinar las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto, como el asentamiento, temperatura, densidad, contenido de vacíos, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la abrasión y permeabilidad. Para llevar a cabo el estudio, se realizó una investigación experimental que incluyó una muestra de 90 testigos de concreto para pruebas de compresión, 30 muestras para evaluar la permeabilidad, 60 muestras para pruebas de abrasión y 60 vigas para pruebas de flexión. Después de realizar los ensayos, se determinó que al utilizar un 20% de agregado fino, agregado grueso de  $\frac{3}{4}$ " y una relación agua/cemento de 0.30, se obtuvieron los mejores resultados en términos de permeabilidad. Estos resultados indicaron que el concreto sería adecuado para su uso en aceras o ciclovías, con una capacidad de drenaje de 22.40 l/m<sup>2</sup>/s, una resistencia a la compresión de 189.2 kg/cm<sup>2</sup> y una pérdida de abrasión del 32.7%. Sin embargo, al utilizar 500 ml del aditivo, se logró una mayor resistencia de 213.7 kg/cm<sup>2</sup>, junto con una permeabilidad de 19.9 l/m<sup>2</sup>/s y una pérdida de masa por abrasión del 28.8%.

**Bases teórico-científicas**

**BASES LEGALES**

Se debe tomar en cuenta ciertas normativas en las que se regirá el pavimento adoquinado permeable para que pueda cumplir y pueda ser empleado.

**Norma Técnica Peruana 399.611 (2017) Rige para adoquines de concreto en pavimentos y sus requisitos.**

Se establecen algunos requerimientos que los elementos adoquinados de hormigón deben tener a la hora de utilizarlos en pavimentos [16].

**Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos.**

Dicha norma tiene como fin brindar los mínimos requerimientos para el diseño de pavimentos en zonas urbanas. La intención de la normativa es ofrecer la durabilidad y la distribución de recursos para establecer un buen funcionamiento de aceras, estacionamientos y pistas dadas en áreas urbanas, estableciendo cuál sería, además, la vida de servicio de estos. [15].

**ACI 522R (Report on Pervious Concrete)**

En este informe se proporcionan detalles concretos sobre el uso del hormigón drenante, incluyendo los pasos de diseño, los materiales utilizados, las características del hormigón, la proporción de la mezcla, los métodos de construcción, así como las pruebas e inspecciones realizadas. Además, se destaca el nivel mínimo de permeabilidad que el concreto debe tener para ser considerado permeable [17].

**Norma Técnica O.S. 060 Drenaje Pluvial Urbano**

El fin de la presente normativa es brindar los requerimientos para el diseño de un sistema de drenaje para aguas de lluvia en proyectos de obras civiles en áreas urbanas [18].

**Norma Técnica Peruana 339.128**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento para el ensayo del análisis granulométrico (que se encuentra dentro de la mecánica de suelos) [35].

**Norma Técnica Peruana 339.127**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para hallar el contenido de humedad de un suelo (que se encuentra dentro de la mecánica de suelos) [36].

**Norma Técnica Peruana 339.129**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para hallar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos (que se encuentra dentro de la mecánica de suelos) [37].

**Norma Técnica Peruana 339.141**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para hallar compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía (que se encuentra dentro de la mecánica de suelos) [38].

**Norma Técnica Peruana 339.145**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para hallar el CBR de los suelos en el laboratorio (que se encuentra dentro de la mecánica de suelos) [39].

**Norma Técnica Peruana 400.012**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para determinar el análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global [41].

**Norma Técnica Peruana 400.018**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 $\mu$ m (N°200) [42].

**Norma Técnica Peruana N.T.P. 339.185**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento para el ensayo del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado [43].

**Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.022**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento para el ensayo del peso específico y absorción del agregado fino [44].

**Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.017**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados [45].

**Norma Técnica Peruana N.T.P. 339.146**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento para el ensayo equivalente de arena de suelos y agregados finos [46].

**Norma Técnica Peruana N.T.P. 339.035**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para determinar el asentamiento del concreto mediante el método de cono de Abrams [47].

**Norma Técnica Peruana N.T.P. 339.034**

El fin de la presente normativa es brindar el procedimiento del ensayo para determinar resistencia a la compresión  $f'_c$  [48].

**Norma INV E-130-13**

El objetivo de esta normativa es proporcionar el procedimiento de prueba para determinar el coeficiente de permeabilidad utilizando el método de cabeza constante, utilizando el permeámetro de carga constante y carga variable [49]. Esta prueba se llevará a cabo en un laboratorio especializado.

## **CRITERIOS TEÓRICOS**

### **Consideraciones para una baja transitabilidad**

Será de importancia tener en cuenta cuáles son los volúmenes de tránsito debido a que el proyecto estará asociado a las calles de baja transitabilidad vehicular de la urbanización.

#### **Índice medio diario (IMD)**

El IMD es la denotación de la cantidad de vehículos totales que pasan por una vía durante un año, pero a este se le debe tener en cuenta la cantidad de días que contiene el año y las horas que contiene un día, y así, sacar un estimado diario. Esta a la larga servirá para planificar el tipo de sección del pavimento a diseñar [28].

En este proyecto, se deberá tener en cuenta la diferencia entre la clasificación de IMD para los distintos tipos de vías, como son las siguientes: para vías locales, el índice tiene que estar entre 200 a 1000 vehículos diarios; para vías colectoras, podría variar entre 1000 a 8000 vehículos/día.; en colectoras será de 2000 a 4000; para arteriales de 11,000 a 17,000 vehículos por días. [12]. Considerando su importancia en el área de estudio, se destacan las vías locales, tal como se mencionó en la introducción del informe.

#### **Tráfico estimado para un periodo de diseño**

Se le llama al famoso «número de ejes equivalentes de carga simple», con la abreviatura de ESALs, que son diseñados para un determinado periodo (w18) y para uno o más carriles.

Existen rangos de ejes equivalente y estos determinarán si es que el tráfico es ligero, medio o alto. Para un tipo de tráfico ligero, se deberá contar con una cantidad menor a 10,000 ESALs; para tráfico medio, el rango deberá estar entre 10,000 a 1 000,000 ESALs: y, por último, para tráfico alto, tendrán que cumplir con un valor mayor a 1 000,000 de ESALS [12].

### **Consideraciones de geometría de las calles**

#### **Topografía del terreno**

Para poder saber la topografía del área de estudio, se deberá realizar un estudio topográfico, que tendrá que incluir un levantamiento topográfico.

- ✦ *Levantamiento topográfico.* Se realiza con la toma de información en campo (puntos, coordenadas, distancias) para luego plasmarlas en un plano en donde represente los datos con detalle [29].

### Consideraciones para estudio de mecánica de suelos

#### **Estudio de mecánica de suelos**

Tiene que ver con los estudios realizados para poder determinar las cualidades del suelo, tanto como mecánicas y físicas, acorde a su formación estratigráfica, donde la profundidad de esta se encuentra estructurada con diversos estratos poseyendo diversos componentes incluyendo el lugar de las napas freáticas, solo si se llegara a encontrar en estas [30].

Para el proyecto, se deberá disponer información sobre el estado y grosores de los pavimentos ya existentes, para poder diseñar uno nuevo.

Según los Pavimentos Urbanos, dentro de las técnicas de investigación de campo, aplicables al EMS, dice que:

- Como se observa en le Tabla 1, para vías locales, el número de puntos de investigación será 1 cada 1800m<sup>2</sup>. Esta información será utilizada posteriormente en el diseño.

**Tabla 1.** Puntos de investigación dependiendo la clase de vía que se presente.

<b>TIPO DE VÍA</b>	<b>NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

**Fuente:** [15].

- ✦ CBR del suelo. El ensayo CBR en el suelo permite la valoración de calidad con respecto a una parte del suelo en cuanto a la resistencia que posea, basando su medida en función a un ensayo escalado de una placa. Las siglas CBR denotan un concepto al ser traducido como el vínculo de apoyo california, ya que en el idioma original sería «California Bearing Ratio». Sin embargo, en México se puede encontrar con las siglas VRS, el cual se identifica como Valor Relativo del Soporte [31].

### Consideraciones hidrológicas de la zona

#### **Estudio hidrológico**

Este estudio servirá para poder hallar los coeficientes de escorrentía y, además, el tiempo de concentración de la zona a estudiar. Estimando así los valores que posteriormente serán utilizados para ver la cantidad de precipitación contiene la urbanización analizada en el proyecto [32].

#### **Intensidad de la lluvia**

Denota la cantidad de caudal de las lluvias o precipitaciones sobre una terminada área por unidad de tiempo. Esta puede medirse en mm/h o también, litros/hectáreas (Ls/Hs) [18].

#### **Duración**

Es el transcurso de tiempo desde el comienzo hasta el final de la lluvia, mide el tiempo de esta y se expresa en minutos [18].

#### **Infiltración**

Es el paso del agua desde la superficie hasta la profundidad del suelo o terreno [33].

### Consideraciones de drenaje

El estudio principal en base a los drenajes diseñados que permiten a los pavimentos una gran probabilidad que se reduzca su duración de vida producido por las cantidades de agua que se presentan dentro de la parte de esa estructura. No obstante, se deben tener precauciones con el tema de la humedad, ya que en cada uno de los casos presentados deben realizarse estructuras donde su drenaje sea como: cuencas, bases drenantes, transmisión filtrante lateralmente hechos con ciertos materiales granulométricos (subdrenajes) [8].

#### **Drenaje urbano**

Es aquel drenaje destinado a las metrópolis, siguiendo a una normativa urbanística [18].

#### **Drenaje urbano mayor**

Se le considera drenaje urbano mayor a aquel que está diseñado para precipitaciones con poca frecuencia, usando alcantarillados pluviales y además, se emplean las pistas también como conductores de aguas o canales de evacuación [18].

#### **Drenaje urbano menor**

Es aquel sistema que evacua aguas con una regularidad de 2 a 10 años [18].

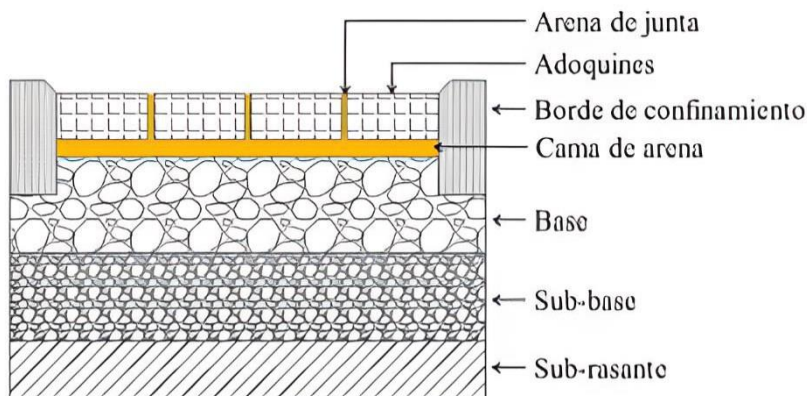
### Consideraciones para pavimentos con Bloques Intertrabados (Adoquines)

Los pavimentos adoquinados están hechos por varias capas de la misma manera que los convencionales. Hay una distinción entre los convencionales con los pavimentos adoquinados, que es la estructura de la carpeta de rodadura, que estará compuesta ahora por elementos

adoquinados, que se comportarán de manera semiflexible. También se constituye por presentar arena de juntas, que estarán entre adoquín y adoquín; y, por una cama de arena [19].

**Figura 1.** Composición estructural de los pavimentos adoquinados.

**Fuente:** [20]



### Requerimientos para pavimentos adoquinados compuestos por concreto con Cemento Portland

Para emplear este tipo de pavimentos, tiene que satisfacer los siguientes requerimientos, descritos en la Tabla 2 y 3:

**Tabla 2.** Granulometría para la Arena de Cama.

MALLA	% PASA
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 80
N° 30	25 - 60
N° 50	05 - 30
N° 100	00 - 10

**Fuente:** [15].

**Tabla 3.** Granulometría para la Arena de Sello.

MALLA	% PASA
N° 4	100
N° 8	95 - 100
N° 16	70 - 100
N° 30	40 - 75
N° 50	10 - 35
N° 100	02 - 15
N° 200	00 - 05

Fuente: [15].

En este proyecto, se deberá tener en cuenta que los pavimentos que serán estudiados serán los de Tipo II, debido a que serán destinados a un tránsito vehicular ligero. Para ello, deberán cumplir con lo siguiente:

Estos adoquines que serán empleados en el proyecto deberán cumplir con un mínimo de  $f^c$  de 37 MPa o 377 kg/cm<sup>2</sup> (para espesores de 60mm) y 33 MPa o 336 kg/cm<sup>2</sup> (para espesores 80mm).

**Tabla 4.** Adoquines- Requisitos [NTP 399.611]

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Fuente: [15].

**Tabla 5.**  $F^c$  de los adoquines.

TIPO	ESPESOR (mm)	PROMEDIO* (MPa)	MINIMO* (MPa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	37
	80	37	33
III	100	35	32
	≥ 80	55	50

Fuente: [15].

**Tabla 6.** Requerimientos mínimos para distintos tipos de pavimentos.

Tipo de Pavimento		Elemento		
		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 %	CBR ≥ 30 %	
Base		CBR ≥ 80 %	N.A.*	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm <sup>2</sup> (3,4 MPa)	f <sub>c</sub> ≥ 380 Kg/cm <sup>2</sup> (38 MPa)

**Fuente:** [15].

Asimismo, para el tipo de pavimento adoquinado tendrá que desarrollar los requerimientos de la Tabla 6, en donde te detalla con qué solicitudes exactamente deberá contar cada parte de la estructura del pavimento.

### Componentes del pavimento adoquinado

- ✦ Capa de rodadura. La capa del pavimento que está en contacto directo con los vehículos puede ser clasificada en tres tipos diferentes. En el caso de pavimentos rígidos, se utiliza concreto como material principal. Por otro lado, para pavimentos flexibles, se emplean asfaltos y otros materiales similares. Por último, para pavimentos intertrabados, lo famosos adoquines de concreto. El objetivo principal de este es soportar el tránsito. [21].
- ✦ Base. Es el estrato que sostiene a la capa de rodadura, además de ser la que reparte y transmite las cargas causadas por el tránsito vehicular. Por ello, deberá ser de un componente granular filtrante con un CBR mayor a 80% [21].
- ✦ Subbase. Se encuentra por debajo de la base, siendo un estrato de componente específico y con un grosor de diseño que sostiene a las dos capas superiores a ella. Sirve como estrato drenante y supervisor de capilaridad de las aguas que filtren sobre él. El material granular empleado en él deberá contar con un CBR > 40% [21].
- ✦ Subrasante. Estrato inferior que sostiene a la subbase, además de ser paralelo a la rasante [15].

- ✦ Adoquín. Forma parte de la superficie de rodadura. El espesor de los adoquines puede estar dentro de 50 a 100mm, esta depende directamente de las solicitaciones de carga. Puede llegar a tener un  $f'c$  de 25 a 45 MPa [19].
- ✦ Arena de junta. Se utiliza para unir los adoquines, además de llenar los intersticios, favoreciendo la adherencia entre cara y cara de adoquín. Cuenta con un grosor de 2 y 5mm [19].
- ✦ Cama de arena. Es un terreno que se encarga de nivelar, el cual se utiliza cuando se instalan adoquines. Tiene un espesor de 20 y 30 mm, de forma compactada [19].

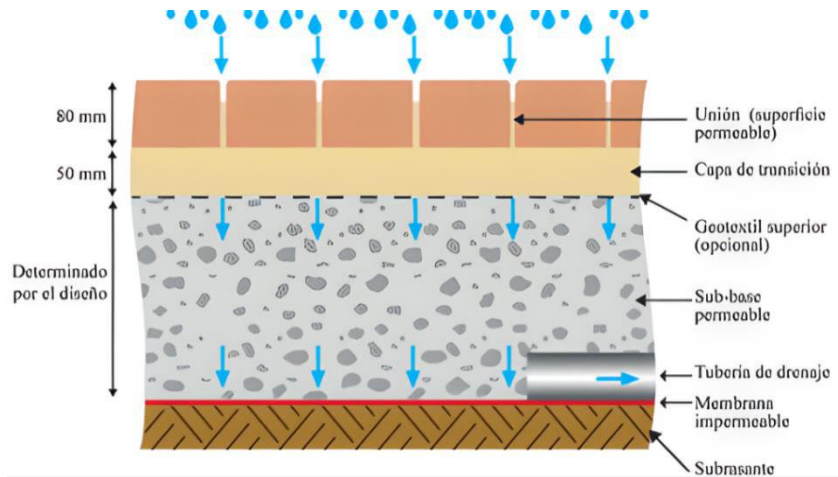
### Consideraciones para pavimentos permeables

#### **Pavimentos permeables**

Son aquellos que forman parte de un conjunto de medidas que son aplicadas para analizar criterios de sustentabilidad ambiental, en particular si está relacionado al mantenimiento, utilización y empleo de aguas de pluviales [22]. La importancia de ellos nace en la necesidad de crear áreas que infiltren o almacenen las lluvias, incrementando los tiempos de concentración. [23].

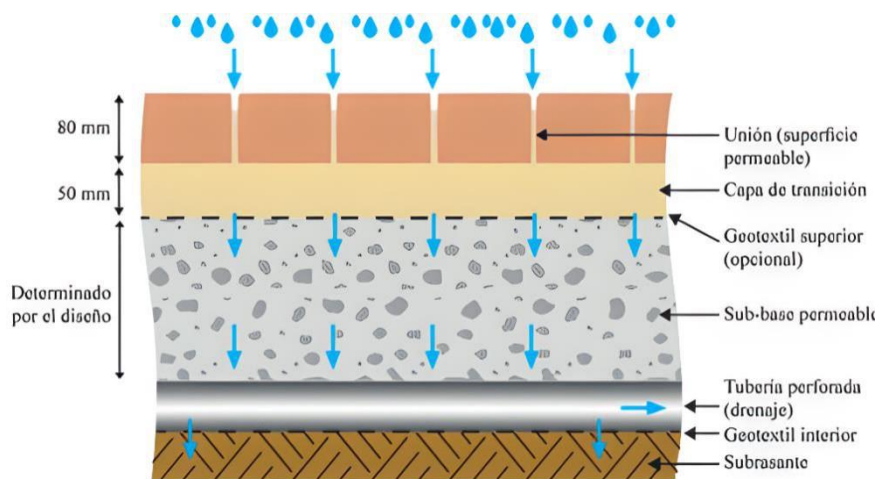
El sistema permeable de los pavimentos esta compuesto por tres estratos: 1) un área de rodamiento que facilita el ingreso de líquido en este caso, agua, esta misma puede variar de componentes material como betún de Judea, concreto poroso, arcilla, balasto o herbazal, 2) revestimiento a base de materia granular muy fina, donde se basa en autorizar un adecuado montaje de rodamiento en la superficie, 3) es una capa comprendida por materia granulada de un tamaño considerable donde el líquido o agua pueda almacenarse dicha acción o estrato se denomina subbase.

La sub-base impregna e inmoviliza el agua en fragmentos o su totalidad como se ilustra en la muestra 2, 3 y 4. Se considera en uso necesario cuando el suelo natural imposibilita la infiltración de agua, es decir, es impermeable o si se quiere utilizar el agua para otros fines, en caso contrario a la retención de agua y que el suelo natural implique la infiltración esta misma debe ser capaz de absorber el agua y proceder a la recarga de acuíferos [24] [25].



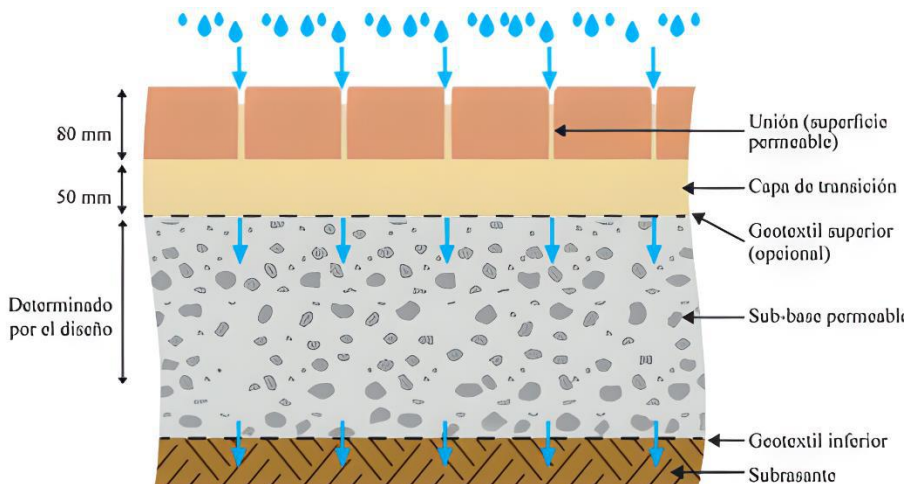
**Figura 2.** Composición de pavimento adoquinado drenante con parcial infiltración.

**Fuente:** [25]



**Figura 3.** Composición de pavimento adoquinado drenante con infiltración a tuberías.

**Fuente:** [25]



**Figura 4.** Composición de pavimento adoquinado drenante sin infiltración por tuberías.

**Fuente:** [25]

### Adoquines drenantes

Los adoquines drenantes son aquellos compuestos por concreto permeable, que permiten infiltrar las aguas pluviales sobre su estructura, trasladándolas a las capas inferiores hasta un sistema de drenaje pluvial, si lo requiere, si no, serán filtradas hasta el suelo del terreno. Estas pueden ser empleadas en pavimentos, solo si es que cumplir con los requerimientos establecidos por norma. Una de sus ventajas es, además, que resiste las cargas generadas por el tráfico vehicular [26].

#### ✦ Concreto permeable

Al igual que un concreto convencional, está compuesto por los mismos elementos, a diferencia de la cantidad de agregado fino que contiene, ya que esto convertirá al concreto en un elemento poroso, de los cuales los agujeros variarán en cuanto a tamaño entre 0.08 a 0.32 pulgadas, o de 2 a 8mm; esto permite a la larga que el agua filtre fácilmente sobre la estructura. Además, cuenta con un contenido de vacíos variables entre 18 a 35%, con un  $f'c$  de 28 kg/cm<sup>2</sup> a 285 kg/cm<sup>2</sup> y, por último, con una velocidad de permeabilidad de 81 a 730 litros/min/m<sup>2</sup> [17].

#### ✦ Materiales empleados para la realización de concreto permeable para adoquines

##### a) Cemento portland tipo MS fortimax

El cemento está compuesto por la pulverización del Clinker con la adición de otros componentes que se pueden observar en la Tabla 7, obviamente, estos están sometidos a altas temperaturas de entre 1300C°-1450C°. Además, este puede llegar a endurecerse con el contacto de agua y aire, bajo ciertas cantidades [50].

**Tabla 7.** Cantidades en porcentaje de los componentes del cemento portland.

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	61%-67%	C
SiO <sub>2</sub>	20%-27%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4%-7%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2%-4%	F
SO <sub>3</sub>	1%-3%	
MgO	1%-5%	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25%-1.5%	

**Fuente:** [51].

En cuanto a la empleabilidad del concreto permeable, es necesario que este tipo de cemento cumpla con las normas establecidas por ASTM C150/C150M, C595/C595M y C1157/C1157M. Además, a través de la compatibilidad cemento-mezcla, se busca evitar problemas relacionados con la velocidad de aumento de la resistencia, el periodo de fraguado, la porosidad y la permeabilidad [52].

En el contexto de la investigación actual, se ha utilizado el cemento portland tipo MS fortimax debido a que ofrece una mayor resistencia y es especialmente adecuado para proyectos expuestos a ambientes húmedos y salinos. Dado que el concreto permeable se utilizará en el pavimento adoquinado, estará constantemente expuesto a dichas condiciones.



*Figura 5. Material cemento portland tipo MS fortimax en almacenamiento*

#### b) Agregado grueso

Este agregado es aquel que es retenido en el tamiz N°4. Se consigue mediante la desintegración natural o mecánica de materiales rocosos, y, además, tiene que cumplir con lo requerido por la NTP 400.037. Su composición puede estar dada por: grava, piedra chancada, concreto reciclado, u otros materiales reciclados [53].

Los agregados gruesos que pueden ser utilizados para el tipo de concreto permeable, son de tamaño 3/4 a 3/8 pulg (19 a 9.5mm). Por otro lado, se debe evitar que estos agregados estén cubiertos con polvo y arcilla, para no alterar su composición dentro del concreto [52].



*Figura 6. Piedra chancada de 1/2'' empleada en el concreto permeable*

Se debe tomar en cuenta que cuando se utilizan agregados de 3/4'' o más grandes, la pasta de cemento va a presentar más complejidad debido a que no podrán recubrir la totalidad de agregados gruesos; esto se da a la diminuta cantidad de agregado fino empleado en el diseño o por no utilizarlo, en el concreto permeable. Sin embargo, cuando se emplean agregados de 3/8'' o menos, esto puede hacer que se ordenen las partículas de mejor manera, evitando que existan vacíos y, por ende, limitaría la permeabilidad.

Debido a lo anterior mencionado, se quiso utilizar agregado de 1/2'', para poder observar cómo influye este tamaño en el concreto permeable que será utilizado para los adoquines porosos. Este fue tomado de la Ferretería Mi Manuelito en Reque, Chiclayo. El principal distribuidor de estos agregados es la cantera Tres Tomas, que se encuentra en el Distrito de Pátapo.

#### c) Agregado fino

Aquel que pasa el tamiz 3/8'', pero queda retenido en la malla N°200. Este tipo de agregado tiene que cumplir con los límites establecidos en la NTP 400.037. La composición de este puede ser a partir de arena natural, procesada, reciclada o la combinación de todas ellas.

**Tabla 8.** % que pasa de agregado fino por cada tamiz.

Tamiz	% que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 µm (N°30)	25 a 60
300 µm (N°50)	5 a 30
150 µm (N°100)	0 a 10

**Fuente:** [53].

Para realizar concreto permeable, se aconseja que el uso de agregado fino dentro de la mezcla sea en pequeñas cantidades, dado que este puede llegar a comprometer la conectividad del sistema poroso del concreto. Es de gran importancia que al menos haya un pequeño porcentaje de este, debido que influye directamente en la resistencia a la compresión y densidad [52].

#### d) Agua

En cuanto a la calidad del agua, estos no varían con los del concreto común. Cabe mencionar, que el rango del contenido de a/c debe estar entre 0.26 a 0.40, dado que no se requiere mayor contenido de agua porque la pasta puede hacer que los poros sean tapados, evitando así, la permeabilidad [52].

#### ✦ Mezclado del concreto permeable

Para el mezclado, se optó por seguir el proceso dado en la norma N.T.P 339.183, así como lo que pueda regir de un trabajo de investigación de Guizado y Curi [62].

- 1) Mojar el trompo con un poco de agua antes para que este no absorba el agua de la mezcla.
- 2) Antes de poder prender el trompo, se le adiciona la cantidad de agregado grueso, fino y un poco de agua; luego, dejarlo mezclar por un minuto para que este obtenga una mezcla homogénea.
- 3) Incrementar cemento y el resto de agua al trompo. Con ello, dado que todos los materiales estén dentro de él, deberá ser mezclado por 3 minutos, calculando que todos los materiales estén bien integrados.

4) Para el concreto permeable, se aconseja que la mezcla se deje reposando por 2 minutos para evitar un falso fraguado (aunque para la norma sea 3 minutos, pero este tipo de mezcla no lo necesita debido que es seca) [54].

5) Después del primer minuto de reposo, se requiere que se realice una mezcla de por lo más 2 minutos.



**Figura 7.** Mezclado del concreto permeable en el laboratorio.



**Figura 8.** Mezclado de los agregados en el trompo.

✦ Propiedades del concreto poroso en su estado endurecido

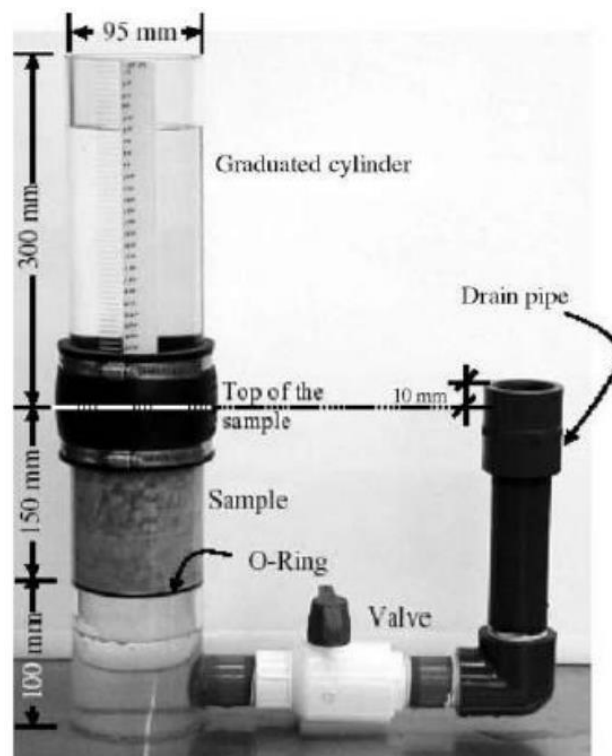
a) Resistencia a la compresión ( $F'c$ )

La resistencia en el concreto permeable depende de variadas razones como los materiales que se empleen en el concreto, hasta la energía de compactación empleada en la etapa del vaciado de concreto poroso. Si bien, la resistencia puede aumentar por el % de agregado fino que se emplee en la mezcla, pero se debe evitar el uso de este último para tener mayor porosidad. También puede ser aumentada la resistencia al incorporar aditivos a la mezcla. Se debe tener en cuenta que al tener la relación de a/c muy alta, puede formarse mayor pasta y evitar la permeabilidad del concreto; siendo el rango óptimo de 0.26 a 0.45, dando resultados de resistencia buena [62].

## b) Permeabilidad

Si se habla de permeabilidad en el concreto, se deberá decir que es la cantidad de agua filtrada por él, en un rango de tiempo, debido a los poros que presente y al tamaño de estos. La propiedad puede ser influenciada por varios factores del concreto, como es el caso de: la estructura porosa en la mezcla de concreto, la hidratación y evaporación del agua en la pasta, así como su temperatura y formación de agujeros y grietas por la contracción en la composición cementante durante el tiempo de fraguado [27].

Como dijo se dijo en [12], enfatiza que el valor de la permeabilidad debe estar entre 1.4 a 12.2 mm/s.



*Figura 9. Permeámetro de carga constante.*

**Fuente:** [54].

### ✦ Datos previos para realizar el diseño de mezcla de concreto permeable

Antes de llevar a cabo el diseño de la mezcla de concreto permeable, es necesario contar con datos previos, como las características físicas de los materiales. Estos datos se utilizan en el Método de Dosificación del Concreto Permeable, de manera similar a los métodos convencionales para el diseño de concreto. Además, es importante tener en cuenta los requisitos específicos del concreto permeable, como la resistencia a la compresión y la capacidad de

filtración [62]. Estos elementos son considerados para garantizar que la mezcla de concreto permeable cumpla con los estándares deseados.

a) Agregado grueso

Para este, es necesario que se conozca el peso unitario suelto y compacto, así también, peso específico, % humedad y % absorción. Además, para poder tener el huso granulométrico y el b/bo (muy conocido en los diseños de mezcla convencionales) se deberá contar con la granulometría del agregado, además de ser otorgado por la ACI 522-R [62].

b) Agregado fino

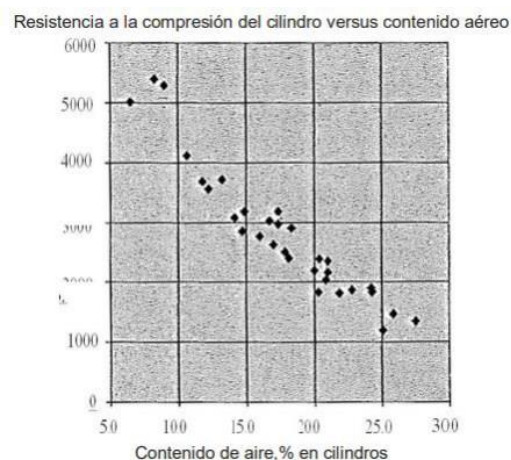
De igual forma que el agregado grueso, se requiere realizar los mismos estudios, pero destinado para finos. Asimismo, la relación  $a/A$  (Volumen de agregado fino/Volumen de Agregado Global) denota el volumen de agregado fino [62]. Esta relación debe ser un dato importante en la investigación debido a que se emplearán dos porcentajes de estos agregados para realizar el diseño de mezcla y ver sus diferencias.

c) Cemento

Como para el diseño de un concreto convencional, se necesita saber el peso específico del cemento, para poder calcular el volumen que este tendrá dentro del concreto permeable. Para este trabajo de investigación se utilizó el Cemento Pacasmayo MS Fortimax con un  $\gamma$  de 2.99 g/cm<sup>3</sup> [56].

d) Resistencia a la compresión  $f'_c$

La resistencia puede ser estimada a través del siguiente gráfico



**Figura 10.** Función entre la resistencia a compresión y % de aire.

**Fuente:** [52].

Para esta investigación, es de gran importancia obtener una resistencia adecuada, con los contenidos de % de agregado fino que se emplearán para el diseño de mezcla, de 330 kg/cm<sup>2</sup> requerida en pavimentos adoquinados de baja transitabilidad vehicular [15].

✦ Pasos para realizar el diseño de mezcla según el ACI-522 R

Para determinar cuáles son las cantidades de los materiales empleados en este concreto, se debe basar en sus propiedades físicas y en aquellas tablas dadas por la norma ACI-522R [62].

1) Determinar volumen del agregado grueso

El primer paso en el proceso de diseño de mezcla de concreto permeable es determinar la dosificación para un metro cúbico de concreto. Para esto, se utiliza la Tabla 9, que proporciona datos como el volumen de agregado fino en relación al volumen total de agregados (a/A) a utilizar en el diseño, así como el tamaño del agregado grueso utilizado.

Con esta información, se puede determinar b/b<sub>o</sub>, que es el volumen seco de agregado grueso compactado por volumen unitario de concreto. Este valor se utiliza para calcular el peso y el volumen ocupado por el agregado grueso en el volumen de diseño de 1 metro cúbico de concreto [62]. Estos cálculos son esenciales para establecer la proporción adecuada de agregados en la mezcla y asegurar resultados óptimos en términos de resistencia y permeabilidad.

*Ecuación 1 y 2. Peso del agregado grueso [62].*

$$P.S_{AG} = P.U.C.S_{AG} \times \frac{b}{b_o} \times V$$

$$V.S_{AG} = \frac{P.S_{AG}}{p.e_{AG} \times 1000}$$

- P.S<sub>AG</sub>: Peso del agregado grueso seco en kg.
- P.U.C.S<sub>AG</sub>: Peso unitario compactado del agregado grueso seco en kg/m<sup>3</sup>.
- b/b<sub>o</sub>: Volumen seco de agregado grueso compactado por volumen unitario de concreto (adimensional).
- V: Volumen de diseño en m<sup>3</sup>. (por lo general se diseña para un 1m<sup>3</sup>)
- V.S<sub>AG</sub>: Volumen del agregado grueso seco en m<sup>3</sup>.
- p.e<sub>AG</sub>: Peso específico del agregado grueso seco en g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 9.** Valores para  $b/b_0$ , por porcentaje de  $a/A$ 

Porcentaje de Agregado fino $a/A$	$b/b_0$	
	Huso N° 8	Huso N°67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: [62].

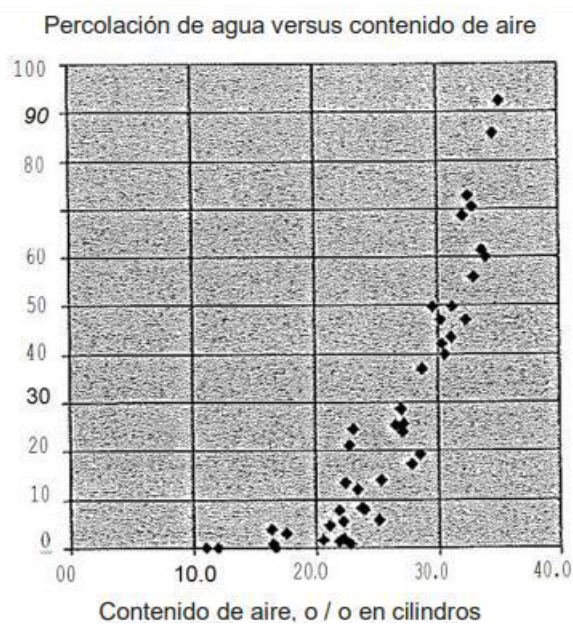
Para la presente investigación, se ha empleado porcentaje de 10% y 15%, para el último, se deberá interpolar los valores.

### 2) Filtración requerida para el concreto poroso

Para esto, se necesitará la intensidad calculada por el estudio hidrológico, de la zona en la que se está estudiando, en este caso la Urb. San Carlos. Dado que este estará empleado en mm/h, se desea ser cambiada a cm/min. Posteriormente, se podrá obtener el contenido de vacíos.

### 3) Porcentaje de vacíos

Con la cantidad de filtración se usará la Figura 12, para obtener el contenido de aire.

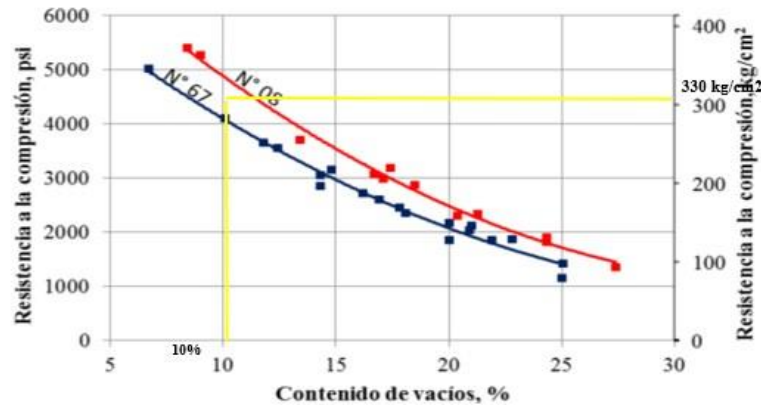


**Figura 11.** Función entre contenido de aire y la capacidad de filtración.

Fuente: [52].

#### 4) Verificación de la resistencia a la compresión de diseño

En la siguiente figura, con los husos que se utilizan, podemos observar que la resistencia sí podría dar a un 330 kg/cm<sup>2</sup>, asimismo, con el porcentaje de vacíos que se requiere en la investigación, de 10 y 12%.



**Figura 12.** Función entre contenido de aire y la resistencia a la compresión.

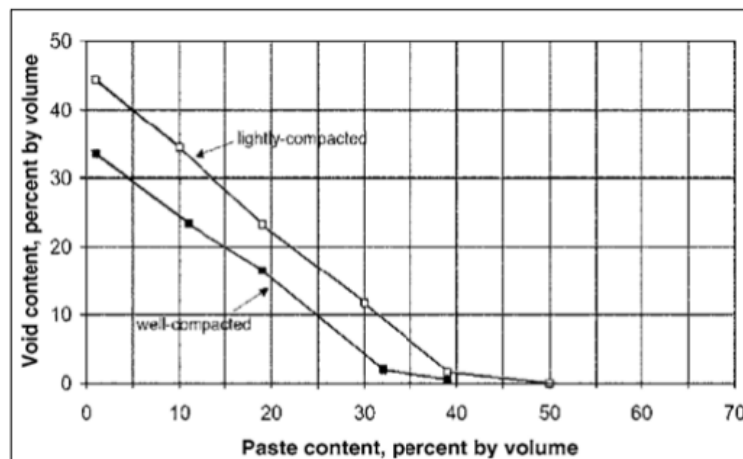
**Fuente:** [52].

#### 5) Determinar el volumen de la pasta

Como ya se tiene el contenido de vacíos, ahora se necesita determinar el volumen de la pasta y este dependerá de lo anterior mencionado. En la Figura 14, se puede relacionar el % de vacíos con el volumen de pasta.

La primera línea de la Figura 14 se denomina well-compacted, dado para un concreto compactado en 3 capas, con 25 golpes en cada capa con una varilla lisa [55].

La segunda línea de la Figura 14 se denomina lightly-compacted, dado para un concreto compactado en 2 capas, con 5 golpes en cada capa con pisón de 5 libras [55].



**Figura 13.** Función del volumen de pasta y volumen de aire.

**Fuente:** [52].

## 6) Determinar peso y volumen del cemento

Después de obtener el contenido de pasta y teniendo ya una relación a/c, se puede hallar el contenido de cemento para la mezcla. Como ya antes se mencionó, el rango del contenido a/c es bastante recomendable. Para la investigación, se utilizaron 2 diseños con diferentes a/c.

**Ecuación 3.** Determinar peso y volumen del cemento [54].

$$V_p = V_c + V_a$$

$$V_p = \frac{P_c}{p \cdot e_c \times 1000} + \frac{P_a}{D_a}$$

$$V_c = \frac{P_c}{p \cdot e_c \times 1000}$$

$$P_c = \frac{V_p}{\frac{1}{p \cdot e_c} + a/c} \times 1000$$

Donde:

- ✓  $V_p$ : Volumen de la pasta en m<sup>3</sup>.
- ✓  $V_c$ : Volumen del cemento en m<sup>3</sup>.
- ✓  $V_a$ : Volumen del agua en m<sup>3</sup>.
- ✓  $P_c$ : Peso del cemento en kg
- ✓  $p \cdot e_c$ : Peso específico del cemento en g/cm<sup>3</sup>.
- ✓  $a/c$ : Relación agua/cemento (adimensional).
- ✓  $D_a$ : Densidad del agua en kg/m<sup>3</sup>.
- ✓  $P_a$ : Peso del agua en kg.

## 7) Determinar peso y volumen del agua

Con la relación a/c y el peso de cemento, se podrá determinar el peso del agua. Después de eso, con el peso específico de este, ya se podrá obtener el peso del agua empleada en la mezcla.

**Ecuación 4.** Fórmulas para determinar peso y volumen del agua [54].

$$P_a = P_c \times \frac{a}{c}$$

$$V_a = \frac{P_a}{D_a}$$

Estas variables fueron utilizadas en el paso anterior.

## 8) Determinar peso y volumen del agregado fino

Para poder saber cuál es el contenido del agregado fino, previamente se obtiene el volumen del agregado grueso determinado en el paso inicial y con la relación a/A. La investigación realizada, tendrá 2 pesos de agregado fino, porque son diferentes porcentajes.

**Ecuación 5.** Fórmulas para hallar volumen de agregado fino en el concreto permeable [54].

$$V.S_{A,F} = V.S_{A,G} \times \frac{a/A}{1 - a/A}$$

$$P.S_{A,F} = V.S_{A,F} \times P.U.C.S_{A,F}$$

- ✓ V.S<sub>A,F</sub>: Volumen del agregado fino seco en m<sup>3</sup>.
- ✓ a/A: Relación entre el volumen de agregado fino y volumen del agregado global (adimensional).
- ✓ P.S<sub>A,F</sub>: Peso del agregado fino seco en kg.
- ✓ P.U.C.S<sub>A,F</sub>: Peso unitario compactado del agregado fino seco en kg/m<sup>3</sup>.

## 9) Determinar volúmenes secos y corrección por humedad

Después de determinar todos los pesos de los materiales, se tiene que saber que estos han sido calculados en seco. Es por esto, que se le tiene que calcular el aporte de agua de diseño dado por características de humedad y absorción que ya tienen los agregados finos y gruesos. Para ello, se deberá corregir mediante con las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 6.** Determinar pesos húmedos en los agregados [50].

$$P.W_{A,G} = \left(1 + \frac{W_{A,G}}{100}\right) \times P.S_{A,G}$$

$$P.W_{A,F} = \left(1 + \frac{W_{A,F}}{100}\right) \times P.S_{A,F}$$

**Ecuación 7.** Humedad superficial del agregado grueso y fino [50].

$$W.S_{A,G} = W_{A,G} - A_{A,G}$$

$$W.S_{A,F} = W_{A,F} - A_{A,F}$$

**Ecuación 8.** Aporte de humedad del agregado grueso y fino [50].

$$A.W_{A,G} = W.S_{A,G} \times P.W_{A,G}$$

$$A.W_{A,F} = W.S_{A,F} \times P.W_{A,F}$$

**Ecuación 9.** Aporte de humedad del agregado global y agua efectiva [50].

$$P_{a.e} = P_a - (A \cdot W_{A.G} + A \cdot W_{A.F})$$

$$V_{a.e} = \frac{P_{a.e}}{D_a}$$

**Ecuación 10.** Volúmenes húmedos del agregado grueso y fino [50].

$$V \cdot W_{A.G} = \frac{P \cdot W_{A.G}}{p.e. \cdot SSS_{A.G} \times 1000}$$

$$V \cdot W_{A.F} = \frac{P \cdot W_{A.F}}{p.e. \cdot SSS_{A.F} \times 1000}$$

Donde:

- ✓ P.W<sub>A.G</sub>: Peso del agregado grueso húmedo en kg.
- ✓ W<sub>A.G</sub>: Humedad del agregado grueso en %.
- ✓ P.W<sub>A.F</sub>: Peso del agregado fino húmedo en kg.
- ✓ W<sub>A.F</sub>: Humedad del agregado fino en %.
- ✓ W.S<sub>A.G</sub>: Humedad superficial del agregado grueso en %.
- ✓ A<sub>A.G</sub>: Absorción del agregado grueso en %.
- ✓ V.W<sub>A.G</sub>: Volumen del agregado grueso húmedo en m<sup>3</sup>.
- ✓ p.e.SSS<sub>A.F</sub>: Peso específico SSS del agregado fino en g/cm<sup>3</sup>.
- ✓ W.S<sub>A.F</sub>: Humedad superficial del agregado fino en %.
- ✓ A<sub>A.F</sub>: Absorción del agregado fino en %.
- ✓ A.W<sub>A.G</sub>: Aporte de humedad del agregado grueso en kg.
- ✓ A.W<sub>A.F</sub>: Aporte de humedad del agregado fino en kg.
- ✓ P<sub>a.e</sub>: Peso del agua efectiva en kg.
- ✓ V.W<sub>A.F</sub>: Volumen del agregado fino húmedo en m<sup>3</sup>.
- ✓ p.e.SSS<sub>A.G</sub>: Peso específico SSS del agregado grueso en g/cm<sup>3</sup>.
- ✓ V<sub>a.e</sub>: Volumen del agua efectiva en m<sup>3</sup>.

Por último, se determina el agua efectiva utilizada para la realización del concreto.

10) Determinar los volúmenes húmedos y verificar del volumen del concreto

Como uno de los últimos pasos, se tiene que determinar que la sumatoria de los volúmenes de materiales antes calculados sea igual a 1m<sup>3</sup> de concreto del diseño. Si es que se presenta un exceso o defecto de las cantidades, la ACI-522 R dice que lo mejor sería aumentar el contenido de pasta o bajar el volumen de agregados para que se llegue al m<sup>3</sup> exacto [62].

**Ecuación 11.** Fórmula para verificar volumen de los componentes del concreto [50].

$$V_{e/d} = 1m^3 - V \cdot W_{AG} + V \cdot W_{AF} + V_C + V_{a.e} + V_{ad}$$

✓  $V_{e/d}$ : Volumen de exceso o déficit del concreto permeable en m<sup>3</sup>.

### Consideraciones sobre el diseño estructural de pavimento flexible y semiflexible

Se tomarán las siguientes consideraciones, después de haber encontrado las características que se necesita para realizar el diseño por medio del método AASHTO.

#### **Método AASHTO**

Se utilizará el método descrito en Structural Design of Concrete Block Pavements. y en Guide for Design of Pavement Structures de la AASHTO. Se tomó este método dado por AASHTO, dado que la distribución de carga y modo de falla en pavimentos intertrabados, son muy similares a los que ocurren en pavimentos flexibles [15].

#### Generalidades

El diseño de este tipo de pavimento se fundamenta en la evaluación de cuatro factores que se relacionan entre sí. Estos factores son los siguientes: el entorno ambiental, el tráfico, la capacidad de resistencia del suelo subyacente y los materiales utilizados en la estructura del pavimento [15].

#### Tráfico

Este factor es crucial para poder discernir las cargas vehiculares, el número de cargas por tipo de vehículo y las configuraciones de ejes y ruedas, todo ello destinado a un período de diseño específico. Una variable de gran importancia es el EAL (Equivalent Axle Load, por sus siglas en inglés), que representa el daño causado por la carga de un eje estándar. Por lo general, el EAL se establece en 8.2 toneladas para un eje simple (80 kN). En la Tabla 10, se muestran los siguientes factores:

**Tabla 10. Factores de equivalencia de cargas por eje.**

Eje Simple t (kN)	F. de E.	Eje Tandem t (kN)	F. de E.
0,9 (9)	0,0002	4,5 (44)	0,008
2,7 (27)	0,01	6,4 (62)	0,03
4,5 (44)	0,08	8,2 (80)	0,08
6,4 (62)	0,34	10,0 (98)	0,17
8,2 (80)	1,00	11,8 (115)	0,34
10,0 (98)	2,44	13,6 (133)	0,63
11,8 (115)	5,21	15,4 (157)	1,07
13,6 (133)	10,0	17,2 (169)	1,75
15,4 (157)	17,9	19,1 (186)	2,73
17,2 (169)	29,9	20,9 (204)	4,11

**Nota:** Tabla elaborada para un valor de Serviciabilidad Final,  $p_f$  de 2,0

**Fuente:** [15].

La Tabla 11 proporciona un ejemplo del listado de EALs según la clase de carretera. Para incorporar un nivel deseado de confiabilidad en el proceso de diseño, se aplica un factor al tráfico de diseño, como se muestra a continuación:

**Ecuación 12.** EALs ajustados [15].

$$\text{EALs ajustados} = \text{FR} \times \text{EALs}$$

Donde:

- ✓ FR=factor de confiabilidad.

Además, se presentan los factores de confiabilidad sugeridos según el tipo de vía, junto con los Equivalent Axle Loads (EALs) ajustados correspondientes para su aplicación en el proceso de diseño. Sin embargo, es responsabilidad del ingeniero encargado (PR) definir los factores de confiabilidad adecuados para su diseño específico [15]. También se muestran los factores de confiabilidad recomendados por tipo de vía, junto con los correspondientes EALs ajustados para su uso en el diseño. El PR deberá definir los factores de confiabilidad para su diseño en particular [15].

**Tabla 11.** Ejemplos de EALs de Diseño.

<b>TABLA F2</b> <b>Ejemplos de EALs de Diseño<sup>1</sup></b>				
Clase de Vía	EALs <sup>a</sup> (millones)	Nivel de Confiab. <sup>b</sup> (%)	Factor de Confiabil.(Fr)	EALs de diseño <sup>a</sup> (millones)
Expresas	7,5	90	3,775	28,4
Arteriales	2,8	85	2,929	8,3
Colectoras	1,3	80	2,390	3,0
Locales	0,43	75	2,010	0,84

Notas:  
a. Basados en una vida de diseño de 20 años, 4% de crecimiento, 50% de tráfico direccional  
b. Basada en una desviación estándar de 0,45.

**Fuente:** [15].

**Soporte de la Subrasante**

**Tabla 12.** Resistencia de la Subrasante en Función del Tipo de Suelo SUCS y AASHTO

<b>TABLA F3</b> <b>Resistencia de la Sub-rasante en Función del Tipo de Suelo SUCS (Ref. 2)</b>				
Grupo de Suelo	Módulo Resiliente (10 <sup>3</sup> psi) <sup>a,b</sup>			Módulo Reducido <sup>a,c</sup> (10 <sup>3</sup> psi)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	
SUCS				
GW, GP, SW, SP	20,0	20,0	20,0	N/A
GW-GM, GW-GC				
GP-GM, GP0, GC	20,0	20,0	20,0	12,0
GM, GM-GC, GC	20,0	20,0	20,0	4,5
SW-SM, SW-SC				
SP-SM	20,0	20,0	20,0	9,0
SP-SC	17,5	20,0	20,0	9,0
SM, SM-SC	20,0	20,0	20,0	4,5
SC	15,0	20,0	20,0	4,5
ML, ML-CL, CL	7,5	15,0	20,0	4,5
MH	6,0	9,0	12,0	4,5
CH	4,5	6,0	7,5	4,5

**Fuente:** [15].

Durante la construcción, se requiere una compactación del suelo de subrasante de al menos el 95% del estándar AASHTO T-99 para suelos cohesivos (arcillosos) y al menos el 95% del estándar AASHTO T-180 para suelos no cohesivos. En ambos casos, la profundidad de compactación efectiva debe ser de al menos 12 pulgadas (300 mm) en la superficie. Los suelos con un valor de resistencia al corte ( $M_r$ ) de 4500 psi (31 MPa) o menos (CBR de 3% o menos) deben ser evaluados para determinar si es necesario reemplazarlos con un material más adecuado o si se puede mejorar mediante técnicas de estabilización.

### **Medio ambiente y drenaje**

**Tabla 13.** Porcentaje de medioambiente y drenaje para caracterización de la Sub-rasante

<b>Opciones de Medioambiente y Drenaje para Caracterización de la Sub-rasante (Ref. 2)</b>				
Calidad de Drenaje	Porcentaje de Tiempo que el Pavimento Estará Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	>25%
Excelente	3	3	3	2
Bueno	3	3	2	2
Regular	3	2	2	1
Pobre	2	2	1	1
Muy Pobre	2	1	1	1

**Fuente:** [15].

### **Materiales del Pavimento**

Es necesario realizar una caracterización exhaustiva de todos los materiales disponibles para la construcción del pavimento. En el caso de los pavimentos con adoquines intertrabados de concreto, su comportamiento estructural depende de la interacción entre las unidades individuales. Al aplicar una carga, la transferencia de fuerzas cortantes entre los adoquines permite distribuir la carga sobre un área mayor.

En áreas con tráfico vehicular, se recomienda un espesor mínimo de adoquín de concreto de 60 mm y un patrón de colocación en forma de espiga. Además, el espesor de la capa de arena que se utiliza como base para los adoquines no debe ser mayor de 40 mm ni menor de 25 mm después de la compactación [15].

Si se opta por utilizar una base tratada con asfalto, el material debe cumplir con las especificaciones de un concreto asfáltico de gradación densa y debe estar bien compactado. Específicamente, se requiere una estabilidad Marshall mínima de 1800 libras (8000 N) [15].

En el caso de una base tratada con cemento, el material debe tener una resistencia a la compresión no confinada de al menos 650 psi (4.5 MPa) después de 7 días [15].

Los espesores mínimos recomendados para las capas de base tratada con asfalto y cemento son de 75 mm y 100 mm, respectivamente.

**Tabla 14.** Características de Base y Sub-base granulares

TABLA F7		
	Base Granular	Sub-base Granular
CBR (mínimo)	80%	30%
Índice Plástico	≤ 6	≤ 10
Limite Liquido	≤ 25	≤ 25
Compactación (densidad AASHTO T-180)	≥ 95%	≥ 95%
Espesores mínimos (mm)	100 para EAL < 500 000 150 para EAL ≥ 500 000	100

**Fuente:** [15].

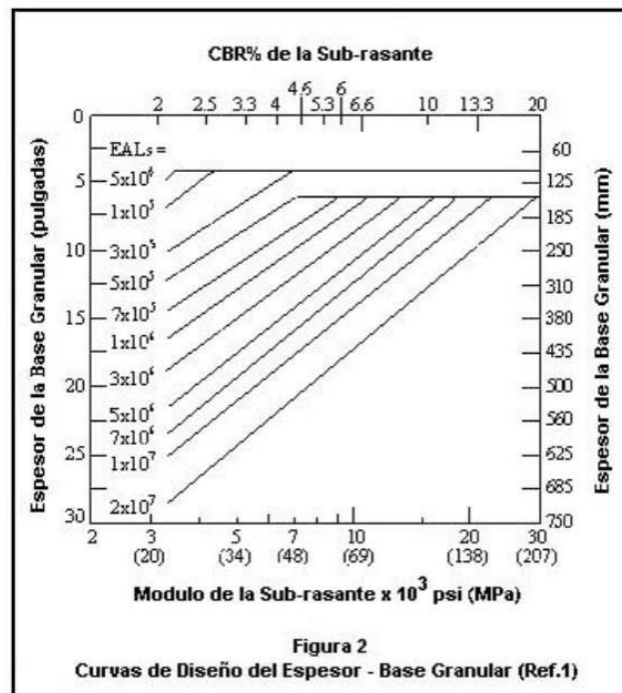
### **Curvas de diseño estructural**

Las Figuras representan curvas de diseño de espesores para materiales granulares, tratados con asfalto y tratados con cemento. Estos espesores dependen de la resistencia de la subrasante ( $M_r$  o CBR) y las repeticiones del tráfico de diseño (EAL). Para utilizar estas curvas en el diseño de pavimentos de adoquines intertrabados de concreto, se siguen los siguientes pasos:

### **Pasos**

- ✓ Calcular el tráfico de diseño (EAL) para un período de diseño de 20 años, considerando la tasa de crecimiento anual del tráfico a lo largo de la vida útil del pavimento.
- ✓ Evaluar la resistencia de la subrasante. Si no se cuenta con datos de ensayos de campo o laboratorio, se pueden utilizar las Tablas F3 y F4 para estimar la resistencia ( $M_r$  o CBR).
- ✓ Determinar los espesores requeridos para la base. Utilizar el valor de resistencia de la subrasante ( $M_r$  o CBR) y el EAL como datos de entrada en las Figuras F2, F3 o F4, dependiendo de los materiales de base necesarios. Si el espesor calculado de la base excede el espesor mínimo requerido, se puede considerar la sustitución de una parte de dicho espesor con un material de menor calidad, como una sub-base granular. Para esto, se utilizan los valores de equivalencia de capa: 1,75 para bases granulares, 3,40 para bases tratadas con asfalto y 2,50 para bases tratadas con cemento..

Figura 14. Curvas de diseño del espesor de la base granular.



Fuente: [15].

## Materiales y métodos

### Tipo y nivel de investigación

El presente proyecto se delimitó a un tipo de investigación aplicada, debido a que se basa en dar solución de problemas para desarrollar una mejora en la calidad de vida de la sociedad, en este caso, la infiltración de aguas que originarían inundaciones. Además, es de tipo experimental porque se analizó los diseños del concreto permeable para los adoquines, que serán implementados para los pavimentos.

### Diseño de investigación

En el proyecto, se optó por realizar un diseño experimental, dado que está relacionado a que el efecto de una causa puede ser manipulado, ya sea en la dosificación del concreto permeable para los adoquines permeables.

### Población, muestra de estudio y muestreo

Se llevaron a cabo pruebas de diseño de mezclas con el objetivo de encontrar la combinación óptima que cumpla con los requisitos de resistencia y permeabilidad. Como resultado de esto, se seleccionaron dos diseños finales. Se fabricaron nueve muestras de concreto permeable con dimensiones de 15 cm x 30 cm, las cuales fueron sometidas a ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días para determinar la curva de resistencia.

Además, se prepararán tres muestras de concreto por cada diseño de mezcla, con dimensiones de 4x8 pulgadas, con el fin de determinar la permeabilidad.

**Tabla 15.** Total de ensayos realizados para los adoquines de concreto

Testigos analizados	Resistencia a la compresión		Permeabilidad	
	Diseño f'c=330 kg/cm2 a/c=0.30 % finos=10%	Diseño f'c=330 kg/cm2 a/c=0.35 % finos=15%	Diseño f'c=330 kg/cm2 a/c=0.30 % finos=10%	Diseño f'c=330 kg/cm2 a/c=0.35 % finos=15%
	7	3	3	3
14	3	3		
28	3	3		
<i>Total de ensayos realizados</i>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Fuente: Propia.

## Operacionalización de variables

### Variables

#### Variable independiente:

Calles de baja transitabilidad vehicular

#### Variable dependiente:

Adoquines permeables

### Tabla de Operacionalización de Variables

Variables	Dimensiones	Indicaciones	Instrumentos
<b>Independiente</b> Adoquines permeables	Concreto permeable	Resistencia requerida de 370 kg/cm2	<b>Técnica:</b> Experimental <b>Instrumento:</b> Laboratorio, normas peruanas e internacionales, estudios del Senhami.
	Permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad de entre 0.14-1.22 cm/s	
	Drenaje pluvial	Alternativa de pavimento	
	Estudio de rentabilidad	Presupuesto del pavimento permeable	
	Estudio hidrológico	Precipitaciones, intensidad	
<b>Dependiente</b>	IMD	Tráfico	<b>Técnica:</b> Experimental
	Topografía	Plana	

Calles con baja transitabilidad	Pavimentos intertrabados	Método AASHTO-93	<b>Instrumentos:</b> Laboratorio, normas peruanas e internacionales, estudios del Senhami.
	Estudio de suelos	CBR	

**Fuente:** Propia.

### Método y técnicas de recolección de datos

**Tabla 16. Técnicas e instrumentos del proyecto**

Técnicas	Instrumentos
Estudio topográfico	Levantamiento topográfico Trabajo en gabinete
Estudio de tráfico	Conteo vehicular IMDA Trabajo de gabinete
Estudio de mecánica de suelos para la zona	Exploración de suelos Ensayos de laboratorio Trabajo en gabinete
Estudio hidrológico	Trabajo en gabinete con estudios de Senamhi.
Elaboración de adoquines drenantes o permeables	Ensayos de laboratorio y elaboración de concreto Trabajo en gabinete
Diseño de pavimento intertrabado	Trabajo en gabinete Planos de pavimento
Estudio de rentabilidad	Presupuesto de elaboración de pavimento con adoquines permeables

**Fuente:** Propia.

### Materiales

- ✦ **Levantamiento topográfico** - Estación total.

- Programa AutoCAD.
- GPS
- Wincha
- Estacas, libretas de campo, comba.

✦ **Conteo vehicular**

- Cámara
- Cuaderno de apuntes
- Lapiceros

✦ **Estudio de mecánica de**

**suelos - Calicatas**

- Ensayos como:
  - Ensayo normado realizado exclusivamente para analizar granulométricamente el suelo.
  - Ensayo normado realizado para determinar el contenido de humedad de un suelo.
  - Ensayo normado realizado para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
  - Ensayo normado realizado para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía.
  - Ensayo normado realizado para determinar de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
- Laptop para tipear resultados.
- Cámara fotográfica.

✦ **Elaboración de adoquines de concreto permeable**

- Materiales para el concreto (cemento, a. fino, a. grueso, agua)
- Ensayos como:
  - Método de ensayo para determinar materiales más finos.
  - Método de ensayo normalizado para contenido de humedad.
  - Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
  - Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

- Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad y vacíos.
- Ensayo de arena de suelos y agregados finos.
- Asentamiento del concreto.
- Ensayo para determinar (F'c)
- Ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad
- Programas como Microsoft Word para editar los resultados.
  
- ✦ **Diseño de pavimento intertrabado.**
  - Programa AUTOCAD, para realizar los planos.
  
- ✦ **Elaboración de rentabilidad**
  - Programa S10 para realizar el análisis de costos unitarios y el presupuesto.

### **Procedimientos de cada técnica**

- Fase I
  - ✓ Estudio de tráfico (IMDA). Se calculó cuál fue el IMDa actual y el IMDa proyectada.
  - ✓ Estudio de suelos. Se realizó calicatas, una en cada calle utilizada en el proyecto de tesis.
  - ✓ Estudio topográfico. Se tomaron medidas para estimar por dónde evacuarían las aguas de las lluvias.
  - ✓ Estudio hidrológico. Así se podrá estimar la precipitación.
- Fase II
  - ✓ Ensayo de los agregados empleados para el concreto de los adoquines.
  - ✓ Elaboración del concreto empleando 2 diseños de mezcla.
  - ✓ Curado.
  - ✓ Ensayo de f'c de probetas de concreto a los 7 días.
  - ✓ Ensayo de f'c de probetas de concreto a los 14 días.
  - ✓ Ensayo de f'c de probetas de concreto a los 28 días.
  - ✓ Ensayo de permeabilidad del concreto mediante un permeámetro de carga variable.
  - ✓ Determinación de los resultados.
- Fase III

- ✓ Elaboración de los adoquines de concreto.
- ✓ Diseño del pavimento adoquinado.
- ✓ Realización de la rentabilidad del proyecto, utilizando el presupuesto.
- Fase IV
  - ✓ Conclusiones y recomendaciones.
  - ✓ Finalización del informe de tesis.

## Plan de procesamiento y análisis de datos

### Estudio de tráfico

Para poder determinar que las calles elegidas a estudiar en la presente tesis sean de baja transitabilidad, pues se realizará un estudio de tráfico en la Urbanización San Carlos, de este modo, se podrá utilizar la pavimentación con adoquines permeables, para tránsito vehicular ligero.

Las calles elegidas fueron:

- ✓ Calle Nicolás de Ayllón (Cuadra 1-4)
- ✓ Calle Atahualpa (Cuadra 1-4)
- ✓ Calle Huáscar (Cuadra 1-4)
- ✓ Calle Húsares de Junín (Cuadra 1-4)
- ✓ Calla Ayacucho (Cuadra 1-4)



**Figura 15.** Ubicación de calles elegidas para el estudio.

**Fuente:** [57].

Procedimiento para el estudio de tráfico

- 1) Primero, se estable cuáles serán las horas de control en cada una de las calles. Se hizo un conteo de cuáles serán las horas muertas, hora punta y hora normal en las calles elegidas.

**Tabla 17. Establecimiento de horas de control**

<b>Establecimiento de horas de control</b>		
<b>Tipo</b>		<b>Horario</b>
Hora Muerta	1	12:00 a.m - 01:00 a.m.
Hora Muerta	1	01:00 a.m - 02:00 a.m.
Hora Muerta	1	02:00 a.m - 03:00 a.m.
Hora Muerta	1	03:00 a.m - 04:00 a.m.
Hora Muerta	1	04:00 a.m - 05:00 a.m.
Hora Normal	1	05:00 a.m - 06:00 a.m.
Hora Punta	1	06:00 a.m - 07:00 a.m.
Hora Punta	1	07:00 a.m - 08:00 a.m.
Hora Normal	1	08:00 a.m - 09:00 a.m.
Hora Normal	1	09:00 a.m - 10:00 a.m.
Hora Normal	1	10:00 a.m - 11:00 a.m.
Hora Normal	1	11:00 a.m - 12:00 p.m.
Hora Punta	1	12:00 p.m - 01:00 p.m.
Hora Punta	1	01:00 p.m - 02:00 p.m.
Hora Normal	1	02:00 p.m - 03:00 p.m.
Hora Normal	1	03:00 p.m - 04:00 p.m.
Hora Normal	1	04:00 p.m - 05:00 p.m.
Hora Normal	1	05:00 p.m - 06:00 p.m.
Hora Punta	1	06:00 p.m - 07:00 p.m.
Hora Punta	1	07:00 p.m - 08:00 p.m.
Hora Normal	1	08:00 p.m - 09:00 p.m.
Hora Normal	1	09:00 p.m - 10:00 p.m.
Hora Normal	1	10:00 p.m - 11:00 p.m.
Hora Muerta	1	11:00 p.m - 12:00 a.m.
<b>TOTAL</b>		<b>24 Hrs</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

- 2) Después, se separa por semanas, es decir, que la primera semana será netamente para la calle Nicolás de Ayllón, y la segunda semana será solo para la calle Atahualpa y así sucesivamente. Además, también se deberá tener en cuenta cuál será el punto de control y las horas en donde se tomará el conteo. Aquí se especificó los vehículos empleados. Las pautas para el desarrollo de la construcción de obras viales sugieren la necesidad de cuantificar el volumen de tráfico proyectado. El método utilizado para el estudio de

tráfico se basó principalmente en la clasificación de los vehículos en una estación designada (E-1), utilizando las tablas predefinidas por el MTC para contar los vehículos uno por uno. Se realizaron cálculos del número de vehículos en la estación previamente mencionada (E-1) durante una semana, con una duración diaria de 24 horas. Al contar los vehículos durante un período determinado, obtuvimos una visión más precisa del estado actual del tráfico y la cantidad de vehículos que circulaban por ella.

Se realizaron en la Estación E-1 (Punto de conteo N°1) entre las horas punta, horas normales y horas muertas. Estas fueron de 12:00PM-1:00PM, 5:00PM-6:00PM y 1:00AM-2:00AM. Después, las encuestas de Origen y Destino de Pasajeros y conteos de carga por tipo de eje y vehículo, con el fin de determinar los flujos de transporte e identificar la atracción del tráfico tanto para la zona estudiada como para la zona de generación.

También es importante mencionar que estos trabajos se llevan a cabo en la oficina. Los datos recopilados en el conteo de tráfico realizado en el lugar se procesan en el software Excel para registrar el número de vehículos por hora y por día, según la dirección (este y sur) y el tipo de vehículo. El propósito de estos datos obtenidos del conteo de vehículos es conocer el volumen de tráfico que circula por la carretera más cercana a la ruta de estudio, así como las variaciones diarias y horarias y la composición correspondiente de vehículos.

El conteo y clasificación del tráfico vehicular se llevó a cabo durante las 24 horas del día, durante una semana completa. Para representar de manera óptima el volumen de vehículos, es necesario obtener el IMDa actual e IMDa proyectado, que se pueden utilizar para determinar el volumen máximo por hora. Para esto, se considera aplicar la fórmula mostrada:

$$IMDA = \frac{V_{\text{día 1}} + V_{\text{día 2}} + V_{\text{día 3}} + V_{\text{día 4}} + V_{\text{día 5}} + V_{\text{sábado}} + V_{\text{domingo}}}{7} * F.C.E$$

**Ecuación 13.** Fórmula para hallar el IMDA.

Fuente: [58].

Donde:

- ✓  $V_{\text{Día 1...domingo}}$  = Resultados volumétricos de tránsito diario.
- ✓  $F.C.E$  = Factor de corrección estacional.
- ✓  $IMDa$  = Índice Medio Diario Anual.

Tabla 18. Resumen del IMDa de la calle Nicolás de Ayllón

IMDa N°1 NICOLÁS DE AYLLÓN									
Tipo de Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total Semanal	IMDs Σvi/7
Mototaxi	5	4	7	11	12	13	16	68	10
Moto Lineal	3	4	6	6	12	10	7	48	7
Automovil	9	3	4	6	14	9	10	55	8
Camioneta	2	1	2	2	7	5	3	22	3
Micro	2	4	4	3	6	3	2	24	3
Bus B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus B3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus B4-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion C2	2	1	2	0	1	1	0	7	1
Camion C3	1	0	1	2	1	0	0	5	1
Camion C4	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Semitryler T2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 8 X 4R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total IMD</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>38</b>	<b>224</b>	<b>32</b>

Tabla 19. Resumen del IMDa de la calle Atahualpa

IMDa N°2 ATAHUALPA									
Tipo de Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total Semanal	IMDs Σvi/7
Mototaxi	3	4	6	6	9	12	16	56	8
Moto Lineal	3	4	6	3	10	12	9	47	7
Automovil	5	3	3	5	11	7	11	45	6
Camioneta	2	1	1	2	2	5	3	16	2
Micro	1	2	1	1	2	1	0	8	1
Bus B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus B3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus B4-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion C2	0	0	1	0	1	2	0	4	1
Camion C3	0	1	0	1	0	0	0	2	0
Camion C4	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Semitryler T2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 8 X 4R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total IMD</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>33</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>171</b>	<b>24</b>

Tabla 20. Resumen del IMDa de la calle Huáscar

IMDa N°3 HUÁSCAR									
Tipo de Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total Semanal	IMDs Σvi/7
Mototaxi	4	5	5	9	10	14	15	62	9
Moto Lineal	5	5	7	5	12	11	9	54	8
Automovil	9	5	6	6	11	9	10	56	8
Camioneta	2	1	1	2	3	2	1	12	2
Micro	1	2	1	0	0	1	0	5	1
Bus B2	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Bus B3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus B4-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion C2	1	1	1	0	1	1	1	6	1
Camion C3	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Camion C4	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Semitryler T2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 8 X 4R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total IMD</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>189</b>	<b>27</b>

Tabla 21. Resumen del IMDa de la calle Húsares de Junín

IMDa N°4 HUSARES DE JUNÍN									
Tipo de Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total Semanal	IMDs Σvi/7
Mototaxi	5	5	4	10	13	16	12	65	9
Moto Lineal	4	4	5	5	12	10	10	50	7
Automovil	6	6	4	5	14	9	10	54	8
Camioneta	3	1	1	3	5	3	3	19	3
Micro	3	2	2	1	2	2	1	13	2
Bus B2	2	0	0	0	0	0	0	2	0
Bus B3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus B4-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion C2	0	2	0	0	2	1	0	5	1
Camion C3	2	0	2	1	1	0	0	6	1
Camion C4	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Semitryler T2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 8 X 4R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total IMD</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>24</b>	<b>46</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>205</b>	<b>29</b>

Tabla 22. Resumen del IMDa de la calle Ayacucho

IMDa N°5 AYACUCHO									
Tipo de Vehículos	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total Semanal	IMDs Σvi/7
Mototaxi	4	4	7	9	11	14	15	64	9
Moto Lineal	3	4	5	6	13	10	10	51	7
Automovil	6	5	5	7	15	13	8	59	8
Camioneta	0	2	2	1	1	2	0	8	1
Micro	0	0	1	2	3	2	2	10	1
Bus B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus B3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus B4-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camion C2	1	1	0	1	0	2	2	7	1
Camion C3	1	0	1	1	2	1	0	6	1
Camion C4	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Semitryler T2S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T2S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semitryler T3S2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C3R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4RB1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler C4R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trayler 8 X 4R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total IMD</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>198</b>	<b>28</b>

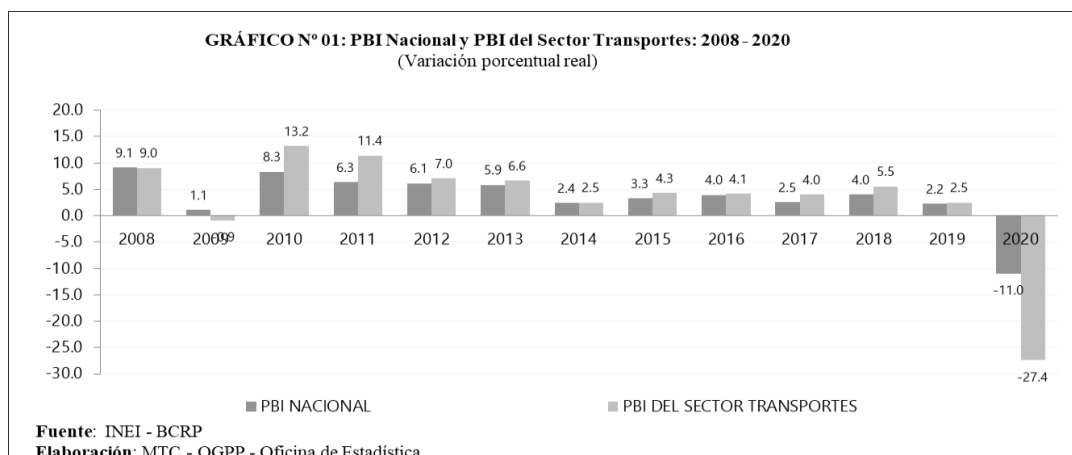
- 3) Luego, se deberá hallar el flujo departamental, porcentaje mensual departamental para vehículos ligeros, y la tasa de crecimiento departamental de vehículos tanto ligeros, como pesados según VAR% PBI, para después emplearlos en el EAL de diseño.

Tabla 23. PBI nacional y PBI del sector transportes (2007—2020)

PBI NACIONAL Y PBI DEL SECTOR TRANSPORTES: 2007-2020				
(Millones de nuevos soles de 1994)				
AÑO	PBI NACIONAL	PBI TRANSPORTES	VAR % PBI NACIONAL	VAR % PBI TRANSPORTES
2007	319,693	15,885		
2008	348,870	17,317	9.1	9.0
2009	352,693	17,153	1.1	-0.9
2010	382,081	19,419	8.3	13.2
2011	406,256	21,631	6.3	11.4
2012	431,199	23,152	6.1	7.0
2013	456,435	24,687	5.9	6.6
2014	467,308	25,292	2.4	2.5
2015	482,506	26,371	3.3	4.3
2016	501,581	27,454	4.0	4.1
2017	514,215	28,554	2.5	4.0
2018	534,626	30,128	4.0	5.5
2019	546,605	30,876	2.2	2.5
2020	486,737	22,406	-11.0	-27.4

Fuente: INEI, BCRP

Elaboración: MTC - OGPP - Oficina de Estadística

**Gráfico 1. PBI nacional y PBI del sector transportes (2007—2020)**

Fuente: [59].

Del anexo 16 y 17, se sacan los flujos de vehículos ligeros y pesados según los departamentos entre 2021 a 2022 y se hace un resumen de ellos en la siguiente tabla para luego utilizarlo y hallar lo que se quería determinar al principio.

**Tabla 24. Flujo de vehículos ligeros en unidades de pago de peaje (Unidades)**

FLUJO DE VEHÍCULOS LIGEROS EN UNIDADES DE PAGO DE PEAJE (UNIDADES)		
Período: 2021-2022		
AÑO - MES	LAMBAYEQUE	TOTAL NACIONAL
2021 - JUL	200735	4677870
2021 - AGO	212919	5046237
2021 - SEP	188350	4362170
2021 - OCT	201936	4847947
2021 - NOV	184547	4306885
2021 - DIC	208461	5003105
2022 - ENE	205183	4972136

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provías Nacional  
INEI - Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones

**Tabla 25. Flujo de vehículos pesados en unidades de pago de peaje**

FLUJO DE VEHÍCULOS PESADOS EN UNIDADES DE PAGO DE PEAJE (UNIDADES)		
Período: 2021-2022		
AÑO - MES	LAMBAYEQUE	TOTAL NACIONAL
2021 - JUL	104027	2637258
2021 - AGO	106323	2719360
2021 - SEP	102747	2735298
2021 - OCT	104865	2828974
2021 - NOV	100953	2766171
2021 - DIC	93471	2828689
2022 - ENE	99572	2699210

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provías Nacional  
INEI - Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones

Para hallar el flujo mensual departamental de vehículos ligeros, se empleará la primera fórmula.

$$\text{Flujo Mensual} = \frac{\text{Flujo de vehículos ligeros (Lambayeque)}}{\text{Flujo de vehículos ligeros total nacional}}$$

**Ecuación 14.** Fórmula para hallar el flujo mensual departamental de vehículos ligeros.

Fuente: [58].

- ✓ Flujo Mensual Departamental de Vehículos Ligeros:

0.04

- ✓ Porcentaje Mensual Departamental de Vehículos Ligeros (%):

4.13%

Para hallar el flujo mensual departamental de vehículos pesados, también se emplea la siguiente.

$$\text{Flujo Mensual} = \frac{\text{Flujo de vehículos pesados (Lambayeque)}}{\text{Flujo de vehículos pesados total nacional}}$$

**Ecuación 15.** Fórmula para hallar el flujo mensual departamental de vehículos pesados.

Fuente: [58].

- ✓ Flujo Mensual Departamental de Vehículos Pesados:

0.04

- ✓ Porcentaje Mensual Departamental de Vehículos Pesados (%):

3.69%

Luego, para poder sacar la tasa de crecimiento, se deberá multiplicar el porcentaje mensual departamental de vehículos ligeros y pesados, por un TC del departamento (Lambayeque).

**Tabla 26. TC de vehículos ligeros y pesados.**

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%
Arequipa.	1.07%	Arequipa.	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	0.57%	Cajamarca.	1.29%
Callao	1.56%	Cusco.	4.43%
Cusco.	0.75%	Huancavelica.	2.33%
Huancavelica.	0.83%	Huánuco.	3.85%
Huánuco.	0.91%	Ica.	3.54%
Ica.	1.15%	Junín.	3.90%
Junín.	0.77%	La Libertad	2.83%
La Libertad	1.26%	Lambayeque.	3.45%
<b>Lambayeque.</b>	<b>0.97%</b>	<b>Callao</b>	<b>3.41%</b>
Lima Provincia	1.45%	Lima Provinci	3.07%
Lima.	1.45%	Lima.	3.69%
Loreto.	1.30%	Loreto.	1.29%
Madre de Dios	2.58%	Madre de Dios	1.98%
Moquegua	1.08%	Moquegua	0.27%
Pasco.	0.84%	Pasco.	0.36%
Piura.	0.87%	Piura.	3.23%
Puno.	0.92%	Puno.	3.21%
San Martín.	1.49%	San Martín.	3.84%
Tacna.	1.50%	Tacna.	2.88%
Tumbes.	1.58%	Tumbes.	2.60%
Ucayali	1.51%	Ucayali	2.77%

Fuente: [58].

$$\text{Tasa de crecimiento departamental de vehículos ligeros o pesados} = \% \text{Flujo mensual} * \text{TC}$$

*Ecuación 16. Tasa de crecimiento departamental.*

Fuente: [58].

Tasa de crecimiento departamental de vehículos ligeros según Var% PBI será de 4.00%





















Tasa de crecimiento departamental de vehículos pesados según Var% PBI será de 12.73%

- 4) Se realiza un conteo resumen de los puntos de control del tráfico actual y luego del proyectado.

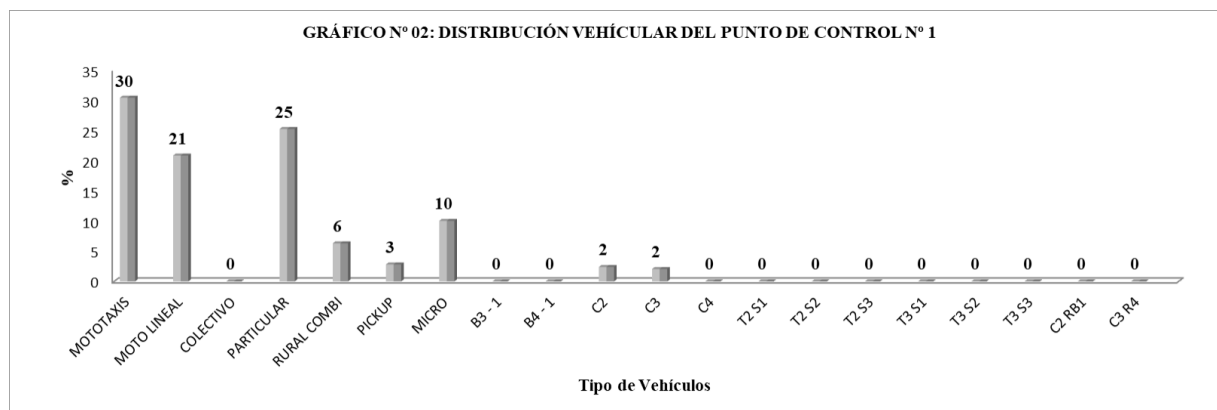
**TRÁFICO ACTUAL**

**Tabla 27. Tráfico actual de Calle Nicolás de Ayllón**

**PUNTO DE CONTROL N° 1:**

		TRÁFICO ACTUAL		
		PUNTO DE CONTROL N° 1		
		TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	%
LIGEROS	MOTOTAXIS		9	30
	MOTO LINEAL		6	21
	COLECTIVO		0	0
	PARTICULAR		8	25
	RURAL COMBI		2	6
	PICKUP		1	3
	MICRO		3	10
PESADOS	B3 - 1		0	0
	B4 - 1		0	0
	C2		1	2
	C3		1	2
	C4		0	0
	T2 S1		0	0
	T2 S2		0	0
	T2 S3		0	0
	T3 S1		0	0
	T3 S2		0	0
	T3 S3		0	0
	C2 RB1		0	0
	C3 R4		0	0
	<b>TOTAL</b>			<b>31</b>

**Fuente:** Elaboración propia de acuerdo al formato de clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

**Gráfico 2. Tráfico actual de Calle Nicolás de Ayllón**

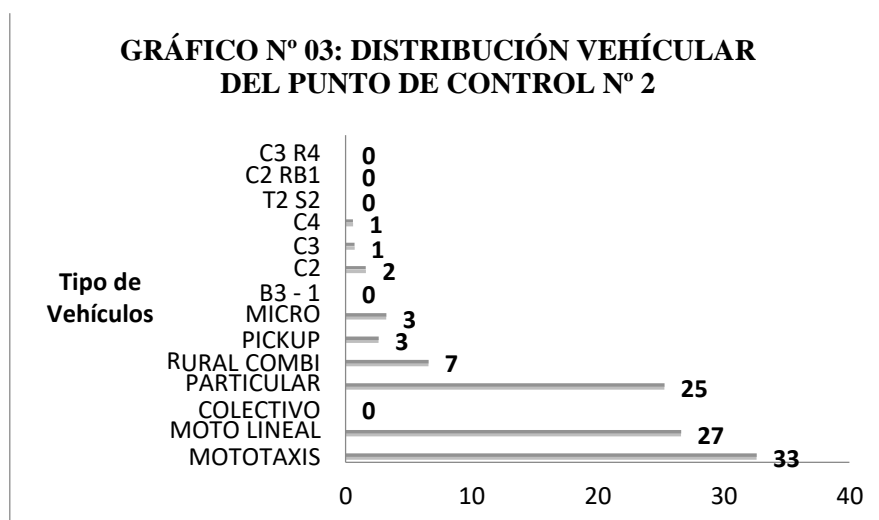
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 28. Tráfico actual de Calle Atahualpa****PUNTO DE CONTROL N° 2:**

TRÁFICO ACTUAL			
PUNTO DE CONTROL N° 2			
TIPO DE VEHÍCULOS		IMDa ACTUAL	%
<b>MOTOTAXIS</b>		8	33
<b>MOTO LINEAL</b>		7	27
<b>LIGEROS</b>	<b>COLECTIVO</b>		0
	<b>PARTICULAR</b>		6
	<b>RURAL COMBI</b>		2
	<b>PICKUP</b>		1
<b>MICRO</b>		1	3
<b>B3 - 1</b>		0	0
<b>PESADOS</b>	<b>C2</b>		0
	<b>C3</b>		0
	<b>C4</b>		0
	<b>T2 S2</b>		0
	<b>C2 RB1</b>		0
	<b>C3 R4</b>		0
	<b>TOTAL</b>		<b>26</b>

**Fuente:** Elaboración propia de acuerdo al formato de clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
















Gráfico 3. Tráfico actual de Calle Atahualpa.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Tráfico actual de Calle Huáscar

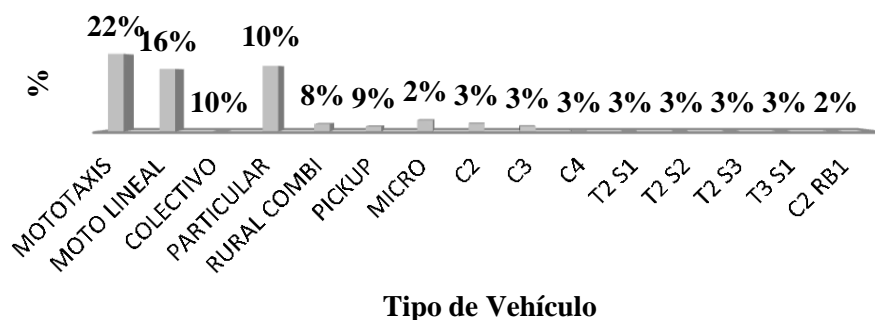
PUNTO DE CONTROL N° 3:

		TRÁFICO ACTUAL	
		PUNTO DE CONTROL N° 3	
	TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	%
	MOTOTAXIS 	9	33
	MOTO LINEAL 	8	28
LIGEROS	COLECTIVO 	0	0
	PARTICULAR 	8	29
	RURAL COMBI 	1	4
	PICKUP 	0	1
	MICRO 	1	2
		C2 	1
	C3 	0	1
	C4 	0	0
PESADOS	T2 S1 	0	0
	T2 S2 	0	0
	T2 S3 	0	0
	T3 S1 	0	0
	C2 RB1 	0	0
	<b>TOTAL</b>		28

Fuente: Elaboración propia de acuerdo al formato de clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Gráfico 4. Tráfico actual de Calle Huáscar















## GRÁFICO N° 04: DISTRIBUCIÓN VEHICULAR DEL PUNTO DE CONTROL N° 3



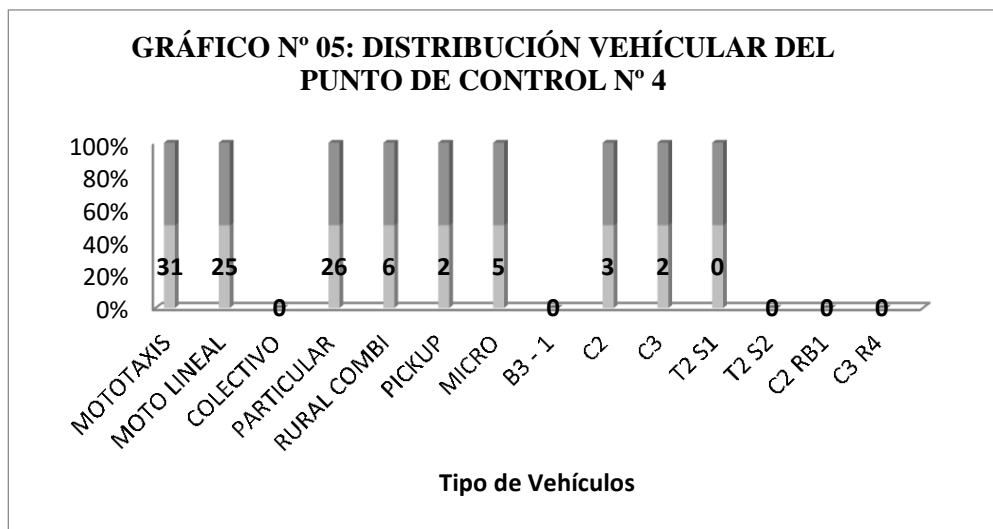
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Tráfico actual de Calle Húsares de Junín

## PUNTO DE CONTROL N° 4:
















		TRÁFICO ACTUAL	
		PUNTO DE CONTROL N° 4	
	TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	%
LIGEROS	MOTOTAXIS 	10	31
	MOTO LINEAL 	8	25
	COLECTIVO 	0	0
	PARTICULAR 	8	26
	RURAL COMBI 	2	6
	PICKUP 	1	2
PESADOS	MICRO 	1	5
	B3 - 1 	0	0
	C2 	1	3
	C3 	1	2
	T2 S1 	0	0
	T2 S2 	0	0
	C2 RB1 	0	0
	C3 R4 	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>31</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia de acuerdo al formato de clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

**Gráfico 5.** Tráfico actual de Calle Húsares de Junín

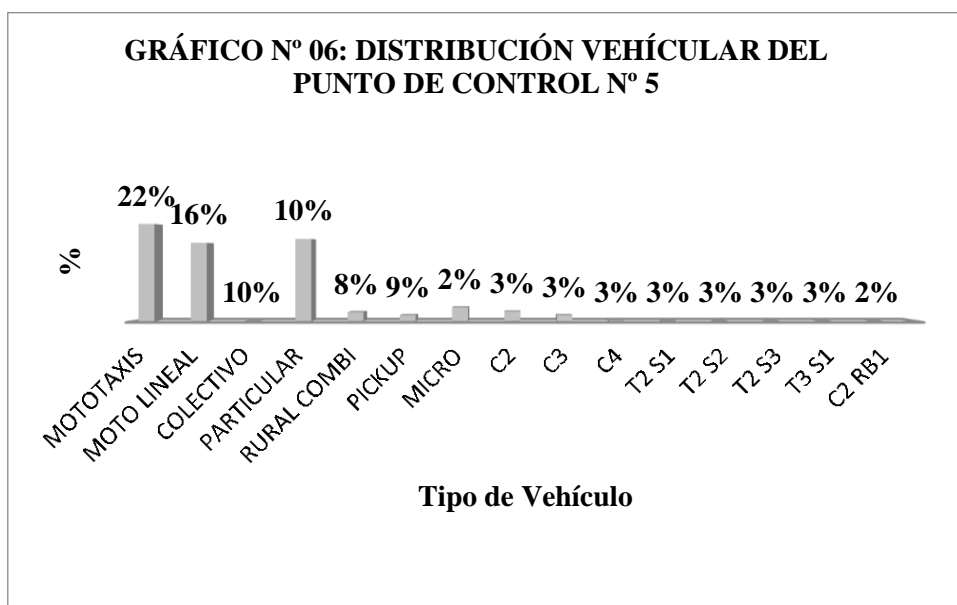
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31.** Tráfico actual de Calle Ayacucho

		TRÁFICO ACTUAL PUNTO DE CONTROL N° 5		
		TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	%
LIGEROS	MOTOTAXIS 		9	32
	MOTO LINEAL 		8	26
	COLECTIVO 		0	0
	PARTICULAR 		8	27
	RURAL COMBI 		1	3
	PICKUP 		1	2
PESADOS	MICRO 		1	5
	C2 		1	3
	C3 		1	2
	C4 		0	0
	T2 S1 		0	0
	T2 S2 		0	0
	T2 S3 		0	0
	T3 S1 		0	0
	C2 RB1 		0	0

Fuente: Elaboración propia de acuerdo al formato de clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Gráfico 6. Tráfico actual de Calle Ayacucho



Fuente: Elaboración propia.

## TRÁFICO PROYECTADO

Tabla 32. Tráfico proyectado de Calle Nicolás de Ayllón

## PUNTO DE CONTROL N° 1:

TIPO DE VEHÍCULOS		TRÁFICO PROYECTADO					
		PUNTO DE CONTROL N° 1					
		AÑOS					
		2022	2027	2032	2037	2042	
LIGEROS	MOTOTAXIS	9	11	14	17	21	
	MOTO LINEAL	6	8	10	12	14	
	COLECTIVO	0	0	0	0	0	
	PARTICULAR	8	10	12	14	17	
	RURAL COMBI	2	2	3	4	4	
	PICKUP	1	1	1	2	2	
	MICRO	3	6	10	19	34	
PESADOS	B3 - 1	0	0	0	0	0	
	B4 - 1	0	0	0	0	0	
	C2	1	1	2	4	8	
	C3	1	1	2	4	7	
	C4	0	0	0	0	0	
	T2 S1	0	0	0	0	0	
	T2 S2	0	0	0	0	0	
	T2 S3	0	0	0	0	0	
	T3 S1	0	0	0	0	0	
	T3 S2	0	0	0	0	0	
	T3 S3	0	0	0	0	0	
	C2 RB1	0	0	0	0	0	
	C3 R4	0	0	0	0	0	
	<b>TOTAL</b>		<b>31.00182</b>	<b>40</b>	<b>54</b>	<b>75</b>	<b>107</b>

Tabla 33. Tráfico proyectado de Calle Atahualpa

PUNTO DE CONTROL N° 2:















		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 2				
TIPO DE VEHÍCULOS		AÑOS				
		2022	2027	2032	2037	2042
LIGEROS	MOTOTAXIS 	8	10	12	15	18
	MOTO LINEAL 	7	8	10	12	15
	COLECTIVO 	0	0	0	0	0
	PARTICULAR 	6	8	10	12	14
	RURAL COMBI 	2	2	2	3	4
	PICKUP 	1	1	1	1	1
	MICRO 	1	2	3	5	9
PESADOS	B3 - 1 	0	0	0	0	0
	C2 	0	1	1	3	5
	C3 	0	0	1	1	2
	C4 	0	0	0	1	2
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
	C3 R4 	0	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>25.552801</b>	<b>32</b>	<b>41</b>	<b>53</b>	<b>70</b>

Tabla 34. Tráfico proyectado de Calle Huáscar

PUNTO DE CONTROL N° 3:
















		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 3				
TIPO DE VEHÍCULOS		AÑOS				
		2022	2027	2032	2037	2042
LIGEROS	MOTOTAXIS 	9	11	14	16	20
	MOTO LINEAL 	8	10	12	14	17
	COLECTIVO 	0	0	0	0	0
	PARTICULAR 	8	10	12	15	18
	RURAL COMBI 	1	1	2	2	2
	PICKUP 	0	0	0	1	1
	MICRO 	1	1	2	4	7
PESADOS	C2 	1	1	2	4	7
	C3 	0	0	1	1	2
	C4 	0	0	0	0	1
	T2 S1 	0	0	0	0	0
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	T2 S3 	0	0	0	0	0
	T3 S1 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>28.13227</b>	<b>35</b>	<b>44</b>	<b>57</b>	<b>75</b>	

Tabla 35. Tráfico proyectado de Calle Húsares de Junín

PUNTO DE CONTROL N° 4:






























		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 4				
TIPO DE VEHÍCULOS		AÑOS				
		2022	2027	2032	2037	2042
LIGEROS	MOTOTAXIS 	10	12	14	17	21
	MOTO LINEAL 	8	9	11	14	17
	COLECTIVO 	0	0	0	0	0
	PARTICULAR 	8	10	12	14	17
	RURAL COMBI 	2	2	3	3	4
	PICKUP 	1	1	1	1	1
	MICRO 	1	3	5	9	16
PESADOS	B3 - 1 	0	0	0	0	0
	C2 	1	2	3	5	10
	C3 	1	1	2	3	6
	C4 	0	0	0	1	2
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
	C3 R4 	0	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>30.575942</b>	<b>39</b>	<b>51</b>	<b>68</b>	<b>94</b>

Tabla 36. Tráfico proyectado de Calle Ayacucho

PUNTO DE CONTROL N° 5:

		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 5				
TIPO DE VEHÍCULOS		AÑOS				
		2022	2027	2032	2037	2042
LIGEROS	MOTOTAXIS 	9	11	14	17	21
	MOTO LINEAL 	8	9	11	14	17
	COLECTIVO 	0	0	0	0	0
	PARTICULAR 	8	10	12	14	17
	RURAL COMBI 	1	1	1	2	2
	PICKUP 	1	1	1	1	1
	MICRO 	1	2	4	8	15
PESADOS	C2 	1	2	3	6	10
	C3 	1	1	2	4	7
	C4 	0	0	0	0	1
	T2 S1 	0	0	0	0	0
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	T2 S3 	0	0	0	0	0
	T3 S1 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>29.453515</b>	<b>38</b>	<b>49</b>	<b>66</b>	<b>91</b>	

- 5) Por último, ahora se calcula el EAL de diseño de todas las calles que están estudiadas en la presenta tesis.

**Tabla 37. EAL de diseño para la calle de Nicolás Ayllón.**

**PUNTO DE CONTROL N° 1:**





















CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO									
PUNTO DE CONTROL N° 1									
TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO (Ton)	PESO VEHÍCULO (lbs)	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO CALCULADO	EAL	
LIGEROS	MOTOTAXIS 	9	3439	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.022
				Simple	0.38	826.73	4.4603E-06	29.77807858	0.457
	MOTO LINEAL 	6	2356	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.015
				Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.015
	COLECTIVO 	0	0	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.000
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.000
	PARTICULAR 	8	2853	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	97.009
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	97.009
	RURAL COMBI 	2	713	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	24.252
	PICKUP 	1	318	Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	718.887
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	10.827
	MICRO 	3	1133	Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	320.932
Simple				4.50	9920.80	0.092488859	78.43479227	8221.603	
B3 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	16.00	35273.96	1.260585019	78.43479227	0.000	
B4 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	16.00	35273.96	1.260585019	78.43479227	0.000	
C2 	1	270	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	11487.757	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	5974.020	
C3 	1	232	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	9846.649	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	36714.629	
C4 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Triple	23.00	50706.32	1.009841368	78.43479227	0.000	
T2 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
T2 S2 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
T2 S3 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
T3 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
T3 S2 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
T3 S3 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
C2 RB1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
C3 R4 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
<b>EAL TOTAL</b>								<b>73514.082</b>	

Tabla 38. EAL de diseño para la calle de Atahualpa.

PUNTO DE CONTROL N° 2:




















CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO										
PUNTO DE CONTROL N° 2										
TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO	EAL		
LIGEROS	MOTOTAXIS 	8	3044	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.019	
				Simple	0.38	826.73	4.4603E-06	29.77807858	0.404	
	MOTO LINEAL 	7	2484	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.016	
				Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.016	
	COLECTIVO 	0	0	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.000	
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.000	
	PARTICULAR 	6	2361	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	80.284	
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	80.284	
	RURAL COMBI 	2	614	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	20.883	
				Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	619.017	
	PICKUP 	1	246	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	8.353	
				Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	247.607	
PESADOS	MICRO 	0	0	Simple	4.50	9920.80	0.092488859	78.43479227	0.000	
	B3 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
				Tándem	16.00	35273.96	1.260585019	78.43479227	0.000	
	C2 	0	151	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	6431.610	
				Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	3344.653	
	C3 	0	69	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	2923.459	
				Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	10900.533	
	C4 	0	55	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	2338.767	
				Triple	23.00	50706.32	1.009841368	78.43479227	4361.226	
	T2 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
	T2 S2 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
	T2 S3 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
				Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
	T3 S1 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
				Triple	25.00	55115.56	1.469629749	78.43479227	0.000	
	T3 S2 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
	T3 S3 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
				Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
	C2 RB1 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
				Triple	25.00	55115.56	1.469629749	78.43479227	0.000	
	C3 R4 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
		0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
	<b>EAL TOTAL</b>									<b>31357.132</b>

Tabla 39. EAL de diseño para la calle de Huáscar.




















CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO									
PUNTO DE CONTROL N° 3									
TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO	EAL	
LIGEROS	MOTOTAXIS 	9	3344	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.021
				Simple	0.38	826.73	4.4603E-06	29.77807858	0.444
	MOTO LINEAL 	8	2880	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.018
				Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.018
	COLECTIVO 	0	27	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.928
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.928
	PARTICULAR 	8	2962	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	100.703
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	100.703
	RURAL COMBI 	1	382	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	12.994
				Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	385.166
	PICKUP 	0	123	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	4.177
				Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	123.803
	MICRO 	1	220	Simple	4.50	9920.80	0.092488859	78.43479227	1597.736
	B3 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000
			Tándem	16.00	35273.96	1.260585019	78.43479227	0.000	
C2 	1	220	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	9355.069	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	4864.950	
C3 	0	69	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	2923.459	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	10900.533	
C4 	0	28	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	1169.384	
			Triple	23.00	50706.32	1.009841368	78.43479227	2180.613	
T2 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
T2 S2 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
T2 S3 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Triple	25.00	55115.56	1.469629749	78.43479227	0.000	
T3 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
T3 S2 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
T3 S3 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Triple	25.00	55115.56	1.469629749	78.43479227	0.000	
C2 RB1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
C3 R4 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
<b>EAL TOTAL</b>									<b>33721.648</b>

Tabla 40. EAL de diseño para la calle de Húsares de Junín.

PUNTO DE CONTROL N° 4:







































CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO									
PUNTO DE CONTROL N° 4									
TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO	EAL	
LIGEROS	MOTOTAXIS 	10	3508	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.022
				Simple	0.38	826.73	4.4603E-06	29.77807858	0.466
	MOTO LINEAL 	8	2757	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.017
				Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.017
	COLECTIVO 	0	0	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.000
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.000
	PARTICULAR 	8	2893	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	98.383
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	98.383
	RURAL COMBI 	2	696	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	23.668
				Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	701.553
	PICKUP 	1	191	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	6.497
				Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	192.583
MICRO 	1	537	Simple	4.50	9920.80	0.092488859	78.43479227	3894.480	
B3 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	16.00	35273.96	1.260585019	78.43479227	0.000	
C2 	1	330	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	14032.603	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	7297.426	
C3 	1	193	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	8185.685	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	30521.492	
C4 	0	55	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	2338.767	
			Triple	23.00	50706.32	1.009841368	78.43479227	4361.226	
T2 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
T2 S2 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
T2 S3 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
T3 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
T3 S2 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
T3 S3 	0	0	Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
C2 RB1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
C3 R4 	0	0	Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
<b>EAL TOTAL</b>								<b>71753.269</b>	

Tabla 41. EAL de diseño para la calle de Ayacucho.

PUNTO DE CONTROL N° 5:

CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO									
PUNTO DE CONTROL N° 4									
TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO	EAL	
LIGEROS	MOTOTAXIS 	9	3439	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.022
				Simple	0.38	826.73	4.4603E-06	29.77807858	0.457
	MOTO LINEAL 	8	2771	Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.017
				Simple	0.18	385.81	2.1154E-07	29.77807858	0.017
	COLECTIVO 	0	0	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.000
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	0.000
	PARTICULAR 	8	2907	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	98.847
				Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	98.847
	RURAL COMBI 	1	328	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	11.138
				Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	330.142
	PICKUP 	1	218	Simple	1.50	3306.93	0.001141838	29.77807858	7.425
				Simple	3.50	7716.18	0.033846327	29.77807858	220.095
MICRO 	1	496	Simple	4.50	9920.80	0.092488859	78.43479227	3594.905	
B3 - 1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	16.00	35273.96	1.260585019	78.43479227	0.000	
C2 	1	344	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	14617.295	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	7601.485	
C3 	1	220	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	9355.069	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	34881.705	
C4 	0	28	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	1169.384	
			Triple	23.00	50706.32	1.009841368	78.43479227	2180.613	
T2 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
T2 S2 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
T2 S3 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Triple	25.00	55115.56	1.469629749	78.43479227	0.000	
T3 S1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
T3 S2 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
T3 S3 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Triple	25.00	55115.56	1.469629749	78.43479227	0.000	
C2 RB1 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
			Tándem	11.00	24250.85	0.281619648	78.43479227	0.000	
C3 R4 	0	0	Simple	7.00	15432.36	0.541541228	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
			Tándem	18.00	39683.20	2.019213454	78.43479227	0.000	
<b>EAL TOTAL</b>								<b>74167.463</b>	

Con los datos obtenidos, se pudo concluir que todas las calles son de bajo tránsito vehicular, con esto, se continuará con la tesis utilizando estas calles para el diseño del pavimento que se espera.

### **Estudio de suelos**

Los estudios de mecánica de suelos (EMS) se llevaron a cabo con el propósito de realizar una evaluación de las propiedades del suelo en su ubicación original. Estos estudios son fundamentales para poder realizar el diseño de la pavimentación adoquinada que se propone en esta tesis. Al analizar las características del suelo in situ, se obtendrá información valiosa que permitirá tomar decisiones adecuadas en cuanto al diseño y la construcción de la pavimentación. El estudio de mecánica de suelos (EMS) fue realizado como una prioridad principal, con el propósito de obtener muestras representativas del área de trabajo directamente en el lugar, mediante la excavación de cinco calicatas a lo largo de toda la extensión del sitio, una por cada calle, debido a que se necesita una cada 1800m<sup>2</sup>, pero ninguna de las calles cumple más de ello, por ende, será solo 1 calicata por calle.

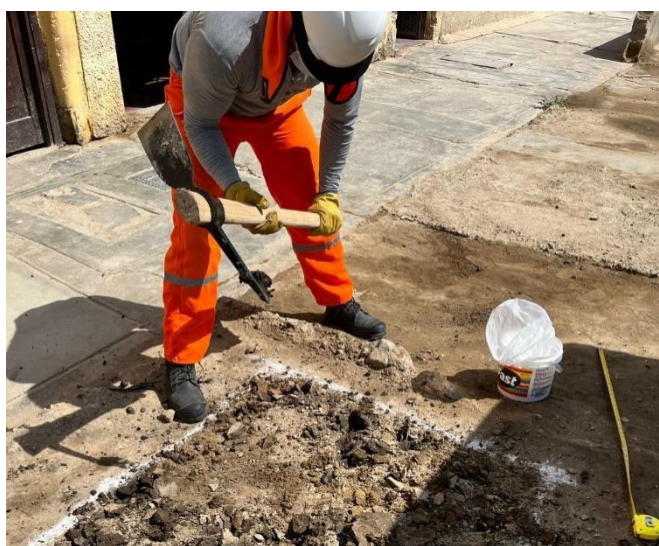
#### Procedimiento para el estudio de suelos

- 1) Primero, se distribuye en dónde estarán ubicadas las calicatas. En este caso, fueron ubicadas de manera dispersa para poder tener más información del terreno. En el Anexo 18, se detalla cuál fue la ubicación de dónde se realizaron las calicatas.
- 2) Segundo, se comienza con la realización de las calicatas, estas tendrán de 1mx1mx1.5 metros de profundidad. Para ello, se necesitó ayuda de dos personas externas que ayuden con el trabajo en campo. Los materiales empleados en él fueron:
  - ✓ Picos.
  - ✓ Palas.
  - ✓ Yeso.
  - ✓ Wincha.
  - ✓ Baldes.
  - ✓ Equipo de protección personal (casco, zapatos, guantes)



**Figura 16.** Palas y picos en la zona de estudio.

**Fuente:** Propio.



**Figura 17.** Auxiliares con su EPP.

**Fuente:** Propio.



**Figura 18.** Auxiliares con su EPP.

**Fuente:** Propio.

- 3) Tercero, se procede con realizar todas las calicatas. Se delimitó el área de estudio con yeso, formando las dimensiones requeridas. Se adjuntan las imágenes de las calicatas realizadas a lo largo de la urbanización.



**Figura 19.** Calicata N°1 Calle Nicolás  
Ayllón. Capa 1 de 0.50m

**Fuente:** Propio.



**Figura 20.** Calicata N°2 Calle Atahualpa.  
Iniciación de la primera capa.

**Fuente:** Propio.



**Figura 23.** Calicata N°5 Calle Ayacucho.  
*Iniciando la calicata.*

**Fuente:** Propio.



**Figura 24.** Calicata N°5 Calle Ayacucho.  
*Capa número 1.*

**Fuente:** Propio.



**Figura 21.** Calicata N°3 Calle Huáscar.  
*Término de la primera capa.*

**Fuente:** Propio.



**Figura 22.** Calicata N°4 Calle Húsares de  
*Junín. Término de la segunda capa.*

**Fuente:** Propio.

- 4) Cuarto, se llevaron las muestras a un laboratorio certificado en dónde las analizarán y encontrarán el tipo de suelo y, además, el CBR's, que se utilizará en el diseño de pavimento adoquinado. Se adjuntan los anexos en donde se muestran los resultados de los ensayos realizados.

Datos obtenidos tras los ensayos de las muestras en calicatas

**Tabla 42. Cuadro resumen de resultados de los ensayos.**

Calicatas	Tipo de suelo	Límite Líquido	Límite Plástico	CBR		
				0.1" 2.54 cm.	0.2" 5.08 cm.	
<b>C-01</b>	Arcilla Limo	61.0%	35.0%	Valor del CBR de Penetración:	0.1" 2.54 cm.	0.2" 5.08 cm.
				C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>2.1 %</b>	<b>2.2 %</b>
				C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>1.8 %</b>	<b>1.8 %</b>
				Condiciones del Ensayo:	Saturado	
<b>C-02</b>	Arcilla Limo	59.7%	32.1%	Valor del CBR de Penetración:	0.1" 2.54 cm.	0.2" 5.08 cm.
				C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>4.1 %</b>	<b>4.1 %</b>
				C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>3.9 %</b>	<b>3.6 %</b>
				Condiciones del Ensayo:	Saturado	
<b>C-03</b>	Arcilla Limo	60.8%	33.6%	Valor del CBR de Penetración:	0.1" 2.54 cm.	0.2" 5.08 cm.
				C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>4.1 %</b>	<b>4.1 %</b>
				C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>1.9 %</b>	<b>2.2 %</b>
				Condiciones del Ensayo:	Saturado	
<b>C-04</b>	Arcilla Limo	57.7%	29.4%	Valor del CBR de Penetración:	0.1" 2.54 cm.	0.2" 5.08 cm.
				C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>4.4 %</b>	<b>4.7 %</b>
				C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>2.9 %</b>	<b>3.8 %</b>
				Condiciones del Ensayo:	Saturado	
<b>C-05</b>	Arcilla Limo	59.9%	24.4%	Valor del CBR de Penetración:	0.1" 2.54 cm.	0.2" 5.08 cm.
				C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>3.8 %</b>	<b>3.8 %</b>
				C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>3.2 %</b>	<b>3.0 %</b>
				Condiciones del Ensayo:	Saturado	

**Fuente.** Propio.

## Estudio de hidrológico

El estudio hidrológico se realizó con el fin de poder determinar cuál es la intensidad dirigida a la Urbanización San Carlos. Con ella, poder estimar cómo la precipitación afectará al pavimento adoquinado drenante y si este satisfacer la precipitación obtenida.

### Procedimiento para el estudio de hidrológico

- 1) Primero, se debe determinar cuál es la estación hidrometeorológica más cercana del lugar estudiado. Por supuesto, esta estación fue la Estación Hidrometeorológica de Lambayeque. Luego, se procede a obtener los datos pluviométricos que tiene la estación, mediante la base de datos del Senamhi.

**Tabla 43. Pluviometría máxima mensual de Estación Hidrometeorológica**

AÑO	PLUVIOMETRÍA MÁX MENSUAL													P. MÁX mm	TOTAL (acumulado)	P. PROM
	MES															
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE				
1982	0.1	0.01	0.5	1.1	0.01	0	0.1	0.4	0.4	1.3	1.1	0.01	1.3	8.23	0.42	
1983	47.3	5.6	63.6	17.3	30.8	5.5	0	0.01	0.5	1	0.1	1.4	63.6	350.7	14.43	
1984	0.01	5.5	6.2	0.3	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.4	0.4	0.1	6.2	19.66	1.10	
1985	0.01	0.2	3.2	0.01	4.6	0.01		0.01	0.01	0.5	3	0.4	4.6	13.21	1.09	
1986	3.8		8.5	1.3	0.01	0	0	0.3	0.01	0.5	1.6	0.8	8.5	26.34	1.53	
1987	3.8	1.1	2.5	0.6	0	0	0.7	2.2	0.01	0.01	0.7	0.01	3.8	16.7	0.97	
1988	2.1	0.3	0.5	1.8	1.8	0	0	0.01	0.1	0.4	1.3	0.01	2.1	12.99	0.69	
1989	0.4	1.3	0.1	3.4	0	0.01	0	0.01	0.01	0	0	0	3.4	7.41	0.44	
1990	2	0.1	2.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.4	1.5	0.1	2.2	8.7	0.53	
1991	0.8	0.5	0.9	0.8	0.01	0.1	0	0	0.1	0.01	0.1	0.2	0.9	5.09	0.29	
1992	0.5	0	13.8	14.2	0.01	0.01	0	0.01	0.01	2	0.1	0.5	14.2	43.69	2.60	
1993	0.01	3	6.6	1.1	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.7	1.4	0.01	6.6	16.55	1.07	
1994	0.3	4.7	16.1	8.3	0.2	0.01	0	0.01	0	0	0.6	1.3	16.1	41.37	2.63	
1995	5.7	0.01	0.4	0.1	0.2	0	0.1	0.01	0.1	0.7	0.6	0.2	5.7	8.48	0.68	
1996	0.01	0.6	2	0.7	1.3	0.01	0	0	0	1.2	0.01	0.01	2	12.88	0.49	
1997	0.3	1.4	0.01	0.6	0.01	0.01	0.01	0	0.1	0.8	1.2	10.5	10.5	38.99	1.25	
1998	8.2	71.3	40.5	4.5	1.2	0.01	0	0	0	0.5	0.2	1.2	71.3	279.61	10.63	
1999	0.9	20.1	1	4.4	1.6	0.8	0.4	0	1.3	2.9	0	2.1	20.1	56.61	2.96	
2000	0.6	0.4	1.9	2.1	0.4	5.7	0	0.01	2.5	0.01	0.5	0.5	5.7	20.41	1.22	
2001	0.1	1.6	40.8	7.1	0.2	1.2	0	0.01	0	0.7	0	1	40.8	76.94	4.39	
2002	0	13.2	15.2	2.1	0	0	0.2	0	0	1.2	1.6	1.1	15.2	45.52	2.88	
2003	1.1	3	0.1	0.01	0.01	2.2	0.01	0	0	0.01	14.7	0.01	14.7	23.53	1.76	
2004	0.01	1.1	3.6	0	0.6	0	0.3	0	1.3	1.7	0.01	0.8	3.6	20.12	0.79	
2005	0.3	2.4	1.5	0.01	0.01	0							2.4	5.67	0.70	
2007	2.4	0	1.5	0.01	0.01	0	0	0.01	0	0.01	0.01	0.01	2.4	7.53	0.33	
2008	2.1	3.8	11.7	3.8	0	0	0.01	0.01	0	0.01	0	0	11.7	39.89	1.79	
2009	3.5	2.1	4.4	0	0.5	0	0	0	0	0.01	0.7	5.7	5.7	23.05	1.41	
2010	0	19.7	8.9	0.4	0.01	0	0	0	0	3.6	2.8	0.01	19.7	44.74	2.95	
2011	2.8	0.01	0.01	7.1	0.01	0	0	0	0	0.01	0.01	3	7.1	19.76	1.08	
2012	0.01	22.1	9.6	0.01	0	0	0	0	0	0	0.9	0.5	22.1	63.29	2.76	
2013	0.01	1.4	8.5	1	2.8	0	0	0	0	1.9	0	0	8.5	31.17	1.30	
2014	0.01	0	0.4	0	3.7	0	0	0	2.6	0	1	1.8	3.7	4.12	0.79	
2015	0	0.5	18	0.4	0.4	0	0	0	0	0.9	0	0	18	35	1.68	
2016	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	58	16.2	1.19	
2017	1.7	34.6	60.7	0	0	0.3	0	0	5.4	0.3	0	0.3	60.7	202.6	8.61	

Fuente. Senamhi y elaboración propia.

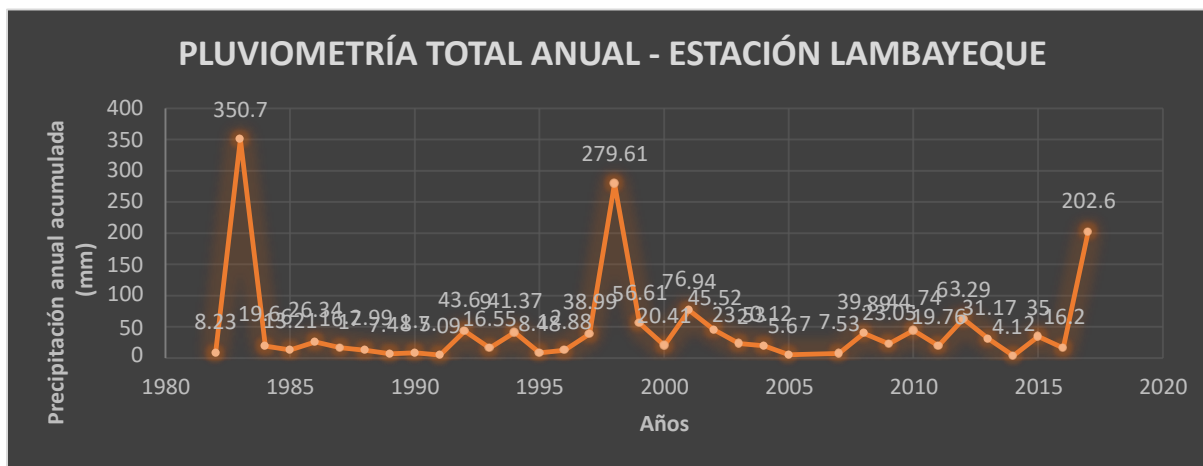
Tabla 44. Pluviometría máxima anual de Estación Hidrometeorológica Lambayeque

PLUVIOMETRÍA ANUAL		
AÑO	TOTAL (acumulado)	FUENTE
1982	8.23	
1983	350.7	
1984	19.66	
1985	13.21	
1986	26.34	
1987	16.7	
1988	12.99	
1989	7.41	
1990	8.7	
1991	5.09	
1992	43.69	
1993	16.55	
1994	41.37	
1995	8.48	
1996	12.88	
1997	38.99	
1998	279.61	
1999	56.61	
2000	20.41	
2001	76.94	
2002	45.52	
2003	23.53	
2004	20.12	
2005	5.67	
2007	7.53	
2008	39.89	
2009	23.05	
2010	44.74	
2011	19.76	
2012	63.29	
2013	31.17	
2014	4.12	
2015	35	
2016	16.2	
2017	202.6	

Fuente. Senamhi

Fuente:

Gráfico 7. Pluviometría total anual- Estación Lambayeque.



Fuente. Propia.

2) Segundo, se tienen que analizar si los datos obtenidos del Senhami son dudosos.

**PARÁMETROS ESTADÍSTICOS**

Parámetros estadísticos	P.M(24h)	Log(P.m24h)
Número de datos	35	35
Sumatoria	490.9	31.091
Máximo Valor	71.3	1.853
Mínimo Valor	0.9	-0.046
Media	14.026	0.888
Varianza	319.450	0.226
Desviación estándar	17.873	0.475
Coefficiente de variación	1.274	0.535
Coefficiente de sesgo	2.239	0.259

*Para comprobar que los datos no son dudosos, se desea plantear los altos y bajos*

n= 35  
Kn= 2.628 Se tiene que interpolar datos.

**Tabla 45. Parámetros estadísticos.**

Fuente. Propia.

*Umbral de datos dudosos altos (xH unidad logarítmica)*

$$= + n *$$

xH= 2.137

*Precipitación máxima aceptada*

$$= 1$$

PH= 137.209

*No existen datos dudosos alto en la muestra*

*Umbral de datos dudosos bajos (xH unidad logarítmica)*

$$= n *$$

xH= -0.361

*Precipitación mínima aceptada*

$$= 1$$

PH= 0.436

*No existen datos dudosos alto en la muestra*

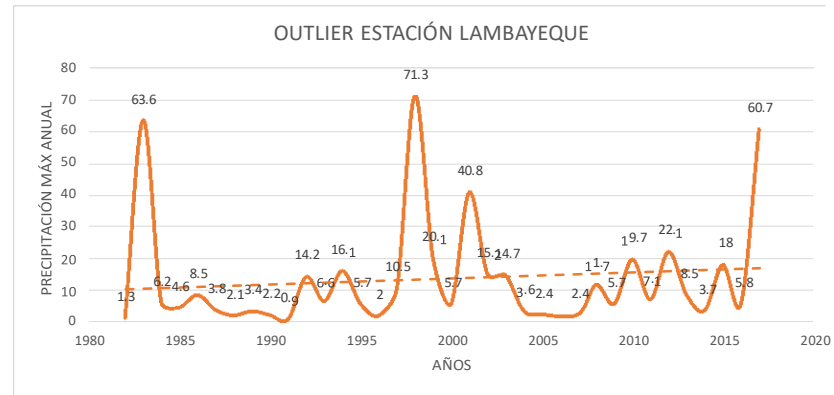
**Tabla 1 valores de  $K_n$  para la prueba de datos dudosos**

Tamaño de muestra n	$K_n$	Tamaño de muestra n	$K_n$	Tamaño de muestra n	$K_n$	Tamaño de muestra n	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

(Fuente: U.S. Water Resources Council, 1981. Tabla de valores de  $k_n$  para una distribución normal.)

**Tabla 46. Valores de  $K_n$  para la prueba de datos dudosos.**

Fuente. U.S Water Resources Council.



**Gráfico 8. Outlier de la Estación Lambayeque.**

Fuente. Propia.

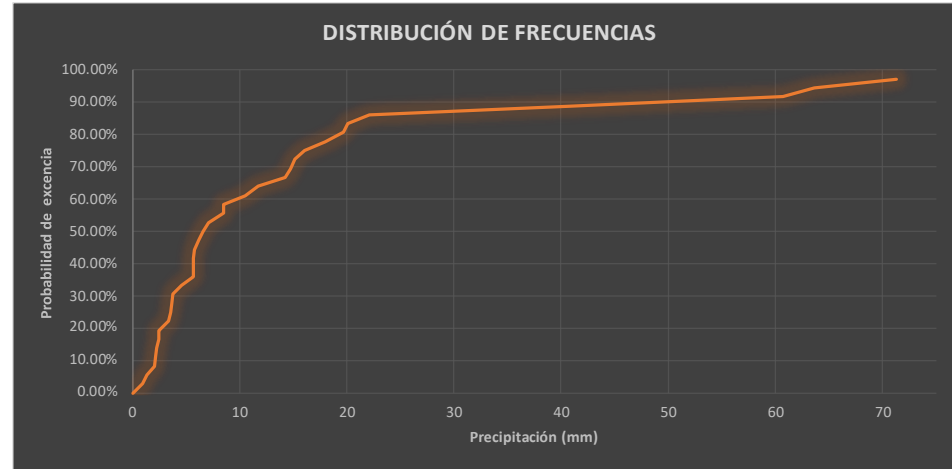
3) Tercero, se realizó una distribución de frecuencias.

**Tabla 47. Distribución de frecuencias.**

m	X	P(x)
0	0	0
1	0.9	0.028
2	1.3	0.056
3	2	0.083
4	2.1	0.111
5	2.2	0.139
6	2.4	0.167
7	2.4	0.194
8	3.4	0.222
9	3.6	0.250
10	3.7	0.278
11	3.8	0.306
12	4.6	0.333
13	5.7	0.361
14	5.7	0.389
15	5.7	0.417
16	5.8	0.444
17	6.2	0.472
18	6.6	0.500
19	7.1	0.528
20	8.5	0.556
21	8.5	0.583
22	10.5	0.611
23	11.7	0.639
24	14.2	0.667
25	14.7	0.694
26	15.2	0.722
27	16.1	0.750
28	18	0.778
29	19.7	0.806
30	20.1	0.833
31	22.1	0.861
32	40.8	0.889
33	60.7	0.917
34	63.6	0.944
35	71.3	0.972

**Fuente.** Propia.

**Gráfico 9. Distribución de frecuencias.**



La principal variable de análisis es la precipitación máxima anual, resultante de la precipitación máxima diaria. Debido a las discretizaciones por día efectuadas en la toma de datos por parte de las agencias del clima (i.e. SENAMHI en Peru), la variable Pmax24h (Precipitación máxima en 24 horas) requiere de una corrección. Algunos estudios recomiendan corregir la Pmax24h por un factor de 1.13 (Hershfield, 1961) o 1.167 (Dwyer y Reed, 1994).

**Fuente.** Propia.

4) Cuarto, se hizo un análisis de consistencia, prueba de bondad de ajuste y distribución de mejor ajuste.

Figura 25. Ubicación de la estación Lambayeque.

Fuente: Google maps.



Tabla 48. Precipitación máxima.

m	P. MÁX en 24h afectadas por 1.13 (mm)	P. MÁX ordenada afectadas por 1.13 (mm)	P. MÁX ordenada afectadas por 1.13 (mm)
1	1.469	1.017	1.017
2	71.868	1.469	2.486
3	7.006	2.26	4.746
4	5.198	2.373	7.119
5	9.605	2.486	9.605
6	4.294	2.712	12.317
7	2.373	2.712	15.029
8	3.842	3.842	18.871
9	2.486	4.068	22.939
10	1.017	4.181	27.12
11	16.046	4.294	31.414
12	7.458	5.198	36.612
13	18.193	6.441	43.053
14	6.441	6.441	49.494
15	2.26	6.441	55.935
16	11.865	6.554	62.489
17	80.569	7.006	69.495
18	22.713	7.458	76.953
19	6.441	8.023	84.976
20	46.104	9.605	94.581
21	17.176	9.605	104.186
22	16.611	11.865	
23	4.068	116.051	13.221
24	2.712	129.272	16.046
		145.318	
25	2.712	16.611	161.929
26	13.221	17.176	179.105
27	6.441	18.193	197.298
28	22.261	20.34	217.638
29	8.023	22.261	239.899
30	24.973	22.713	262.612
31	9.605	24.973	287.585
32	4.181	46.104	333.689
33	20.34	68.591	402.28
34	6.554	71.868	474.148
35	68.591	80.569	554.717

Fuente. Propia.

Gráfico 11. Registro de estación afectado por 1.13.

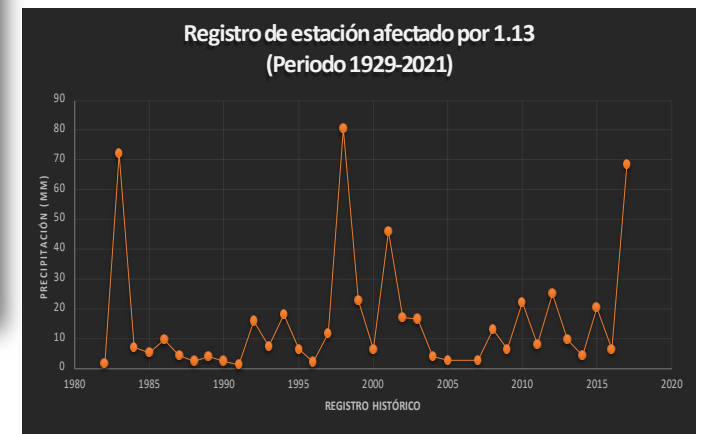


Gráfico 10. Registro histórico afectado por 1.13.

Fuente. Propia.

ANOTACIONES

Existe una buena consistencia debido a que se presenta un coeficiente de correlación "r" mayor a 0.80, además de un valor de correlación cuadrática mayor a 0.80.

**ANÁLISIS DE BONDAD DE AJUSTE PARA LA ESTACIÓN CLIMÁTICA LAMBAYEQUE**

Se desarrolla la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para la prueba de bondad de ajuste.

**Tabla 50. Prueba de Kolmogorov-Sminov**

m	X = P (mm)	CALIFORNIA		WEIBULL		Z = (X-X)/S	F (Z)	F(Z) - P1 (X)	F(Z) - P2 (X)	P1*100	P2*101
		P1 (X) = m/N	P2 (X) = m/(N+1)								
1.00	1.02	0.0286	0.0278	-0.7344	0.2314	0.2028	0.2036	2.86	2.81		
2.00	1.47	0.0571	0.0556	-0.7120	0.2382	0.1811	0.1827	5.71	5.61		
3.00	2.26	0.0857	0.0833	-0.6728	0.2505	0.1648	0.1672	8.57	8.42		
4.00	2.37	0.1143	0.1111	-0.6672	0.2523	0.1380	0.1412	11.43	11.22		
5.00	2.49	0.1429	0.1389	-0.6616	0.2541	0.1112	0.1152	14.29	14.03		
6.00	2.71	0.1667	0.1667	-0.6505	0.2577	0.0863	0.0910	17.14	16.83		
7.00	2.71	0.2000	0.1944	-0.6505	0.2577	0.0577	0.0633	20.00	19.64		
8.00	3.84	0.2286	0.2222	-0.5945	0.2761	0.0475	0.0539	22.86	22.44		
9.00	4.07	0.2571	0.2500	-0.5833	0.2798	0.0227	0.0298	25.71	25.25		
10.00	4.18	0.2857	0.2778	-0.5777	0.2817	0.0040	0.0039	28.57	28.06		
11.00	4.29	0.3143	0.3056	-0.5721	0.2836	0.0307	0.0219	31.43	30.86		
12.00	5.20	0.3429	0.3333	-0.5274	0.2990	0.0439	0.0344	34.29	33.67		
13.00	6.44	0.3714	0.3611	-0.4658	0.3207	0.0508	0.0404	37.14	36.47		
14.00	6.44	0.4000	0.3889	-0.4658	0.3207	0.0793	0.0682	40.00	39.28		
15.00	6.44	0.4286	0.4167	-0.4658	0.3207	0.1079	0.0960	42.86	42.08		
16.00	6.55	0.4571	0.4444	-0.4602	0.3227	0.1345	0.1218	45.71	44.89		
17.00	7.01	0.4857	0.4722	-0.4378	0.3307	0.1550	0.1415	48.57	47.69		
18.00	7.46	0.5143	0.5000	-0.4155	0.3389	0.1754	0.1611	51.43	50.50		
19.00	8.02	0.5429	0.5278	-0.3875	0.3492	0.1937	0.1786	54.29	53.31		
20.00	9.61	0.5714	0.5556	-0.3092	0.3786	0.1928	0.1770	57.14	56.11		
21.00	9.61	0.6000	0.5833	-0.3092	0.3786	0.2214	0.2047	60.00	58.92		
22.00	11.87	0.6286	0.6111	-0.1973	0.4218	0.2068	0.1893	62.86	61.72		
23.00	13.22	0.6571	0.6389	-0.1301	0.4482	0.2089	0.1907	65.71	64.53		
24.00	16.05	0.6857	0.6667	0.0098	0.5039	0.1818	0.1628	68.57	67.33		
25.00	16.61	0.7143	0.6944	0.0377	0.5150	0.1992	0.1794	71.43	70.14		
26.00	17.18	0.7429	0.7222	0.0657	0.5262	0.2167	0.1960	74.29	72.94		
27.00	18.19	0.7714	0.7500	0.1161	0.5462	0.2252	0.2038	77.14	75.75		
28.00	20.34	0.8000	0.7778	0.2224	0.5880	0.2120	0.1898	80.00	78.56		
29.00	22.26	0.8286	0.8056	0.3175	0.6246	0.2040	0.1810	82.86	81.36		
30.00	22.71	0.8571	0.8333	0.3399	0.6330	0.2241	0.2003	85.71	84.17		
31.00	24.97	0.8857	0.8611	0.4518	0.6743	0.2114	0.1868	88.57	86.97		
32.00	46.10	0.9143	0.8889	1.4980	0.9329	0.0186	0.0440	91.43	89.78		
33.00	68.59	0.9429	0.9167	2.6114	0.9955	0.0526	0.0788	94.29	92.58		
34.00	71.87	0.9714	0.9444	2.7737	0.9972	0.0258	0.0528	97.14	95.39		
35.00	80.57	1.0000	0.9722	3.2045	0.9993	0.0007	0.0271	100.00	98.19		

Parámetros estadísticos		P.M(24h)	Variables de la Distr. Normal	
Número de datos		35	F(Z)	Probab.(%)
Desviación estándar		20.197	4.35	13.72
Precipitación promedio		15.849	15.85	50.00
Δ Tabular máximo para 1:		0.225	36.05	113.72
Δ Tabular máximo para 2:		0.205		
Δ Tabular escogido:		0.205		
Δ crítico:		0.230		

**Criterio de decisión:** Si Δ crítico > Δ tabular máximo (Se ajusta)

SE AJUSTA

Tr (años)	Distribuciones teóricas de mejor ajuste por los diferentes métodos estadísticos								Se escoge:
	Precipitaciones máximas (mm) "P" para diferentes períodos de retorno "Tr" y distribuciones								
	Normal	Logaritmo Normal de 2 parámetros	Logaritmo Normal de 3 parámetros	Gamma de 2 parámetros	Gamma de 3 parámetros	Logaritmo Pearson Tipo III	Gumbel	Logaritmo Gumbel	
	DELTA TEÓRICO DE CADA DISTRIBUCIÓN (Δ)								Logaritmo Normal de
2	0.20473	0.05886		0.12540	0.15220	0.0542	0.20910	0.0926	
5							11.09		
10							26.88		
25							37.34		
100							70.09		

**Tabla 51. Distribución teórica.**

**Tabla 49. Tamaño muestral N.**

Tamaño muestral N	Nivel de significación =				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N > 35	1.07 √N	1.14 √N	1.22 √N	1.36 √N	1.63 √N

**Fuente.** Kolmogórov-Smirnov

5) Quinto, se realizó distribuciones teóricas: Normal, Log Normal 2 Parámetros, Log Normal 3 Parámetros, Gamma de 2 parámetros, Gamma de 3 parámetros, Log-Pearson TIPO III, Gumbel y LogGumbel.

**Tabla 52. Distribución normal.**

Distribución Normal							
m	Q=x(m3/s)	Media	Desviación estándar	P(x)=m/(n+1)	Z=X-Xm/s	F(Z)	Delta
1	0.9	14.026	17.873	0.028	-0.734	0.231	0.204
2	1.3			0.056	-0.712	0.238	0.183
3	2			0.083	-0.673	0.251	0.167
4	2.1			0.111	-0.667	0.252	0.141
5	2.2			0.139	-0.662	0.254	0.115
6	2.4			0.167	-0.650	0.258	0.091
7	2.4			0.194	-0.650	0.258	0.063
8	3.4			0.222	-0.595	0.276	0.054
9	3.6			0.250	-0.583	0.280	0.030
10	3.7			0.278	-0.578	0.282	0.004
11	3.8			0.306	-0.572	0.284	0.022
12	4.6			0.333	-0.527	0.299	0.034
13	5.7			0.361	-0.466	0.321	0.040
14	5.7			0.389	-0.466	0.321	0.068
15	5.7			0.417	-0.466	0.321	0.096
16	5.8			0.444	-0.460	0.323	0.122
17	6.2			0.472	-0.438	0.331	0.141
18	6.6			0.500	-0.415	0.339	0.161
19	7.1			0.528	-0.387	0.349	0.179
20	8.5			0.556	-0.309	0.379	0.177
21	8.5			0.583	-0.309	0.379	0.205
22	10.5			0.611	-0.197	0.422	0.189
23	11.7			0.639	-0.130	0.448	0.191
24	14.2			0.667	0.010	0.504	0.163
25	14.7			0.694	0.038	0.515	0.179
26	15.2			0.722	0.066	0.526	0.196
27	16.1			0.750	0.116	0.546	0.204
28	18			0.778	0.222	0.588	0.190
29	19.7			0.806	0.317	0.625	0.181
30	20.1			0.833	0.340	0.633	0.200
31	22.1			0.861	0.452	0.674	0.187
32	40.8			0.889	1.498	0.933	0.044
33	60.7			0.917	2.611	0.995	0.079
34	63.6			0.944	2.774	0.997	0.053
35	71.3			0.972	3.204	0.999	0.027

n=	35
0.205	< 0.230
SE AJUSTA	

**Tabla 53. Distribución Log Normal 3**

Fuente. [60].

Distribución Log Normal 3 Parámetros										
m	x	P(x)	Mediana x	x0	x-x0	Ln(x-x0)	Media(Ln(x-x0))	Desviación estándar(Ln(x-x0))	F(Z)	Delta
1	0.9	0.028	6.600	0.349	0.551	-0.597	1.962	1.175	0.000	0.028
2	1.3	0.056			0.951	-0.051			0.000	0.056
3	2	0.083			1.651	0.501			0.000	0.083
4	2.1	0.111			1.751	0.560			0.000	0.111
5	2.2	0.139			1.851	0.616			0.000	0.138
6	2.4	0.167			2.051	0.718			0.001	0.166
7	2.4	0.194			2.051	0.718			0.001	0.193
8	3.4	0.222			3.051	1.115			0.002	0.221
9	3.6	0.250			3.251	1.179			0.002	0.248
10	3.7	0.278			3.351	1.209			0.003	0.275
11	3.8	0.306			3.451	1.239			0.004	0.302
12	4.6	0.333			4.251	1.447			0.005	0.329
13	5.7	0.361			5.351	1.677			0.006	0.356
14	5.7	0.389			5.351	1.677			0.007	0.382
15	5.7	0.417			5.351	1.677			0.008	0.409
16	5.8	0.444			5.451	1.696			0.009	0.435
17	6.2	0.472			5.851	1.767			0.010	0.462
18	6.6	0.500			6.251	1.833			0.012	0.488
19	7.1	0.528			6.751	1.910			0.013	0.514
20	8.5	0.556			8.151	2.098			0.015	0.541
21	8.5	0.583			8.151	2.098			0.017	0.567
22	10.5	0.611			10.151	2.318			0.018	0.593
23	11.7	0.639			11.351	2.429			0.020	0.619
24	14.2	0.667			13.851	2.628			0.022	0.645
25	14.7	0.694			14.351	2.664			0.024	0.671
26	15.2	0.722			14.851	2.698			0.026	0.696
27	16.1	0.750			15.751	2.757			0.028	0.722
28	18	0.778			17.651	2.871			0.030	0.748
29	19.7	0.806			19.351	2.963			0.032	0.774
30	20.1	0.833			19.751	2.983			0.034	0.799
31	22.1	0.861			21.751	3.080			0.036	0.825
32	40.8	0.889			40.451	3.700			0.038	0.851
33	60.7	0.917			60.351	4.100			0.041	0.876
34	63.6	0.944			63.251	4.147			0.043	0.902
35	71.3	0.972			70.951	4.262			0.045	0.927

n= 35  
 0.927 > 0.230

**NO SE AJUSTA**

Fuente. [60].

**Tabla 54. Distribución Gamma 2 Parámetros**

Distribución GAMMA de 2 parámetros					
m	x	P(x)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.9	0.028	0.066	0.1316	0.0383
2	1.3	0.056	0.0932	0.1672	0.0376
3	2	0.083	0.1384	0.2203	0.0551
4	2.1	0.111	0.1446	0.2272	0.0335
5	2.2	0.139	0.1508	0.234	0.0119
6	2.4	0.167	0.1631	0.2472	0.0036
7	2.4	0.194	0.1631	0.2472	0.0314
8	3.4	0.222	0.2214	0.3066	0.0009
9	3.6	0.250	0.2325	0.3174	0.0175
10	3.7		0.238	0.3227	0.0398
0.278 11	3.8		0.2435	0.3279	0.0621
0.306 12	4.6		0.2856	0.3674	0.0477
0.333 13	5.7		0.3397	0.4159	0.0214
0.361 14	5.7		0.3397	0.4159	0.0492
0.389 15	5.7		0.3397	0.4159	0.077
0.417 16	5.8		0.3444	0.4201	0.1001
0.444 17	6.2		0.3628	0.4361	0.1094
0.472 18	6.6		0.3807	0.4516	0.1193
0.500 19	7.1		0.4024	0.4701	0.1254
0.528 20	8.5		0.4589	0.5176	0.0966
0.556 21	8.5		0.4589	0.5176	0.1244
0.583 22	10.5		0.5304	0.5762	0.0807
0.611 23	11.7		0.5686	0.6071	0.0703
0.639 24	14.2		0.6384	0.6632	0.0283
0.667 25	14.7		0.6509	0.6733	0.0435
0.694 26	15.2		0.663	0.683	0.0592
0.722 27	16.1		0.6837	0.6996	0.0663
0.750 28	18		0.7233	0.7316	0.0545
0.778 29	19.7		0.7544	0.757	0.0511
0.806 30	20.1		0.7612	0.7626	0.0721
0.833 31	22.1		0.7925	0.7884	0.0686
0.861 32	40.8		0.944	0.9248	0.0551
0.889 33	60.7		0.986	0.9737	0.0694
0.917 34	63.6		0.9886	0.9774	0.0441
0.944 35	71.3		0.9933	0.9849	0.0211

n= 35  
 0.125 < 0.230  
 SE AJUSTA

Fuente. [60].

**Tabla 55. Distribución Gamma 3 Parámetros**

Distribución GAMMA de 3 parámetros					
m	x	P(x)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.9	0.028	0.1402	0	0.112
2	1.3	0.056	0.1796	0	0.123
3	2	0.083	0.2379	0	0.152
4	2.1	0.111	0.2454	0	0.131
5	2.2	0.139	0.2528	0	0.110
6	2.4	0.167	0.2671	0	0.096
7	2.4	0.194	0.2671	0	0.067
8	3.4	0.222	0.3312	0	0.103
9	3.6	0.250	0.3428	0	0.086
10	3.7		0.3484	0	0.063
0.278 11	3.8		0.354	0	0.040
0.306 12	4.6		0.3961	0	0.053
0.333 13	5.7		0.4474	0	0.076
0.361 14	5.7		0.4474	0	0.047
0.389 15	5.7		0.4474	0	0.019
0.417 16	5.8		0.4518	0	0.005
0.444 17	6.2		0.4687	0	0.017
0.472 18	6.6		0.4849	0	0.029
0.500 19	7.1		0.5042	0	0.039
0.528 20	8.5		0.5534	0	0.018
0.556 21	8.5		0.5534	0	0.047
0.583 22	10.5		0.6134	0	0.015
0.611 23	11.7		0.6447	0	0.012
0.639 24	14.2		0.7009	0	0.015
0.667 25	14.7		0.7108	0	0.004
0.694 26	15.2		0.7204	0	0.023
0.722 27	16.1		0.7367	0	0.035
0.750 28	18		0.7679	0	0.032
0.778 29	19.7		0.7923	0	0.036
0.806 30	20.1		0.7976	0	0.060
0.833 31	22.1		0.8221	0	0.064
0.861 32	40.8		0.9441	0	0.030
0.889 33	60.7		0.9829	0	0.040
0.917 34	63.6		0.9855	0	0.014
0.944 35	71.3		0.9873	0	0.015

n= 50  
 0.152 < 0.230  
 SE AJUSTA

Fuente. [60].

**Tabla 56. Distribución Log-Pearson TIPO III**

**Tabla 58. Distribución Gumbel**

Distribución Log-Pearson TIPO III					
m	x	P(x)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.9	0.028	0.0171	0.0164	0.011
2	1.3	0.056	0.043	0.0433	0.013
3	2	0.083	0.103	0.106	0.020
4	2.1	0.111	0.1122	0.1156	0.001
5	2.2	0.139	0.1215	0.1253	0.017
6	2.4	0.167	0.1403	0.1448	0.026
7	2.4	0.194	0.1403	0.1448	0.054
8	3.4	0.222	0.2318	0.2388	0.010
9	3.6	0.250	0.2491	0.2564	0.001
10	3.7	0.278	0.2576	0.2651	0.020
11	3.8	0.306	0.2661	0.2736	0.040
12	4.6	0.333	0.3295	0.3375	0.004
13	5.7	0.361	0.4057	0.4134	0.045
14	5.7	0.389	0.4057	0.4134	0.017
15	5.7	0.417	0.4057	0.4134	0.011
16	5.8	0.444	0.412	0.4197	0.033
17	6.2	0.472	0.4363	0.4438	0.036
18	6.6	0.500	0.4592	0.4664	0.041
19	7.1	0.528	0.486	0.4927	0.042
20	8.5	0.556	0.5515	0.5567	0.004
21	8.5	0.583	0.5515	0.5567	0.032
22	10.5	0.611	0.6253	0.6284	0.014
23	11.7	0.639	0.6611	0.6631	0.022
24	14.2	0.667	0.7209	0.7208	0.054
25	14.7	0.694	0.731	0.7305	0.037
26	15.2	0.722	0.7405	0.7397	0.018
27	16.1	0.750	0.7563	0.755	0.006
28	18	0.778	0.7854	0.7831	0.008
29	19.7	0.806	0.8072	0.8042	0.002
30	20.1	0.833	0.8119	0.8087	0.022
31	22.1	0.861	0.8328	0.829	0.028
32	40.8	0.889	0.9296	0.924	0.041
33	60.7	0.917	0.9633	0.9584	0.047
34	63.6	0.944	0.9662	0.9614	0.022
35	71.3	0.972	0.9724	0.968	0.000

n= 35

0.054 < 0.230

SE AJUSTA

Fuente. [60].

**Tabla 57. Distribución Gumbel**

Distribución Gumbel					
m	x	P(x)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.9	0.028	0.2369	0.1784	0.209
2	1.3	0.056	0.2468	0.189	0.191
3	2	0.083	0.2643	0.2082	0.181
4	2.1	0.111	0.2668	0.211	0.156
5	2.2	0.139	0.2693	0.2138	0.131
6	2.4	0.167	0.2744	0.2195	0.108
7	2.4	0.194	0.2744	0.2195	0.080
8	3.4	0.222	0.3001	0.2485	0.078
9	3.6	0.250	0.3053	0.2545	0.055
10	3.7	0.278	0.3079	0.2574	0.030
11	3.8	0.306	0.3105	0.2604	0.005
12	4.6	0.333	0.3315	0.2846	0.002
13	5.7	0.361	0.3604	0.3186	0.001
14	5.7	0.389	0.3604	0.3186	0.028
15	5.7	0.417	0.3604	0.3186	0.056
16	5.8	0.444	0.3631	0.3217	0.081
17	6.2	0.472	0.3736	0.3342	0.099
18	6.6	0.500	0.3842	0.3468	0.116
19	7.1	0.528	0.3974	0.3625	0.130
20	8.5	0.556	0.434	0.4064	0.122
21	8.5	0.583	0.434	0.4064	0.149
22	10.5	0.611	0.4852	0.4682	0.126
23	11.7	0.639	0.5151	0.5041	0.124
24	14.2	0.667	0.5744	0.5751	0.092
25	14.7	0.694	0.5857	0.5886	0.109
26	15.2	0.722	0.5969	0.6018	0.125
27	16.1	0.750	0.6164	0.6248	0.134
28	18	0.778	0.6556	0.6705	0.122
29	19.7	0.806	0.6882	0.7077	0.117
30	20.1	0.833	0.6955	0.716	0.138
31	22.1	0.861	0.7301	0.7546	0.131
32	40.8	0.889	0.9211	0.9446	0.032
33	60.7	0.917	0.9805	0.9897	0.064
34	63.6	0.944	0.9841	0.9919	0.040
35	71.3	0.972	0.9908	0.9958	0.019

n= 35

0.209 < 0.230

SE AJUSTA

Fuente. [60].

Distribución Log Normal 2 Parámetros							
m	x	y=lnx	P(x)	Media Lnx	Desviación estándar Lnx	F(Z)	Delta
1	0.9	-0.105	0.028	2.045	1.094	0.025	0.003
2	1.3	0.262	0.056			0.052	0.004
3	2	0.693	0.083			0.108	0.025
4	2.1	0.742	0.111			0.117	0.006
5	2.2	0.788	0.139			0.125	0.014
6	2.4	0.875	0.167			0.143	0.024
7	2.4	0.875	0.194			0.143	0.052
8	3.4	1.224	0.222			0.226	0.004
9	3.6	1.281	0.250			0.242	0.008
10	3.7	1.308	0.278			0.250	0.027
11	3.8	1.335	0.306			0.258	0.047
12	4.6	1.526	0.333			0.318	0.016
13	5.7	1.740	0.361			0.390	0.029
14	5.7	1.740	0.389			0.390	0.001
15	5.7	1.740	0.417			0.390	0.026
16	5.8	1.758	0.444			0.396	0.048
17	6.2	1.825	0.472			0.420	0.052
18	6.6	1.887	0.500			0.442	0.058
19	7.1	1.960	0.528			0.469	0.059
20	8.5	2.140	0.556			0.534	0.021
21	8.5	2.140	0.583			0.534	0.049
22	10.5	2.351	0.611			0.610	0.001
23	11.7	2.460	0.639			0.647	0.009
24	14.2	2.653	0.667			0.711	0.044
25	14.7	2.688	0.694			0.721	0.027
26	15.2	2.721	0.722			0.732	0.009
27	16.1	2.779	0.750			0.749	0.001
28	18	2.890	0.778			0.780	0.002
29	19.7	2.981	0.806			0.804	0.002
30	20.1	3.001	0.833			0.809	0.025
31	22.1	3.096	0.861			0.831	0.030
32	40.8	3.709	0.889			0.936	0.047
33	60.7	4.106	0.917			0.970	0.053
34	63.6	4.153	0.944			0.973	0.028
35	71.3	4.267	0.972			0.979	0.007

n=	35
0.059	< <b>0.230</b>
<b>SE AJUSTA</b>	

Fuente. [60].

Tabla 59. Pasos para hallar la precipitación según el método.

AÑO	P. MÁX mm	xi	(xi-x)^2
1982	1.30	1.30	161.94
1983	63.60	63.60	2457.61
1984	6.20	6.20	61.24
1985	4.60	4.60	88.84
1986	8.50	8.50	30.53
1987	3.80	3.80	104.57
1988	2.10	2.10	142.22
1989	3.40	3.40	112.91
1990	2.20	2.20	139.85
1991	0.90	0.90	172.28
1992	14.20	14.20	0.03
1993	6.60	6.60	55.14
1994	16.10	16.10	4.30
1995	5.70	5.70	69.32
1996	2.00	2.00	144.62
1997	10.50	10.50	12.43
1998	71.30	71.30	3280.34
1999	20.10	20.10	36.90
2000	5.70	5.70	69.32
2001	40.80	40.80	716.86
2002	15.20	15.20	1.38
2003	14.70	14.70	0.45
2004	3.60	3.60	108.70
2005	2.40	2.40	135.16
2007	2.40	2.40	135.16
2008	11.70	11.70	5.41
2009	5.70	5.70	69.32
2010	19.70	19.70	32.20
2011	7.10	7.10	47.97
2012	22.10	22.10	65.19
2013	8.50	8.50	30.53
2014	3.70	3.70	106.62
2015	18.00	18.00	15.79
2016	5.80	5.80	67.66
2017	60.70	60.70	2178.49
		<b>490.90</b>	<b>10861.29</b>

<b>Promedio</b>
S=
α=
μ=

14.03 mm  
 17.87 mm  
 13.94 mm  
 5.98 mm

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} =$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha$$

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x - \mu}{\alpha}\right)^3}}$$

Fuente. [60].

**Tabla 60. Probabilidad de ocurrencia**

Perido de retorno Tr (años)	Variable reducida YT	Precipitación Xt'(mm)	Probabilidad de ocurrencia F(XT')	Corrección intervalo fijo XT
2	0.367	11.090	<b>0.500</b>	12.531
5	1.500	26.885	<b>0.800</b>	30.380
10	2.250	37.342	<b>0.900</b>	42.197
25	3.199	50.556	<b>0.960</b>	57.128
50	3.902	60.358	<b>0.980</b>	68.205
100	4.600	70.088	<b>0.990</b>	79.200
500	6.214	92.573	<b>0.998</b>	104.607

Valores para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas (Datos tomados de Campos (1978))

HORAS	COCIENTES
1	0.30
2	0.39
3	0.46
4	0.52
5	0.57
6	0.61
8	0.68
12	0.80
18	0.91
24	1.00

Fuente. [60].

**Tabla 61. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.**

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias:

Tiempo de duración (HORAS)	Tiempo de Duracion (MIN)	P.M.P (mm) para diferentes tiempos de duración según el periodo de retorno (Tr)						
		2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS
1	60	3.759	9.114	12.659	17.138	20.461	23.760	31.382
2	120	4.887	11.848	16.457	22.280	26.600	30.888	40.797
3	180	5.764	13.975	19.411	26.279	31.374	36.432	48.119
4	240	6.516	15.797	21.942	29.707	35.466	41.184	54.396
5	300	7.143	17.316	24.052	32.563	38.877	45.144	59.626
6	360	7.644	18.532	25.740	34.848	41.605	48.312	63.810
8	480	8.521	20.658	28.694	38.847	46.379	53.856	71.133
12	720	10.025	24.304	33.758	45.702	54.564	63.360	83.686
18	1080	11.403	27.646	38.399	51.986	62.066	72.072	95.192
24	1440	12.531	30.380	42.197	57.128	68.205	79.200	104.607

Fuente. [60].

**Tabla 62. Intensidad de lluvia para diferentes tiempos de duración.**

Intensidad de lluvia para diferentes tiempos de duración:

$$I = \frac{P [ m m ] t_d}{uración [ h r . ]}$$

Fuente. [60].

Tiempo de duración (HORAS)	Tiempo de Duracion (MIN)	P.M.P (mm) para diferentes tiempos de duración según el período de retorno (Tr)						
		2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	500 AÑOS
1	60	3.759	9.114	12.659	17.138	20.461	23.760	31.382
2	120	2.444	5.924	8.228	11.140	13.300	15.444	20.398
3	180	1.921	4.658	6.470	8.760	10.458	12.144	16.040
4	240	1.629	3.949	5.486	7.427	8.867	10.296	13.599
5	300	1.429	3.463	4.810	6.513	7.775	9.029	11.925
6	360	1.274	3.089	4.290	5.808	6.934	8.052	10.635
8	480	1.065	2.582	3.587	4.856	5.797	6.732	8.892
12	720	0.835	2.025	2.813	3.809	4.547	5.280	6.974
18	1080	0.634	1.536	2.133	2.888	3.448	4.004	5.288
24	1440	0.522	1.266	1.758	2.380	2.842	3.300	4.359

Regresiones Intensidad-Duración-Período de retorno:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

- I= Intesidad (mm/hr)
- t= Duración de la lluvia (min)
- T= Período de retorno (años)
- K, m, n= Parámetros de ajuste

$$d = K * T^m \quad I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d * t^{-n}$$

**Tabla 63. Regresiones intensidad-duración-período de retorno t=2 años**

Período de retorno para T = 2 años						
Nº	x (Durac.)	y (Intens.)	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440.00	0.52	7.27	-0.65	-4.73	52.89
2	1080.00	0.63	6.98	-0.46	-3.19	48.79
3	720.00	0.84	6.58	-0.18	-1.18	43.29
4	480.00	1.07	6.17	0.06	0.39	38.12
5	360.00	1.27	5.89	0.24	1.43	34.65
6	300.00	1.43	5.70	0.36	2.03	32.53
7	240.00	1.63	5.48	0.49	2.67	30.04
8	180.00	1.92	5.19	0.65	3.39	26.97
9	120.00	2.44	4.79	0.89	4.28	22.92
10	60.00	3.76	4.09	1.32	5.42	16.76
<b>10</b>	<b>4980.00</b>	<b>15.51</b>	<b>58.16</b>	<b>2.73</b>	<b>10.52</b>	<b>346.94</b>

<b>Ln (d) = 3.858</b>	<b>d = 47.375</b>	<b>n = -0.616386088</b>
-----------------------	-------------------	-------------------------

Fuente. [60].

Tabla 64. Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=5 años

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x (Durac.)	y (Intens.)	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440.00	1.27	7.27	0.24	1.71	52.89
2	1080.00	1.54	6.98	0.43	3.00	48.79
3	720.00	2.03	6.58	0.71	4.64	43.29
4	480.00	2.58	6.17	0.95	5.86	38.12
5	360.00	3.09	5.89	1.13	6.64	34.65
6	300.00	3.46	5.70	1.24	7.09	32.53
7	240.00	3.95	5.48	1.37	7.53	30.04
8	180.00	4.66	5.19	1.54	7.99	26.97
9	120.00	5.92	4.79	1.78	8.52	22.92
10	60.00	9.11	4.09	2.21	9.05	16.76
<b>10</b>	<b>4980.00</b>	<b>37.61</b>	<b>58.16</b>	<b>11.59</b>	<b>62.02</b>	<b>346.94</b>

Fuente. [60].

$$\ln(d) = 4.744$$

$$d = 114.851$$

$$n = -0.616386088$$

Tabla 65. Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=10 años

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x (Durac.)	y (Intens.)	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440.00	1.76	7.27	0.56	4.10	52.89
2	1080.00	2.13	6.98	0.76	5.29	48.79
3	720.00	2.81	6.58	1.03	6.80	43.29
4	480.00	3.59	6.17	1.28	7.89	38.12
5	360.00	4.29	5.89	1.46	8.57	34.65
6	300.00	4.81	5.70	1.57	8.96	32.53
7	240.00	5.49	5.48	1.70	9.33	30.04
8	180.00	6.47	5.19	1.87	9.70	26.97
9	120.00	8.23	4.79	2.11	10.09	22.92
10	60.00	12.66	4.09	2.54	10.39	16.76
<b>10</b>	<b>4980.00</b>	<b>52.24</b>	<b>58.16</b>	<b>14.88</b>	<b>81.13</b>	<b>346.94</b>

Fuente. [60].

$$\ln(d) = 5.072$$

$$d = 159.526$$

$$n = -0.616386088$$

Tabla 66. Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=25 años

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x (Durac.)	y (Intens.)	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440.00	2.38	7.27	0.87	6.31	52.89
2	1080.00	2.89	6.98	1.06	7.41	48.79
3	720.00	3.81	6.58	1.34	8.80	43.29
4	480.00	4.86	6.17	1.58	9.76	38.12
5	360.00	5.81	5.89	1.76	10.36	34.65
6	300.00	6.51	5.70	1.87	10.69	32.53
7	240.00	7.43	5.48	2.01	10.99	30.04
8	180.00	8.76	5.19	2.17	11.27	26.97
9	120.00	11.14	4.79	2.41	11.54	22.92
10	60.00	17.14	4.09	2.84	11.63	16.76
<b>10</b>	<b>4980.00</b>	<b>70.72</b>	<b>58.16</b>	<b>17.91</b>	<b>98.74</b>	<b>346.94</b>

Fuente. [60].

Ln (d) = 5.375

d = 215.974

n = -0.616386088

Tabla 67. Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=50 años

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x (Durac.)	y (Intens.)	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440.00	2.84	7.27	1.04	7.60	52.89
2	1080.00	3.45	6.98	1.24	8.65	48.79
3	720.00	4.55	6.58	1.51	9.96	43.29
4	480.00	5.80	6.17	1.76	10.85	38.12
5	360.00	6.93	5.89	1.94	11.40	34.65
6	300.00	7.78	5.70	2.05	11.70	32.53
7	240.00	8.87	5.48	2.18	11.96	30.04
8	180.00	10.46	5.19	2.35	12.19	26.97
9	120.00	13.30	4.79	2.59	12.39	22.92
10	60.00	20.46	4.09	3.02	12.36	16.76
<b>10</b>	<b>4980.00</b>	<b>84.43</b>	<b>58.16</b>	<b>19.68</b>	<b>109.05</b>	<b>346.94</b>

Fuente. [60].

Ln (d) = 5.552

d = 257.849

n = -0.616386088

Tabla 68. Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=100 años

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	x (Durac.)	y (Intens.)	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440.00	3.30	7.27	1.19	8.68	52.89
2	1080.00	4.00	6.98	1.39	9.69	48.79
3	720.00	5.28	6.58	1.66	10.95	43.29
4	480.00	6.73	6.17	1.91	11.77	38.12
5	360.00	8.05	5.89	2.09	12.28	34.65
6	300.00	9.03	5.70	2.20	12.55	32.53
7	240.00	10.30	5.48	2.33	12.78	30.04
8	180.00	12.14	5.19	2.50	12.97	26.97
9	120.00	15.44	4.79	2.74	13.10	22.92
10	60.00	23.76	4.09	3.17	12.97	16.76
<b>10</b>	<b>4980.00</b>	<b>98.04</b>	<b>58.16</b>	<b>21.17</b>	<b>117.74</b>	<b>346.94</b>

Fuente. Propia

Ln (d) = 5.702

d = 299.416

n = -0.616386088

Tabla 69. Regresiones intensidad-duración-periodo de retorno t=500 años

Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	x (Durac.)	y (Intens.)	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440.00	4.36	7.27	1.47	10.71	52.89
2	1080.00	5.29	6.98	1.67	11.63	48.79
3	720.00	6.97	6.58	1.94	12.78	43.29
4	480.00	8.89	6.17	2.19	13.49	38.12
5	360.00	10.64	5.89	2.36	13.92	34.65
6	300.00	11.93	5.70	2.48	14.14	32.53
7	240.00	13.60	5.48	2.61	14.30	30.04
8	180.00	16.04	5.19	2.78	14.41	26.97
9	120.00	20.40	4.79	3.02	14.44	22.92
10	60.00	31.38	4.09	3.45	14.11	16.76
<b>10</b>	<b>4980.00</b>	<b>129.49</b>	<b>58.16</b>	<b>23.95</b>	<b>133.92</b>	<b>346.94</b>

Fuente. Propia

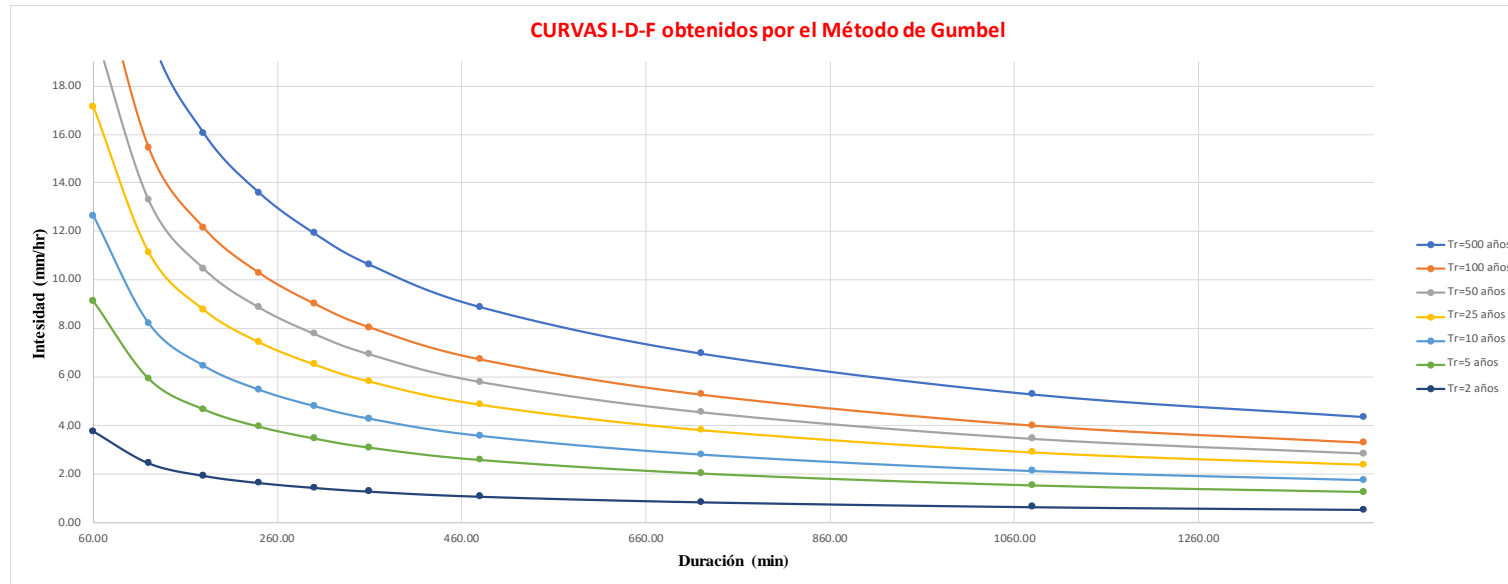
Ln (d) = 5.980

d = 395.470

n = -0.616386088

Gráfico 12. Determinación de las curvas IDF.

2.- DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA (IDF) Y INTENSIDAD MÁXIMA DE DISEÑO



Fuente. [60].

Tabla 70. Resumen de aplicación de regresión potencial

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Período de retorno (años)	Término cte regresión (d)	Coefficiente de regresión (n)
2	47.375	-0.616
5	114.851	-0.616
10	159.526	-0.616
25	215.974	-0.616
50	257.849	-0.616
100	299.416	-0.616
<b>Promedio=</b>	<b>182.499</b>	<b>-0.616</b>

Fuente. Propia

**Tabla 71. Regresión potencial**

Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	47.37	0.693	3.858	2.674	0.480
2	5	114.85	1.609	4.744	7.635	2.590
3	10	159.53	2.303	5.072	11.679	5.302
4	25	215.97	3.219	5.375	17.302	10.361
5	50	257.85	3.912	5.552	21.721	15.304
6	100	299.42	4.605	5.702	26.258	21.208
6	192.000	1094.991	16.341	30.303	87.269	55.245

Fuente. [60].

Ln(K) = **3.8493**

K = **46.961**

m = **0.4411**

<b>3.-</b>	<b>Determinación de ecuación</b>
------------	----------------------------------

*Ecuación 17. Determinación de ecuación*

Fuente: [60].

$$I = \frac{46.9609 * T^{0.4411}}{t^{0.6164}}$$

Donde:

- I= Intesidad (mm/hr)
- t= Duración de la lluvia (min)
- T= Periodo de retorno (años)

Luego de Imáx de diseño paraeste modelo es: **21.137 (mm/hr)**

DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA (IDF) y la intensidad máxima de diseño (mm/h)

1.- MODELO DE GROBE (DICK Y PEKCHE)

Figura 26. Cálculo de la ecuación de Intensidad Máxima mediante el programa de HidroEsta2

Figura 27. Cálculo de la ecuación de Intensidad Máxima mediante el programa de HidroEsta2

Calcular la ecuación de Imax a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y Peschke

**Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax**

**Ingreso de datos:**  
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
25	2.4
26	11.7
27	5.7
28	19.7
29	7.1
30	22.1
31	8.5
32	3.7
33	18.0
34	5.8
35	60.7

Calcular Imax de diseño:  
 Período de retorno (T): 50 años  
 Duración (D): 60 min  
 Imax: 122.60 mm/hr

**Resultados y gráfico Imax-D-T**

	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
P24h	1.3	0.45	0.49	0.59	0.70	0.83
1.3	0.45	0.49	0.59	0.70	0.77	0.83
63.6	21.83	24.16	28.73	34.17	37.82	40.64
6.2	2.13	2.36	2.80	3.33	3.69	3.96
4.6	1.58	1.75	2.08	2.47	2.74	2.94
8.5	2.92	3.23	3.84	4.57	5.05	5.43
3.8	1.30	1.44	1.72	2.04	2.26	2.43

Año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
1	1.34	0.99	0.59	0.35	0.26	0.21
2	65.50	48.33	28.73	17.09	12.61	10.16
3	6.39	4.71	2.80	1.67	1.23	0.99
4	4.74	3.50	2.08	1.24	0.91	0.73
5	8.75	6.46	3.84	2.28	1.68	1.36
6	3.91	2.89	1.72	1.02	0.75	0.61

T año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
36.00	73.43	54.18	32.21	19.15	14.13	11.39
18.00	65.50	48.33	28.73	17.09	12.61	10.16
12.00	62.51	46.12	27.42	16.31	12.03	9.70
9.00	42.02	31.00	18.43	10.96	8.09	6.52
7.20	22.76	16.79	9.98	5.94	4.38	3.53
6.00	20.70	15.27	9.08	5.40	3.98	3.21

Ecuación:  $I_{max} = 24.0195 \cdot T^{1.2016} \cdot D^{-0.7500}$   
 R: 0.9630, R^2: 0.9273, Se: 11.1561

Calcular la ecuación de Imax a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y Peschke

**Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax**

**Resultados y gráfico Imax-D-T**

Valores de Imax, para diferentes D en min, y para T = 5, 10, 20 y 50 años

Duración D	T = 5	T = 10	T = 20	T = 50
10	29.54	67.95	156.28	469.99
20	17.57	40.40	92.93	279.46
30	12.96	29.81	68.56	206.18
40	10.45	24.02	55.26	166.17
50	8.84	20.32	46.74	140.56
60	7.71	17.72	40.77	122.60
70	6.87	15.79	36.32	109.21
80	6.21	14.28	32.85	98.80
90	5.69	13.08	30.08	90.45
100	5.25	12.08	27.79	83.58
110	4.89	11.25	25.87	77.81
120	4.58	10.54	24.24	72.90

Gráfico: Curvas I-D-T para T = 5, 10, 20, 50 años. El eje Y representa la intensidad (0-500 mm/hr) y el eje X la duración (0-150 min). Las curvas muestran una inversa proporcionalidad entre intensidad y duración.

La ecuación quedará expresada de la siguiente forma:

$$I = \frac{24.0195 \cdot T^{1.2016}}{t^{0.7500}}$$

Donde:

- I= Intensidad (mm/hr)
- t= Duración de la lluvia (min)
- T= Período de retorno (años)

Luego de Imax de diseño paraeste modelo es: **122.584 (mm/hr)**

Ecuación 18. La ecuación se expresará de la siguiente manera.

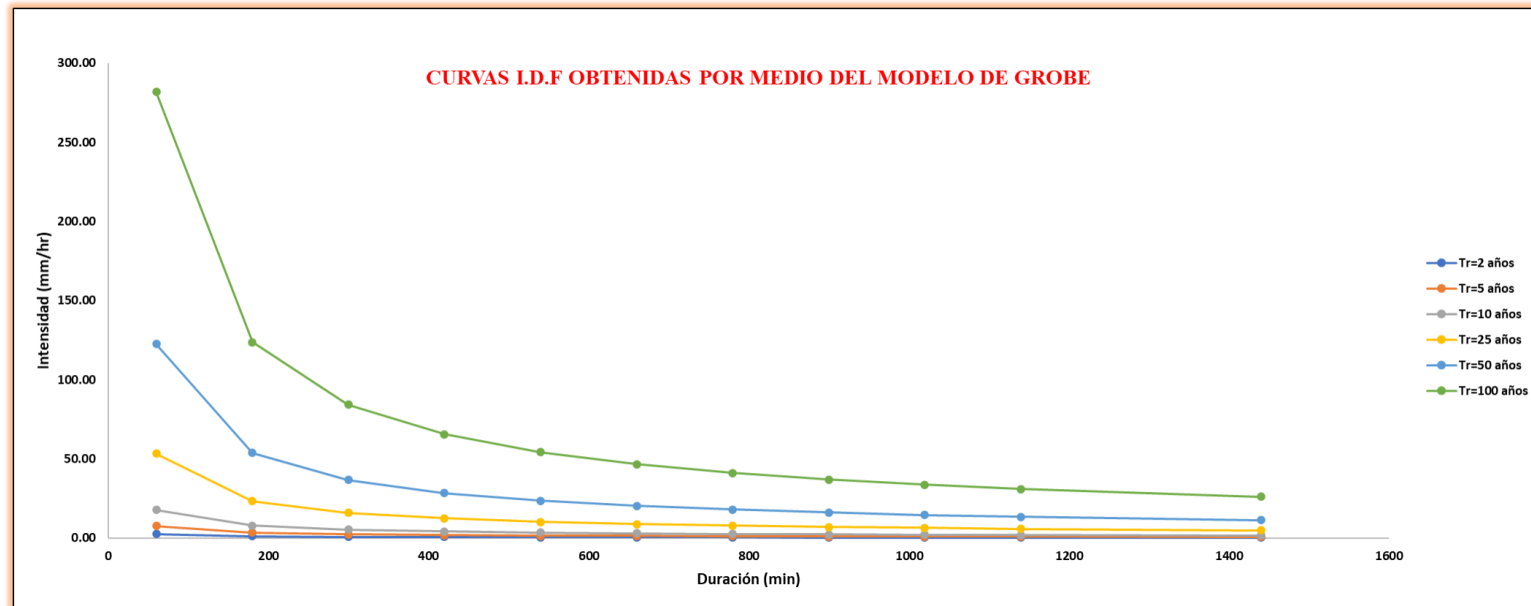
Fuente: [60].

**Tabla 72. Tablas de intensidades y duración por el Modelo de Grobe.**

Tabla de Intensidades y Duración												
Tr	Duración en minutos (t)											Intensidades máximas (mm/hr)
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
2	9.82	7.25	5.84	4.94	4.31	3.84	3.47	3.18	2.94	2.74	2.56	
5	29.54	21.80	17.57	14.86	12.96	11.55	10.44	9.56	8.84	8.23	7.71	
10	67.95	50.13	40.40	34.18	29.81	26.55	24.02	21.99	20.32	18.92	17.72	
25	204.33	150.75	121.49	102.77	89.64	79.85	72.24	66.13	61.11	56.89	53.30	
50	469.94	346.72	279.43	236.37	206.16	183.65	166.15	152.10	140.55	130.85	122.58	
100	1080.85	797.44	642.68	543.64	474.16	422.39	382.14	349.83	323.25	300.95	281.94	

Tabla de Intensidades y Duración												
Tr	Duración en minutos (t)											Intensidades máximas (mm/hr)
	60	180	300	420	540	660	780	900	1020	1140	1440	
2	2.56	1.12	0.77	0.60	0.49	0.42	0.37	0.34	0.31	0.28	0.24	
5	7.71	3.38	2.30	1.79	1.48	1.28	1.13	1.01	0.92	0.85	0.71	
10	17.72	7.78	5.30	4.12	3.41	2.93	2.59	2.33	2.12	1.95	1.63	
25	53.30	23.38	15.94	12.38	10.26	8.82	7.78	6.99	6.37	5.86	4.92	
50	122.58	53.78	36.66	28.48	23.59	20.29	17.91	16.08	14.64	13.47	11.31	
100	281.94	123.68	84.32	65.51	54.26	46.68	41.18	36.99	33.68	30.98	26.00	

**Gráfico 13. Determinación de las curvas IDF del Modelo de Grobe.**



Fuente. [60].

MODELO DE FREDERICH BELL

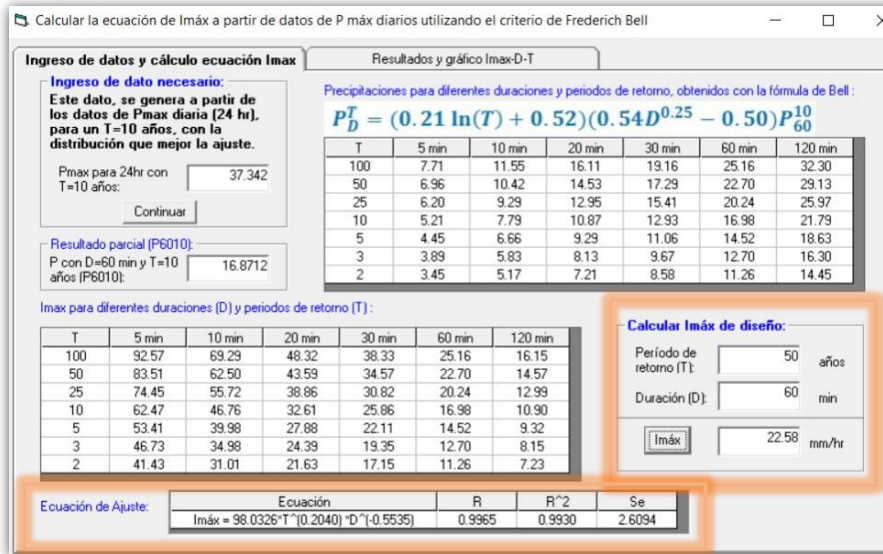


Figura 28. Cálculo de la ecuación de Intensidad Máxima mediante el programa de HidroEsta2

La ecuación quedará expresada de la siguiente forma:

$$I = \frac{98.0326 * T^{0.2040}}{t^{0.5535}}$$

Donde:

- I= Intesidad (mm/hr)
- t= Duración de la lluvia (min)
- T= Periodo de retorno (años)

Luego de Imax de diseño paraeste modelo es: **22.582 (mm/hr)**

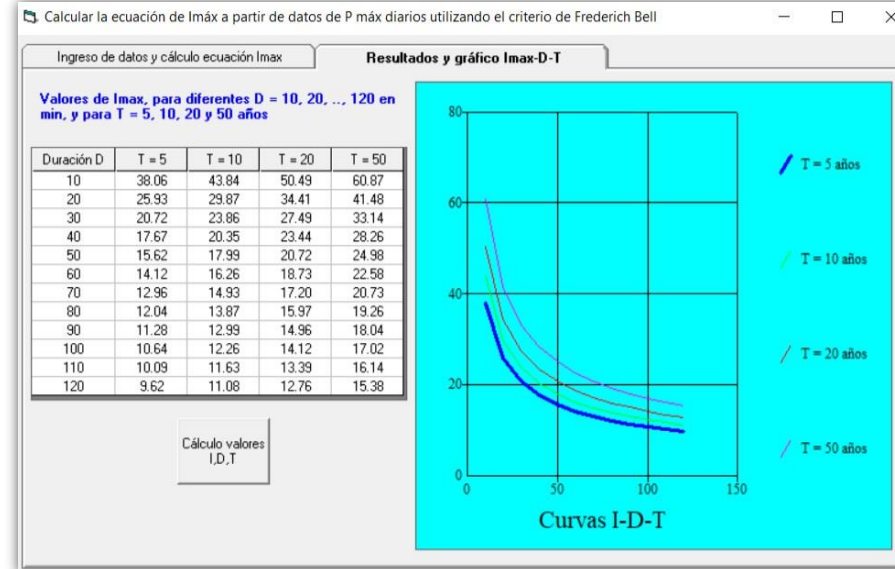


Figura 29. Cálculo de la ecuación de Intensidad Máxima mediante el programa de HidroEsta2

Ecuación 19. La ecuación se expresará de la siguiente manera.

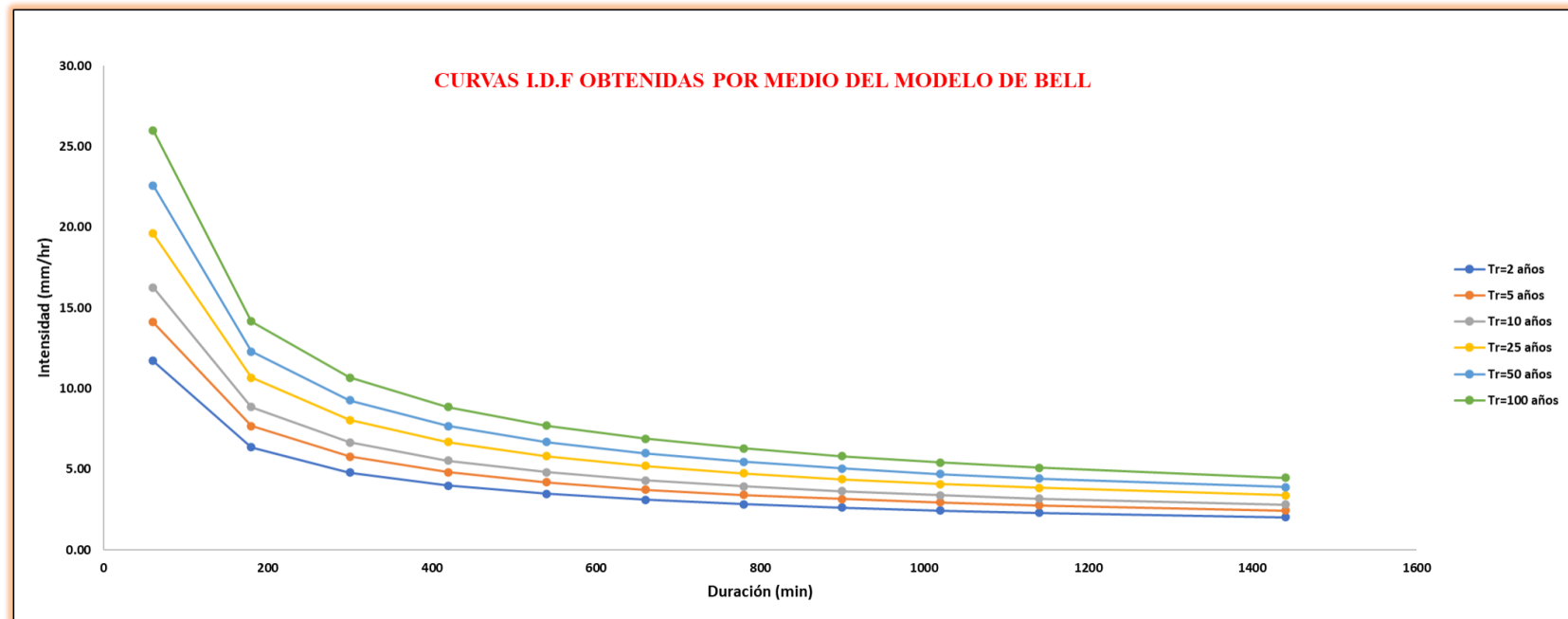
Fuente: [60].

**Tabla 73. Tablas de intensidades y duración por el Modelo de Frederick Bell**

Tabla de Intensidades y Duración											
Tr	Duración en minutos (t)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	31.57	25.22	21.51	19.01	17.19	15.78	14.66	13.73	12.95	12.29	11.71
5	38.06	30.41	25.93	22.92	20.72	19.02	17.67	16.55	15.62	14.81	14.12
10	43.84	35.03	29.87	26.40	23.87	21.91	20.35	19.07	17.99	17.06	16.26
25	52.85	42.23	36.01	31.83	28.77	26.42	24.54	22.99	21.69	20.57	19.60
50	60.88	48.64	41.48	36.66	33.14	30.43	28.26	26.48	24.98	23.70	22.58
100	70.12	56.03	47.78	42.23	38.18	35.05	32.56	30.50	28.77	27.29	26.01

Tabla de Intensidades y Duración											
Tr	Duración en minutos (t)										
	60	180	300	420	540	660	780	900	1020	1140	1440
2	11.71	6.38	4.81	3.99	3.47	3.11	2.83	2.62	2.44	2.30	2.02
5	14.12	7.69	5.79	4.81	4.18	3.74	3.41	3.15	2.94	2.77	2.43
10	16.26	8.85	6.67	5.54	4.82	4.31	3.93	3.63	3.39	3.19	2.80
25	19.60	10.67	8.04	6.68	5.81	5.20	4.74	4.38	4.09	3.84	3.38
50	22.58	12.29	9.27	7.69	6.69	5.99	5.46	5.04	4.71	4.43	3.89
100	26.01	14.16	10.67	8.86	7.71	6.90	6.29	5.81	5.42	5.10	4.48

**Gráfico 14. Determinación de las curvas IDF del Modelo de Bell.**



**Tabla 74. Resumen de las intensidades y lo métodos de resumen.**

Resumiendo las I max:

Tr (años)	MODELO PARA LA ESTIMACIÓN DE I m <sub>ax</sub>					Método elegido: F.Bell
	P.B.A. y D.M.A.E.	Gumbel	Grobe	F. Bell	Prom.	
50	60.36 (muy alto)	21.14	122.58 (muy alto)	22.58	56.67	22.58

Finalmente se esogió este método, debido a que se acerco más al promedio y además por que observando los otros valores son muy altos en comparación al método elegido.

**Fuente. Propia**

Se eligió la intensidad máxima por el método de F. Bell de 22.58 mm/h. Para poder compararlo con la precipitación que debe recibir el adoquín permeable en cm/s será de 0.00062722cm/s.

### **Estudio topográfico**

El propósito fue llevar a cabo el Levantamiento Topográfico con el fin de registrar en planos los detalles y características físicas del terreno, así como determinar cotas, pendientes y otros elementos relevantes. Además, se buscó identificar los perímetros, linderos colindantes, áreas, ángulos y vértices de las referencias a las coordenadas UTM, con el objetivo de obtener información precisa sobre las calles seleccionadas para este proyecto de tesis.

#### Procedimiento para el levantamiento topográfico

Este estudio se llevó a cabo siguiendo la siguiente metodología:

En primer lugar, se realizó un reconocimiento exhaustivo de las áreas en estudio y las zonas circundantes donde se llevará a cabo el proyecto de tesis.

En segundo lugar, se llevaron a cabo los trabajos de campo, que incluyeron mediciones precisas y el uso de equipos topográficos para obtener datos confiables. Se tomaron puntos de control tanto en términos horizontales como verticales para garantizar la precisión de los resultados.

En tercer lugar, se realizaron los trabajos de gabinete, los cuales se basaron en el procesamiento de datos obtenidos en campo. Para esto, se utilizó el software de ingeniería civil 3D 2022, el cual permitió realizar análisis y cálculos precisos para obtener información detallada y precisa del proyecto.

#### Ubicación

✓ Región	:	LAMBAYEQUE
✓ Provincia	:	CHICLAYO
✓ Distrito	:	JOSÉ LEONARDO ORTIZ
✓ Sector	:	SAN CARLOS

#### Descripción del área del trabajo

Se llevó a cabo una poligonal utilizando la técnica de medida abierta, donde se empleó una Estación Total con colector interno de información. Cada medida se realizó en modo fino, lo que permitió reducir al mínimo el error del operador y mantener los errores dentro de los límites permitidos. Esta metodología garantizó la precisión y confiabilidad de las mediciones realizadas en la poligonal.

- Se seleccionaron estaciones que fueran visibles entre sí y que estuvieran ubicadas en áreas accesibles y con buenas condiciones para colocar el instrumento.
- A cada estación se le asignó un nombre numérico siguiendo el contorno del polígono abierto.
- Se colocó cuidadosamente el instrumento sobre la primera estación, asegurándose de que estuviera nivelado y que el eje óptico coincidiera con la plomada óptica y láser. Esto garantizó que el eje óptico estuviera precisamente sobre la estación y no en un punto cercano, lo cual habría introducido un error considerable en las medidas realizadas desde esa estación.
- Una vez que el instrumento estuvo colocado, se midió la altura instrumental utilizando un flexómetro. Esta medida se tomó desde el eje óptico hasta el punto de la estación.
- A continuación, se procedió a ubicar el siguiente punto (vértice de la poligonal básica de apoyo).
- Dado que en áreas urbanas hay espacios libres para establecer puntos de control vertical además de los puntos de control horizontal (vértices de la poligonal básica), se decidió establecer puntos de control tanto horizontal como vertical en las áreas donde se llevarían a cabo las obras.

Este enfoque permitió establecer una red de puntos de control tanto horizontal como vertical para las actividades de medición y ejecución de las obras.

#### Descripción de elementos existentes en el terreno

Se hizo el levantamiento de 8 calles la cual se detalla en el siguiente cuadro.

**Tabla 75. Calles y longitudes en el levantamiento.**

Nº	Nombre	Longitud
1	Calle Nicolás Ayllón	365.06 ml
2	Calle Atahualpa	364.42 ml
3	Calle Huáscar	365.19 ml
4	Calle Húsares de Junín	364.00 ml
5	Calle Ayacucho	367.60 ml
6	Calle Constitución	212.32 ml
7	Calle Tahuantinsuyo	212.31 ml
8	Calle Democracia	212.60 ml

**Fuente.** Propia

### Monumentación de puntos topográficos

Los puntos de control en el área de estudio se seleccionaron estratégicamente para facilitar su uso en el proceso de replanteo. Estos puntos fueron planificados con anticipación al levantamiento y se colocaron en hitos de concreto, denominados BM1 hasta BM4, en el área que iba a ser intervenida. Estos puntos de control permitieron realizar replanteos topográficos precisos en cualquier punto necesario o en áreas específicas de intervención. A continuación, se muestra un cuadro detallando la información de estos puntos:

**Tabla 76. Cuadro DMS Sistema WGS-84**

<b>Cuadro de DMS Sistema WGS-84</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ELEVACIONES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
165	628356.45	252342.756	37.310	BM1
386	628393.02	252709.098	37.135	BM2
874	628151.97	252462.913	36.751	BM3
676	628174.62	252656.643	36.882	BM4

**Fuente.** Propia

### Recursos humanos y equipos utilizados

#### **Recursos humanos**

- Para el trabajo se contó con el personal especialista En Topografía:
- 01 Brigada de topografía dirigida por la Ingeniero Civil y el Tec. Especialista en topografía
- Asistentes 02 Primeros.
- Personal de apoyo 2

#### **Compensación y cálculo de coordenadas planas utm de los puntos de control horizontal**

Los puntos de las coordenadas levantadas en el campo se encuentran calculados y certificados por la estación Total LEICA TCR 407.

Luego de calcular en gabinete, las coordenadas UTM, en el sistema WGS-84, en la zona 17S, para lo cual se colocó 41 estaciones para la poligonal de apoyo.

Resumiendo, decimos:

- Se estableció la poligonal de apoyo cerrada, partiendo de una estación elegida como partida E1 y final E 41.

#### **Procesamiento de la información de campo "AUTOCAD CIVIL 3D"**

El programa LEICA SURVEY OFICCE, permitió tener la información en formato de Excel, luego se importaron los puntos en AutoCAD Civil 3D 2022.

### **Proceso de curvas de nivel**

Esta etapa se procesa tomando en cuenta los intervalos del nivel del terreno, una vez editado la Interpolación o triangulación se obtienen las curvas de nivel cuyos intervalos son:

Curvas mayores o primarias: 5.00 metro.

Curvas menores o secundarias: 1.00 metros.

### Conclusiones

Los errores obtenidos en todos los sistemas empleados, tanto para la poligonal como para la nivelación, se mantuvieron en su totalidad dentro de los rangos permisibles y tolerables de error.

El hecho permite afirmar con toda certeza que los objetivos planteados en el informe fueron cumplidos a cabalidad, alcanzándose un buen nivel en el manejo de los instrumentos propios de la topografía.

En los anexos se presentaron la nivelación de las calles analizadas. En ello, se pudo analizar por dónde correrían las aguas en temporadas de lluvia, todas apuntan que caería de sur a norte, de la Av. Leguía hacia la Av. El Dorado.

### Fotografías



*Figura 30. Levantamiento de la calle Huáscar.*

**Fuente:** Propia



*Figura 31. Levantamiento de la calle Huáscar otro ángulo*

**Fuente:** Propia



*Figura 32. Levantamiento de la calle Ayacucho*

**Fuente:** Propia



*Figura 33. Levantamiento de la calle Húsares de Junín.*

**Fuente:** Propia



*Figura 34. Levantamiento de la calle Húsares de Junín.*

**Fuente:** Propia



*Figura 35. Levantamiento de la calle Atahualpa.*

**Fuente:** Propia



*Figura 36. Levantamiento de la calle Húsares de Junín.*

**Fuente:** Propia



*Figura 37. Levantamiento de la calle Húsares de Atahualpa.*

**Fuente:** Propia



*Figura 38. Levantamiento de la calle Húsares de Atahualpa.*

**Fuente:** Propia

## Diseño hidráulico

En el presente trabajo, además de encontrar la precipitación destinada para esta urbanización, se tiene también que tener en cuenta el diseño hidráulico del pavimento de adoquín permeable que se va a elaborar. Para ello, se realizó un cálculo hidráulico.

### Volumen de almacenamiento

Para determinar el volumen de almacenamiento ( $V_{alm}$ ) requerido para el pavimento, se estima el volumen acumulado que puede ser drenado considerando la tasa de infiltración estimada en relación con el tiempo. Esto se puede calcular gráficamente como la máxima diferencia entre el volumen acumulado de agua lluvia afluente o volumen de recarga  $V_{afl}(t)$  y el volumen acumulado de infiltración  $V_{inf}(t)$ , ambos en función del tiempo [61].

### *Ecuación 20. Volumen de almacenamiento.*

#### Volumen de almacenamiento

$$V_{a m} = M a [V_a ( ) - V_{in} ( )]$$

Donde:

$V_{afl}(t)=$   
 $V_{inf}(t)=$

Volumen afluente acumulado de agua  
Volumen acumulado infiltrado

Fuente: [61].

### Volumen afluente acumulado

Se recomienda determinar el volumen afluente acumulado para una lluvia de período de retorno de T años según la siguiente ecuación:

### *Ecuación 21. Volumen afluente acumulado*

#### Volumen de afluente acumulado

$$V (t) = 1.25 * A * I * C * t * t$$

Fuente: [61].

Donde:

C= Coeficiente de escurrimiento superficial del área total aportante  
A= Área total aportante (m<sup>2</sup>)  
I= Intensidad de la lluvia de periodo de retorno T y duración t, en mm/hora  
t= Tiempo acumulado en hora-

La curva de recarga, que representa el valor de  $V_{afl}$  en función del tiempo, es utilizada para calcular el volumen acumulado de agua lluvia que ingresa al sistema. Se recomienda aplicar un factor de seguridad de 1,25 al volumen acumulado para tener en cuenta la porción de lluvia que cae antes y después del pico más intenso de la tormenta. Este factor ya está incorporado en la ecuación. El procedimiento para determinar  $V_{afl}(t)$  es similar al método racional utilizado para

estimar los caudales provenientes de una cuenca, y los resultados serían los mismos si este último método considerara un factor de seguridad de 1,25 [61].

### Volumen acumulado infiltrado

El volumen acumulado que puede ser drenado con la tasa de infiltración estimada en función del tiempo, se determina según la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 22. Volumen acumulado infiltrado**

Volumen de almacenamiento

$$V(t) = . 1 * C_s * * e * t$$

Fuente: [61].

Donde:

C <sub>s</sub> =	Coficiente de seguridad que afecta la capacidad de infiltración dependiendo de las propiedades del
f=	Capacidad de infiltración del suelo, mm/hora
t=	Tiempo acumulado, en horas.
A <sub>e</sub> =	Área del pavimento, en m <sup>2</sup>

(\*) En el caso de no considerar la capacidad de infiltración del suelo y asumir que es impermeable, el volumen de infiltración se considerará como "0". En esta situación, el volumen de almacenamiento será igual al volumen afluente de agua lluvia [61].

### Caudal de salida

Este caudal se determina por la multiplicación de la capacidad de infiltración del suelo, multiplicado por el área del pavimento.

#### **Ecuación 23. Caudal de salida**

Caudal de Salida

$$a = *$$

Fuente: [61].

### Espaciamiento de la tubería

Esto sirve para determinar la separación transversal entre tubería y tubería [61].

#### **Ecuación 24. Caudal de salida**

Espaciamiento de la tubería

$$E = \frac{*}{1} * ( + + d) * ( + d) * \frac{*}{* + d}$$

Fuente: [61].

Donde:

- ✓  $k$  = componente horizontal media de la conductividad hidráulica del terreno medida in situ o en laboratorio (mm/día).
- ✓  $h$  = altura máxima deseada para la napa entre 2 drenes consecutivos medida sobre el fondo de las zanjas donde van ubicados los drenes (m).
- ✓  $E$  = espaciamiento de los drenes en m.
- ✓  $d$  = distancia en metros entre el estrato impermeable y el fondo de las zanjas de los drenes.

### Dimensionamiento de la tubería de evacuación

**Ecuación 25. Dimensionamiento de la tubería de evacuación.**

#### Dimensionamiento de la tubería de evacuación mediante Manning

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

Fuente: [61].

Donde:

$Q$ =	Caudal total drenado en m <sup>3</sup> /s
$A$ =	Área de la sección transversal de la tubería en m <sup>2</sup>
$R$ =	Radio hidráulico de la sección transversal de la tubería en m.
$S$ =	Pendiente de la línea de energía en m/m
$n$ =	Coefficiente de rugosidad de Manning 0.009 para PVC

### Transferencia de flujo de la estructura a la tubería drenante

**Ecuación 26. Transferencia de flujo de la estructura a la tubería drenante.**

#### Cálculo del flujo de transferencia de la estructura de pavimento hacia la tubería

$$= * C_d * * ( * g * ) \cdot$$

Donde:

$Q_{perf}$ =	Flujo a través de las perforaciones, en m <sup>3</sup> /s por metro de tubería
$N$ =	Número de perforaciones en un metro de tubería.
$C_d$ =	0.8 Coeficiente de descarga recomendado
$A$ =	Superficie filtrante en (m <sup>2</sup> ) para 1 metro de tubería con $D=150$ mm, respetando disposición de ranuras que deben cumplir los tubos de drenaje.
$g$ =	9.81 m <sup>2</sup> /s, aceleración de la gravedad en m <sup>2</sup> /s
$h$ =	0.005m, máxima altura del agua sobre el orificio recomendada en m.

Fuente: [61].

Dimensiones de las ranuras de tubería de pared doble de 150mm de diámetro, con ranuras en los 350° de la tubería

Tiempo de vaciado**Ecuación 27. Tiempo de vaciado.****Cálculo del tiempo de vaciado**

$$m = \frac{e}{C}$$

Donde:

Fuente: [61].	es=	Corresponde al espesor definitivo asignado a la subbase, en mm.
	f=	Tasa de infiltración del suelo o de la subrasante, en mm/h
	Cs=	Coefficiente de seguridad que afecta la capacidad de infiltración dependiendo de la propiedades del agua y las condiciones de mantenimiento, que toma en cuenta los efectos de la colmatación en el tiempo que experimenta el suelo.
	p=	Porosidad del relleno de la subbase, normalmente 0.3

Espesor de la subbase

Sirve para realizar la verificación del espesor de la subbase.

**Ecuación 28. Espesor de la subbase.****Verificación si el espesor estructural cumple con el hidráulico**

$$e = \frac{V_{alm}}{p * A_e}$$

Fuente: [61].

p=	Porosidad del material de la subbase, 0.3 para efectos de diseño.
----	---

## Diseño del concreto permeable para los adoquines drenantes

### Ensayo a los agregados

Se realizaron ensayos a los agregados antes de ser utilizados, para poder determinar datos esenciales que serán utilizado en el diseño de mezcla del concreto permeable.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de ensayos de materiales FERMATI S.A.C y fueron los siguientes:

- ✓ Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N°200) por lavado en agregados.
- ✓ Método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
- ✓ Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.
- ✓ Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- ✓ Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
- ✓ Peso específico y absorción del agregado fino y grueso.

De estos ensayos, se sacaron los siguientes datos (también incluidos en los anexos):

**Tabla 77. Ensayo normalizado para determinar materiales más finos.**

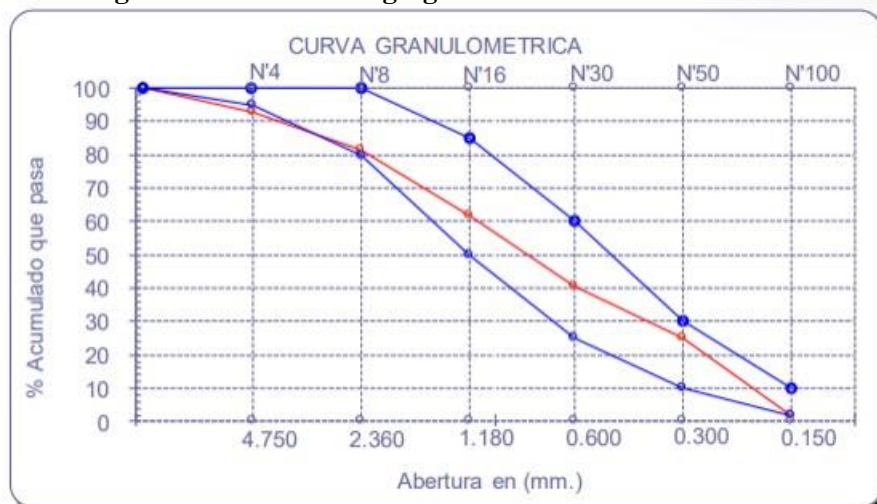
MUESTRANº	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	11.30	11.60	11.40
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.50	5.40	5.00
EQUIVALENTE DE ARENA	48.67 %	46.55 %	43.86 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	47 %		

ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):  
 SUB BASE : 25 % Mínimo  
 BASE : 35 % Mínimo

Malla		(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	7.4	7.4	92.6	95	100
Nº 08	2.360	11.4	18.8	81.2	80	100
Nº 16	1.180	19.6	38.4	61.6	50	85
Nº 30	0.600	21.0	59.5	40.5	25	60
Nº 50	0.300	15.6	75.0	25.0	10	30
Nº 100	0.150	23.4	98.5	1.5	2	10
Fondo		1.5	100.0	0.0		
Módulo de Fineza			2.976			
Abertura de malla de referencia			9.500			

Fuente. Laboratorio FERMATI S.A.C

**Tabla 78. Curva granulométrica del Agregado Fino.**



**Fuente.** Laboratorio FERMATI S.A.C

Los resultados apuntan que el agregado fino sí cumple con la curva granulométrica, debido a que se encuentra entre la malla de 3/8" y la N°4.

**Tabla 79. Peso unitario compactado húmedo y seco del AF.**

PESO UNITARIO SUELTO		
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g	21832.9
Peso de molde de ensayo vacío	g	0
Peso neto muestra contenida	g	21832.9
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.01387
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1575
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1552

PESO UNITARIO COMPACTADO		
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g	25130.0
Peso de molde de ensayo vacío	g	0
Peso neto muestra contenida	g	25130.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.01387
Peso unitario compactado húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1812
Peso unitario compactado seco	kg/m <sup>3</sup>	1786

**Tabla 80. Peso específico de AF.**

A.- Datos de la arena		
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	992.8
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	686.6
4.- Peso del Agua.	g	306.2
5.- Peso del Frasco	g	186.6
6.- Peso de la Muest. secada ahomo + Peso del frasco.	g	682.1
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	495.5
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0

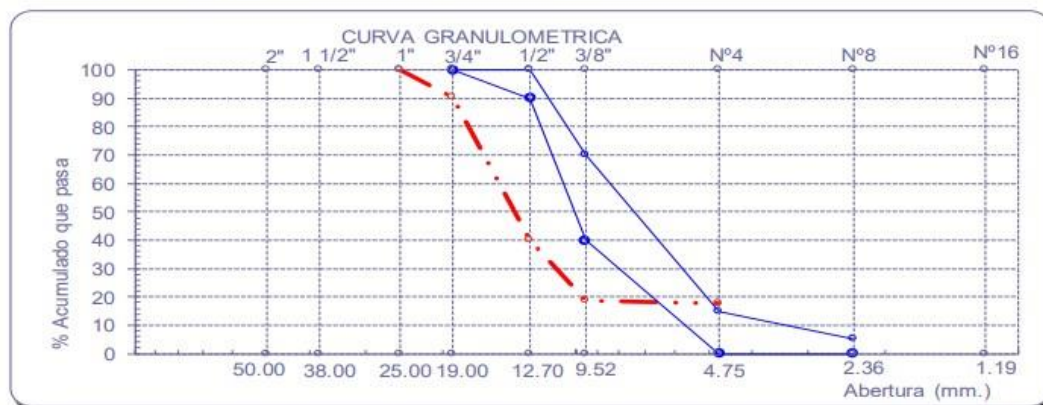
B.- Resultados		
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm <sup>3</sup>	2.557
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm <sup>3</sup>	2.580
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm <sup>3</sup>	2.618
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.91

**Fuente.** Laboratorio FERMATI S.A.C

Y para los ensayos de los agregados gruesos, fueron lo siguiente:

**Tabla 81. TMN del Agregado Grueso**

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	193.0	9.6	9.6	90.4		
1/2"	12.70	1008.0	50.4	60.0	40.0		
3/8"	9.52	427.0	21.3	81.3	18.7		
N° 04	4.75	18.0	0.9	82.2	17.8		
N° 08	2.36	4.0	0.2	82.4	17.6		
N° 16	1.19	0.1	0.0	82.4	17.6		
Fondo		351.8	17.6	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1 1/2"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			1"	25.00			



**Tabla 82. Curva granulométrica de AG**

**PESO UNITARIO SUELTO**

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g.	19400.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	0
Peso neto muestra contenida	g.	19400.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.01387
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1399
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1379

**Tabla 83. Pesos Unitarios de AG**

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g.	21980.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	0
Peso neto muestra contenida	g.	21980.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.01387
Peso unitario compactado húmedo	kg/m <sup>3</sup>	1585
Peso unitario compactado seco	kg/m <sup>3</sup>	1562

**Fuente.** Laboratorio FERMATI S.A.C

El resumen de los datos del laboratorio fueron los siguientes:

Tabla 84. Peso específico de AG.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>1485</b>	<b>1494</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>1501</b>	<b>1514</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del	(g)	<b>1841</b>	<b>1795</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>892</b>	<b>892</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	949	903

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.560</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.592
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.643
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>1.22</b>

Fuente. Laboratorio FERMATI S.A.C

Ensayo a del concreto en estado fresco**A) Asentamiento del Concreto (Slump) NTP 339.035.**

Este ensayo permite medir el asentamiento del concreto en estado fresco dando una aproximación indirecta de la trabajabilidad de este. Además de forma indirecta se puede observar la cohesión.

**(1) Instrumentos**

- ✓ Varilla compactadora de hierro liso de 5/8" de diámetro y 24" de longitud.
- ✓ Molde metálico o Cono de Abrams
- ✓ Regla
- ✓ Wincha
- ✓ Cucharón

**(2) Procedimiento**

El procedimiento para realizar el ensayo es el siguiente:

- Humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie rígida, plana y húmeda que no absorba agua.
- Sujetar firmemente el molde con los pies para asegurar su estabilidad.
- Llenar el molde en tres capas, cada una ocupando aproximadamente un tercio del volumen del molde.
- Compactar cada capa de forma uniforme en toda la superficie utilizando 25 golpes.
- Agregar material adicional a la última capa para asegurarse de que el concreto esté siempre presente sobre el molde y luego alisar la superficie.

- Levantar el molde hacia arriba sin moverlo lateralmente en un tiempo máximo de dos segundos.
- El ensayo completo, desde el inicio del llenado de la primera capa hasta levantar el molde, no debe tomar más de 2 minutos y 30 segundos.
- Medir el asentamiento al determinar la diferencia entre la altura inicial del molde y la altura final de la muestra una vez que se ha retirado el molde.

Este procedimiento garantiza la correcta ejecución del ensayo y la medición precisa del asentamiento del concreto.



**Figura 39.** Medición del slump D°1.

Fuente: Propia



**Figura 40.** Varillado con martillo Proctor D°1

Fuente: Propia



**Figura 41.** Medición de slump D°2

Fuente: Propia



**Figura 42.** Medición de slump D°2

Fuente: Propia

## Ensayo a del concreto en estado endurecido

### A) Resistencia a la compresión NTP 339.034.

El ensayo consiste en la aplicación de una carga axial a cilindros hasta que estos fallen. La resistencia se obtiene dividiendo la carga entre la sección transversal del cilindro ensayado.

#### (1) Equipos y materiales

-Máquina de ensayo, almohadillas de neopreno y probetas a ensayar de 6"x12".

#### (2) Procedimiento

El ensayo se debe hacer inmediatamente después de haber sido extraídas de la cámara de curado evitando la pérdida de humedad.

Se rompen de acuerdo con las siguientes tolerancias:

**Tabla 85. Tolerancias en la edad del ensayo.**

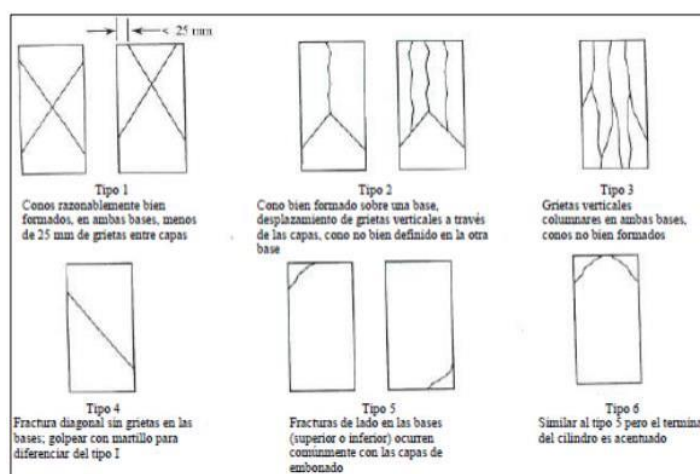
Edad del ensayo	Tolerancia
12 horas	± 0.25 horas o 2.1 %
24 horas	± 0.5 horas o 2.1 %
3 días	± 2 horas o 2.28 %
7 días	± 6 horas o 3.6 %
28 días	± 20 horas o 3.0 %
56 días	± 40 horas o 3.0 %
90 días	± 2 días o 2.2 %

**Fuente.** Laboratorio FERMATI S.A.C

Se coloca el bloque de carga sobre la plataforma de la máquina de ensayo, limpiando con un paño las superficies de los bloques de carga tanto superior como inferior.

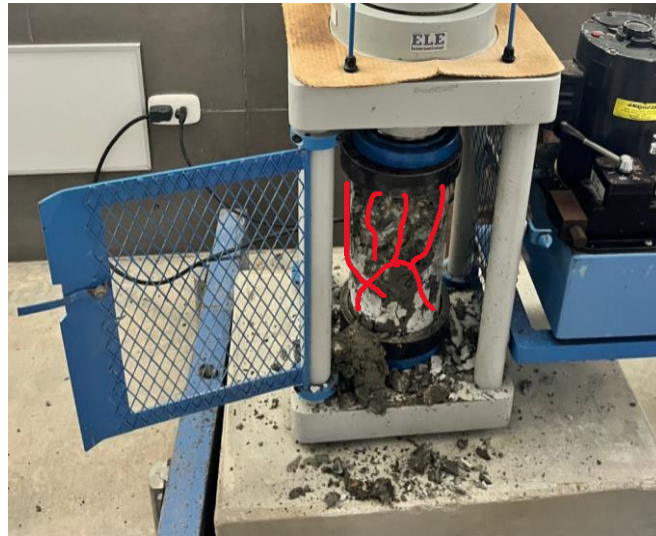
Se coloca el espécimen sobre el bloque inferior y se alinea cuidadosamente con el bloque superior. Antes de encender la maquina se debe verificar que el indicador se encuentre en cero. Se enciende la máquina y se aplica la carga en un rango de 0.25Mpa/segundo hasta alcanzar la capacidad última del espécimen.

Además, existen diferentes tipos de fallas a cuando se comprime el concreto:



**Figura 43.** Tipos de fallas de probetas

**Fuente:** [62].



**Figura 44.** Tipo de falla de D°1 a los 7 días

**Fuente:** Propio.

Se puede observar aquí que el tipo de falla es Tipo 2, o sea es bien formado sobre su base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas.

### **B) Ensayo de permeabilidad ACI 522 R-10**

La característica más importante del concreto permeable es su capacidad de filtrar agua a través de su estructura. La permeabilidad del concreto se mide con un permeámetro de caída variable.

La teoría e implementación del ensayo se encuentra en la norma ACI-522R y fue desarrollada en el capítulo 2.2.4.1 Permeámetros donde se detalla el funcionamiento, elaboración y procedimiento del ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable.

#### **(1) Equipos y materiales**

-Permeámetro de carga variable, probeta y cronometro.

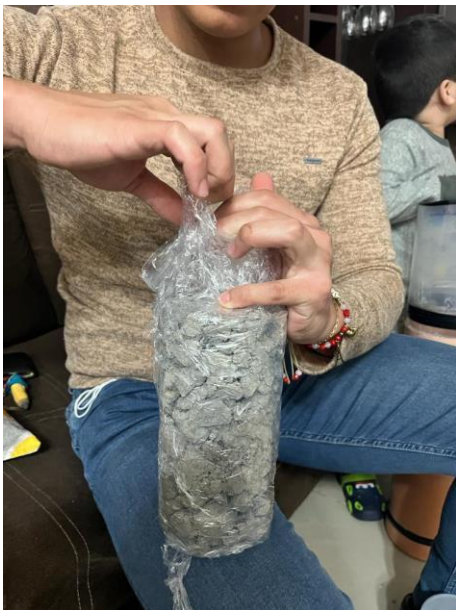


**Figura 45.** Permeámetro.

Fuente: Propio.

## (2) Procedimiento

Se envuelve el espécimen con látex u otro material impermeable para evitar la pérdida de agua por las caras laterales.



**Figura 46.** Muestra envuelta en papel film.

Fuente: Propio.



**Figura 47.** Elaboración del dispositivo.

Fuente: Propio.

Se agrega agua al cilindro graduado para llenar la celda del espécimen y la tubería de drenaje. La muestra se acondiciona permitiendo que el agua drene a través de la tubería hasta que el nivel en el cilindro graduado sea el mismo que la parte superior de la tubería de drenaje. Esto

minimiza cualquier bolsa de aire en la muestra y asegura que la muestra esté completamente saturada.

Con la válvula abierta se llena el permeámetro hasta lograr que salga agua por el tubo de 1 1/2".

Se cierra la válvula y se llena el tubo graduado hasta la altura inicial del ensayo

Luego se abre la válvula y se mide el tiempo en segundos  $t$  requerido para que el agua caiga desde un cabezal inicial  $h_1$  a un cabezal final  $h_2$ . Se calcula la permeabilidad con la ecuación de Darcy para permeámetro de carga variable.

$$K = \frac{L * A_1}{T * 2} * \ln\left(\frac{h_2}{h_1}\right)$$

**Ecuación 29.** Ecuación de Darcy para permeabilidad. [64].

Donde:

- ✓  $K$  = Coeficiente de permeabilidad cm/s
- ✓  $L$  = Longitud de la muestra en cm.
- ✓  $T$  = Tiempo que demora en descender la altura de agua en segundos.
- ✓  $A_1$  = Áreas del tubo de ensayo en cm<sup>2</sup>.
- ✓  $A_2$  = Áreas de la muestra de ensayo en cm<sup>2</sup>.
- ✓  $h_1$  = Altura inicial de agua en el tubo de ensayo en cm.
- ✓  $h_2$  = Altura final de agua en el tubo de ensayo en cm.

### **Diseño del pavimento adoquinado permeable**

Los pavimentos llamados articulados, son aquellos elementos semirrígidos compuestos por una superficie de rodadura conformada por unidades de piedra, concreto hidráulico, ladrillos o madera que son colocados sobre una capa de arena, apoyada en una o varias capas granulares.

Estos pueden ser:

- ✓ Adoquinado.
- ✓ Empedrados.
- ✓ Emboquillados.

Los elementos del pavimento adoquinado son:

- ✓ Capa de rodadura.
- ✓ Cama de arena.
- ✓ Subbase granular.
- ✓ Subrasante.

Para el diseño de este pavimento en el trabajo, se utilizará el método descrito en Guide for Design of Pavement Structures de la AASHTO.

#### Pasos para el diseño del pavimento adoquinado

- 1) Calcular el EAL de diseño para un período de diseño de 20 años. Se debe considerar la tasa de crecimiento anual del tráfico durante toda la vida de servicio del pavimento.
- 2) Caracterizar la resistencia de la sub-rasante. En ausencia de datos de ensayos de campo o laboratorio, use la Tabla 12 para estimar Mr o CBR.
- 3) Determine los requerimientos de espesor de la base. Use el Mro el CBR de la subrasante e ingrese el EAL como dato en la Figura 15, dependiendo de los materiales de base requeridos. Una porción de todo el espesor estimado de la base que exceda el espesor mínimo puede substituirse por un material de calidad inferior, como una sub-base granular. Esto se logra promedio del uso de los valores de equivalencia de capas siguientes: 1,75 para bases granulares, 3,40 para bases tratadas con asfalto y 2,50 para bases tratadas con cemento.

#### **Rentabilidad**

Se realizará el metrado, análisis de costos y el presupuesto mediante el programa S10, el costo del pavimento intertrabado con los adoquines permeables y se comparará con el costo de otro tipo de pavimento, como es el caso del pavimento rígido convencional.

## Resultados y discusión

### Estudio de tráfico

En el estudio de tráfico se arrojó los EALs de cada calle estudiada para la tesis, para un periodo de diseño de 20 años y fueron los siguientes:

**Tabla 86. EALs de las calles estudiadas.**

Calle	ESALs
Calle Nicolás de Ayllón	73,514.082
Calle Atahualpa	31,357.132
Calle Huáscar	33,721.648
Calle Húsares de Junín	71,753.269
Calle Ayacucho	74,167.463

**Fuente. Propia**

Tomando como máximo EALs para realizar el diseño a 80,000; para todas las calles. Este dato servirá de mucho para próximos resultados. Asimismo, el dato anterior se puede decir que bajo lo que dice [63], se considera dentro del parámetro de tipo de tránsito: Vehicular Ligerero. Esto es lo que se quiso demostrar desde un comienzo con el objetivo de poder comprobar que estas calles son analizadas para ser pavimentadas con adoquines de concreto para tránsito ligero.

Con este resultado se podrá optar sobre el espesor que deberá tener el adoquín de concreto, pero permeable, para este caso. Cabe mencionar, además, que los pavimentos son de 7.20m de longitud transversal.

**Estudio de suelos de la zona**

Tras la realización de este estudio en un laboratorio particular FERMATI S.A.C, con 5 muestras obtenidas de las 5 calicatas (1 por calle), el tipo de suelo en todas las calles son las siguientes:

**Tabla 87. Tipo de suelo, LL, LP, CBR de muestras de calicatas en las calles.**

Calicatas	Tipo de suelo	Límite Líquido	Límite Plástico	CBR
C-01	Arcilla Limo	61.0%	35.0%	2.2%
C-02	Arcilla Limo	59.7%	32.1%	4.1%
C-03	Arcilla Limo	60.8%	33.6%	4.1%
C-04	Arcilla Limo	57.7%	29.4%	4.7%
C-05	Arcilla Limo	59.9%	24.4%	3.8%

**Fuente.** Propio.

Se puede observar que el tipo de suelo para las 5 calles, son de tipo Arcilla y Limo, demostrando que hay suelos de tipo cohesivos (arcilla) y granulares (limo).

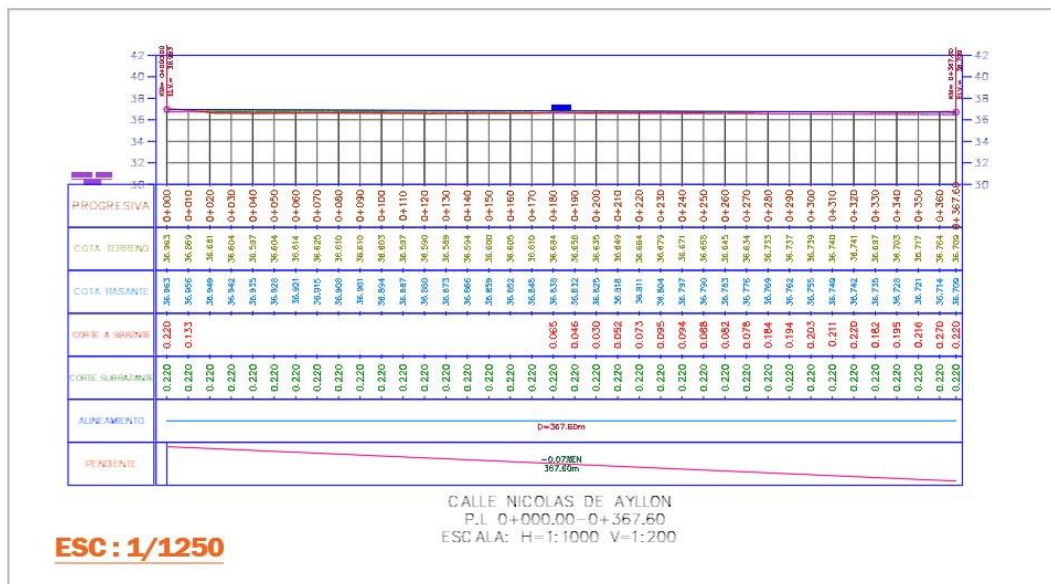
También se puede analizar que las condiciones de la subrasante en la calle de Nicolás de Ayllón (C-01) es pobre, debido a que el CBR es menor al 3%. Así bien, para el resto de las calles, se considera la condición de regular, dado que se encuentran en rangos de 3% a 8%. Esta última son moderadamente estables en condiciones húmedas.

Para poder realizar el diseño estructural de los pavimentos urbanos, es importante saber el material de la subrasante y requisitos mínimos que en la Tabla 30 de [15], este deberá cumplir. Unos de los requisitos son: 95% de compactación, y tener espesores compactados de  $\geq 250\text{mm}$  para vías locales y colectoras. Esta investigación es destinada para vías locales, que son las calles que fueron elegidos.

**Estudio de topográfico**

Se realizó el estudio topográfico para poder saber la pendiente natural que estas calles tienen y ver hacia dónde podría evacuar las aguas de precipitaciones, dado que uno de los objetivos del trabajo fue eso, analizar la evacuación de estas.

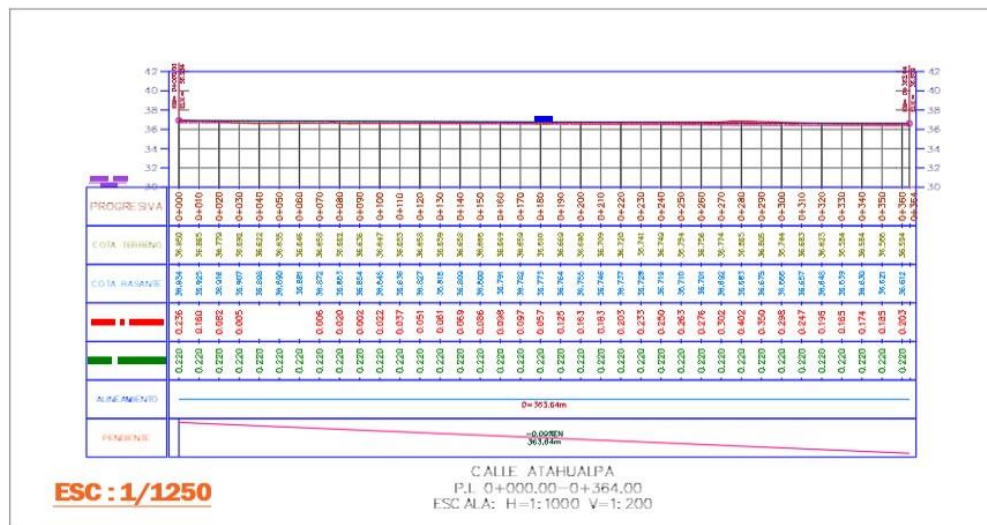
**Tabla 88. Perfil longitudinal de la Calle Nicolás de Ayllón.**



Fuente. Propio.

Como se puede observar, la pendiente de la calle Nicolás de Ayllón es de -0.07%, entonces normalmente el pavimento evacuaría las aguas de la Av. Augusto B. Leguía, hacia la Av. Dorado. Aunque esta pendiente no sea suficiente para poder evacuar las aguas, nos da un indicio de hacia dónde podrían bajar las aguas. Para la tubería por donde se moverán las aguas que se analiza dentro de la pavimentación, su pendiente será mayor.

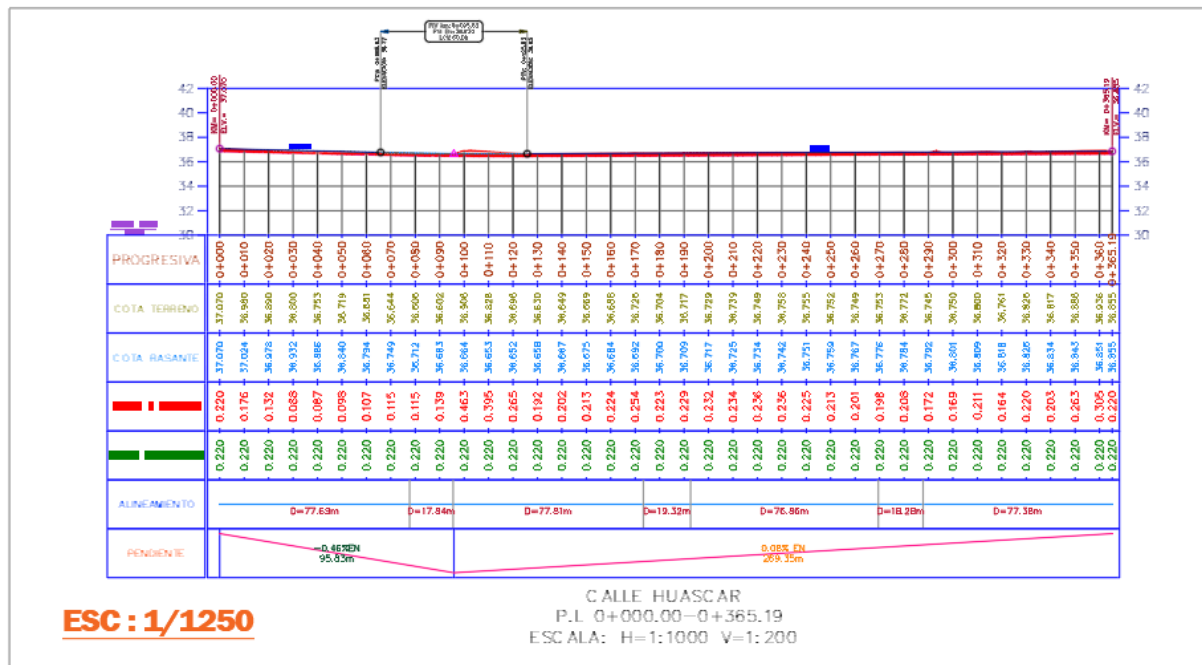
**Tabla 89. Perfil longitudinal de la Calle Atahualpa**



Fuente. Propio.

Para la calle Atahualpa, la pendiente es de  $-0.09\%$ , lo que indica que es similar a la calle anterior y que la pendiente va de sur a norte también.

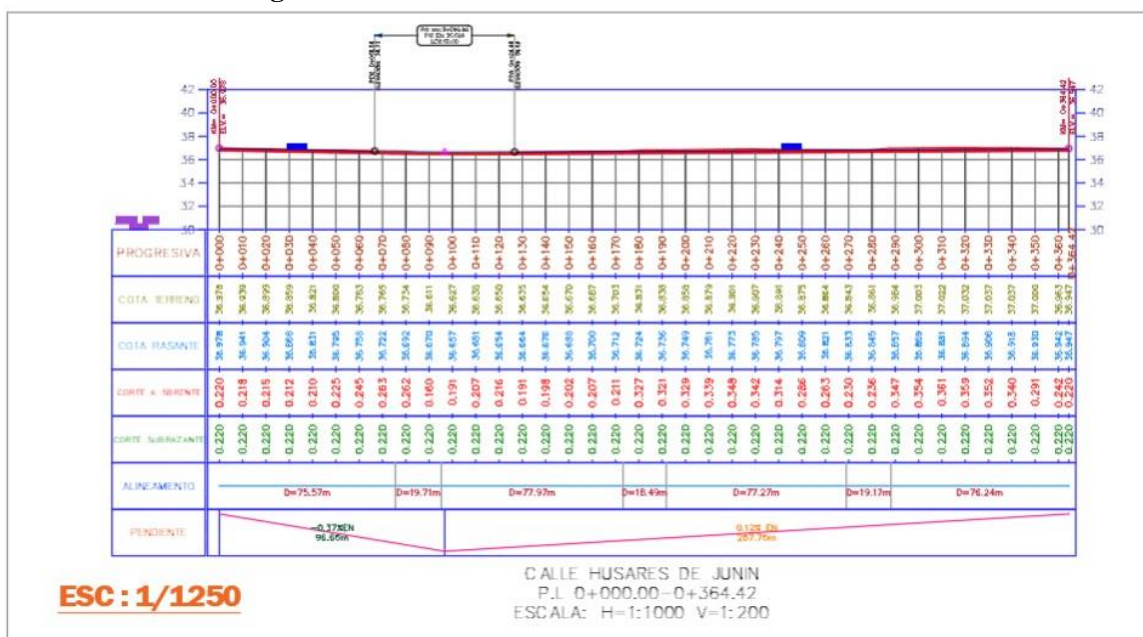
**Tabla 90. Perfil longitudinal de la Calle Huáscar**



Fuente. Propio.

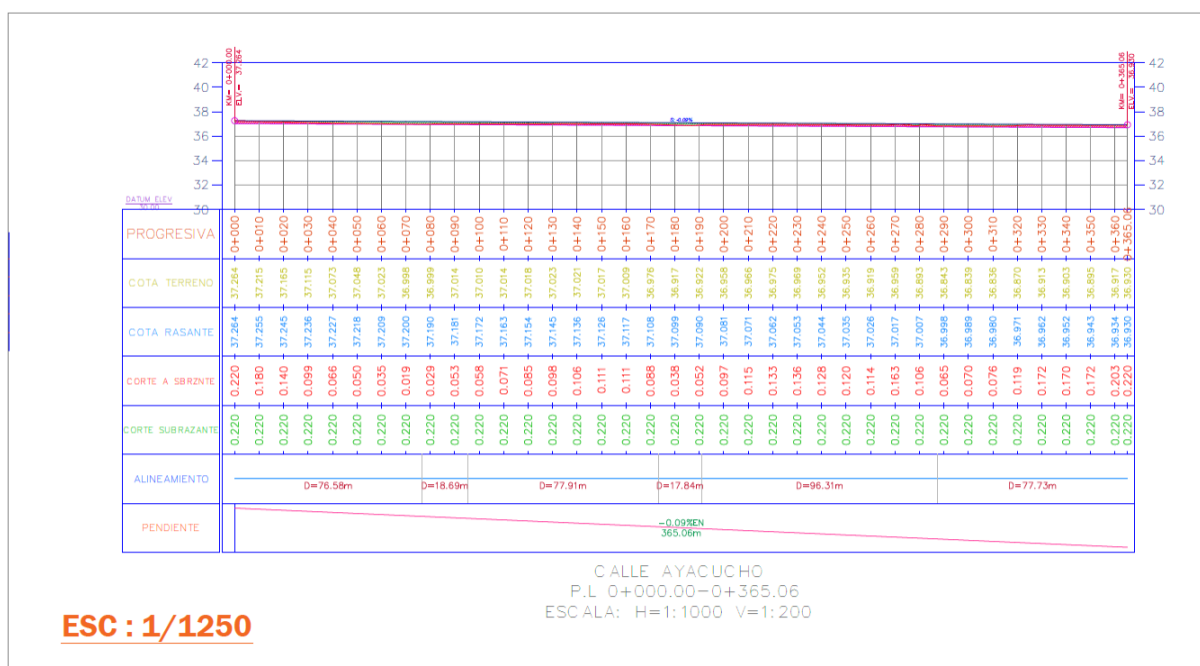
A diferencia de las otras dos calles, esta tiene dos pendientes ( $-0.46\%$  y  $0.08\%$ ) se juntan en un punto, aquí se podría juntar el agua de las lluvias, sin embargo, la tubería por debajo tendrá una pendiente mayor, evacuándolo hacia la Av. Dorado.

**Tabla 91. Perfil longitudinal de la Calle Húsares de Junín**



Fuente. Propio.

**Tabla 92. Perfil longitudinal de la Calle Ayacucho**



La última calle analizada fue Ayacucho, con la misma pendiente de Sur a Nor de -0.09% que la calle Atahualpa.

Nº	Nombre	Pendientes
1	Calle Nicolás Ayllón	-0.07%
2	Calle Atahualpa	-0.09%
3	Calle Huáscar	-0.46% y 0.08%
4	Calle Húsares de Junín	-0.37% y 0.12%
5	Calle Ayacucho	-0.09%

**Estudio de hidrológico**

Tras haber obtenido los datos de la precipitación de los últimos 35 años registrados (1982-2017) en el Senamhi, y haberlos procesado de tal manera que no existan datos dudosos y así, realizar una correcta distribución teórica y con ello, pudo hallarse, mediante el Método de Gumbel, una Imáx, de 21.14 mm/h.

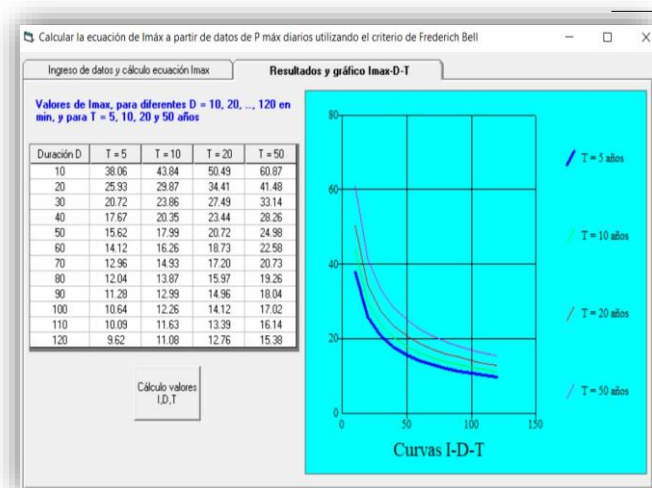
Mediante el programa HidroEsta 2, se determinaron las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) mediante diversos modelos como: Grobe (Dick y Pekche) y Frederich Bell. Los

resultados en cuanto a la Intensidad Máx para un periodo de retorno de 50 años, para cada uno de ellos, fueron los siguientes:

**Tabla 93. Resumen de los Imáx en todos los modelos.**

Tr (años)	MODELO PARA LA ESTIMACIÓN DE Imáx					Método elegido: F.Bell t
	P.B.A. y D.M.A.E.	Gumbel	Grobe	F. Bell	Prom.	
50	60.36 (muy alto)	21.14	122.58 (muy alto)	22.58	56.67	22.58

De todos los modelos, se pueden observar que el primero y el tercero arrojan precipitaciones altas, y para no elegir la que tiene la más baja, que es el Modelo Gumbel, se decidió por elegir la Imáx del Modelo de Frederick Bell, cuyo valor fue de 22.58 mm/h. Por ende, este sería el valor obtenido para la Urb. San Carlos y además de ser empleado en el Diseño hidráulico del pavimento con adoquines permeables.



**Figura 48. Resultados por modelo Frederick Bell.**

Fuente: Propio.

### Diseño hidráulico del pavimento con adoquines permeables

Para el diseño hidráulico para el pavimento de adoquín permeable, se utilizó la siguiente intensidad máxima:

**Ecuación 30.** Imáx por Modelo de Frederick Bell.

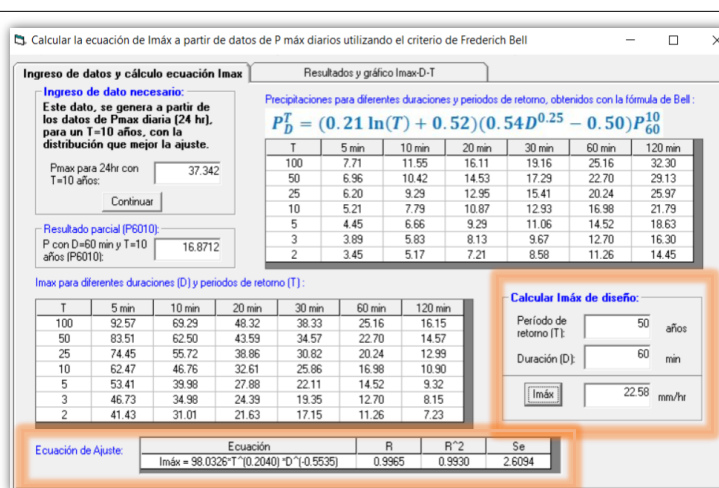
La ecuación quedará expresada de la siguiente forma:

$$I = \frac{98.0326 * T^{0.2040}}{t^{0.5535}}$$

Donde:

I= Intesidad (mm/hr)  
t= Duración de la lluvia (min)  
T= Periodo de retorno (años)

Luego de Imáx de diseño para este modelo es: **22.582 (mm/hr)**



**Figura 49. Resultados por modelo Frederick Bell.**

Fuente: Propio.

También se necesitaron los siguientes datos de entrada, para poder conocer aún más de las variables que se utilizan para obtener el diseño hidráulico.



**Figura 50.** Sector de estudio de la Urb. San Carlos.

**Fuente:** Propio.

**Datos:**

Zona:	Calles de Urb. San Carlos	
Periodo de retorno:	50	años
Espesor de subbase:	0.1	m
Porosidad del material:	0.2	
Área del pavimento:	2653.2	m <sup>2</sup>
Área total circulante:	13266	m <sup>2</sup>
Coefficiente de escurrimiento superficial del área total aportante:	0.91	
Coefficiente de seguridad que afecta la capacidad de infiltración:	0.75	

Se obtuvo primero, el volumen de almacenamiento, siendo este 53.064 m<sup>3</sup>.

### Volumen de almacenamiento

$$V_{a m} = Ma [V_a ( ) - V_{in} ( )]$$

Donde:

Valf(t)= Volumen afluente acumulado de agua  
 Vinf(t)= Volumen acumulado infiltrado

$$V_{a m} = \dots * \dots$$

Donde:

$$Valm (t) = \dots = 0.10 * 2653.2 * 0.20 \text{ m}^3$$

**53.064** m<sup>3</sup>

Asimismo, se desea determinar la capacidad de infiltración del suelo en mm/h, y para ello, se empleó la siguiente fórmula:

\*Entonces, despejamos para poder hallar "f" que debería tener el suelo para poder evacuar la cantidad de agua que es infiltrada:

$$f = \frac{1 * C * I * V_{a m}}{1 * C * \dots}$$

Intensidad= 22.582 mm/h

Duración= 0.3 h

**f= 82.358** mm/h  
**2.29E-05** m/s

Después de hallar la capacidad de infiltración, con ello se pudo determinar el caudal de salida:

### Caudal de Salida

$$a = \dots * \dots$$

Donde:

$$Qsal = \dots = 3.65 * 10^{-5} * 2653.2 * 1000 \text{ m}^3$$

**60.698** l/s

Luego, se quiso determina el espaciamiento de la tubería en su sección transversal, empleando la siguiente fórmula y el resultado fue de 5.7m, sabiendo que la sección del pavimento es de 7.2m.

### Espaciamiento de la tubería

$$E = \frac{k}{1} * (h + d) * (h + d) * \frac{1}{k + d}$$

Donde:

<b>k=</b>	22.582	mm/hr
	<b>541.968</b>	mm/día

<b>h=</b>	<b>0.100</b>	m
-----------	--------------	---

<b>d=</b>	<b>0.025</b>	m
-----------	--------------	---

<b>E=</b>	<b>5.700</b>	m
-----------	--------------	---

Se quiso emplear el diámetro de la tubería que iría en el pavimento, de 0.15m, aproximadamente y verificar qué caudal podría llegar a drenar con esa dimensión, mediante la fórmula de Manning:

### Dimensionamiento de la tubería de evacuación mediante Manning

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

Donde:

Q=	Caudal total drenado en m3/s
A=	Área de la sección transversal de la tubería en m2
R=	Radio hidráulico de la sección transversal de la tubería en m.
S=	Pendiente de la línea de energía en m/m
n=	Coefficiente de rugosidad de Manning 0.009 para PVC

Diámetro de tubería=	0.15	m
Pendiente=	8	%
n=	0.009	

<b>Área=</b>	<b>0.018</b>	m2
--------------	--------------	----

<b>Perímetro=</b>	<b>0.471</b>	m
-------------------	--------------	---

<b>Radio hidráulico=</b>	<b>0.038</b>	m
--------------------------	--------------	---

<b>Q=</b>	<b>0.062</b>	m3/s
	<b>62.220</b>	l/s

El caudal capaz de poder drenar es de 62.220 litros/s, mediante que el caudal de salida que se determinó al principio fue de 60.698 litros/s, entonces, con el diámetro de 0.15m que se eligió, si podrá abastecer al caudal de salida requerido.

Asimismo, se halló el cálculo del flujo de transferencia de la estructura de pavimento hacia la tubería:

### Cálculo del flujo de transferencia de la estructura de pavimento hacia la tubería

$$= C_d \cdot (g \cdot h)$$

Donde:

Q <sub>perf</sub> =	Flujo a través de las perforaciones, en m <sup>3</sup> /s por metro de tubería
N=	Número de perforaciones en un metro de tubería.
C <sub>d</sub> =	0.8 Coeficiente de descarga recomendado
A=	Superficie filtrante en (m <sup>2</sup> ) para 1 metro de tubería con D=150mm, respetando disposición de ranuras que deben cumplir los tubos de drenaje.
g=	9.81 m <sup>2</sup> /s, aceleración de la gravedad en m <sup>2</sup> /s
h=	0.005m, máxima altura del agua sobre el orificio recomendada en m.

Dimensiones de las ranuras de tubería de pared doble de 150mm de diámetro, con ranuras en los 350° de la tubería

Ancho de la ranura=	3	mm
Largo de la ranura=	18	mm
Total de ranuras en su perímetro=	4	
Separación entre ranuras en sentido longitudinal=	15	mm
Total de ranuras por metro de tubería=	400	

Área ranura=	54.000	mm <sup>2</sup>
	0.000054	m <sup>2</sup>

Q <sub>perf</sub> =	5.412	l/s x metro de tubería
---------------------	-------	------------------------

Siendo el caudal por perforación de 5.412l/s por metro de tubería. El tiempo de vaciado que tomaría se calculó de la siguiente manera:

### Cálculo del tiempo de vaciado

$$m = \frac{P}{C \cdot f}$$

P=	0.2	
es=	100	mm
C <sub>s</sub> =	0.75	
f=	82.358	mm/h

tm=	0.32	horas
-----	------	-------

Y, por último, se optó por verificar el espesor estructural que cumple con el hidráulico:

*Verificación si el espesor estructural cumple con el hidráulico*

<b>Qsal =</b>	0.061	m <sup>3</sup> /s
Ae=	2653.2	m <sup>2</sup>
f=	0.000023	m/s
f=	82.36	mm/h
<b>Valm =</b>	53.064	m <sup>3</sup>
<b>e=</b>	0.10	m

Teniéndose un espesor de Subbase de 0.10m. Este a su vez, será analizado junto con el Diseño de pavimento mediante el AASHTO-93.

Mediante este diseño hidráulico se pudo determinar que el diámetro de la tubería que iría dentro del pavimento tendría aproximadamente 6 pulgadas, y será empleadas a lo largo del pavimento; ahora bien, será dos de estas las que estén longitudinalmente, separadas por 5.70m.

Para este Diseño, se optó por realizar un modelo de cálculo hidráulico para tubería dentro de pavimentos adoquinados drenantes de E. Ureña [8], debido a que Costa Rica es un país en donde la utilización de este tipo de pavimentos es más común que en el propio Perú; utilizando su propio adoquín drenante prefabricado. En la presente investigación, se ha optado por utilizar diseños propios de adoquines drenantes y se verán en el próximo inciso.

### Diseño de concreto permeable para adoquines drenantes

Mediante el Diseño de mezcla de Concreto Permeable del ACI-522R, se pudo determinar dos prototipos de concreto permeable, destinado para los adoquines, que puedan cumplir con la resistencia a la compresión y permeabilidad que se requería desde el comienzo.

El primer diseño de concreto permeable (N°1), se diferencia porque la relación de a/c es igual a 0.30; además de tener un porcentaje de finos del 10% y la cantidad de vacíos del 10%. Este fue diseñado para una Tasa de infiltración, anteriormente hallada, de 22.582mm/h. En el siguiente cuadro, se puede analizar los materiales que se necesitan para 1 testigo del Diseño N°1.

Materiales para 1 probeta de 6"x12" (15x30cm)						
Volumen de probeta=						0.0053 m <sup>3</sup>
Volumen de probeta con 10% desperdicio=						0.0058 m <sup>3</sup>
( Condiciones Húmedas )						
C=	0.0058	x	488.61	=	2849.39 gr	<b>DISEÑO F'C 330</b> kg/cm <sup>2</sup> CON a/c=0.30; %Finos=10%; %Vacíos =10%; Tasa de infiltración= 22.582 mm/hra; Vpasta= 31%
AG. Fino=	0.0058	x	153.13	=	892.97 gr	
AG. Grueso=	0.0058	x	1367.52	=	7974.78 gr	
AGUA=	0.0058	x	154.12	=	898.78 mL	
<b>Materiales para 1 testigo -Slump 0"</b>						
CEMENTO					2849.39 gr	
AG.FINO					892.97 gr	
AG.GRUESO					7974.78 gr	
AGUA					898.78 mL	

Para el segundo diseño de concreto permeable (N°2), los datos que se diferencian uno del otro fue de: la relación de a/c es igual a 0.35; además de tener un porcentaje de finos del 15% y la cantidad de vacíos del 12%.

Materiales para 1 probeta de 6"x12" (15x30cm)						
Volumen de probeta=						0.0053 m <sup>3</sup>
Volumen de probeta con 10% desperdicio=						0.0058 m <sup>3</sup>
( Condiciones Húmedas )						
C=	0.0058	x	452.92	=	2641.24 gr	<b>DISEÑO F'C 330</b> kg/cm <sup>2</sup> CON a/c=0.35; %Finos=15%; %Vacíos =12%; Tasa de infiltración= 225.82 mm/hra; Vpasta= 31%
AG. Fino=	0.0058	x	221.90	=	1294.04 gr	
AG. Grueso=	0.0058	x	1247.76	=	7276.43 gr	
AGUA=	0.0058	x	164.92	=	961.76 mL	
<b>Materiales para 1 testigo -Slump 0"</b>						
CEMENTO					2641.24 gr	2.641237608
AG.FINO					1294.04 gr	1.294044539
AG.GRUESO					7276.43 gr	7.276425158
AGUA					961.76 mL	0.961755898

Ensayo a del concreto en estado fresco

**A) Asentamiento del Concreto (Slump)**

Se pudo observar que ambos diseños tuvieron un Slump de 0 pulgadas, lo cual es muy común para concretos permeables, dado a su dura trabajabilidad.

**Tabla 94. Slump de diseño 1 y 2.**

Slump de Diseños de mezcla	
Diseño 1	Diseño 2
0"	0"

Fuente. Propio.



**Figura 51. Medición del slump D°1.**

Fuente: Propia



**Figura 52. Medición de slump D°2**

Fuente: Propia

Ensayo a del concreto en estado endurecido

**A) Resistencia a la compresión**

Los ensayos de resistencia a la compresión dieron los resultados a los 7, 14 y 28 días:

**Tabla 95. Resistencia del diseño 1 y 2.**

Días	Resistencia a la compresión de probetas de 6"x12"	
	Diseño 1	Diseño 2
7	191.9	281.6
	218.7	300.4
	243.4	303.2
14	312.2	333.9
	323.2	372.3
	326.3	335.4
28	340.2	380.2
	350.8	395.4
	347.5	379.8

**Fuente.** Propio.



**Figura 53.**  $F'c-D^o1-7$  días-191.9 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 54.**  $F'c-D^o1-7$  días-243.4 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 55.**  $F'c-D^{\circ}1-7$  días-218.7 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 56.**  $F'c-D^{\circ}2-7$  días-281.6 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 57.**  $F'c-D^{\circ}2-7$  días-303.2 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 58.**  $F'c-D^{\circ}1-14$  días-300.4 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 59.**  $F'c-D^{\circ}1-14$  días-323.2 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 60.**  $F'c-D^{\circ}1-14$  días-300.4 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 60.**  $F'c-D^{\circ}1-14$  días-326.3kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 61.**  $F'c-D^{\circ}2-14$  días-330.8 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 62.**  $F'c-D^{\circ}2-14$  días-372.3 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 63.**  $F'c-D^{\circ}2-14$  días-335.4 kg/cm<sup>2</sup>

**Fuente:** Propia



**Figura 64.** Moldeado de probetas.

**Fuente:** Propia



**Figura 65.** Probetas después de curar.

**Fuente:** Propia



**Figura 66.** Probetas de 4'' y 6''.

**Fuente:** Propia



**Figura 67.** Probetas después de comprimir.

**Fuente:** Propia



**Figura 68.** Probetas después de comprimir.

**Fuente:** Propia



**Figura 69.** Probetas después de comprimir.

**Fuente:** Propia

Tras obtener los resultados de la resistencia a la compresión de los testigos con el diseño de mezcla, se puede analizar que el óptimo fue el Diseño N°2, con un  $f'c$  promedio de 385.13 kg/cm<sup>2</sup>. Para un pavimento con adoquines destinados a calles de baja transitabilidad, se debe saber que la Norma [63], con un espesor de 80mm, la resistencia debe ser como mínimo 380 kg/cm<sup>2</sup>; entonces se determinaría que sí cumple con la resistencia deseada.

## B) Permeabilidad

Se tuvieron los siguientes resultados a los 28 días:

**Tabla 96. Permeabilidad de las muestras 1 y 2.**

Días	Permeabilidad de muestras de 4"x8"	
	Diseño 1	Diseño 2
28	0.15161 cm/s	0.13156 cm/s
	0.17563 cm/s	0.14569 cm/s
	0.16475 cm/s	0.14248 cm/s

**Fuente.** Propio.

Si bien el Diseño N°1 tiene una permeabilidad promedio de 0.163 cm/s, la cual es mayor que al Diseño N°2; este último cuenta con una capacidad de filtración de 0.14 cm/s. Este último cumpliría con el rango mínimo para ser considerado concreto permeable por el ACI-522R, que dice que debe tener por lo menos 0.14cm/s hasta 1.22cm/s.

Debido a que el Diseño N°2, no solo cumple con la permeabilidad, si no también con la resistencia deseada, se opta por elegir a este, como la mezcla ganadora que cumple con los dos requerimientos para poder realizar adoquines.



**Figura 70.** Probetas para permeabilidad

**Fuente:** Propia



**Figura 71.** Muestra 1 de D°1 PERMEABILIDAD

**Fuente:** Propia

### C) Adoquines con el Diseño N°2

Tras saber el diseño que sería óptimo, se realizaron los adoquines permeables, con las dimensiones establecidas de (8cmx10cmx20cm) por [63]. Estas fueron diseñadas de la siguiente manera:



*Figura 72. Muestra 1 de D°1 PERMEABILIDAD*

Fuente: Propia



*Figura 73. Muestra 1 de D°1 PERMEABILIDAD*

Fuente: Propia



*Figura 74. Muestra 1 de D°1 PERMEABILIDAD*

Fuente: Propia



*Figura 75. Moldeo de probetas de 4".*

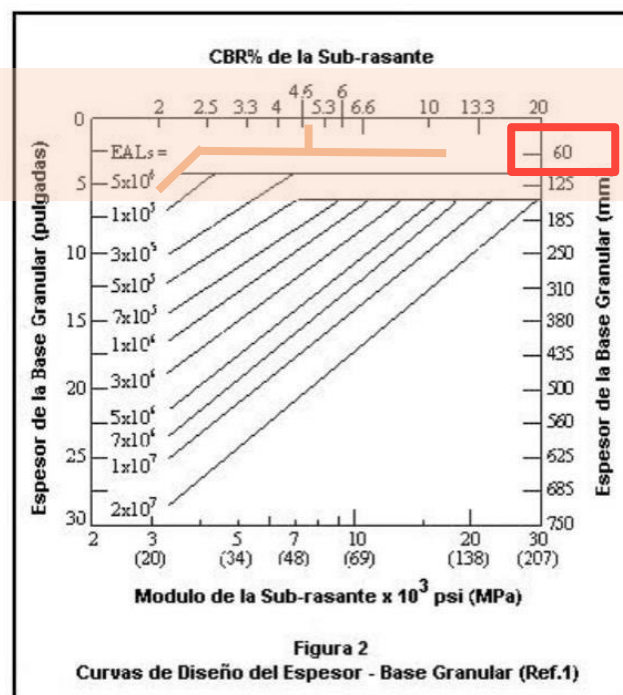
Fuente: Propia

### Diseño de pavimento adoquinado por el método de AASHTO

Para la realización del diseño se tuvo en cuenta lo siguientes datos:

- ✓ EALs de las calles: 80 000
- ✓ Tipo de suelo de las calles: CH, arcillo limoso.
- ✓ Calidad de drenaje: Bueno.
- ✓ Niveles de humedad: 1 a 5%.
- ✓ CBR: >5%.

Para calcular el espesor de la Base Granular, se utilizó las Curvas de Diseño, el cual necesita el CBR de la sub-rasante y el EALs.



**Fuente:** [15].

Según la curva de diseño, el espesor indicado para dicho CBR y cantidad de EAL, es de 60mm. Sin embargo, la tabla de espesores mínimos de una Base granular (usando piedra de 1 ½” hasta ½”), con EAL menores a 500 000, indica que debe ser de 100mm y la Subbase granular de 100mm (usando piedra de ¾”). Ambos materiales se recomiendan que estén libres de finos.

TABLA F7		
	Base Granular	Sub-base Granular
CBR (mínimo)	80%	30%
Índice Plástico	≤ 6	≤ 10
Límite Líquido	≤ 25	≤ 25
Compactación (densidad AASHTO T-180)	≥ 95%	≥ 95%
Esesores mínimos (mm)	100 para EAL < 500 000 150 para EAL ≥ 500 000	100

Fuente: [15].

Además, se debe tener en cuenta que el espesor del adoquín, debido que el tránsito es vehicular ligero, se elegirá de 80mm.

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal) Tipo B,C y D *Todos los tipos	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

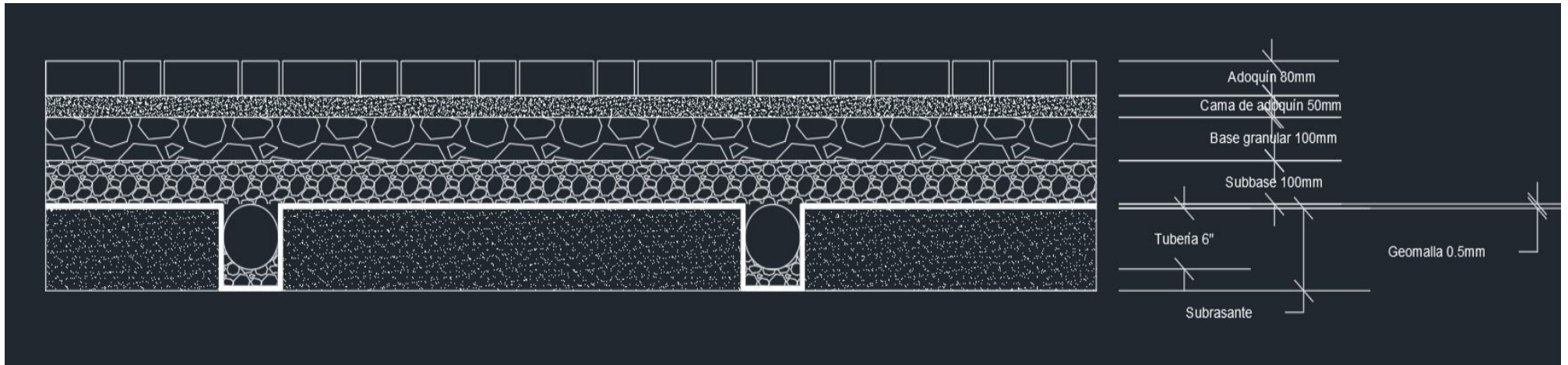
\*Véase Norma TH010 del Reglamento Nacional de Edificaciones

Fuente: [15].

Adicionado que, la cama del adoquín será de 40mm, arena gruesa sin compactar [18]. Así también, se le añadirá Geomembranas de HDPE, estas impermeabilizarán la transición entre la subrasante y la subbase, evitando que el agua infiltre al terreno natural, evitando que haya inestabilidad. Esta tendrá un espesor de 0.50mm.

*Figura 77. Estructura del pavimento de la investigación.*

**Fuente:** Propia



### Proceso constructivo

El proceso constructivo de un pavimento adoquinado generalmente sigue los siguientes pasos:

- ✓ Preparación del terreno: Se realiza la nivelación y limpieza del terreno.
- ✓ Diseño y trazado: Se realiza un diseño del patrón de las mezclas de los adoquines de concreto drenantes insitu en moldes metálicos de 8cmx10cmx20cm. Estos deberán ser colocados en un almacén sobre un piso plástico y desmoldados 1 día después en la misma obra. Después
- ✓ Excavación y nivelación: Se realiza una excavación de 50 centímetros de profundidad, donde estará: los adoquines, la cama de ripio, la base, la subbase, la tubería de 6" y la geomalla. Después de ello, se realizará la compactación de la subrasante.
- ✓ Colocación de la geomalla: La geomalla se desenrolla y se coloca sobre la capa compactada de manera que cubra completamente el área marcada. Se asegura que la geomalla esté correctamente alineada y nivelada.
- ✓ Fijación de la geomalla: Se fijan los extremos de la geomalla utilizando grapas, clavos o adhesivos especiales, según las especificaciones del fabricante. Esto asegura que la geomalla permanezca en su lugar durante la colocación de los adoquines.
- ✓ Preparación de la cama de apoyo para la tubería perforada: Se prepara una cama de apoyo de 10 cm, que puede incluir la colocación de una capa de grava para proporcionar estabilidad y drenaje.
- ✓ Colocación de la capa subbase y base: Se añade una capa de material de subbase y base, como grava o materiales granulares con bordes boleados, sobre la superficie nivelada. Esta capa proporciona también estabilidad y drenaje adecuado.
- ✓ Colocación de cama de arena. Se extiende una capa de arena sobre el terreno nivelado. La cantidad de arena a utilizar dependerá del espesor deseado de la cama de arena, que es de 5 centímetros. Se utiliza una regla o tabla de nivelación para distribuir uniformemente la arena y nivelarla.
- ✓ Colocación de los adoquines: Se colocan los adoquines uno a uno en el patrón establecido. Se pueden utilizar herramientas como mazos de goma para asegurar una colocación firme y nivelada.
- ✓ Relleno de juntas: Una vez que los adoquines están colocados, se realiza el relleno de las juntas entre ellos. Generalmente se utiliza arena fina o mortero especial para asegurar la estabilidad y durabilidad del pavimento.
- ✓ Compactación final: Se realiza una compactación final del pavimento adoquinado para asegurar su estabilidad y eliminar posibles irregularidades.

- ✓ Acabado: Se realiza un barrido y limpieza general del pavimento adoquinado para eliminar cualquier residuo o escombros.

### Rentabilidad

Dentro de la rentabilidad de la elaboración de los pavimentos con adoquines permeables, se halló lo siguiente:

- ✓ Metrado
- ✓ Análisis de costos unitarios
- ✓ Presupuesto

#### A) Metrado de las calles a utilizar

<b>METRADOS PARA PAVIMENTO CON ADOQUINES PERMEABLES</b>			
<b>OBRA</b>	PAVIMENTACIÓN CON ADOQUINES PERMEABLES PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD DE LA URB. SAN CARLOS, JOSE LEONARDO ORTIZ	<b>FECHA</b> :	01/10/2022
		<b>HECHO POR</b> :	ANDREA CRUZ D' MARÍA SANTILLAN YZAZAGA

PARTIDA N°	DESCRIPCIÓN	N° VECES	MEDIDAS			CANTIDAD		UNIDAD
			Largo	Ancho	Altura	Parcial	TOTAL	
<b>1</b>	<b>OVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>							
<b>1.1</b>	<b>BRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>							
<b>1.1.1</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>							
1.1.1.1	ALQUILER DE LOCAL PARA OBRA						<b>6.00</b>	<b>mes</b>
	Alquiler de local	1				6.00		
1.1.1.2	CARTELES DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA						<b>1.00</b>	<b>unid</b>
	Cartel de identificación de obra de 3.6m x 4.80m	1				1.00		
1.1.1.3	MOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA						<b>1.00</b>	<b>glb</b>
	Movilización de maquinaria	1				1.00		
1.1.1.4	DESVÍO DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL						<b>5.00</b>	<b>glb</b>
	Desvío de tránsito en la ejecución de obra	5				5.00		
1.1.1.5	SERVICIO DE ALQUILER Y MANTENIMIENTO DE BAÑO PORTATIL						<b>6.00</b>	<b>mes</b>
	Alquiler de baño portátil por 3 und	6				6.00		
1.1.1.6	LIMPIEZA FINAL DE OBRA						<b>13149.14</b>	<b>m2</b>
	Limpieza para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20		2628.43		
	Limpieza para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20		2623.82		
	Limpieza para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20		2629.37		
	Limpieza para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20		2620.80		
	Limpieza para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20		2646.72		
<b>1.2</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>							
<b>3.1</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN OBRA</b>							
3.1.1	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL						<b>1.00</b>	<b>glb</b>
	Equipos de protección individual	1				1.00		
3.1.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA						<b>1.00</b>	<b>glb</b>
	Equipos de protección colectiva	1				1.00		
3.1.3	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD						<b>1.00</b>	<b>glb</b>
	Señalización temporal	1				1.00		
<b>2</b>	<b>PAVIMENTO</b>							
<b>2.1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>							
2.1.1	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL						<b>13149.14</b>	<b>m2</b>
	Limpieza para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20		2628.43		
	Limpieza para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20		2623.82		
	Limpieza para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20		2629.37		
	Limpieza para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20		2620.80		
	Limpieza para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20		2646.72		
2.1.2	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO						<b>13149.14</b>	<b>m2</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20		2628.43		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20		2623.82		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20		2629.37		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20		2620.80		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20		2646.72		

<b>2.2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
2.2.1	EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPOS						<b>7626.50</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20	0.58	1524.49		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20	0.58	1521.82		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20	0.58	1525.03		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20	0.58	1520.06		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20	0.58	1535.10		
2.2.2	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE						<b>4339.22</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20	0.33	867.38		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20	0.33	865.86		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20	0.33	867.69		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20	0.33	864.86		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20	0.33	873.42		
2.2.3	PERFILADO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE C/MAQUINARIA						<b>13149.14</b>	<b>m2</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20		2628.43		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20		2623.82		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20		2629.37		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20		2620.80		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20		2646.72		
2.2.4	COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANA IMPERMEABLE						<b>14062.28</b>	<b>m2</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.70		2810.96		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.70		2806.03		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.70		2811.96		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.70		2802.80		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.70		2830.52		
2.2.5	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA SUB DREN						<b>136.97</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	2	365.06	0.15	0.25	27.38		
	Para la Calle Atahualpa	2	364.42	0.15	0.25	27.33		
	Para la Calle Huáscar	2	365.19	0.15	0.25	27.39		
	Para la Calle Husares de Junín	2	364.00	0.15	0.25	27.30		
	Para la Calle Ayacucho	2	367.60	0.15	0.25	27.57		
2.2.6	COLOCACIÓN PARA CAMA DE ADOQUÍN						<b>72.42</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	2	365.06	0.02	AREA	14.48		
	Para la Calle Atahualpa	2	364.42	0.02		14.45		
	Para la Calle Huáscar	2	365.19	0.02		14.48		
	Para la Calle Husares de Junín	2	364.00	0.02		14.44		
	Para la Calle Ayacucho	2	367.60	0.02		14.58		
2.2.7	COLOCACIÓN DE PIEDRA OVER 1/2" - 1 1/2"						<b>1314.91</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20	0.10	262.84		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20	0.10	262.38		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20	0.10	262.94		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20	0.10	262.08		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20	0.10	264.67		
2.2.8	COLOCACIÓN DE SUBBASE PERMEABLE CON GRAVE 3/8"						<b>1314.91</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20	0.10	262.84		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20	0.10	262.38		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20	0.10	262.94		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20	0.10	262.08		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20	0.10	264.67		
2.2.9	COMPACTACIÓN DE ADOQUINES CON VIBRATORIO						<b>13149.14</b>	<b>m2</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20		2628.43		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20		2623.82		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20		2629.37		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20		2620.80		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20		2646.72		
<b>2.3</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>							
2.3.1	ADOQUINES DE CONCRETO DE 8CM, F'C=210 KG/CM2						<b>13149.14</b>	<b>m2</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20		2628.43		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20		2623.82		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20		2629.37		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20		2620.80		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20		2646.72		
2.3.2	BORDES DE CONFINAMIENTO DE CONCRETO FC=175 KG/CM2						<b>3652.54</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	2	365.06			730.12		
	Para la Calle Atahualpa	2	364.42			728.84		
	Para la Calle Huáscar	2	365.19			730.38		
	Para la Calle Husares de Junín	2	364.00			728.00		
	Para la Calle Ayacucho	2	367.60			735.20		
2.3.3	SELLANTE DE ARENA GRUESA						<b>13149.14</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	1	365.06	7.20		2628.43		
	Para la Calle Atahualpa	1	364.42	7.20		2623.82		
	Para la Calle Huáscar	1	365.19	7.20		2629.37		
	Para la Calle Husares de Junín	1	364.00	7.20		2620.80		
	Para la Calle Ayacucho	1	367.60	7.20		2646.72		
<b>2.4</b>	<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍAS</b>							
2.4.1	COLOCACIÓN DE TUBERÍA HDPE PERFORADA 6"						<b>3652.54</b>	<b>m3</b>
	Para la Calle Nicolás de Ayllón	2	365.06			730.12		
	Para la Calle Atahualpa	2	364.42			728.84		
	Para la Calle Huáscar	2	365.19			730.38		
	Para la Calle Husares de Junín	2	364.00			728.00		
	Para la Calle Ayacucho	2	367.60			735.20		

## B) Análisis de Costos Unitarios

8/0

Página : 0

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0301001 PAVIMENTACION INTERTRABADA CON ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD DE LA URB. SAN CARLOS

Fecha presupuesto: 15/10/2022

Partida 02.03.01 ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE 8CM, FC=330 KG/CM2  
(001)02.03.01  
Rendimiento m2/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : m2 67.11

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0400	22.11	0.88
0101010003	OPERARIO	hh	2.00	0.8000	25.24	20.19
0101010005	PEON	hh	2.00	0.8000	17.98	14.38
						35.45
	<b>Materiales</b>					
02160500010004	ADOQUIN DE CONCRETO DE 0.10X0.20X0.08 m.	m2		1.0200	30.00	30.60
						30.60
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	35.45	1.06
						1.06

Partida 02.01.01 LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL  
(001)02.01.01  
Rendimiento m2/DIA MO. 65.0000 EQ. 65.0000 Costo unitario directo por : m2 6.97

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010005	PEON	hh	3.00	0.3692	17.98	6.64
						6.64
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	6.64	0.33
						0.33

Partida 01.01.01.01 ALQUILER DE LOCAL PARA OBRA  
(001)01.01.01.01  
Rendimiento mes/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : mes 750.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>					
0103010013	ALQUILER DE LOCAL	mes		1.0000	750.00	750.00
						750.00

Partida 02.02.09 COMPACTACION DE ADOQUINES  
(001)02.02.09  
Rendimiento m2/DIA MO. 500.0000 EQ. 500.0000 Costo unitario directo por : m2 3.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0160	25.24	0.40
						0.40
	<b>Equipos</b>					
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	1.00	0.0160	180.00	2.88
						2.88

Partida 01.01.01.05 SERVICIOS HIGIENICOS DE OBRA (CONTENEDORES)  
(001)01.01.01.05  
Rendimiento mes/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : mes 2,500.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Materiales</b>					
0219050002	SERVICIO DE ALQUILER Y MANTENIMIENTO DE BANO	glb		1.0000	2,500.00	2,500.00
						2,500.00

Partida 01.02.01.01 EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL  
(001)01.02.01.01  
Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb 12,000.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.

Fecha : 30/10/2022 23:19:30

810

Página: 0

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0301001 PAVIMENTACION INTERTRABADA CON ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD DE LA URB. SAN CARLOS		Fecha presupuesto	15/10/2022			
0301370002	<b>Equipos</b> EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL		glb	1.0000	12,000.00	12,000.00 12,000.00	
Partida (001)01.02.01.02	01.02.01.02 EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA						
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb		4,000.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
0301370003	<b>Equipos</b> EQUIPO DE PROTECCION COLECTIVA		glb		1.0000	4,000.00	4,000.00 4,000.00
Partida (001)01.02.01.03	01.02.01.03 SENALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD						
Rendimiento	glb/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : glb		7,050.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Materiales</b>						
0210030003	MALLA DE SEGURIDAD DE PVC		rl		15.0000	125.00	1,875.00
02410500010002	CINTA SENALIZADORA AMARILLA ROLLO 200M		und		15.0000	65.00	975.00
0267110002	CONO DE SENALIZACION NARANJA DE 26" DE ALTURA		und		15.0000	30.00	450.00
02671100040003	SENAL INFORMATIVA DE MADERA (INCLUYE POSTE DE MADERA)		und		15.0000	65.00	975.00
02671100040004	SEÑAL PREVENTIVA DE MADERA (INCLUYE POSTE DE MADERA)		und		15.0000	65.00	975.00
02671100040005	SENAL REGLAMENTARIA DE MADERA (INCLUYE POSTE DE MADERA)		und		15.0000	65.00	975.00
0267110007	CABALLETES		und		15.0000	55.00	825.00 7,050.00
Partida (001)02.03.02	02.03.02 BORDE DE CONFINAMIENTO DE CONCRETO FC=210KGCM2						
Rendimiento	m/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m		47.12	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.50	0.0080	22.11	0.18
0101010003	OPERARIO		hh	1.00	0.0160	25.24	0.40
0101010005	PEON		hh	5.00	0.0800	17.98	1.44 2.02
	<b>Materiales</b>						
0262070003	BORDILLO		und		1.0000	45.00	45.00 45.00
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	2.02	0.10 0.10
Partida (001)02.02.06	02.02.06 COLOCACION DE CAMA GRANULAR PARA ADOQUIN SCM						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 70.0000	EQ. 70.0000	Costo unitario directo por : m3		62.96	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ		hh	0.50	0.0571	22.11	1.26
0101010005	PEON		hh	6.00	0.6657	17.98	12.33 13.59
	<b>Materiales</b>						
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		1.0200	48.00	48.96 48.96
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	13.59	0.41 0.41
Partida	02.02.04 COLOCACION DE GEOMEMBRANA IMPERMEABLE						
				Fecha :	30/10/2022 23:19:30		

810

Página : 0

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0301001 PAVIMENTACION INTERTRABADA CON ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD DE LA URB. SAN CARLOS

Fecha presupuesto 15/10/2022

(001)02.02.04  
Rendimiento m2/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : m2 **61.84**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.10	0.0400	22.11	0.88
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.4000	25.24	10.10
0101010005	PEON	hh	2.00	0.8000	17.98	14.38
01020100000013	TECNICO	hh	1.00	0.4000	22.10	8.84
<b>34.20</b>						
<b>Materiales</b>						
0210020003	GEOMEMBRANA HDPE 1.5 mm LISA NEGRA	m2		1.0200	25.42	25.93
<b>25.93</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	34.20	1.71
<b>1.71</b>						

Partida (001)02.04.01 02.04.01 COLOCACION DE TUBERIA HDPE PERFORADA 6"

Rendimiento m/DIA MO. 5.0000 EQ. 5.0000 Costo unitario directo por : m **98.96**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	0.50	0.8000	25.24	20.19
0101010005	PEON	hh	1.00	1.6000	17.98	28.77
<b>48.96</b>						
<b>Materiales</b>						
02050700020024	TUBERIA HDPE PERFORADO 6" X5MT	m		1.0000	50.00	50.00
<b>50.00</b>						

Partida (001)02.02.03 02.02.03 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE

Rendimiento m2/DIA MO. 1,500.0000 EQ. 1,500.0000 Costo unitario directo por : m2 **3.37**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	3.00	0.0160	25.24	0.40
0101010005	PEON	hh	2.00	0.0107	17.98	0.19
<b>0.59</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.59	0.02
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10- 12 ton	hm	1.00	0.0053	180.00	0.95
0301200001	MOTONIVELADORA	hm	1.00	0.0053	220.00	1.17
03012200050005	CAMION CISTERNA (2,000 GLNS.)	hm	1.00	0.0053	120.00	0.64
<b>2.78</b>						

Partida (001)02.02.01 02.02.01 EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/QUIPOS

Rendimiento m3/DIA MO. 350.0000 EQ. 350.0000 Costo unitario directo por : m3 **7.57**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	1.00	0.0229	25.24	0.58
0101010004	OFICIAL	hh	2.00	0.0457	19.90	0.91
0101010005	PEON	hh	4.00	0.0914	17.98	1.64
<b>3.13</b>						
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.13	0.09
03011500020004	TRACTOR DE ORUGAS DE 200-250 HP	hm	1.00	0.0229	190.00	4.35
<b>4.44</b>						

Partida (001)02.02.05 02.02.05 EXCAVACION DE ZANJAS PARA SUB DREN

Rendimiento m3/DIA MO. 5.0000 EQ. 5.0000 Costo unitario directo por : m3 **63.43**

Fecha : 30/10/2022 23:16:30

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0301001 PAVIMENTACION INTERTRABADA CON ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD DE LA URB. SAN CARLOS

Fecha presupuesto 15/10/2022

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	0.10	0.1600	25.24	4.04
0101010005	PEON	hh	2.00	3.2000	17.98	57.54
						<b>61.58</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	61.58	1.85
						<b>1.85</b>

Partida (001)01.01.01.04 01.01.01.04 DESVIO DE TRANSITO

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb **3,803.42**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010005	PEON	hh	0.13	1.0000	17.98	17.98
						<b>17.98</b>
	<b>Materiales</b>					
0210030003	MALLA DE SEGURIDAD DE PVC	ml		2.0000	125.00	250.00
0213030003	DILUYENTE TRÁFICO	gal		1.0000	34.90	34.90
02400600020003	PINTURA PARA TRAFICO COLOR AMARILLO	gal		2.0000	60.00	120.00
02410500010002	CINTA SENALIZADORA AMARILLA ROLLO 200M	und		10.0000	65.00	650.00
0257110002	CONO DE SENALIZACION NARANJA DE 28" DE ALTURA	und		10.0000	30.00	300.00
02571100040003	SENAL INFORMATIVA DE MADERA (INCLUYE POSTE DE MADERA)	und		2.0000	65.00	130.00
02571100040004	SENAL PREVENTIVA DE MADERA (INCLUYE POSTE DE MADERA)	und		5.0000	65.00	325.00
02571100040005	SENAL REGLAMENTARIA DE MADERA (INCLUYE POSTE DE MADERA)	und		5.0000	65.00	325.00
0257110007	CABALLETES	und		30.0000	55.00	1,650.00
						<b>3,784.90</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	17.98	0.54
						<b>0.54</b>

Partida (001)01.01.01.06 01.01.01.06 LIMPIEZA FINAL DE OBRA

Rendimiento sem/DIA MO. 65.0000 EQ. 65.0000 Costo unitario directo por : sem **6.97**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010005	PEON	hh	3.00	0.3692	17.98	6.64
						<b>6.64</b>
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	6.64	0.33
						<b>0.33</b>

Partida (001)02.01.02 02.01.02 TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO

Rendimiento m2/DIA MO. 400.0000 EQ. 400.0000 Costo unitario directo por : m2 **2.83**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	0.10	0.0020	25.24	0.05
0101010004	OFICIAL	hh	1.00	0.0200	19.90	0.40
0101010005	PEON	hh	3.00	0.0600	17.98	1.08
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.00	0.0200	24.57	0.49
						<b>2.02</b>
	<b>Materiales</b>					
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0050	18.00	0.09
0231040001	ESTACAS DE MADERA	und		0.0200	1.00	0.02
						<b>0.11</b>
	<b>Equipos</b>					
0301000020001	NIVEL	hm	1.00	0.0200	12.00	0.24
0301000011	TEODOLITO	hm	1.00	0.0200	15.00	0.30

Fecha : 30/10/2022 23:19:30

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0301001 PAVIMENTACION INTERTRABADA CON ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD DE LA URB. SAN CARLOS

Fecha presupuesto 15/10/2022

030100020	MIRAS Y JALONES	he	1.00	0.0200	5.00	0.10
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.02	0.06
						0.70

Partida 02.02.08 COLOCACION DE SUBBASE CON GRAVA DE 3/8"

(001)02.02.08 Rendimiento m3/DIA MO. 420.0000 EQ. 420.0000 Costo unitario directo por : m3 94.32

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.00	0.0190	22.11	0.42
0101010005	PEON	hh	4.00	0.0762	17.98	1.37
						1.79
	<b>Materiales</b>					
0207010001	PIEDRA CHANCADA 3/8"	m3		1.2000	70.00	84.00
0290130021	AGUA	und		0.1200	7.00	0.84
						84.84
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.79	0.09
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10- 12 ton	hm	1.00	0.0190	180.00	3.42
0301200001	MOTONIVELADORA	hm	1.00	0.0190	220.00	4.18
						7.69

Partida 02.02.07 COLOCACION DE PIEDRA CHANCADA DE 1/2"

(001)02.02.07 Rendimiento m3/DIA MO. 350.0000 EQ. 350.0000 Costo unitario directo por : m3 102.26

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.00	0.0229	22.11	0.51
0101010005	PEON	hh	4.00	0.0914	17.98	1.64
						2.15
	<b>Materiales</b>					
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		1.2000	75.00	90.00
0290130021	AGUA	und		0.1200	7.00	0.84
						90.84
	<b>Equipos</b>					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.15	0.11
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10- 12 ton	hm	1.00	0.0229	180.00	4.12
0301200001	MOTONIVELADORA	hm	1.00	0.0229	220.00	5.04
						9.27

Partida 01.01.01.03 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS

(001)01.01.01.03 Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb 3,000.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>					
0103020006	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN EN EQUIPOS Y MAQUINARIA	glb		1.0000	3,000.00	3,000.00
						3,000.00

Partida 02.02.02 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE

(001)02.02.02 Rendimiento m3/DIA MO. 450.0000 EQ. 450.0000 Costo unitario directo por : m3 18.70

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	<b>Mano de Obra</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	6.00	0.1067	25.24	2.69
						2.69
	<b>Equipos</b>					
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3	hm	5.00	0.0889	140.00	12.45
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.00	0.0178	200.00	3.56
						16.01

Fecha : 30/10/2022 23:19:30

010

Página: 0

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0301001 PAVIMENTACION INTERTRABADA CON ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD DE LA URB. SAN CARLOS

Fecha presupuesto 15/10/2022

Partida (001)01.01.01.02	01.01.01.02	CARTEL DE OBRA 3.60x4.80					
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : und		2,207.62
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0101010003	OPERARIO		hh	0.80	4.0000	25.24	100.96
0101010006	PEON		hh	2.00	16.0000	17.96	287.60
							388.64
		Materiales					
0201010022	CARTEL DE OBRA 3.60m x 2.40m		und		1.0000	1,600.00	1,600.00
0207030001	HORMIGON		m3		0.3600	42.50	15.30
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.9000	19.64	17.68
02180100010002	PERNOS 1/4"x6"		und		4.0000	4.00	16.00
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		40.0000	4.25	170.00
							1,818.98

Partida (001)02.02.10	02.02.10	SELLADO DE ARENA GRUESA					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000		Costo unitario directo por : m3		2.69
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0101010006	PEON		hh	2.00	0.0160	17.96	0.29
							0.29
		Materiales					
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.0500	48.00	2.40
							2.40

## C) Presupuesto mediante S10

S10

Página 1

## Presupuesto

Presupuesto 0301001 PAVIMENTACIÓN INTERTRABADA CON ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD DE LA URB. SAN CARLOS

Cliente MUNICIPALIDAD DE JOSE LEONARDO ORTIZ

Costo al 15/10/2022

Lugar LAMBAYEQUE - CHICLAYO - JOSE LEONARDO ORTIZ

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJO PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				143,210.55
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				120,160.55
01.01.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES				120,160.55
01.01.01.01	ALQUILER DE LOCAL PARA OBRA	mes	6.00	750.00	4,500.00
01.01.01.02	CARTEL DE OBRA 3.60x4.80	und	1.00	2,207.62	2,207.62
01.01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	gb	1.00	3,000.00	3,000.00
01.01.01.04	DESVO DE TRANSITO	gb	1.00	3,803.42	3,803.42
01.01.01.05	SERVICIOS HIGIENICOS DE OBRA (CONTENEDORES)	mes	6.00	2,500.00	15,000.00
01.01.01.06	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	sem	13,149.14	6.97	91,649.51
01.02	SEGURIDAD Y SALUD				23,050.00
01.02.01	SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN OBRA				23,050.00
01.02.01.01	EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	gb	1.00	12,000.00	12,000.00
01.02.01.02	EQUIPO DE PROTECCIÓN COLECTIVA	gb	1.00	4,000.00	4,000.00
01.02.01.03	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	gb	1.00	7,050.00	7,050.00
02	PAVIMENTOS				2,909,080.10
02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				128,861.58
02.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	13,149.14	6.97	91,649.51
02.01.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	13,149.14	2.83	37,212.07
02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,364,216.69
02.02.01	EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE CIEQUIPOS	m3	7,626.50	7.57	57,732.61
02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	4,339.22	18.70	81,143.41
02.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	13,149.14	3.37	44,312.60
02.02.04	COLOCACION DE GEOMEMBRANA IMPERMEABLE	m2	14,062.28	61.84	869,611.40
02.02.05	EXCAVACION DE ZANJAS PARA SUB DREN	m3	136.97	63.43	8,688.01
02.02.06	COLOCACION DE CAMA GRANULAR PARA ADOQUIN SCM	m3	72.42	62.96	4,559.56
02.02.07	COLOCACION DE PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3	1,314.91	102.26	134,462.70
02.02.08	COLOCACION DE SUBBASE CON GRAVA DE 3/8"	m3	1,314.91	94.32	124,022.31
02.02.09	COMPACTACIÓN DE ADOQUINES	m2	1,314.91	3.28	4,312.90
02.02.10	SELLADO DE ARENA GRUESA	m3	13,149.14	2.69	35,371.19
02.03	CONCRETO SIMPLE				1,054,546.47
02.03.01	ADOQUINES DE CONCRETO PERMEABLE 8CM, FC=300 KG/CM2	m2	13,149.14	67.11	882,438.79
02.03.02	BORDE DE CONFINAMIENTO DE CONCRETO FC=210KG/CM2	m	3,652.54	47.12	172,107.68
02.04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERIAS				361,455.36
02.04.01	COLOCACION DE TUBERÍA HDPE PERFORADA 6"	m	3,652.54	98.96	361,455.36
	COSTO DIRECTO				3,052,290.65

El presupuesto de este pavimento es de S/.3,052,290.65, abarcando un área de pavimento de S/.13,149.14 m<sup>2</sup>, teniendo una ratio de S/. 232.20 por m<sup>2</sup>.

Ahora bien, Samamé [65] realizó un comparativo entre los presupuestos de la realización de un diseño con concreto rígido drenante (con una carpeta de rodadura de 15 cm y una subbase de 20cm) y un sistema convencional de drenaje pluvial (pavimento rígido con cunetas a los lados) para tránsito vehicular ligero, en donde los costos directos entre ambos sistemas fueron de: S/. 6,880,544.39 y S/.3,490,448.20, respectivamente. Para el diseño de concreto drenante, [65] propuso una, contando con un área de pavimento de 20,456.00 m<sup>2</sup>, teniendo una ratio de S/.336.40 por m<sup>2</sup>, aproximadamente. Por otro lado, para el sistema de drenaje convencional, la ratio sale de S/. 170.60 por m<sup>2</sup>. Entre los tres sistemas, el más económico es el sistema convencional, aunque este es el que menos puede funcionar, debido a los desperdicios que pueden ser acumulados en las cunetas ya que están constantemente expuestos al ambiente; además de requerir costos de mantenimiento frecuentes por el mismo motivo.

A través del tiempo, los costos de mantenimiento vuelven menos favorables la empleabilidad de sistemas convencionales de drenaje, como las cunetas. En cambio, entre los sistemas de pavimentos drenantes, los menos costosos en cuanto a ratios es el Sistema de pavimento con adoquines drenantes, costando S/. 232.20 por m<sup>2</sup>, y necesitando menos costos por mantenimiento a largo plazo, debido a que no necesita tanta frecuencia de ello. En cuanto a costos directos, al usar adoquines drenantes se ahorraría alrededor de S/. 104.20 por m<sup>2</sup>, siendo una reducción del 30% en costos.

La rentabilidad de este proyecto está directamente asociado al mayor ahorro que se tendrá al ejecutar el pavimento con adoquines drenante comparado a los grandes beneficios que traerá al ser ejecutado, teniendo, además, menores costos por mantenimiento que otros sistemas.

## Conclusiones

- ✓ Se determinó que las calles que se seleccionaron dentro de Urb. San Carlos como: Nicolás de Ayllón, Atahualpa, Huáscar, Husares de Junín y Ayacucho, mediante un estudio de tráfico y el cálculo de IMDA, tuvieron un número de vehículos acumulados equivalentes a ejes sencillos de 8,2 toneladas, de 73514.082, 31357.132, 33721.648, 71753.269 y 74167.463, respectivamente. Todos ellos son menores de  $5 \times 10^5$ , por ende, se demostró que serán calles destinados a tránsito vehicular ligero.
- ✓ Para conocer la geometría de las calles de baja transitabilidad, se realizó un estudio topográfico, en el que se pudo saber que todas las calles irán de Sur a Norte, dando una pendiente negativa de menos de 1%, de la Av. Augusto B. Leguía a la Av. Dorado; cabe mencionar, que esto indica hacia donde desembocarían las aguas de lluvia.
- ✓ Mediante el estudio de mecánica de suelos de las calles de Nicolás de Ayllón, Atahualpa, Huáscar, Husares de Junín y Ayacucho, se puede observar por el CBR practicado que son de material Arcilla-Limo, además de tener porcentaje de CBR de: 2.2%, 4.1%, 4.1%, 4.7% y 3.8%, siendo estos tipos considerados como CBR pobre y regular. Este CBR junto con la EALs de diseño, se emplearon en la Curva de Diseño para la obtención del espesor de la base del pavimento, teniendo un espesor de 60mm. Sin embargo, el mínimo espesor para base es de 100mm, siendo este último el empleado para el pavimento.
- ✓ La intensidad máxima que se obtuvo para la Urb. San Carlos fue de 22.58 mm/h. Este resultado fue de gran importancia para la tubería que irá dentro de la pavimentación, siendo esta una tubería de 6", que soportará, dicha precipitación.
- ✓ Se realizaron 2 diseños de mezcla, de los cuales el N°2 para adoquines permeables fue el óptimo, arrojando una resistencia a la permeabilidad de 385.13 kg/cm<sup>2</sup>. Así también, su permeabilidad fue cumplida al resultar 0.14 cm/s, lo que cumpliría con Norma Técnica CE 0.10 Pavimentos urbanos, en cuanto a resistencia; así también, cumple con la ACI-522R en cuanto a permeabilidad.
- ✓ El diseño de pavimentación con adoquines permeables consiste en la utilización de adoquines de 0.08mx0.20x0.10m, una cama de adoquín de 40mm, una base granular de 100mm, una subbase granular de 100mm, una geomalla de 0.5mm HDPE y una tubería HDPE de 6".
- ✓ La ganancia económica de este proyecto se encuentra estrechamente ligada a la reducción significativa del 30% gastos al optar por la instalación de adoquines drenantes (con un costo de S/. 232.20 por m<sup>2</sup>), en lugar de sistema de concreto rígido drenante

(S/.336.40 por m<sup>2</sup>). Además, los costos de mantenimiento serán menores a los sistemas de drenaje convencionales, ya que esta última se realiza con mayor frecuencia.

### **Recomendaciones**

- ✓ Se recomienda tener mayor cuidado cuando se realice el estudio de tráfico, debido a que es importante poder determinar la cantidad aproximada de vehículos que pasen, actualmente, por dichas calles.
- ✓ La tubería que se encontrará dentro del pavimento debe tener una pendiente considerable para que pueda escurrir hacia futuros proyectos de drenaje que se hagan aledaños al lugar de investigación.
- ✓ Se recomiendan hacer mayores números de calicatas en los lugares de estudio para poder tener mayores datos y el resultado sea más exacto.
- ✓ Se recomienda realizar el diseño de mezcla en adoquines para poder observar cuál es su forma y saber si puede ser mejorado.
- ✓ Al realizar los testigos de concreto permeable, es recomendable no seguir al 100% las recomendaciones de concreto convencional. A diferencia de testigos de concreto normal, son varillados de forma convencional, para estos que son permeables, se necesita un martillo que compacte mejor, para evitar que la mezcla seca se desmorone, por falta de suficiente pasta.

## Referencias

- [1] Naciones Unidas. "Una población en crecimiento". Naciones Unidas: Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano. URL: <https://www.un.org/es/global-issues/population>. (acceso: 16/10/2021).
- [2] Comité Permanente de los Congresos Nacionales del Agua\*, "Gestión de Inundaciones Urbanas", Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, Informe 1\*, 2007. [En línea]. Disponible en: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/gestion-de-inundaciones/gestion-de-inundaciones-urbanas-esp.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/gestion-de-inundaciones/gestion-de-inundaciones-urbanas-esp.pdf).
- [3] eitb.eus. *Australia evacúa a 18000 personas por la peores inundaciones en cinco décadas*. (22 de marzo de 2021). Acceso: 15 de mayo de 2021. [Video en línea]. Disponible en: <https://www.eitb.eus/es/noticias/internacional/videos/detalle/7925230/video-australia-evacua-18-000-personas-peores-inundaciones-decadas/>.
- [4] V. Arroyo. "Drenaje urbano, la tarea pendiente de América". Iagua. URL del recurso: <https://www.iagua.es/blogs/victor-arroyo/drenaje-urbano-tarea-pendiente-america-latina> (acceso: 20/10/2021).
- [5] Banco Interamericano de Desarrollo, "Perfil de Riesgo por Inundaciones en Perú", Perú, Informe nacional, 8-191, 2015. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Perfil-de-riesgo-por-inundaciones-en-Per%C3%BA-Informe-nacional.pdf>.
- [6] A. Tovar, M. Estrada, R. Zapata. "Alerta en el norte: golpeado por las lluvias y desprotegido ante inundaciones". Ojo Público. URL del recurso: <https://ojo-publico.com/2553/el-norte-sufre-con-las-lluvias-y-esta-desprotegido-ante-inundaciones> (acceso: 20/10/2021).
- [7] rpp.pe. *Chiclayo-El drenaje pluvial, la gran obra que se necesita para evitar las inundaciones*. (22 de febrero de 2017). Acceso: 21 de mayo de 2021. Disponible en:

<https://rpp.pe/peru/lambayeque/chiclayo-el-drenaje-pluvial-la-gran-obra-que-se-necesita-para-evitar-las-inundaciones-noticia-1182344?ref=rpp>

[8] E. Ureña, "Propuesta metodológica para el diseño y construcción de pavimentos de adoquín permeable", Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Latina de Costa Rica, San José, Costa Rica, 2020. **Disponible en:** <https://hdl.handle.net/20.500.12411/275>

[9] M. Agamez, C. Castaño, "Caracterización de las propiedades mecánicas y permeables de tres propuestas de adoquín poroso, a partir del diseño de mezcla de hormigón con tres tamaños máximos nominales de agregado grueso", Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia, 2020. **Disponible en:** <http://hdl.handle.net/11227/10172>

[10] J. Barahona, "Análisis y diseño para solución de aguas lluvias mediante sistemas urbanos de drenaje sostenible aplicando la técnica de firmes permeables en Condominio Ercilla", Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 2014. **Disponible en:** <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcib224a/doc/bmfcib224a.pdf>

[11] E. Vela, Ll. Cruz, "Pavimentos permeables como sistema alternativo para el drenaje urbano en la localidad de Molinopampa", Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas, Perú, 2019. **Disponible en:** <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/2071>

[12] D. Lama, K. Medina, "Elaboración de adoquines de concreto permeable para uso de pavimento de baja transitabilidad en la ciudad de Piura", Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo, Piura, Perú, 2020. **Disponible en:** <https://hdl.handle.net/20.500.12692/52696>

[13] S. Oblitas, "Diseño de un concreto permeable para pavimentos rígidos con agregados de la cantera La Victoria y adición del aditivo chema 3 y fibras polipropileno

en una vía colectora en la ciudad de Chiclayo", Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2019. **Disponible en:** <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3737>

[14] B. Tarifeño, "Evaluación de las propiedades del concreto permeable en pavimentos especiales", Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, 2019. **Disponible en:** <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6425>

[15] *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos*, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-2010.

[16] *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos*. Norma Técnica Peruana NTP 399.611-2017.

[17] *522R-10: Report on Pervious Concrete*, ACI Committee 522-2010.

[18] *Drenaje Pluvial Urbano, Norma Técnica Peruana O.S 0.60* -2021.

[19] R. Bahamondes, T. Echaveguren, S. Vargas, "Análisis de métodos de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón", *Journal of Construction*, 12 (3), 17-26, 2013. **Disponible en:** [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-915X2013000300002](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2013000300002). **Acceso:** 03/11/2021.

[20] American Association of Civil Engineers. Structural design of interlocking concrete pavement for municipal streets and roadways. American Association of Civil Engineers: Reston, Virginia, Estados Unidos 2010.

[21] Ministerio de Economía y Finanzas, "Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras", Dirección General de Inversión Pública- DGIP, Perú, Guía, 2015. **[En línea]. Disponible en:** [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)

[22] E. Cárdenas Gutiérrez, "Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua", *Ciencia Ergo Sum*, vol.24, n.º 2, pp.173-184, diciembre 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10450491009>. Acceso: Noviembre 2021.

[23] M. Legret, M. Nicollet, P. Miloda, V. Colandini, G. Raimbault, "Simulation of heavy metal pollution from stormwater infiltration through a porous pavement with reservoir structure", *Water Science Technology*, pp.119-125, 1999. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122399000153>. Acceso: Noviembre 2021.

[24] S. Watanabe, "Study on storm wáter control by permeable pavement and infiltration pipes", *Water Science Technology*, pp.25-32, 1995. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/027312239500534T>. Acceso: Noviembre 2021.

[25] Interpave, "*Guide to design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements*. Leicester: Interpave The Precast Concrete Paving & Kerb", 2008. [En línea]. Disponible en: <https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=INTERPAVE&DoCID=282055>. Acceso: Noviembre 2021.

[26] PAVITEC \*, "Adoquín permeable", PAVITEC Concrete S. A., Argentina, Ficha técnica, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.pavitec.com.ar/adoquinpermeable.html>.

[27] L. Velez, "Permeabilidad y Porosidad en Concreto", *Tecno Lógicas*, 25, 169-187, diciembre 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234320010.pdf>. Acceso: 05/11/2021

[28] Fundación Laboral de la Construcción. "Intensidad Media Diaria". Diccionario de la Construcción. <http://www.diccionariodelaconstruccion.com/procesos-productivos-obra-civil/firmes-y-pavimentos/intensidad-media-diaria> (**acceso:** 05/11/2021).

[29] GeoPeru. "Topografía". GeoPeru. <https://geoperusac.com/portal/servicios/topografia> (**acceso:** 05/11/2021).

[30] Geoseismic. "La importancia del estudio de mecánica de suelos". Noticias. <https://www.geoseismic.cl/la-importancia-mecanica-suelos/> (**acceso:** 05/11/2021).

[31] Geotechtips. "¿Qué es el CBR? Noticias. <https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr> (**acceso:** 05/11/2021).

[32] Ayuntamiento de Benahadux\*, "Estudio Hidrológico", Municipalidad de Benahadux, España, Informe Técnico, 2015. **[En línea]. Disponible en:** [https://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/historicoanexos.nsf/porclasificador/C125739C007A743BC1257296004B3546/\\$File/ESTUDIO%20HIDROLOGICO.pdf](https://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/historicoanexos.nsf/porclasificador/C125739C007A743BC1257296004B3546/$File/ESTUDIO%20HIDROLOGICO.pdf)

[33] E. Menjivar, O. Arévalo, "Impacto hidrológico cero, comportamiento de los dispositivos y metodología de selección", Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, El Salvador, 2008. **Disponible**

**en:** [https://www.academia.edu/8956851/UNIVERSIDAD\\_CENTROAMERICANA\\_JOS%C3%89\\_SIME%C3%93N\\_CA%C3%91AS\\_IMPACTO\\_HIDROL%C3%93GICO\\_CERO\\_COMPORTAMIENTO\\_DE\\_LOS\\_DISPOSITIVOS\\_Y\\_FACULTAD\\_DE\\_INGENIER%C3%8DA\\_Y\\_ARQUITECTURA](https://www.academia.edu/8956851/UNIVERSIDAD_CENTROAMERICANA_JOS%C3%89_SIME%C3%93N_CA%C3%91AS_IMPACTO_HIDROL%C3%93GICO_CERO_COMPORTAMIENTO_DE_LOS_DISPOSITIVOS_Y_FACULTAD_DE_INGENIER%C3%8DA_Y_ARQUITECTURA)

[34] *Diseño Empírico-Experimental para Pavimentos Flexibles*, AASHTO 1993.

[35] N.T.P NTP 339.128 «*SUELOS: Método de ensayo para el análisis granulométrico*», INDECOPI, Lima-2014.

[36] N.T.P NTP 339.127 «*SUELOS: Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*», INDECOPI, Lima-2014.

[37] N.T.P NTP 339.129 «*SUELOS: Método de ensayo determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos*», INDECOPI, Lima-2014.

[38] N.T.P NTP 339.141 «*SUELOS: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía*», INDECOPI, Lima-2014.

[39] N.T.P NTP 339.145 «*SUELOS: Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio*», INDECOPI, Lima-2014.

[40] N.T.P NTP 400.012 «*Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*», INDECOPI, Lima-2001.

[41] N.T.P NTP 400.018 «*Método de ensayo para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 $\mu$ m (N°200)*», INDECOPI, Lima-2002.

[42] N.T.P NTP 339.185 «*Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*», INDECOPI, Lima-2002.

[43] N.T.P NTP 400.022 «*Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*», INDECOPI, Lima-2013.

[44] N.T.P NTP 400.021 «*Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*», INDECOPI, Lima-2002.

[45] N.T.P NTP 400.017 «*Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados*», INDECOPI, Lima-2011.

[46] N.T.P NTP 339.146 «*Ensayo equivalente de arena de suelos y agregados finos*», INDECOPI, Lima.

[47] N.T.P NTP 339.035 «*Asentamiento del concreto mediante el método de cono de Abrams*», INDECOPI, Lima.

[48] N.T.P NTP 339.034 «*Resistencia a la compresión ( $F'c$ )*», INDECOPI, Lima-2008.

[49] Norma INV E-130 «*Permeabilidad de suelos granulares*», INDECOPI, 2013.

[50] F. Abanto, *Tecnología del Concreto*, Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2009.

[51] E. Carbajal, *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*, Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.

[52] ACI 522R, *Report on Pervious Concrete*, American Concrete Institute, 2010.

[53] NTP 400.037, «*AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto,*» Norma Técnica Peruana, 2014.

[54] A. X. Guizado Barrios y E. R. Curi Grados, «*Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú,*» Lima, 2017.

[55] R. Meininger, «*No-Fines Pervious Concrete for Paving,*» *Concrete Internacional*, vol. 10, pp. 20-27, Agosto 1988.

[56] Cementos Pacasmayo S.A.A. , «*Arena Jaén,*» 20 Setiembre 2017. [En línea]. Available:[http://www.arenerajaen.com.pe/web/uploads/productos/pdf/f\\_477\\_Tipo%20Portland%20Tipo%20MS%20-%20Agosto%202017.pdf](http://www.arenerajaen.com.pe/web/uploads/productos/pdf/f_477_Tipo%20Portland%20Tipo%20MS%20-%20Agosto%202017.pdf). [Último acceso: 02 de junio 2022].

[57] *Google Earth Pro, Google services -2022.*

[58] *Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI -2022.*

[60] *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje-Perú*, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-2014.

[61] *Manual de pavimentos drenantes*, Escuela de Ingeniería Civil en Obras, Facultad de Ingeniería-Universidad Austral de Chile-2016.

[62] J. E. Jacinto, "Diseño de mezcla de concreto permeable utilizando diferentes porcentajes de agregado fino y aditivos en la ciudad de Chiclayo", Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2019. **Disponible en:** <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3189>

[63] N.T.P NTP 339.611 «*UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos*», INDECOPI, Lima-2017.

[64] N. Neithalath, J. Olek, J. W. W, A. Marolf, E. Sell and W. D. Thornton, "Development of Quiet and Durable Porous Portland," ACBM, Indiana, 2003.

[65] L. F. Samame, "Diseño comparativo de pavimentos drenante y convencionales con sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del distrito de Pítipo, provincia de ferreñafe, departamento de Lambayeque, 2020," Ingeniero, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2022. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4875>

## Anexos

## ANEXO N°1. DECLARACIÓN JURADA

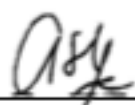
**DECLARACIÓN JURADA**

Yo, **SANTILLAN YZAZAGA ANDREA CRUZ D' MARÍA**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° 74962654, domiciliado en la provincia de Chiclayo Urb. 28 de Julio, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 2021-II **DECLARO BAJO JURAMENTO** que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **DISEÑO DE PAVIMENTO CON ADOQUINES PERMEABLES PARA CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA URBANIZACIÓN SAN CARLOS- JOSÉ LEONARDO ORTIZ**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

*La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.*

Chiclayo, 10 de Noviembre del 2021




(firma)





Huella  
Dactilar

ANEXO N°2. SOLICITUD DE NO DUPLICIDAD DE PROYECTO DE TESIS

		<b>MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ</b>		N° DE REGISTRO Municipalidad Distrital de José Leonardo Ortiz UNIDAD TRAMITE DOCUMENTARIO <b>27 OCT. 2021</b> 10:07 02 12:35 J. PALMA DEL C. V. TORRES POZO	
<b>SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA</b> (TEXTO ÚNICO ORDENADO DE LA LEY N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM)					
I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN:					
II. DATOS DEL SOLICITANTE:					
APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL Santillan Yzagosa, Andrea Cruz D' Haró.				DOCUMENTO DE IDENTIDAD D.N.I. / L.M. / C.E. / OTRO 74962654	
DOMICILIO					
AV/CALLE/JR./PS/JE Ricardo Palma 201-A		N° DPTO./ANT. 201-A	DISTRITO Requena	URBANIZACIÓN 28 de Julio	
PROVINCIA Lambayeque		DEPARTAMENTO Lambayeque	Correo electrónico asy3a2a9a@gmail.com		TELEFONO: 975185664
III. INFORMACIÓN SOLICITADA:					
Solicito información acerca de la existencia de algún proyecto relacionado con la tesis: Diseño de pavimento permeable con aditivos de arcilla como alternativa de drenaje pluvial en la Urbanización San Carlos.					
IV. DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE LA INFORMACIÓN: OIDU					
V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN (MARCAR CON UNA "X")					
COPIA SIMPLE	<input checked="" type="checkbox"/>	CD	<input type="checkbox"/>	Correo electrónico	<input type="checkbox"/>
					OTRO
APELLIDOS Y NOMBRES: Santillan Yzagosa Andrea  FIRMA				FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN: 27/10/21	
OBSERVACIONES:					

ANEXO N°3. SOLICITUD DE INFORMACIÓN DE CENSO Y EMS DE LA URB. SAN CARLOS.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ		N° DE REGISTRO
 <p><b>SOLICITUD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA</b></p> <p>(TEXTO ÚNICO ORDENADO DE LA LEY N° 27906, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM)</p>		<p>Municipalidad Distrital de José L. O. - UNIDAD TRAMITE DOCUMENTARIO</p> <p><b>20 OCT. 2021</b></p> <p>10341 07 12:37</p>
I. FUNCIONARIO RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN:		
Yamilio Carbajal Cabrera		
II. DATOS DEL SOLICITANTE:		DOCUMENTO DE IDENTIDAD D.N.I. / L.M. / C.E. / OTRO
APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL		74962654
Santillan Hazaña, Andrea Cruz D' María		
DOMICILIO		
AV./CALLE/JR./PSJE	N°/DPTO./INT.	DISTRITO
Ricardo Palma	201-A	Repur
URBANIZACIÓN	28 ct. Tullio	
PROVINCIA	DEPARTAMENTO	Correo electrónico
Lambayeque	Lambayeque	asv322299@gmail.com
TELEFONO:		945125664
III. INFORMACIÓN SOLICITADA:		
1. Solicito el CENSO de la Urb. San Carlos.		
2. Solicito estudio de mecánica de suelos de la Urb. San Carlos		
o algún otro estudio de terreno que se tenga.		
IV. DEPENDENCIA DE LA CUAL SE REQUIERE LA INFORMACIÓN:		
GIDU. y ULE		
V. FORMA DE ENTREGA DE LA INFORMACIÓN (MARCAR CON UNA "X")		
COPIA SIMPLE	CD	Correo electrónico <input checked="" type="checkbox"/>
		OTRO <input type="checkbox"/>
APELLIDOS Y NOMBRES:		FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN:
Santillan Hazaña Andrea Cruz D' María		20/10/2021
 FIRMA		12:37 pm
OBSERVACIONES		

## ANEXO N°4. ENCUENTRA A POBLADORES DE LA URB. SAN CARLOS.

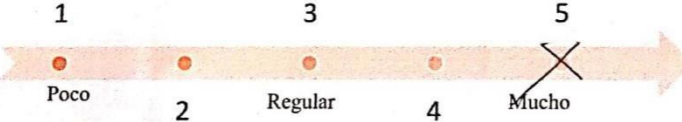


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

ENCUESTA ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN EN LA  
URBANIZACIÓN SAN CARLOS-JLOFRECUENCIA DE LLUVIAS E INFLUENCIA

1. ¿Usted vive en la zona?  
 Sí  No
2. ¿Cuántas personas viven en su vivienda (contando a usted) en la Urbanización?  
 1 Personas.
3. ¿Con qué frecuencia llueve al mes en verano?  
 1-3 veces  
 4-6 veces  
 7 a más veces
4. Cuando llueve, ¿qué tan intensa es la lluvia? (del 1 al 5)  
  
 1 Poco 2 Regular 3 Regular 4 5 Mucho
5. ¿Se almacena el agua en las pistas?  
 Sí  No
6. ¿Cuánto tiempo permanece al agua en las vías?  
 1-3 días  
 4-7 días  
 7 a más días *1 mes*
7. ¿Es necesario un bombeo para drenar el agua en su zona?  
 Sí  No
8. Dirección de vivienda  
*Av Republico 137-*

Muchas gracias.

**ANEXO N°5. FOTOGRAFÍA 1**

**Fotografía 1:** Lluvias del año 2017 en la Urb. San Carlos.

**ANEXO N°6. FOTOGRAFÍA 2**

Fuente: Propia



**Fotografía 2:** Lluvias del año 2017 en la Urb. San Carlos.

**Fuente:** Propia.

**ANEXO N°7. FOTOGRAFÍA 3**



**Fotografía 3:** Estado actual del pavimento en la calle Colectora Urb. San Carlos.

**Fuente:** Propia.

**ANEXO N°8. FOTOGRAFÍA 4**

**Fotografía 4:** Estado actual del pavimento en la calle Colectora Urb. San Carlos.

**Fuente:** Propia.

**ANEXO N°9. FOTOGRAFÍA 5**

**Fotografía 5:** Estado actual del pavimento en la calle Próceres Urb. San Carlos.

**Fotografía 6:** Estado actual del pavimento y estancamiento de agua de lluvias pasadas en la Cruz de Chalpon Urb. San Carlos.

**ANEXO N°10. FOTOGRAFÍA 6**

**Fuente:** Propia.

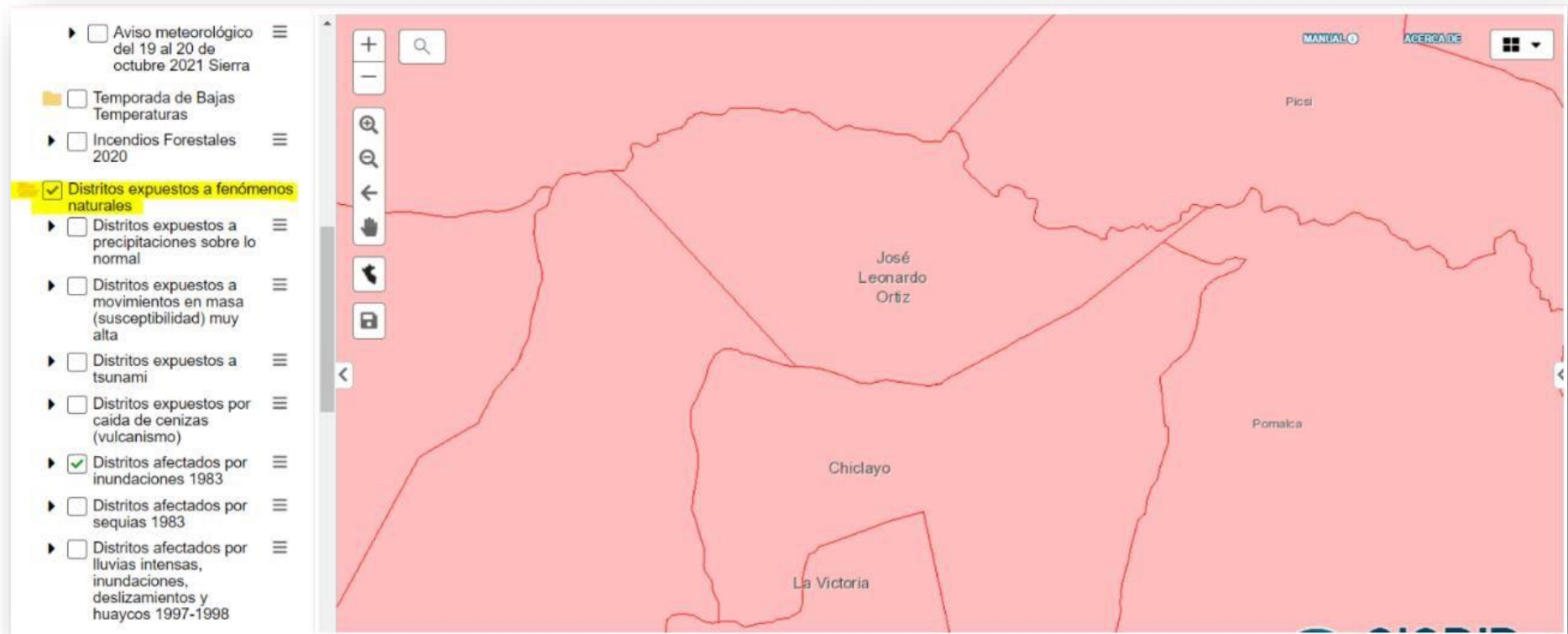
## ANEXO N°11. FIGURA 5



**Figura 5:** Escenario de riesgo en temporadas de lluvias, inundaciones por lluvias fuertes: **MUY ALTO**

**Fuente:** Sistema de Información para la Gestión de Riesgos.

## ANEXO N°12. FIGURA 6



**Figuras 6:** Distrito expuestos a fenómenos naturales, inundación: José Leonardo Ortiz.

**Fuente:** Sistema de Información para la Gestión de Riesgos.

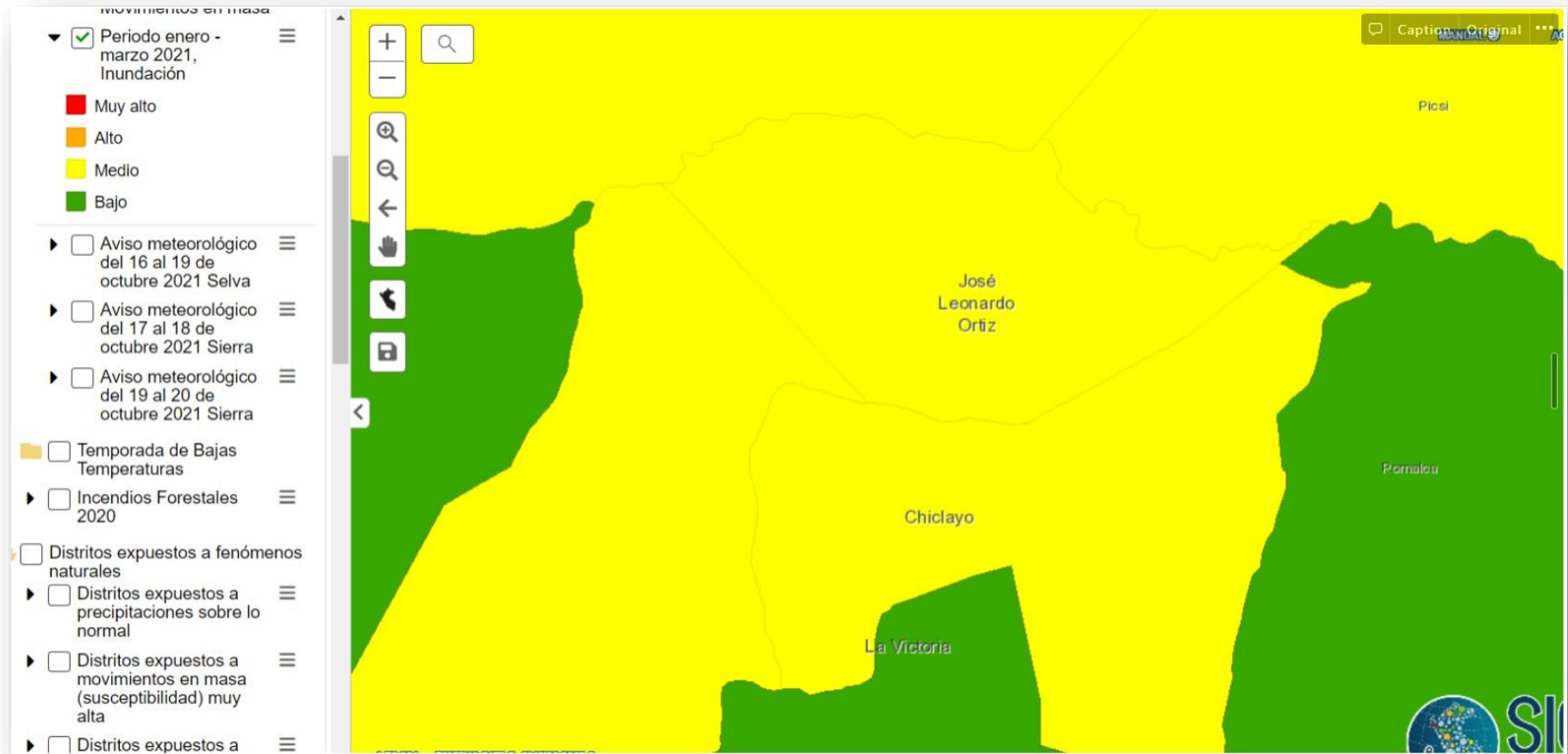
## ANEXO N°13. FIGURA 7



**Figura 7:** Nivel de susceptibilidad ante inundaciones: **ALTO**

**Fuente:** Sistema de Información para la Gestión de Riesgos.

## ANEXO N°14. FIGURA 8



**Figura 8:** Escenario de Riesgo en temporadas de lluvias, periodo enero-marzo 2021, inundaciones: **MEDIO**

**Fuente:** Sistema de Información para la Gestión de Riesgos.

## ANEXO N°15. FIGURA 9



**Figura 9:** Población de la Urb. San Carlos.

**Fuente:** Sistema de consulta de abastecimiento de agua por red pública a nivel de manzana.

## ANEXO N°16. Flujo de vehículos ligeros, según departamento, 2021-2022.

Departamento	2021 P/												2022 P/
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
<b>Total</b>	<b>4 230 117</b>	<b>2 949 738</b>	<b>4 030 351</b>	<b>3 567 368</b>	<b>4 037 891</b>	<b>3 854 230</b>	<b>4 677 870</b>	<b>5 046 237</b>	<b>4 362 170</b>	<b>4 847 947</b>	<b>4 306 885</b>	<b>5 003 105</b>	<b>4 972 136</b>
Amazonas	44 979	32 850	38 543	32 755	40 219	40 427	48 049	51 834	44 028	46 692	39 432	31 034	42 951
Áncash	212 820	142 926	205 970	175 632	196 518	184 642	229 683	245 781	200 600	225 168	187 697	245 109	236 982
Apurímac	36 591	20 704	33 942	31 987	35 459	35 595	40 236	43 069	37 276	41 043	36 905	41 064	39 378
Arequipa	373 540	257 341	340 887	298 582	313 297	254 078	325 962	409 082	370 299	418 401	395 435	464 567	536 168
Ayacucho	40 860	23 314	36 073	34 087	40 170	38 366	48 306	48 872	41 231	45 492	38 127	44 256	42 157
Cajamarca	23 636	17 825	19 646	17 313	20 690	20 863	25 199	28 782	23 613	26 091	22 758	23 757	27 173
Cusco	94 114	59 374	82 345	78 426	91 135	88 757	100 333	111 367	103 005	108 831	97 407	105 287	105 177
Huánuco	30 948	18 249	30 850	29 178	33 126	33 179	37 157	37 962	33 586	36 044	31 443	37 559	35 547
Ica	282 180	173 139	267 177	244 250	274 415	260 169	327 174	350 774	301 513	341 331	304 246	331 252	331 608
Junín	193 107	105 539	178 187	178 270	211 473	202 180	247 037	265 125	211 717	233 658	204 943	232 073	216 544
La Libertad	559 531	443 871	521 513	459 805	535 810	525 636	628 808	670 006	586 422	640 674	562 469	673 334	639 173
<b>Lambayeque</b>	<b>166 984</b>	<b>156 851</b>	<b>177 005</b>	<b>153 936</b>	<b>173 129</b>	<b>173 882</b>	<b>200 735</b>	<b>212 919</b>	<b>188 350</b>	<b>201 936</b>	<b>184 547</b>	<b>208 461</b>	<b>205 183</b>
Lima	1 139 931	650 226	1 075 898	912 085	1 050 824	994 564	1 276 666	1 346 859	1 109 080	1 297 267	1 115 424	1 333 747	1 345 401
Madre de Dios	63 574	56 199	64 389	58 093	67 156	68 412	74 463	76 654	71 544	72 812	66 368	70 883	65 498
Moquegua	68 633	50 231	67 921	67 358	70 921	67 295	75 544	84 174	76 719	85 429	78 847	88 245	91 834
Piura	392 478	369 893	409 070	329 736	379 804	380 626	452 989	466 120	430 391	461 192	428 970	481 876	460 212
Puno	380 633	281 236	368 408	363 567	384 476	368 734	399 756	448 989	397 935	424 154	382 422	449 120	408 042
San Martín	55 840	41 964	47 186	40 408	49 763	50 043	59 567	63 306	55 216	57 264	51 762	50 066	56 089
Tacna	51 952	34 235	49 469	49 077	54 650	52 362	60 169	64 078	60 901	63 482	59 072	70 338	62 994
Tumbes	17 786	13 771	15 872	12 823	14 856	14 420	20 037	20 484	18 744	20 986	18 611	21 077	24 025

## ANEXO N°17. Flujo de vehículos pesados, según departamento, 2021-2022.


Departamento	2021 P/												2022 P/
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
<b>Total</b>	<b>2 660 767</b>	<b>2 186 206</b>	<b>2 384 442</b>	<b>2 360 686</b>	<b>2 555 541</b>	<b>2 528 286</b>	<b>2 637 258</b>	<b>2 719 360</b>	<b>2 735 298</b>	<b>2 828 974</b>	<b>2 766 171</b>	<b>2 828 689</b>	<b>2 699 210</b>
Amazonas	18 214	16 522	16 699	15 908	21 397	17 229	18 119	18 344	18 223	18 558	15 758	7 211	17 318
Áncash	225 232	171 389	193 044	195 186	212 124	214 322	218 857	224 035	228 101	239 209	238 419	245 367	233 273
Apurímac	27 593	22 824	24 353	25 998	28 617	29 005	30 652	31 659	30 004	31 167	30 153	31 253	26 992
Arequipa	318 386	270 630	286 086	269 251	284 628	273 892	282 587	308 972	313 693	328 301	322 280	319 417	303 383
Ayacucho	32 500	26 808	29 482	31 760	34 900	34 586	36 550	38 129	36 604	36 818	34 099	35 784	31 846
Cajamarca	22 683	21 347	21 467	20 794	21 704	21 089	22 022	22 858	24 237	24 196	22 872	17 639	25 900
Cusco	41 702	33 969	37 453	36 826	40 564	40 763	42 902	44 355	43 483	44 198	42 258	44 429	41 358
Huánuco	21 214	16 910	19 496	19 668	20 814	20 235	20 587	21 859	21 156	21 942	20 684	22 848	20 304
Ica	213 673	163 463	176 537	179 502	192 740	186 372	197 404	202 848	208 553	215 408	216 080	225 968	221 523
Junín	128 281	106 359	115 935	122 838	129 839	126 789	129 938	135 542	138 249	136 702	129 559	134 074	123 869
La Libertad	381 126	317 002	337 511	333 978	363 172	356 680	370 702	377 997	388 648	406 341	396 687	409 367	378 063
<b>Lambayeque</b>	<b>89 329</b>	<b>85 522</b>	<b>88 688</b>	<b>87 478</b>	<b>96 273</b>	<b>98 641</b>	<b>104 027</b>	<b>106 323</b>	<b>102 747</b>	<b>104 865</b>	<b>100 953</b>	<b>93 471</b>	<b>99 572</b>
Lima	704 663	547 362	626 675	631 152	683 536	680 043	707 919	717 287	721 363	746 734	736 863	771 602	725 304
Madre de Dios	17 102	15 778	18 111	18 064	21 458	22 732	24 332	25 579	24 660	24 332	21 507	19 771	16 847
Moquegua	40 442	36 679	40 361	42 390	44 368	44 247	45 587	46 516	45 734	47 374	45 795	45 726	45 556
Piura	204 933	186 380	190 764	174 622	186 606	192 247	203 988	205 672	202 572	211 114	213 727	225 875	213 558
Puno	117 279	97 050	108 382	104 115	116 106	116 420	123 914	132 769	129 381	132 547	122 045	129 255	116 584
San Martín	28 771	26 770	27 223	24 970	29 381	26 470	28 267	28 707	28 501	28 457	25 855	17 372	26 527
Tacna	17 652	14 761	16 651	17 347	17 858	17 014	18 168	18 831	18 390	19 289	19 055	20 223	19 353
Tumbes	9 992	8 681	9 524	8 839	9 456	9 510	10 736	11 078	10 999	11 422	11 522	12 037	12 080

P/ Preliminar  
**Nota:** En el Callao y en los departamentos de Huancavelica, Loreto, Pasco y Ucayali no existen unidades de peaje.  
**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones - PROVIAS Nacional  
Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público - OSITRAN  
Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e Informática - OTED

ANEXO N°18. Plano de ubicación de las calicatas hechas para la realización del estudio de suelos.



ANEXO N°19. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**FERMATI**  
Construtora y Servicios Generales

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N° 3757**

(PÁGNA 01 de 01)

Expediente : 1758 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Aboquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz  
 Lugar : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Abril del 2022

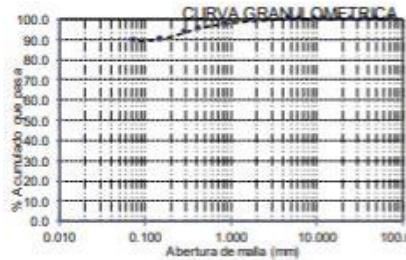
ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.09 ASTM D - 422  
 ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.09 ASTM D - 438  
 ENSAYO3 : SUELOS. Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.07

Calicata : C-01

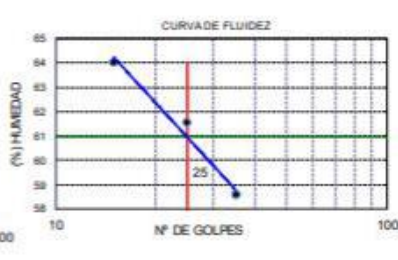
Muestra : M-1

Profundidad : 0.05m - 1.50m

Mallas		% Acumulado		Distribución granulométrica			
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa	% Grava	G.G.%		
3"	75.00	0.0	100.0		0.0		
2"	50.00	0.0	100.0		0.0		0.0
1 1/2"	37.50	0.0	100.0		1.0		
1"	25.00	0.0	100.0	% Arena	AM%	3.7	
3/4"	19.00	0.0	100.0		AF%	6.3	11.0
1/2"	12.50	0.0	100.0	% Arcilla y Limo		89.0	89.0
3/8"	9.50	0.0	100.0		<b>Total</b>		<b>100.0</b>
1/4"	6.30	0.0	100.0		Límite líquido	%	61.0
Nº4	4.75	0.0	100.0		Límite plástico	%	35.0
Nº10	2.00	1.0	99.0		Índice de plasticidad	%	25.9
Nº20	0.850	2.3	97.7		Clasificación SUCS		CH
Nº40	0.425	4.7	95.3		Clasificación AASHTO		A-4 (9)
Nº50	0.300	6.5	93.5		Denominación :		
Nº100	0.150	9.9	90.1		Arcilla de alta plasticidad		
Nº200	0.075	11.0	89.0		Contenido de Humedad		28.6 %




CURVA GRANULOMETRICA



CURVA DE FLUIDEZ

**OBSERVACIONES :**

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°20. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz  
 Ubicación : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de Entrega : Chiclayo, 25 de Abril del 2022  
 Calicata : C-1  
 Nivel freático : 1.25

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad (cm)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Simbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.0					
0.1	0.05	M - 1		CH A-4 (9)	Arcilla de Alta plasticidad, de color gris oscuro de consistencia rígida Limite líquido : 61.0% Limite plástico : 35.0% Indice de plasticidad : 25.9% Humedad natural : 28.6%
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
0.6					
0.7					
0.8					
0.9					
1.0					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
1.5					
1.6					
1.7					
1.8					

Observaciones:  
 Muestreo e identificación realizados por el solicitante

German Gasto Cárdenas



Alan Carlos Ferra Utrilla Arellano  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123393

## ANEXO N°21. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

## INFORME DE ENSAYO N° 3757

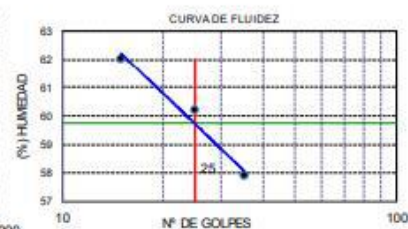
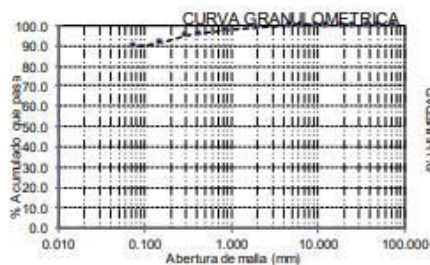
(PÁGINA 01 de 01)

Expediente : 1758 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos--José Leonardo Ortiz  
 Lugar : Urbanización San Carlos--José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Abril del 2022

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.28 ASTM D-422  
 ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.29 ASTM D-4318  
 ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo.  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.27

Calicata : 2 Muestra : M-1 Profundidad : 0.05m - 1.50m

Mallas		% Acumulado		Distribución granulométrica		
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa			
3"	75.00	0.0	100.0	% Grava	G.G. %	0.0
2"	50.00	0.0	100.0		G.F. %	0.0
1 1/2"	37.50	0.0	100.0		A.G. %	1.1
1"	25.00	0.0	100.0	% Arena	A.M. %	3.0
3/4"	19.00	0.0	100.0		A.F. %	6.3
1/2"	12.50	0.0	100.0	% Arcilla y Limo		89.6
3/8"	9.50	0.0	100.0		<b>Total</b>	<b>100.0</b>
1/4"	6.30	0.0	100.0	Límite líquido	%	59.7
Nº4	4.75	0.0	100.0	Límite plástico	%	32.1
Nº10	2.00	1.1	98.9	Índice de plasticidad	%	27.7
Nº20	0.850	2.4	97.6	Clasificación SUCS		CH
Nº40	0.425	4.1	95.9	Clasificación AASHTO		A-4 (9)
Nº50	0.300	5.0	95.0	Denominación :		
Nº100	0.150	8.5	91.5	Arcilla de alta plasticidad		
Nº200	0.075	10.4	89.6	Contenido de Humedad		31.5 %



## OBSERVACIONES :

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Germán Gustavo Quiñonez



José Carlos Ferra Vela Aranda  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123391


964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatissac@gmail.com

www.fermatissac.cf

## ANEXO N°22. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



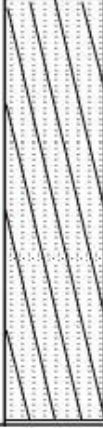
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**




Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos--José Leonardo Ortiz  
 Ubicación : Urbanización San Carlos--José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de Entrega : Chiclayo, 25 de Abril del 2022

Calicata : C-2  
 Nivel freático : 1.10

**REGISTRO DE EXCAVACIÓN**

Profundidad F 0.0 (cm)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.1	A C I E L O  A B I E R T O	M - 1		CH A-4 (9)	Arcilla de Alta Plasticidad con arena , de color gris oscuro de consistencia rígida Limite líquido : 59.7% Limite plástico : 32.1% Indice de plasticidad : 27.7% Humedad natural : 31.5%
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
0.6					
0.7					
0.8					
0.9					
1.0					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
1.5					
1.6					
1.7					
1.8					

Observaciones:  
 Muestreo e identificación realizados por el solicitante


964423850 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°23. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO N° 3757** (PÁGNA 01 de 01)

Expediente : 1756 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARIA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitableidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Oríz  
 Lugar : Urbanización San Carlos-José Leonardo Oríz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Abril del 2022

ENSAYO : SUELOS Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.  
 REFERENCIA : N.T.P. 338 28 ASTM D-422  
 ENSAYO : SUELOS Método de ensayo para determinar el límite líquido, Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.  
 REFERENCIA : N.T.P. 338 29 ASTM D-438  
 ENSAYO3 : SUELOS Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo  
 REFERENCIA : N.T.P. 338 27

Calicata : 3

Muestra : M-1

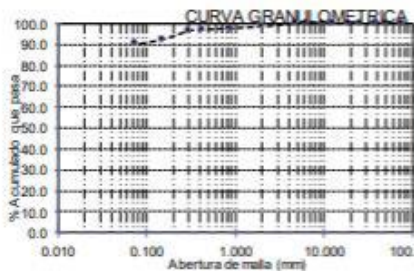
Profundidad : 0.05m - 1.50m

Mallas		% Acumulado		Distribución granulométrica			
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa	% Grava	G.G. %	G.F. %	A.G. %
3"	75.00	0.0	100.0		0.0	0.0	0.0
2"	50.00	0.0	100.0				
1 1/2"	37.50	0.0	100.0				1.5
1"	25.00	0.0	100.0	% Arena	A.M. %		1.5
3/4"	19.00	0.0	100.0		A.F. %		6.9
1/2"	12.50	0.0	100.0	% Arcilla y Limo			90.2
3/8"	9.50	0.0	100.0				90.2
1/4"	6.30	0.0	100.0				90.2
Nº4	4.75	0.0	100.0				90.2
Nº10	2.00	1.5	98.5				90.2
Nº20	0.850	2.3	97.7				90.2
Nº40	0.425	2.9	97.1				90.2
Nº50	0.300	3.4	96.6				90.2
Nº100	0.150	7.6	92.4				90.2
Nº200	0.075	9.8	90.2				90.2

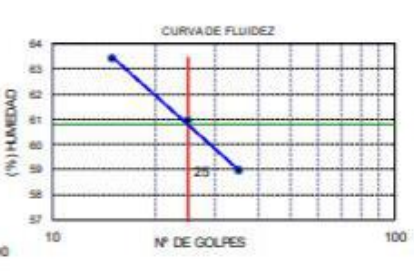
  

Limite líquido	%	60.8
Limite plástico	%	33.6
Índice de plasticidad	%	27.2
Clasificación SUCS		CH
Clasificación AASHTO		A-4 ( 9 )
Denominación :		
Arcilla de alta plasticidad		
Contenido de Humedad		27.4 %


**CURVA GRANULOMETRICA**



**CURVA DE FLUIDEZ**



**OBSERVACIONES :**  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.




964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

## ANEXO N°24. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.




**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**




Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARIA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz  
 Ubicación : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de Entrega : Chiclayo, 25 de Abril del 2022



Calicata : C-3  
 Nivel freático : 1.32



**REGISTRO DE EXCAVACIÓN**

Profundidad 0.0 (cm)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Simbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (N-SITU)
0.1	A C I E L O  A B I E R T O	M - 1		CH A-4 (9)	Arcilla de Alta Plasticidad con arena , de color gris oscuro de consistencia rígida Limite líquido : 60.8% Limite plástico : 33.6% Índice de plasticidad : 27.2% Humedad natural : 27.4%
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
0.6					
0.7					
0.8					
0.9					
1.0					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
1.5					
1.6					
1.7					
1.8					


Observaciones:  
 Muestreo e identificación realizados por el solicitante

 964423859 - 943011231
 Ca. José Galvez N° 120

 [fermatisac@gmail.com](mailto:fermatisac@gmail.com)
 [www.fermatisac.cf](http://www.fermatisac.cf)

## ANEXO N°25. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO N° 3757** (PÁGINA 01 de 01)

**Expediente :** 1758 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C.  
**Solicitante :** SANTILLAN YZAZAGA ANDREA CRUZ D' MARIA  
**Atención :** ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
**Proyecto :** Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz  
**Lugar :** Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
**Fecha de emisión :** Chiclayo, 25 de Abril del 2022

**ENSAYO :** SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.  
**REFERENCIA :** N.T.P. 339.28 ASTM D- 422  
**ENSAYO :** SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido. Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.  
**REFERENCIA :** N.T.P. 339.29 ASTM D- 438  
**ENSAYO :** SUELOS. Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo  
**REFERENCIA :** N.T.P. 339.27

**Calicata : C-04**      **Muestra : M-1**      **Profundidad : 0.05m - 1.50m**

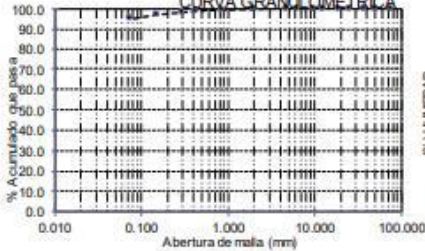
Mallas		% Acumulado		Distribución granulométrica			
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa	% Grava	G.G. %	G.F. %	A.G. %
3"	75.00	0.0	100.0	% Arena	A.M. %	A.F. %	
2"	50.00	0.0	100.0	% Arcilla y Limo	Total		
1 1/2"	37.50	0.0	100.0				
1"	25.00	0.0	100.0				
3/4"	19.00	0.0	100.0				
1/2"	12.50	0.0	100.0				
3/8"	9.50	0.0	100.0				
1/4"	6.30	0.0	100.0				
Nº4	4.75	0.0	100.0				
Nº10	2.00	0.3	99.7				
Nº20	0.850	0.7	99.3				
Nº40	0.425	1.2	98.8				
Nº50	0.300	1.8	98.2				
Nº100	0.150	2.9	97.1				
Nº200	0.075	4.9	95.1				


Limite líquido	%	57.7
Limite plástico	%	29.4
Índice de plasticidad	%	28.3
Clasificación SUCS		CH
Clasificación AASHTO		A-4 ( 9 )
Denominación :		Arcilla de alta plasticidad
Contenido de Humedad		27.6 %

**CURVA GRANULOMETRICA**




**CURVA DE FLUIDEZ**





**OBSERVACIONES :**

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.







Germán Gisberto Quiñones






Juan Carlos Forno Roldán Arellano  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

 964423859 - 943011231  
 Ca. José Galvez N° 120

 fermatisac@gmail.com  
 www.fermatisac.cf

ANEXO N°26. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.




**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**




Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz  
 Ubicación : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de Entrega : Chiclayo, 25 de Abril del 2022



Calicata : C-4  
 Nivel freático : 1.24



**REGISTRO DE EXCAVACIÓN**

Profundidad 0.0 (cm)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Simbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.1	A C I E L O  A B I E R T O	M - 1		CH A-4 (9)	Arcilla de Alta Plasticidad con arena , de color gris oscuro de consistencia rígida Limite líquido : 57.7% Limite plástico : 29.4% Índice de plasticidad : 28.3% Humedad natural : 27.6%
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
0.6					
0.7					
0.8					
0.9					
1.0					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
1.5					
1.6					
1.7					
1.8					


Observaciones:  
 Muestreo e identificación realizados por el solicitante

 964423859 - 943011231
 Ca. José Galvez N° 120

 [fermatisac@gmail.com](mailto:fermatisac@gmail.com)
 [www.fermatisac.cf](http://www.fermatisac.cf)

ANEXO N°27. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO N° 3757** (PÁGINA 01 de 01)

Expediente : 1758 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transilabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos - José Leonardo Ortiz  
 Lugar : Urbanización San Carlos - José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Abril del 2022

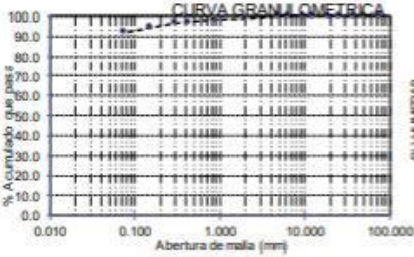
ENSAYO : SUELOS Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.09 ASTM D - 422  
 ENSAYO : SUELOS Método de ensayo para determinar el límite líquido, Límite plástico, e Índice de plasticidad de suelos.  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.09 ASTM D - 438  
 ENSAYO : SUELOS Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo  
 REFERENCIA : N.T.P. 339.02

Calicata : 5


Muestra : M-1

Profundidad : 0.05m - 1.50m

Mallas		% Acumulado		Distribución granulométrica			
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa				
3"	75.00	0.0	100.0	% Grava	G.G. %	0.0	0.0
2"	50.00	0.0	100.0		G.F. %	0.0	
1 1/2"	37.50	0.0	100.0		A.G. %	1.2	
1"	25.00	0.0	100.0	% Arena	A.M. %	1.6	7.9
3/4"	19.00	0.0	100.0		A.F. %	5.1	
1/2"	12.50	0.0	100.0	% Arcilla y Limo		92.1	
3/8"	9.50	0.0	100.0		<b>Total</b>	<b>100.0</b>	
1/4"	6.30	0.0	100.0	Límite líquido	%	59.9	
Nº4	4.75	0.0	100.0	Límite plástico	%	24.4	
Nº10	2.00	1.2	98.8	Índice de plasticidad	%	35.6	
Nº20	0.850	1.7	98.3	Clasificación SUCS		CH	
Nº40	0.425	2.8	97.2	Clasificación AASHTO		A-4 ( 9 )	
Nº50	0.300	3.3	96.7	Denominación :			
Nº100	0.150	5.7	94.3	Arcilla de alta plasticidad			
Nº200	0.075	7.9	92.1	Contenido de Humedad		31.5 %	




CURVA GRANULOMETRICA



CURVA DE FLUIDEZ

**OBSERVACIONES :**

- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.




964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

## ANEXO N°28. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.




LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES




LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz  
 Ubicación : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de Entrega : Chiclayo, 25 de Abril del 2022 Calicata : C-5  
Nivel freático : 1.36



REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad 0.0 (cm)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Simbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.1	A  C I E L O  A B I E R T O	M - 1		CH A-4 (9)	Arcilla de Alta Plasticidad con arena , de color gris oscuro de consistencia rígida Limite líquido : 59.9% Limite plástico : 24.4% Índice de plasticidad : 35.6% Humedad natural : 31.5%
0.2					
0.3					
0.4					
0.5					
0.6					
0.7					
0.8					
0.9					
1.0					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
1.5					
1.6					
1.7					
1.8					


Observaciones:  
Muestreo e identificación realizados por el solicitante

 964423859 - 943011231
 [fermatisac@gmail.com](mailto:fermatisac@gmail.com)

 Ca. José Galvez N° 120
 [www.fermatisac.cf](http://www.fermatisac.cf)

ANEXO N°29. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO N° 3757** (Pág. 01 de 01)




Expediente : 1758 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz  
 Lugar : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Abril del 2022



ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea  
 REFERENCIA : NORMA NTP 339.177 : 2002  
 ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea  
 REFERENCIA : NORMA NTP 339.178 : 2003



**Tipo de Análisis : Analisis Químico**

		C-01 - M-1	C-02 - M-1	C-03 - M-1	C-04 - M-	C-05 - M-1
		0.10 a 1.50 mts.	0.10 a 1.50 mts.	0.10 a 1.50 mts.	0.10 a 1.50 mts.	0.10 a 1.50 mts.
Sales Solubles Totales	ppm	2085	2163	2456	2311	2462
	%	0.21	0.22	0.25	0.23	0.25
Cloruros Cl <sup>-</sup>	ppm	1263	1186	1265	1421	1241
	%	0.13	0.12	0.13	0.14	0.12
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ppm	860	740	910	865	724
	%	0.09	0.07	0.09	0.09	0.07


**Observaciones:**  
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

 964423859 - 943011231  
 Ca. José Galvez N° 120

 [fermatisac@gmail.com](mailto:fermatisac@gmail.com)  
 [www.fermatisac.cf](http://www.fermatisac.cf)

ANEXO N°30. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag.: 01 de 01

---

**SOLICITANTE:** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA

**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO:** : "Diseño de Pavimento con Adoques Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz "

**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque

**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 06 de abril de 2022

**FECHA EMISIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m3 (56000 ple-lb/pie3)).**

**NORMA: MTC E 115 / NTP 399.141 / ASTM D 1557**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural

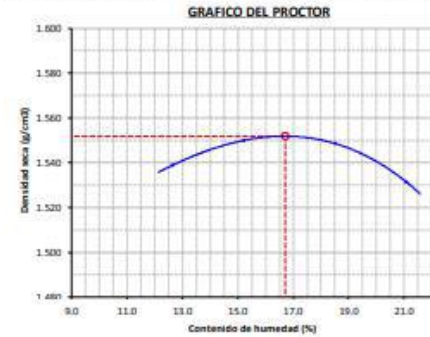
CALICATA: C-1

MUESTRA: M-1

FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022


DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A,B ó C)				
					TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. ACM	% Q. PASA
Peso del suelo + molde (g)	10014	10125	10230	10270	2"				
Peso del molde (g)	6350	6350	6350	6350	3/4"				
Peso del suelo húmedo compactado (g)	3664	3775	3880	3920	3/8"				
Volumen del molde (cm3)	2114	2114	2114	2114	N°04				
Peso del volumen húmedo (g/cm3)	1.733	1.786	1.835	1.854	<N°04				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>									
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>					
Peso del suelo húmedo + tara (g)	189.5	204.5	207.6	215.6	PESO: 6				
Peso del suelo seco + tara (g)	170.0	181.0	179.0	181.0	MÉTODO DE COMPACTACIÓN : "A"				
Peso de tara (g)	15.6	26.5	24.6	16.9	MOLDE UTILIZADO (pu(g)) : 4				
Peso de agua (g)	19.5	23.5	28.6	34.6	NÚMERO DE GOLPES : 25				
Peso de suelo seco (g)	154.4	154.5	154.4	164.1	NÚMERO DE CAPAS : 5				
Contenido de agua (%)	12.6	15.2	18.5	21.1	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO : Húmedo				
Peso volumétrico seco (g/cm3)	1.539	1.550	1.549	1.531	DESCRIPCIÓN DEL PISÓN UTILIZADO : Manual				

**GRÁFICO DEL PROCTOR**




**DENSIDAD MÁXIMA SECA :** 1.552 g/cm3


**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :** 16.71 %



Germán González Quiñones



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



José Carlos Forno Bello Aranda  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

## ANEXO N°31. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

## INFORME DE ENSAYO

Pag. 01 de 02

**SOLICITANTE:** : SANTILLAN Y ZADAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
**PROYECTO:** : "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transmisibilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"  
**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 06 de abril de 2022 **FECHA EMISIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

## CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.

NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-193

## REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural

CALICATA: C-1

MUESTRA: M-1

FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

DATOS DEL ENSAYO			COMPACTACIÓN												
Nº Molde	1		2		3										
Nº Capa	5		5		5										
Nº Golpes por capa	55		26		12										
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			sin Saturado	Saturado	sin Saturado	Saturado	sin Saturado	Saturado							
Peso molde + Suelo húmedo (g)	1202.0		1215.5	1168.5	1187.2	1151.0	1172.0								
Peso de molde (g)	810.1		810.1	806.7	806.7	806.5	806.5								
Peso del suelo húmedo (g)	391.9		405.4	361.8	380.5	344.5	365.5								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	212.2		212.2	213.1	213.1	212.6	212.6								
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.847		1.910	1.698	1.786	1.620	1.719								
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.580		1.580	1.450	1.450	1.365	1.365								
DATOS DEL ENSAYO			HUMEDAD												
Nº Tara	-		-	-	-	-	-	-							
Tara + Suelo húmedo (g)	198.5		405.4	204.5	380.5	261.5	365.5								
Tara + Suelo seco (g)	175.0		391.9	180.0	362.8	225.0	344.5								
Peso del Agua (g)	23.5		115	24.5	117	36.5	21.0								
Peso del tara (g)	35.8		0.0	36.8	0.0	36.6	0.0								
Peso del suelo seco (g)	139.2		335.9	143.2	308.4	189.4	290.1								
Porcentaje de humedad (%)	35.9		29.9	17.1	21.2	18.7	26.0								
FECHA	HORA	TIEMPO Nr.	EXPANSIÓN												
			DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN			
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%	
12/04/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	
13/04/2022	11.3	24	21.5	0.022		15.0	0.015		45.0	0.045					
14/04/2022	11.3	48	185.9	0.186		210.0	0.210		236.0	0.236					
15/04/2022	11.3	72	268.9	0.269		290.0	0.290		326.0	0.326					
16/04/2022	11.3	96	345.0	0.345		340.0	0.340		360.0	0.360					
			11.64	total	1.60	11.67	total	1.80	11.62	total	2.03				
TIEMPO	PENETRACIÓN		CARGA STAND. Kg./cm <sup>2</sup>	PENETRACIÓN											
	Mm.	Pulg.		MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3					
				CARGA	CORRECCIÓN	%	CARGA	CORRECCIÓN	%	CARGA	CORRECCIÓN	%			
0'00"	0.000	0.000		Digital	kgf	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Digital	kgf	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Digital	kgf	Kg/cm <sup>2</sup>	%
0'30"	0.640	0.025		0	0			0	0			0	0		
1'00"	1.270	0.050		10	10			5	5			4	4		
1'30"	1.910	0.075		15	15			9	9			5	5		
2'00"	2.540	0.100	70.31	21	21			12	12			8	8		
2'30"	3.170	0.125		29	29	1.5	2.3	16	16	1.1	1.6	9	9	0.6	0.8
3'00"	3.810	0.150		38	38			24	24			12	12		
4'00"	5.080	0.200	105.46	40	40			31	31			18	18		
6'00"	7.620	0.300		53	52	2.6	2.3	38	38	1.7	1.7	24	24	1.1	1.1
8'00"	10.160	0.400		58	58			40	40			31	31		
10'00"	12.700	0.500		60	60			45	45			37	37		
				80	80			56	56			41	41		

Germán Guevara CARRERA



San Carlos Rivera Alvarado  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CP. 123291



964423059 - 943011231



Ca. José Galvez N° 120




fermatisac@gmail.com



www.fermatisac.cf

ANEXO N°32. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO**

Pág. 02 de 02

**SOLICITANTE:** SANTILLAN YADAGA, ANDREA CRUZ DE MARIA

**ATENCIÓN:** ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transparencia Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"

**UBICACIÓN:** Urbanización San Carlos-José Leonardo

**FECHA RECEPCIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022.

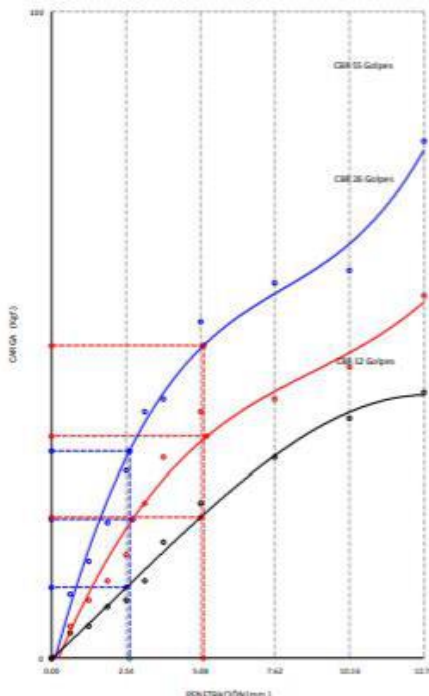
**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
 NORMA: MTC E 182, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural.

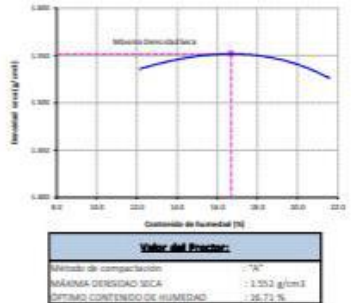
FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

**GRAFICO CARGA vs PENETRACION**



CARGA STAND. kg/cm²	PENETRACION		55 GOLPES CORRECCION		26 GOLPES CORRECCION		12 GOLPES CORRECCION	
	Min.	Max.	kg/cm²	%	kg/cm²	%	kg/cm²	%
70.31	2.54	0.1	1.5	2.1	3.1	3.8	0.8	0.8
105.46	5.08	0.2	2.6	2.3	3.7	3.7	1.3	1.1

**GRAFICO DEL PROCTOR**



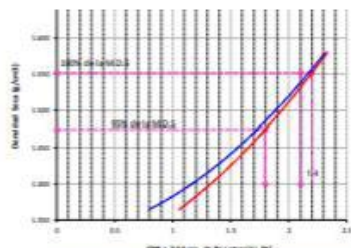
Valor del Proctor:

Metodo de compactacion: "W"

MÁXIMA DENSIDAD SECA: 1.553 g/cm³

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 16.71 %

**GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.**






Número de Golpes	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm	5.08 cm
55	1.580 g/cm³	2.1 %	2.1 %
26	1.450 g/cm³	1.8 %	1.7 %
12	1.360 g/cm³	0.8 %	1.1 %

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS.

Valor del CBR de Penetración:	0.1"	0.2"
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>2.1 %</b>	<b>2.2 %</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>1.8 %</b>	<b>1.8 %</b>

Condiciones del Ensayo: Saturado


964423659 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

## ANEXO N°33. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**FERMATI**  
Constructora y Servicios Generales

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag: 01 de 01

**SOLICITANTE:** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARIA

**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO:** : "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitableidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"

**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque

**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 06 de abril de 2022 **FECHA EMISIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lb/pie<sup>3</sup>)).**

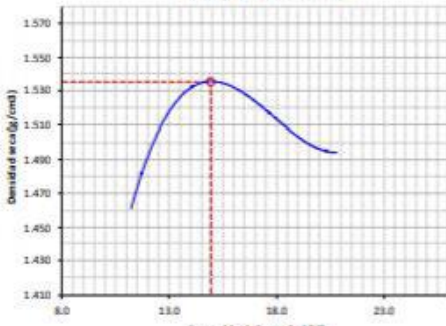
**NORMA: MTC E 115 / NTP 339.141 / ASTM D 1557**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural CALICATA: C-3 MUESTRA: M-1 FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022


DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1				2				3				4				DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A, B ó C)				
	EMPLEADO					TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. ADM.	% Q. PASA											
Peso del suelo + molde (g)	9850	10045	10123	10152																	
Peso del molde (g)	6350	6350	6350	6350																	
Peso del suelo húmedo compactado (g)	3500	3695	3773	3802																	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2114	2114	2114	2114																	
Peso del volumen húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.656	1.748	1.785	1.798																	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>													
Peso del suelo húmedo + tara (g)	214.5	198.5	236.5	192.5	PESO: 6																
Peso del suelo seco + tara (g)	192.0	174.0	201.0	160.0	MÉTODO DE COMPACTACIÓN: <b>*A*</b>																
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	MOLDE UTILIZADO (pulg): <b>4</b>																
Peso de agua (g)	22.5	24.5	35.5	32.5	NÚMERO DE GOLPES: <b>25</b>																
Peso de suelo seco (g)	192	174	201	160	NÚMERO DE CAPAS: <b>5</b>																
Contenido de agua (%)	11.7	14.1	17.7	20.3	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO: <b>Húmedo</b>																
Peso volumétrico seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.482	1.532	1.517	1.495	DESCRIPCIÓN DEL PISÓN UTILIZADO: <b>Manual</b>																

**GRAFICO DEL PROCTOR**



**DENSIDAD MAXIMA SECA : 1.535 g/cm<sup>3</sup>**

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD : 14.94 %**




964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°34. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag.: 01 de 02

---

**SOLICITANTE:** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA

**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** : "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ordoz"

**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ordoz, Departamento de Lambayeque

**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 06 de abril de 2022

**FECHA EMISION:** viernes, 22 de abril de 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
**NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-193**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural

CALICATA: C-2

MUESTRA: M-1

FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

DATOS DEL ENSAYO		COMPACTACIÓN							
Nº Molde		1		2		3			
Nº Capa		5		5		5			
Nº Golpes por capa		55		26		12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado	
Peso molde + Suelo húmedo (g)		11850	12056	11610	11980	11520	11820		
Peso de molde (g)		8101	8101	8067	8067	8065	8065		
Peso del suelo húmedo (g)		3749	3955	3543	3913	3455	3755		
Volumen del molde (cm3)		2122	2122	2131	2131	2126	2126		
Densidad húmeda (g/cm3)		1.767	1.864	1.663	1.836	1.625	1.766		
Densidad seca (g/cm3)		1.538	1.538	1.428	1.428	1.381	1.381		

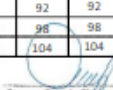
DATOS DEL ENSAYO		HUMEDAD							
Nº Tara		-	-	-	-	-	-		
Tara + Suelo húmedo (g)		198.5	3955.0	175.8	3913.0	245.1	3755.0		
Tara + Suelo seco (g)		181.0	3749.0	160.0	3543.0	221.0	3455.0		
Peso del Agua (g)		17.5	206	15.8	370	24.1	300		
Peso del tara (g)		63.1	0.0	63.8	0.0	84.9	0.0		
Peso del suelo seco (g)		117.9	3264.5	96.2	3043.2	136.1	2935.2		
Porcentaje de humedad (%)		14.8	21.2	16.4	28.6	17.7	27.9		


FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN								
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
12/04/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0
13/04/2022	11.3	24	10.0	0.010		16.0	0.016		24.0	0.024	
14/04/2022	11.3	48	245.0	0.245		240.0	0.240		256.0	0.256	
15/04/2022	11.3	72	292.0	0.292		305.0	0.305		340.0	0.340	
16/04/2022	11.3	96	340.0	0.340		345.0	0.345		420.0	0.420	
			11.64	total	2.11	11.67	total	2.06	11.62	total	2.20

TIEMPO	PENETRACIÓN		CARGA STAND. Kg./cm²	PENETRACIÓN											
				MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
	Mm.	Pulg.		kgf	Kg/cm2	%	kgf	Kg/cm2	%	kgf	Kg/cm2	%	kgf	Kg/cm2	%
0'00"	0.000	0.000	0	0		0	0		0	0		0	0		
0'30"	0.640	0.025		18	18		10	10		6	6		6	6	
1'00"	1.270	0.050		36	36		24	24		9	9		9	9	
1'30"	1.910	0.075		46	46		31	31		10	10		10	10	
2'00"	2.540	0.100	70.31	54	54	2.8	4.2	38	38	1.9	2.7	11	11	0.6	0.8
2'30"	3.170	0.125		68	68			42	42			15	15		
3'00"	3.810	0.150		75	75			49	49			18	18		
4'00"	5.080	0.200	105.46	89	89	4.5	4.1	52	52	2.8	2.6	24	24	1.1	1.1
6'00"	7.620	0.300		92	92			59	59			36	36		
8'00"	10.160	0.400		98	98			65	65			42	42		
10'00"	12.700	0.500		104	104			71	71			50	50		



Germán Gestoso Ojeda



Aven Carlos Fermín Espinoza  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123331


964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°35. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pág.: 02 de 02

**SOLICITANTE:** SANTIALLAN YAZAGUA, ANDREA CRUZ D' MARIA

**ATENCIÓN:** ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** "Diseño de Pavimento con Adosqueros Permeables en Calles de Baja Transmisibilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"

**UBICACIÓN:** miércoles, 06 de abril de 2022

**FECHA RECEPCIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

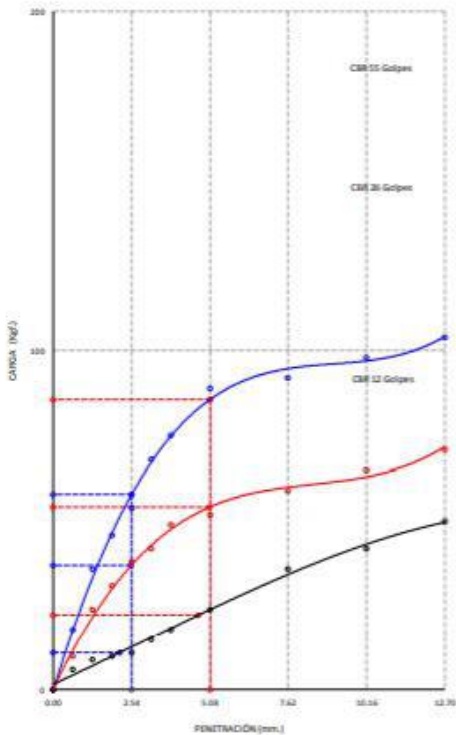
**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
**NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-193**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

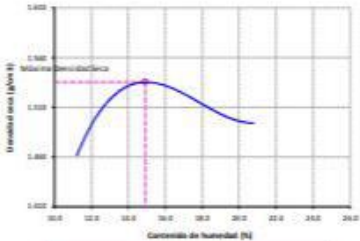
IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural

FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

**GRAFICO CARGA vs PENETRACION**



**GRAFICO DEL PROCTOR**



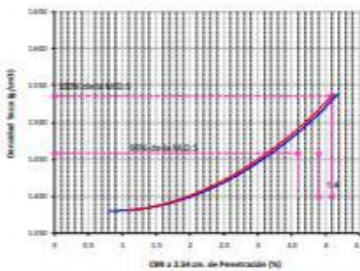
**Valor del Proctor.**

Método de compactación: "A"

MÁXIMA DENSIDAD SECA: 1.515 g/cm<sup>3</sup>

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 13.94 %

**GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.**



Número de golpes	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm	5.08 cm
15	1.538 g/cm <sup>3</sup>	4.2 %	4.1 %
20	1.428 g/cm <sup>3</sup>	2.7 %	2.6 %
12	2.082 g/cm <sup>3</sup>	0.6 %	1.1 %

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS.**

Valor del CBR de Penetración:	0.1"	0.2"
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>4.1 %</b>	<b>4.1 %</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>3.9 %</b>	<b>3.6 %</b>
Condiciones del Ensayo:	Saturado	

CARGA STAND. Rejcm <sup>2</sup>	PENETRACION		15 GOLPES CORRECCION		20 GOLPES CORRECCION		12 GOLPES CORRECCION	
	Med.	Pad.	g/cm <sup>3</sup>	%	g/cm <sup>3</sup>	%	g/cm <sup>3</sup>	%
70.31	2.54	0.1	2.8	4.2	1.0	2.7	0.6	0.8
105.46	5.08	0.2	4.5	4.1	2.8	2.6	1.1	1.1


964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°36. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

### INFORME DE ENSAYO

Pag: 01 de 01

**SOLICITANTE:** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 : "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz "

**PROYECTO:**  
**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 06 de abril de 2022 **FECHA EMISION:** viernes, 22 de abril de 2022

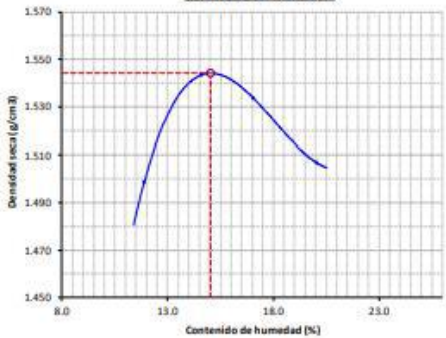
#### COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 ple-lb/ple<sup>3</sup>)).

**NORMA: MTC E 115 / NTP 339.141 / ASTM D 1557**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**  
 IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural CALICATA: C-3 MUESTRA: M-1 FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022


DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A, B ó C) EMPLEADO				
					TAMIZ	PESO	% RET. ACM	% Q. PASA	
Peso del suelo + molde (g)	9895	10089	10145	10174	2"				
Peso del molde (g)	6350	6350	6350	6350	3/4"				
Peso del suelo húmedo compactado (g)	3545	3739	3795	3824	3/8"				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2114	2114	2114	2114	N°04				
Peso del volumen húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.677	1.769	1.795	1.809	<N°04				
CONTENIDO DE HUMEDAD					1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo + tara (g)	195.8	215.4	204.5	216.5					PESO: g
Peso del suelo seco + tara (g)	184.0	196.0	184.0	191.0	MÉTODO DE COMPACTACIÓN : "A"				
Peso de tara (g)	84.8	63.1	63.8	63.8	MOLDE UTILIZADO (pulg.) : 4				
Peso de agua (g)	11.8	19.4	20.5	25.5	NÚMERO DE GOLPES : 25				
Peso de suelo seco (g)	99.2	132.9	120.2	127.2	NÚMERO DE CAPAS : 5				
Contenido de agua (%)	11.9	14.6	17.1	20.0	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO : Húmedo				
Peso volumétrico seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.499	1.543	1.534	1.507	DESCRIPCIÓN DEL PISÓN UTILIZADO : Manual				

**GRAFICO DEL PROCTOR**



**DENSIDAD MAXIMA SECA :**
**1.544 g/cm<sup>3</sup>**

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :**
**15.03 %**




964423859 - 943011231

fermatisac@gmail.com

Ca. José Galvez N° 120

www.fermatisac.cf

## ANEXO N°37. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**FERMATI**  
Constructora y Servicios Generales

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag.: 01 de 02

**SOLICITANTE:** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA

**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** : "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transmisibilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz "

**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque

**FECHA RECEPCIÓN:** : miércoles, 06 de abril de 2022 **FECHA EMISION:** : viernes, 22 de abril de 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
**NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1553 y AASHTO T-193**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural CALICATA: C-3 MUESTRA: M-1 FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

DATOS DEL ENSAYO			COMPACTACIÓN					
Nº Molde	7		8		9			
Nº Capa	5		5		5			
Nº Golpes por capa	55		26		12			
CONDICION DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado	
Peso molde + Suelo húmedo (g)	12160		12518		12214		12640	
Peso de molde (g)	8384		8384		8558		8558	
Peso del suelo húmedo (g)	3776		4134		3656		4082	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2122		2122		2122		2115	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.779		1.948		1.725		1.924	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.540		1.540		1.484		1.484	



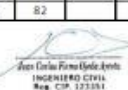
DATOS DEL ENSAYO			HUMEDAD					
Nº Tara	-		-		-		-	
Tara + Suelo húmedo (g)	245.5		4134.0		215.0		4082.0	
Tara + Suelo seco (g)	221.0		3776.0		194.0		3656.0	
Peso del Agua (g)	24.5		358		21		426	
Peso del tara (g)	63.1		0.0		63.4		0.0	
Peso del suelo seco (g)	157.9		3268.8		130.6		3149.6	
Porcentaje de humedad (%)	15.5		26.5		16.1		29.6	

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN											
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			
12/04/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0			
13/04/2022	11.3	24	24.0	0.024		35.0	0.035		15.0	0.015				
14/04/2022	11.3	48	198.0	0.198		215.0	0.215		240.0	0.240				
15/04/2022	11.3	72	256.0	0.256		265.0	0.265		290.0	0.290				
16/04/2022	11.3	96	310.0	0.310		340.0	0.340		340.0	0.340				
			1163	total	1.70	11.65	total	1.85	11.63	total	2.06			

TIEMPO	PENETRACIÓN		CARGA STAND. Kg./cm <sup>2</sup>	PENETRACIÓN											
	Mm.	Pulg.		MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 8				MOLDE Nº 9			
				CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
				L. Digital	kgf	Kg/cm2	%	L. Digital	kgf	Kg/cm2	%	L. Digital	kgf	Kg/cm2	%
0'00"	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0'30"	0.640	0.025	16	16	15	15	15	15	7	7	7	7			
1'00"	1.270	0.050	28	28	21	21	21	21	9	9	9	9			
1'30"	1.910	0.075	36	36	29	29	29	29	10	10	10	10			
2'00"	2.540	0.100	70.31	46	46	2.3	4.0	32	32	1.7	2.4	12	12	0.6	0.9
2'30"	3.170	0.125	69	69	41	41	41	41	15	15	15	15			
3'00"	3.810	0.150	73	73	45	45	45	45	21	21	21	21			
4'00"	5.080	0.200	105.46	89	89	4.5	4.0	57	57	2.8	2.6	26	26	1.2	1.1
6'00"	7.620	0.300	92	92	68	68	68	68	36	36	36	36			
8'00"	10.160	0.400	101	101	75	75	75	75	45	45	45	45			
10'00"	12.700	0.500	140	110	82	82	82	82	52	52	52	52			


964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°38. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag: 02 de 02

**SOLICITANTE:** - SANTILLAN YZAGUA, ANDREA CRUZ D' SARRIA  
**ATENCIÓN:** - ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
**PROYECTO:** - "Diseño de Pavimento con Adobques Permeables en Calles de Baja Transmittabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"  
**UBICACIÓN:** - Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
**FECHA RECEPCIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
**NORMA: MTC E 152, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-193**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**  
IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural

FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

**GRAFICO CARGA vs PENETRACION**

**GRAFICO DEL PROCTOR**

**Valor del Proctor:**

Método de compactación: "A"  
MÁXIMA DENSIDAD SECA: 1.544 g/cm<sup>3</sup>  
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 15.03 %

**GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.**

Número de Golpes	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm	5.08 cm
55	1.540 g/cm <sup>3</sup>	4.0 %	4.0 %
26	1.484 g/cm <sup>3</sup>	2.4 %	2.5 %
12	1.429 g/cm <sup>3</sup>	0.9 %	1.1 %

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS.**

Valor del CBR de Penetración:	0.1"	0.2"
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>4.1 %</b>	<b>4.1 %</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>1.9 %</b>	<b>2.2 %</b>
Condiciones del Ensayo:	Saturado	


**Juan Carlos Ferra Velásquez**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123151

CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	PENETRACION		55 GOLPES CORRECCION		26 GOLPES CORRECCION		12 GOLPES CORRECCION	
	Mm.	Pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
70.31	2.54	0.1	2.3	4.0	1.7	2.4		
105.40	5.08	0.2	4.5	4.0	2.8	2.5		

964423859 - 943011231  
Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com  
www.fermatisac.cf

ANEXO N°39. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag. 01 de 01

---

**SOLICITANTE:** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA

**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** : "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"

**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque

**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 06 de abril de 2022

**FECHA EMISIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 ple-lb/ple<sup>3</sup>)).**

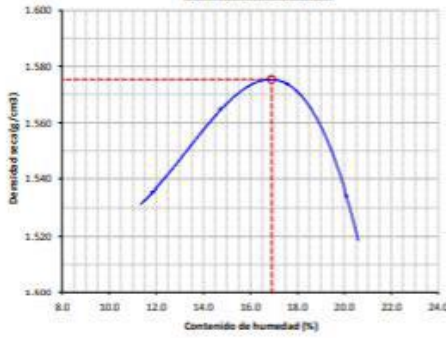
**NORMA: MTC E 115 / NTP 389.141 / ASTM D 1557**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural      CALICATA: C-4      MUESTRA: NA-1      FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022


DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1				2				3				4				DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A,B ó C) EMPLEADO.											
	Peso del suelo + molde (g)		Peso del molde (g)		Peso del suelo húmedo compactado (g)		Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		Peso del volumen húmedo (g/cm <sup>3</sup> )		TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. ACM	% Q. PASA													
Peso del suelo + molde (g)	9980	10145	10262	10345	6350	6350	6350	6350	3630	3795	3912	3895	2114	2114	2114	2114	1.717	1.795	1.851	1.842	Nº4							
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																												
Peso del suelo húmedo + tara (g)	256.1	198.5	210.5	226.0	229.0	173.0	179.0	188.2	27.1	25.5	31.5	37.8	22.9	17.3	17.9	188.2	11.8	14.7	17.6	20.1	1.535	1.585	1.574	1.534				
Peso del suelo seco + tara (g)	229.0	173.0	179.0	188.2	0.0	0.0	0.0	0.0	27.1	25.5	31.5	37.8	22.9	17.3	17.9	188.2	11.8	14.7	17.6	20.1	1.535	1.585	1.574	1.534				
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.1	25.5	31.5	37.8	22.9	17.3	17.9	188.2	11.8	14.7	17.6	20.1	1.535	1.585	1.574	1.534				
Peso de agua (g)	27.1	25.5	31.5	37.8	27.1	25.5	31.5	37.8	27.1	25.5	31.5	37.8	27.1	25.5	31.5	37.8	27.1	25.5	31.5	37.8	27.1	25.5	31.5	37.8				
Peso de suelo seco (g)	22.9	17.3	17.9	188.2	22.9	17.3	17.9	188.2	22.9	17.3	17.9	188.2	22.9	17.3	17.9	188.2	22.9	17.3	17.9	188.2	22.9	17.3	17.9	188.2				
Contenido de agua (%)	11.8	14.7	17.6	20.1	11.8	14.7	17.6	20.1	11.8	14.7	17.6	20.1	11.8	14.7	17.6	20.1	11.8	14.7	17.6	20.1	11.8	14.7	17.6	20.1				
Peso volumétrico seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.535	1.585	1.574	1.534	1.535	1.585	1.574	1.534	1.535	1.585	1.574	1.534	1.535	1.585	1.574	1.534	1.535	1.585	1.574	1.534	1.535	1.585	1.574	1.534				

**GRAFICO DEL PROCTOR**



**DENSIDAD MAXIMA SECA :** 1.575 g/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :** 16.90 %




964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°40. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag. 02 de 02




**SOLICITANTE:** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDRÍA CRUZ D' MARÍA  
**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
**PROYECTO:** : "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"

**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 05 de abril de 2022 **FECHA EMISIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
**NORMA: MTC E 182. Basado en la Norma ASTM D-1585 y AASHTO T-193**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**  
IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural      CALICATA: C-4      MUESTRA: M-1      FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

DATOS DEL ENSAYO			COMPACTACIÓN														
Nº Molde	20		11		12												
Nº Capa	5		5		5												
Nº Golpes por capa	55		25		12												
CONDICIÓN DE LA MUESTRA:			Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado									
Peso molde + Suelo húmedo (g)	12319.3	13428.6	11182.7	11323.1	11420	11662											
Peso de molde (g)	8453	8453	7646	7646	7973	7973											
Peso del suelo húmedo (g)	3866.2	3975.6	3536.7	3677.1	3447	3689											
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2161	2261	2106	2106	2100	2100											
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.789	1.840	1.679	1.746	1.642	1.757											
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.531	1.531	1.430	1.430	1.387	1.387											
DATOS DEL ENSAYO			HUMEDAD														
Nº Tara	-		-		-		-										
Tara + Suelo húmedo (g)	221.5	2975.6	198.5	3677.1	278.0	3689.0											
Tara + Suelo seco (g)	198.6	3866.2	178.5	3536.7	248.0	3447.0											
Peso del Agua (g)	22.9	109.4	20	140.4	30	242											
Peso del tara (g)	63.1	0.0	63.8	0.0	84.9	0.0											
Peso del suelo seco (g)	135.5	3307.3	114.7	3011.6	163.1	2911.5											
Porcentaje de humedad (%)	36.9	30.2	17.4	32.1	18.4	26.7											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN														
			DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN								
			DIAL	EXPANSIÓN Pulg.	%	DIAL	EXPANSIÓN Pulg.	%	DIAL	EXPANSIÓN Pulg.	%						
12/04/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0						
13/04/2022	11.3	24	45.0	0.045	0	36.0	0.036	0	25.0	0.025	0						
14/04/2022	11.3	48	170.0	0.170	0	186.0	0.186	0	195.0	0.195	0						
15/04/2022	11.3	72	280.0	0.280	0	290.0	0.290	0	260.0	0.260	0						
16/04/2022	11.3	96	330.0	0.330	0	340.0	0.340	0	310.0	0.310	0						
			11.51	total	1.48	11.50	total	1.60	11.54	total	1.69						
TIEMPO	PENETRACIÓN		CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup>	PENETRACIÓN													
	Mm.	Pulg.		MOLDE Nº 10			MOLDE Nº 11			MOLDE Nº 12							
				CARGA Digital	kgf	Kg/cm <sup>2</sup>	%	CARGA Digital	kgf	Kg/cm <sup>2</sup>	%	CARGA Digital	kgf	Kg/cm <sup>2</sup>	%		
0'00"	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0'30"	0.640	0.025		9	9			8	8			4	4				
1'00"	1.270	0.050		12	12			10	10			7	7				
1'30"	1.910	0.075		18	18			13	13			9	9				
2'00"	2.540	0.100	10.63	26	26	1.8	8.7	19	19	1.9	1.9	12	12	0.19	1.8		
2'30"	3.170	0.125		45	45			34	34			14	14				
3'00"	3.810	0.150		79	79			46	46			26	26				
4'00"	5.080	0.200	105.46	90	90	4.6	4.0	53	53	2.6	2.5	37	37	1.7	1.6		
6'00"	7.620	0.300		92	92			69	69			46	46				
8'00"	10.160	0.400		101	101			81	81			48	48				
10'00"	12.700	0.500		112	112			88	88			52	52				

Ben Galva Fierro Galva  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 123391


964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°41. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag. 02 de 02

**SOLICITANTE:** SANTILLAN YZAGUA, ANDREA CRUZ D' MARIA  
**ATENCIÓN:** ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
**PROYECTO:** "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitableidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"  
**UBICACIÓN:** Urbanización San Carlos-José Leonardo  
**FECHA RECEPCIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

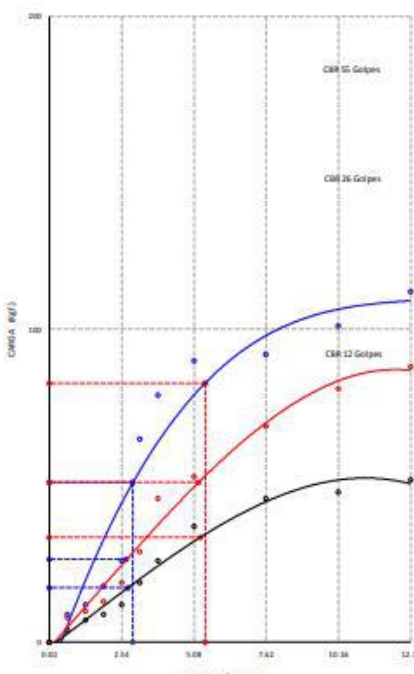
**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
**NORMA: MTC E 182, Derivado de la Norma ASTM D-1586 y AASHTO T-199**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural

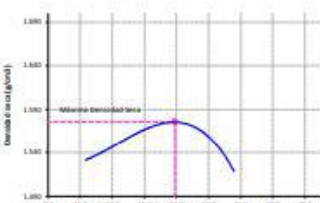
FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

**GRAFICO CARGA vs PENETRACION**



CARGA STAND. kg/cm²	PENETRACION		55 GOLPES CORRECCION		26 GOLPES CORRECCION		11 GOLPES CORRECCION	
	Mm.	Pulg.	kg/cm²	%	kg/cm²	%	kg/cm²	%
70.31	2.54	0.1	1.3	3.7	1.3	1.9	0.9	1.3
305.46	5.08	0.2	4.6	4.0	3.6	2.5	3.7	1.6

**GRAFICO DEL PROCTOR**



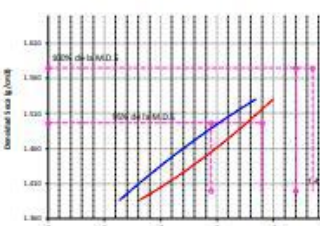
**Valor del Proctor:**

Método de compactación: 1C\*

MÁXIMA DENSIDAD SECA: 1.875 g/cm³

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 16.90 %


**GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.**




Número de Golpes	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm.	5.08 cm.
55	1.531 g/cm³	3.7 %	4.0 %
26	1.430 g/cm³	1.9 %	2.5 %
11	1.387 g/cm³	3.3 %	1.6 %

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS.**


Valor del CBR de Penetración:	0.1"	0.1"
	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.:	<b>4.4 %</b>	<b>4.7 %</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.:	<b>2.9 %</b>	<b>3.8 %</b>
Condiciones del Ensayo:	Saturado	



Germán Gustavo Capriles



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



José Carlos Forno Hondo  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.P. 123351


964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°42. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag: 01 de 01

---

**SOLICITANTE:** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA

**ATENCIÓN:** : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**PROYECTO:** : "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"

**UBICACIÓN:** : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque

**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 05 de abril de 2022

**FECHA EMISIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 ple-lb/pie<sup>3</sup>)).**

**NORMA: MTC E 115 / NTP 399.141 / ASTM D 1557**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural

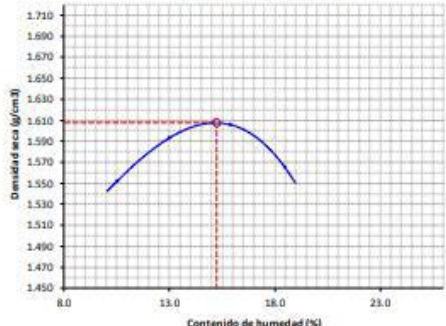
CALICATA: C-5

MUESTRA: M-1

FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022




DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A, B ó C)				
					TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. ACM	% Q. PASA
Peso del suelo + molde (g)	9978	10156	10284	10270					
Peso del molde (g)	6350	6350	6350	6350	2"				
Peso del suelo húmedo compactado (g)	3628	3806	3934	3920	3/4"				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2114	2114	2114	2114	3/8"				
Peso del volumen húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.716	1.800	1.861	1.854	N°04				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>&lt;N°04</b>				
Peso del cuelo húmedo + tara (g)	226.5	245.6	286.1	289.5	PESO: g				
Peso del suelo seco + tara (g)	219.1	229.6	262.9	269.9	MÉTODO DE CORRECCIÓN: "A"				
Peso de tara (g)	54.0	63.1	54.0	63.8	MOLDE UTILIZADO (pulg.): 4				
Peso de agua (g)	17.4	21	33.2	19.6	NÚMERO DE GOLPES: 25				
Peso de suelo seco (g)	165.1	161.5	208.9	206.1	NÚMERO DE CAPAS: 5				
Contenido de agua (%)	10.5	13.0	15.9	18.5	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO: Húmedo				
Peso volumétrico seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.553	1.593	1.606	1.565	DESCRIPCIÓN DEL PISÓN UTILIZADO: Manual				

**GRAFICO DEL PROCTOR**



**DENSIDAD MÁXIMA SECA :** 1.607 g/cm<sup>3</sup>

**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :** 15.23 %


964423859 - 943011231

Cd. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cl

ANEXO N°43. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag.: 01 de 02

**SOLICITANTE:** - SANTILLAN YAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA

**ATENCIÓN:** - ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO:** - "Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transmisibilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"

**UBICACIÓN:** - Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque

**FECHA RECEPCIÓN:** miércoles, 06 de abril de 2022 **FECHA EMISIÓN:** viernes, 22 de abril de 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**

**NORMA: MTC E 152, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-193**

**REFERENCIA DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural CALICATA: C-5 MUESTRA: M-1 FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

DATOS DEL ENSAYO		COMPACTACIÓN					
Nº Molde	1	2		3			
Nº Capa	5	5		5			
Nº Golpes por capa	55	26		12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	
Peso molde + Suelo húmedo (g)	12024	12290	11828	12050	11650	11980	
Peso de molde (g)	8101	8101	8067	8067	8065	8065	
Peso del suelo húmedo (g)	3923	4189	3761	3983	3585	3915	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2122	2122	2131	2131	2126	2126	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.849	1.974	1.765	1.869	1.686	1.841	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.605	1.605	1.517	1.517	1.440	1.440	


DATOS DEL ENSAYO		HUMEDAD					
Nº Tara	-	-	-	-	-	-	
Tara + Suelo húmedo (g)	236.1	4189.0	198.5	3983.0	205.6	3915.0	
Tara + Suelo seco (g)	211.9	3923.0	178.0	3761.0	183.2	3585.0	
Peso del Agua (g)	24.2	266	20.5	222	22.4	330	
Peso del tara (g)	52.9	0.0	52.3	0.0	52.2	0.0	
Peso del suelo seco (g)	159.0	3404.8	125.7	3233.6	131.1	3061.7	
Porcentaje de humedad (%)	15.2	23.0	16.3	23.2	17.1	27.9	

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN								
			MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
			DIAL	EXPANSIÓN Pulg.	%	DIAL	EXPANSIÓN Pulg.	%	DIAL	EXPANSIÓN Pulg.	%
12/04/2022	11.3	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0	0.0	0.000	0
13/04/2022	11.3	24	18.0	0.058		16.0	0.016		21.0	0.021	
14/04/2022	11.3	48	196.0	0.295		215.0	0.215		225.0	0.225	
15/04/2022	11.3	72	278.0	0.278		286.0	0.286		290.0	0.290	
16/04/2022	11.3	96	340.0	0.340		310.0	0.310		360.0	0.360	
			11.64	total	1.68	11.67	total	1.84	11.62	total	1.94


  

TIEMPO	PENETRACIÓN		CARGA STAND. Kg./cm <sup>2</sup>	PENETRACIÓN												
	Mm.	Pulg.		MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3				
				CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN					
0'00"	0.000	0.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0'30"	0.640	0.025		12	12		12	12		8	8		8	8		8
1'00"	1.270	0.050		38	38		23	23		9	9		9	9		9
1'30"	1.910	0.075		45	45		38	38		12	12		12	12		12
2'00"	2.540	0.100	70.31	52	52	2.6	3.7	43	43	2.1	3.0	18	18	0.8	1.2	
2'30"	3.170	0.125		58	58			49	49			21	21			
3'00"	3.810	0.150		65	65			53	53			24	24			
4'00"	5.080	0.200	105.46	78	78	4.0	3.7	56	56	3.0	2.8	26	26	1.4	1.3	
6'00"	7.620	0.300		86	86			61	61			38	38			
8'00"	10.160	0.400		95	95			69	69			42	42			
10'00"	12.700	0.500		101	101			76	76			48	48			



964423859 - 943011231


Ca. José Galvez N° 120



fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

ANEXO N°44. Informe de ensayo de suelos de calicatas del proyecto de tesis.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO**

Pag.: 02 de 02

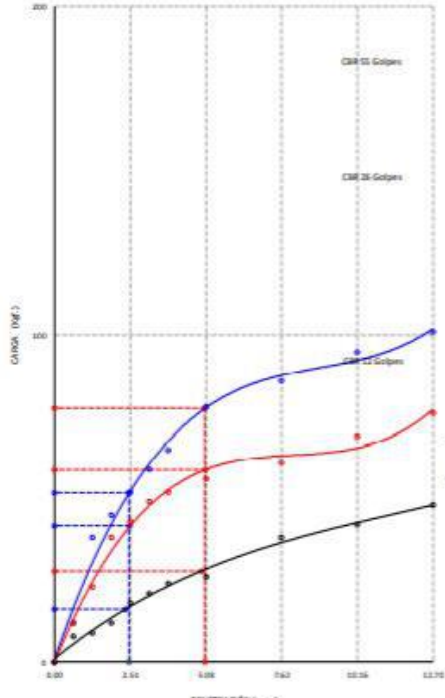
**SOLICITANTE:** SANTILLAN YAZRIGA, ANDREA CRUZ DE MARÍA.  
**ATENCIÓN:** ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 "Diseño de Pavimento con Adosados Perforables en Calles de Baja Transmisibilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"  
**PROYECTO:**  
**UBICACIÓN:** Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
**FECHA RECEPCIÓN:** Lima, 22 de abril de 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
**NORMA:** MTC E 382, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-199

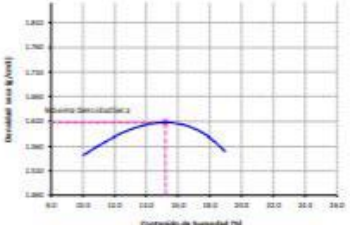
**REFERENCIA DE LA MUESTRA**  
 IDENTIFICACIÓN: Suelo de Terreno Natural

FECHA DEL ENSAYO: 11/04/2022

**GRAFICO CARGA vs PENETRACION**

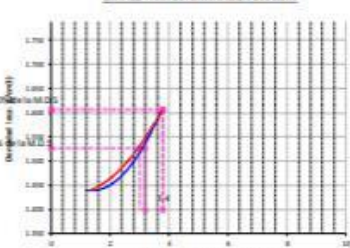


**GRAFICO DEL PROCTOR**



Valor del Proctor	
Método de compactación	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA	1.607 g/cm³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	15.33 %

**GRAFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.**



Número de golpes	Densidad seca	CBR	
		2.54 cm	5.08 cm
55	1.620 g/cm³	3.7 %	3.7 %
25	1.517 g/cm³	3.0 %	2.8 %
15	1.480 g/cm³	1.5 %	1.1 %

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS**

Valor del CBR de Penetración:	0.1"	0.2"
C.B.R. al 100 % de la M.D.S.	<b>3.8 %</b>	<b>3.8 %</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S.	<b>3.2 %</b>	<b>3.0 %</b>
Saturado		









CARGA STAND. Kg./cm²	PENETRACION		55 GOLPES CORRECCION		25 GOLPES CORRECCION		15 GOLPES CORRECCION	
	Mm.	Pulg.	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%
70.31	2.54	0.1	2.6	3.7	2.1	3.2	0.8	2.8
105.46	5.08	0.2	4.0	3.7	3.0	2.8	1.4	2.8

Gerardo Guzmán Cárdenas  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP. 133353

964423859 - 943011231  
 Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com  
 www.fermatisac.cf

**ANEXO N°45.** Informe de ensayo de los agregados gruesos y finos por el laboratorio FERMATI S.A.C

		<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES</b>																									
<b>INFORME DE ENSAYO N°3786</b>																											
(Pág. 01 de 01)																											
Expediente N°	:	1782 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C																									
Solicitante	:	SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA																									
Atención	:	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL																									
Proyecto	:	" Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos–José Leonardo Ortiz"																									
Ubicación	:	Urbanización San Carlos–José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque																									
Fecha de emisión	:	Chiclayo, 05 de Mayo del 2022																									
<p>ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en agregados</p> <p>REFERENCIA : NORMA NTP 400.018 / ASTM C-117</p> <p><b>Muestra</b> : Agregado Fino</p> <p><b>Cantera</b> : La Victoria</p>																											
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Número de determinación</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Código de tara</td> <td></td> <td>T-1</td> </tr> <tr> <td>Peso inicial muestra seca + peso de tara</td> <td>g.</td> <td>500.0</td> </tr> <tr> <td>Peso final muestra seca + peso de tara</td> <td>g.</td> <td>486.0</td> </tr> <tr> <td>Peso de finos &lt; tamiz N°200</td> <td>g.</td> <td>14.0</td> </tr> <tr> <td>Peso de tara</td> <td>g.</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Peso de muestra retenida en tamiz N°200</td> <td>g.</td> <td>486.0</td> </tr> <tr> <td>Material más fino que pasa por el tamiz N°200</td> <td>%</td> <td>2.80</td> </tr> </tbody> </table>				Número de determinación		1	Código de tara		T-1	Peso inicial muestra seca + peso de tara	g.	500.0	Peso final muestra seca + peso de tara	g.	486.0	Peso de finos < tamiz N°200	g.	14.0	Peso de tara	g.	0.0	Peso de muestra retenida en tamiz N°200	g.	486.0	Material más fino que pasa por el tamiz N°200	%	2.80
Número de determinación		1																									
Código de tara		T-1																									
Peso inicial muestra seca + peso de tara	g.	500.0																									
Peso final muestra seca + peso de tara	g.	486.0																									
Peso de finos < tamiz N°200	g.	14.0																									
Peso de tara	g.	0.0																									
Peso de muestra retenida en tamiz N°200	g.	486.0																									
Material más fino que pasa por el tamiz N°200	%	2.80																									
<p><b>OBSERVACIONES :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.</li> <li>- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.</li> </ul>																											
  																											
 964423859 - 943011231		 <a href="mailto:fermatisac@gmail.com">fermatisac@gmail.com</a>																									
 Ca. José Galvez N° 120		 <a href="http://www.fermatisac.cf">www.fermatisac.cf</a>																									

**ANEXO N°46.** Informe de ensayo de los agregados gruesos y finos por el laboratorio FERMATI S.A.C



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N°3786**

(Pag. 01 de 01)

Expediente N° : 1782 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Obra : " Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos–José Leonardo Ortiz"  
 Lugar : Urbanización San Carlos–José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 05 de Mayo del 2022

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.  
 Referencia : NTP 339.146 - EG - 2000

**EXAMEN CUANTITATIVO**

Muestra : Agregado Fino  
 Cantera : La Victoria - Patapo

**I. - DATOS**

MUESTRA N°	1	2	3
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	11.30	11.60	11.40
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	5.50	5.40	5.00
EQUIVALENTE DE ARENA	48.67 %	46.55 %	43.86 %
EQUIVALENTE DE ARENA (EA)	47 %		

ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):  
 SUB BASE : 25 % Mínimo  
 BASE : 35 % Mínimo

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.




964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

**ANEXO N°47.** Informe de ensayo de los agregados gruesos y finos por el laboratorio FERMATI S.A.C



**FERMATI**  
Construtora y Servicios Generales

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**

**INFORME DE ENSAYO N°3786**

(Pag. 1 de 1)

Expediente N° : 1782 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C

Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA

Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

Obra : \* Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja  
Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz\*


Lugar : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque

Fecha de emisión : Chiclayo, 05 de Mayo del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino  
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

**Muestra :** Agregado Fino  
**Cantera :** La Victoria- Palapo


Malla	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100
N° 04	4.750	7.4	7.4	92.6	95
N° 08	2.360	11.4	18.8	81.2	80
N° 16	1.180	19.6	38.4	61.6	50
N° 30	0.600	21.0	59.5	40.5	25
N° 50	0.300	15.6	75.0	25.0	10
N° 100	0.150	23.4	98.5	1.5	2
Fondo		1.5	100.0	0.0	10
Módulo de Fineza			2.976		
Abertura de malla de referencia			9.500		




**CURVA GRANULOMETRICA**

**OBSERVACIONES :**


- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Germán Gustavo Quiñones



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



San Carlos Eneida Bello  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. 123293









964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

**ANEXO N°48.** Informe de ensayo de los agregados gruesos y finos por el laboratorio FERMATI S.A.C

		<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES</b>	
<b>INFORME DE ENSAYO N°3786</b>			
(Pág. 01 de 01)			
Expediente N°	:	1782 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C	
Solicitante	:	SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA	
Atención	:	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	
Proyecto	:	" Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos–José Leonardo Ortiz"	
Ubicación	:	Urbanización San Carlos–José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque	
Fecha de emisión	:	Chiclayo, 05 de Mayo del 2022	
ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado REFERENCIA : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017			
Muestra : Agregado Fino Cantera : La Victoria			
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			
Molde de ensayo			
Número de determinación			A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g	21832.9	
Peso de molde de ensayo vacío	g	0	
Peso neto muestra contenida	g	21832.9	
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.01387	
Peso unitario suelto húmedo		kg/m <sup>3</sup>	1575
Peso unitario suelto seco		kg/m <sup>3</sup>	1552
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			
Molde de ensayo			
Número de determinación			A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g	25130.0	
Peso de molde de ensayo vacío	g	0	
Peso neto muestra contenida	g	25130.0	
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup>	0.01387	
Peso unitario compactado húmedo		kg/m <sup>3</sup>	1812
Peso unitario compactado seco		kg/m <sup>3</sup>	1786
<b>OBSERVACIONES :</b>			
- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.			
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.			
  			
 064423950 - 043011231		 <a href="mailto:fermatiscac@gmail.com">fermatiscac@gmail.com</a>	
 Ca. José Galvez N° 120		 <a href="http://www.fermatiscac.cf">www.fermatiscac.cf</a>	

**ANEXO N°49.** Informe de ensayo de los agregados gruesos y finos por el laboratorio FERMATI S.A.C



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N°3786**

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1782 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitante : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Proyecto : " Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"  
 Ubicación : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 05 de Mayo del 2022

ENSAYO AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.  
 REFERENCIA : NTP 400.022

**Muestra** : Agregado Fino  
**Cantera** : La Victoria  
**Ubicación** : Dist. La Florida, Prov. San Miguel, Reg. Cajamarca.

A.- Datos de la arena

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	992.8
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	686.6
4.- Peso del Agua.	g	306.2
5.- Peso del Frasco	g	186.6
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	682.1
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	495.5
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0

B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm <sup>3</sup>	2.557
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm <sup>3</sup>	2.580
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm <sup>3</sup>	2.618
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.91

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Germán Gustavo Quiroz



Juan Carlos Erazo  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. 223284

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

**ANEXO N°50.** Informe de ensayo de los agregados gruesos y finos por el laboratorio FERMATI S.A.C



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N°3/86**

Expediente N° : 1782 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Peticionario : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA  
 Atención : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 Obra : " Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz"  
 Ubicación : Urbanización San Carlos-José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 05 de Mayo del 2022  
 Muestra : Agregado Grueso  
 Cantera : Tres Tomas

Malla		Peso Ret.	(% Ret.	(% Acum. Ret.	(% Acum. Que Pasa	Especificaciones
Pulg.	(mm.)					
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.00	193.0	9.6	9.6	90.4	
1/2"	12.70	1008.0	50.4	60.0	40.0	
3/8"	9.52	427.0	21.3	81.3	18.7	
N° 04	4.75	18.0	0.9	82.2	17.8	
N° 08	2.36	4.0	0.2	82.4	17.6	
N° 16	1.19	0.1	0.0	82.4	17.6	
Fondo		351.8	17.6	100.0	0.0	
Tamaño Maximo			1 1/2"	38.00		
Tamaño Maximo Nominal			1"	25.00		



Juan Carlos Rivera Ojeda Arce  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.O. 12233









964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120


fermatisac@gmail.com

www.fermatisac.cf

**ANEXO N°51.** Informe de ensayo de los agregados gruesos y finos por el laboratorio FERMATI S.A.C

 <b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES</b>	
<b>INFORME DE ENSAYO N°3786</b>	
(Pág. 01 de 01)	
Expediente N°	: 1782 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C
Solicitante	: SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA
Atención	: ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Proyecto	: " Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos--José Leonardo Ortiz"
Ubicación	: Urbanización San Carlos--José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque
Fecha de emisión	: Chiclayo, 05 de Mayo del 2022
ENSAYO : AGREGADO. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado REFERENCIA : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017	
Muestra : Agregado Grueso Cantera : Tres Tomas	
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	
Molde de ensayo	
Número de determinación	A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g 19400.0
Peso de molde de ensayo vacío	g 0
Peso neto muestra contenida	g 19400.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup> 0.01387
Peso unitario suelto húmedo	kg/m <sup>3</sup> 1399
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup> 1379
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	
Molde de ensayo	
Número de determinación	A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g 21980.0
Peso de molde de ensayo vacío	g 0
Peso neto muestra contenida	g 21980.0
Volumen del molde de ensayo	m <sup>3</sup> 0.01387
Peso unitario compactado húmedo	kg/m <sup>3</sup> 1585
Peso unitario compactado seco	kg/m <sup>3</sup> 1562
<b>OBSERVACIONES :</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.</li> <li>- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.</li> </ul>	
  	
<small>German Guzmán Céspedes</small> <small>Alan Carlos Flores Soto</small> <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>Reg. CIP. 123381</small>	
 964423859 - 943011231  Ca. José Galvez N° 120	 fermatisac@gmail.com  www.fermatisac.cf

**ANEXO N°52.** Informe de ensayo de los agregados gruesos y finos por el laboratorio FERMATI S.A.C



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**INFORME DE ENSAYO N°3786**

**Expediente N°** : 1782 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C

**Peticionario** : SANTILLAN YZAZAGA, ANDREA CRUZ D' MARÍA

**Atención** : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

**Obra** : " Diseño de Pavimento con Adoquines Permeables en Calles de Baja Transitabilidad Vehicular de la Urbanización San Carlos–José Leonardo Ortiz"

**Ubicación** : Urbanización San Carlos–José Leonardo Ortiz, Departamento de Lambayeque

**Fecha de emisión** : Chiclayo, 05 de Mayo del 2022

**Muestra** : Agregado Grueso

**Cantera** : Tres Tomas

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino

**Referencia** : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

**Cantera** : Cantera Tres Tomas

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso

**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

**Cantera** : Tres Tomas




**I.- Datos.**


1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>1485</b>	<b>1494</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>1501</b>	<b>1514</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del	(g)	<b>1841</b>	<b>1795</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>892</b>	<b>892</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	<b>949</b>	<b>907</b>


**II.- Resultados**


A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	<b>2.560</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.592
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.643
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>1.22</b>


**Observaciones :**

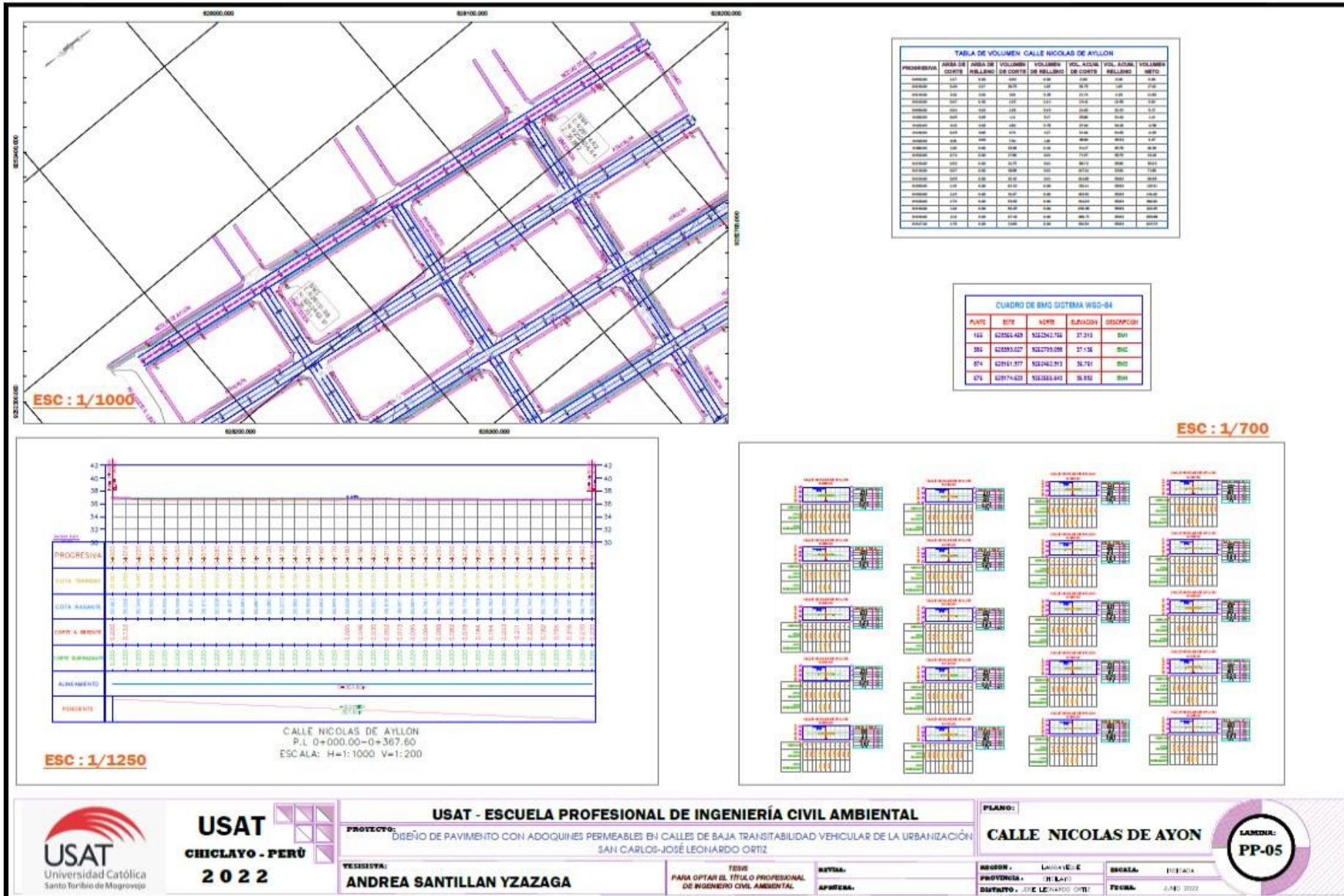

964423859 - 943011231


fermatisac@gmail.com

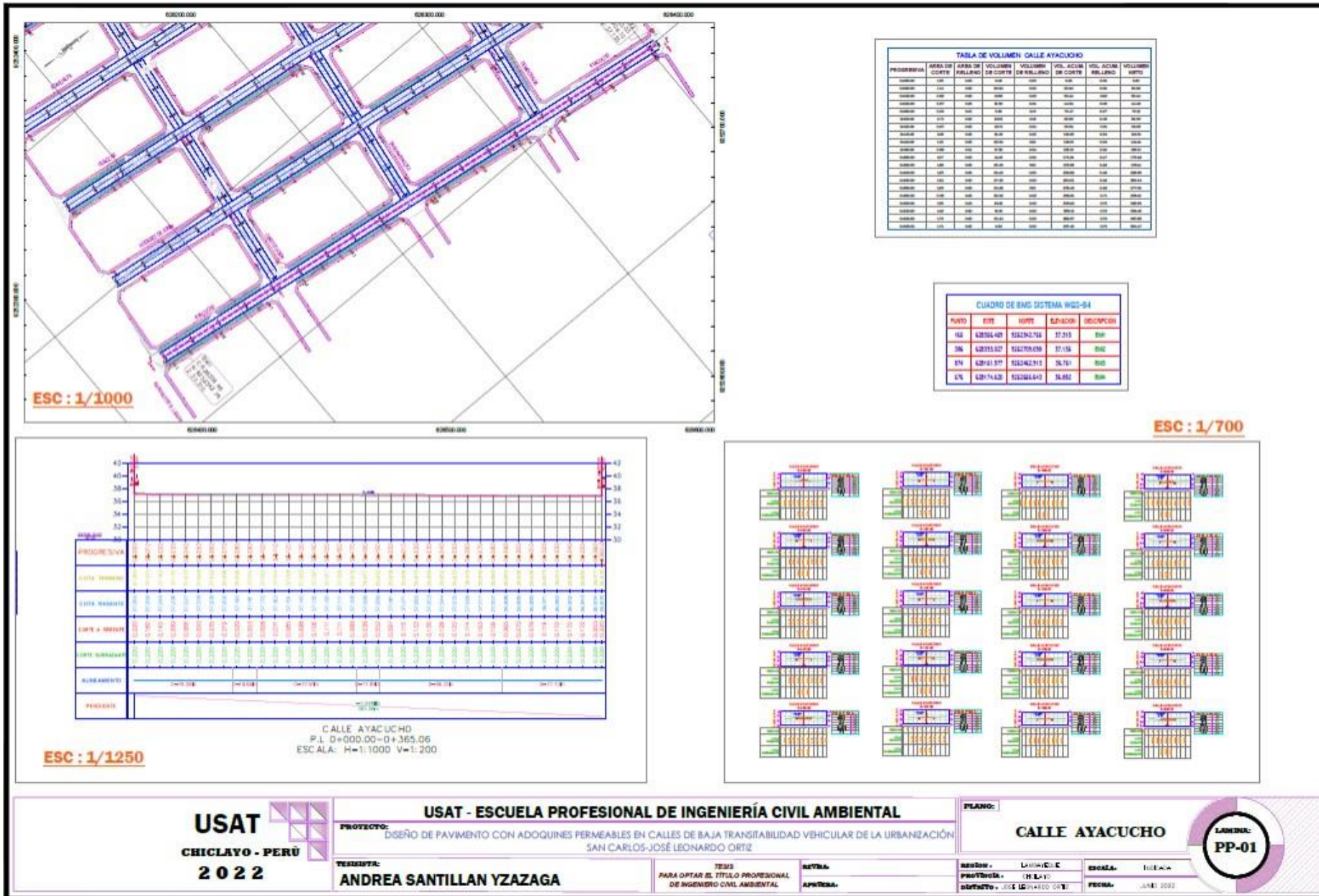

Ca. José Galvez N° 120


www.fermatisac.cf

ANEXO N°50. Pavimentación de la calle Nicolás de Ayllón.



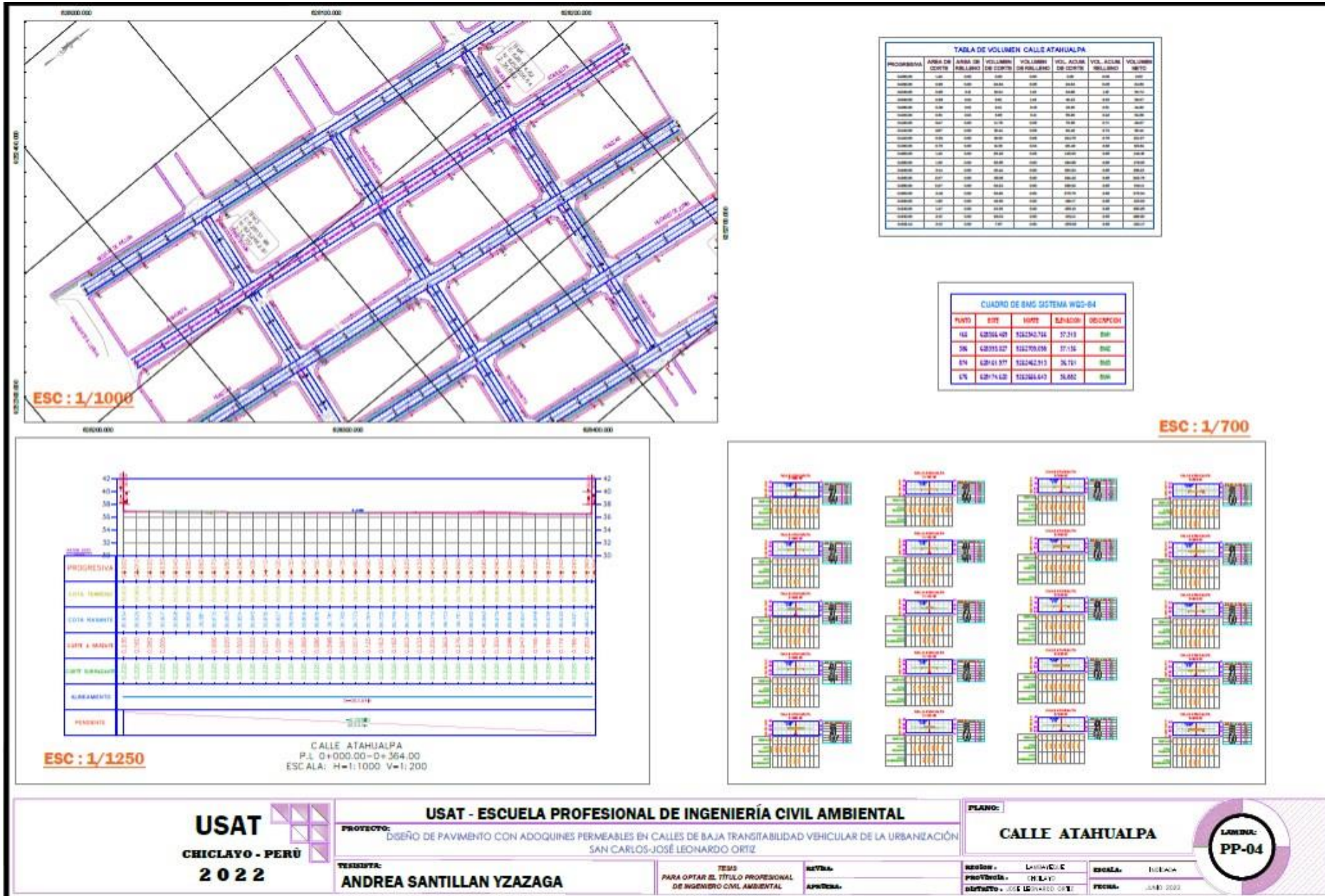
ANEXO N°51. Pavimentación de la calle Ayacucho.



**TABLA DE VOLUMEN CALLE AYACUCHO**

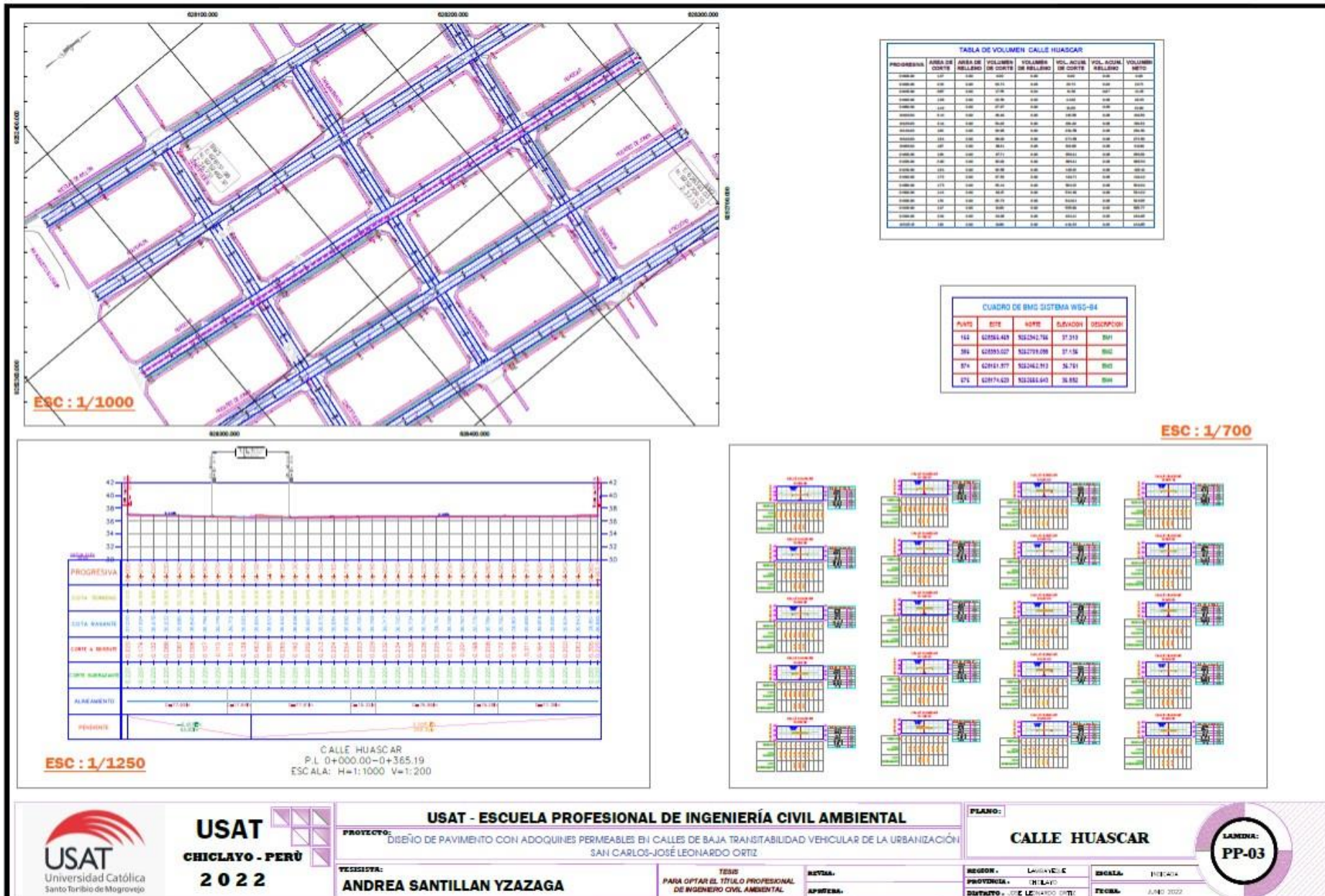
PROGRESIVA	AREA DE CORTE	AREA DE RELLENDO	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENDO	VOL. ACUM. DE CORTE	VOL. ACUM. DE RELLENDO	VOLUMEN NETO
0+00	100	0	0	0	0	0	0
0+10	100	0	0	0	0	0	0
0+20	100	0	0	0	0	0	0
0+30	100	0	0	0	0	0	0
0+40	100	0	0	0	0	0	0
0+50	100	0	0	0	0	0	0
0+60	100	0	0	0	0	0	0
0+70	100	0	0	0	0	0	0
0+80	100	0	0	0	0	0	0
0+90	100	0	0	0	0	0	0
1+00	100	0	0	0	0	0	0
1+10	100	0	0	0	0	0	0
1+20	100	0	0	0	0	0	0
1+30	100	0	0	0	0	0	0
1+40	100	0	0	0	0	0	0
1+50	100	0	0	0	0	0	0
1+60	100	0	0	0	0	0	0
1+70	100	0	0	0	0	0	0
1+80	100	0	0	0	0	0	0
1+90	100	0	0	0	0	0	0
2+00	100	0	0	0	0	0	0
2+10	100	0	0	0	0	0	0
2+20	100	0	0	0	0	0	0
2+30	100	0	0	0	0	0	0
2+40	100	0	0	0	0	0	0
2+50	100	0	0	0	0	0	0
2+60	100	0	0	0	0	0	0
2+70	100	0	0	0	0	0	0
2+80	100	0	0	0	0	0	0
2+90	100	0	0	0	0	0	0
3+00	100	0	0	0	0	0	0
3+10	100	0	0	0	0	0	0
3+20	100	0	0	0	0	0	0
3+30	100	0	0	0	0	0	0
3+40	100	0	0	0	0	0	0
3+50	100	0	0	0	0	0	0
3+60	100	0	0	0	0	0	0
3+70	100	0	0	0	0	0	0
3+80	100	0	0	0	0	0	0
3+90	100	0	0	0	0	0	0
4+00	100	0	0	0	0	0	0
4+10	100	0	0	0	0	0	0
4+20	100	0	0	0	0	0	0
4+30	100	0	0	0	0	0	0
4+40	100	0	0	0	0	0	0
4+50	100	0	0	0	0	0	0
4+60	100	0	0	0	0	0	0
4+70	100	0	0	0	0	0	0
4+80	100	0	0	0	0	0	0
4+90	100	0	0	0	0	0	0
5+00	100	0	0	0	0	0	0
5+10	100	0	0	0	0	0	0
5+20	100	0	0	0	0	0	0
5+30	100	0	0	0	0	0	0
5+40	100	0	0	0	0	0	0
5+50	100	0	0	0	0	0	0
5+60	100	0	0	0	0	0	0
5+70	100	0	0	0	0	0	0
5+80	100	0	0	0	0	0	0
5+90	100	0	0	0	0	0	0
6+00	100	0	0	0	0	0	0
6+10	100	0	0	0	0	0	0
6+20	100	0	0	0	0	0	0
6+30	100	0	0	0	0	0	0
6+40	100	0	0	0	0	0	0
6+50	100	0	0	0	0	0	0
6+60	100	0	0	0	0	0	0
6+70	100	0	0	0	0	0	0
6+80	100	0	0	0	0	0	0
6+90	100	0	0	0	0	0	0
7+00	100	0	0	0	0	0	0
7+10	100	0	0	0	0	0	0
7+20	100	0	0	0	0	0	0
7+30	100	0	0	0	0	0	0
7+40	100	0	0	0	0	0	0
7+50	100	0	0	0	0	0	0
7+60	100	0	0	0	0	0	0
7+70	100	0	0	0	0	0	0
7+80	100	0	0	0	0	0	0
7+90	100	0	0	0	0	0	0
8+00	100	0	0	0	0	0	0
8+10	100	0	0	0	0	0	0
8+20	100	0	0	0	0	0	0
8+30	100	0	0	0	0	0	0
8+40	100	0	0	0	0	0	0
8+50	100	0	0	0	0	0	0
8+60	100	0	0	0	0	0	0
8+70	100	0	0	0	0	0	0
8+80	100	0	0	0	0	0	0
8+90	100	0	0	0	0	0	0
9+00	100	0	0	0	0	0	0
9+10	100	0	0	0	0	0	0
9+20	100	0	0	0	0	0	0
9+30	100	0	0	0	0	0	0
9+40	100	0	0	0	0	0	0
9+50	100	0	0	0	0	0	0
9+60	100	0	0	0	0	0	0
9+70	100	0	0	0	0	0	0
9+80	100	0	0	0	0	0	0
9+90	100	0	0	0	0	0	0
10+00	100	0	0	0	0	0	0
10+10	100	0	0	0	0	0	0
10+20	100	0	0	0	0	0	0
10+30	100	0	0	0	0	0	0
10+40	100	0	0	0	0	0	0
10+50	100	0	0	0	0	0	0
10+60	100	0	0	0	0	0	0
10+70	100	0	0	0	0	0	0
10+80	100	0	0	0	0	0	0
10+90	100	0	0	0	0	0	0
11+00	100	0	0	0	0	0	0
11+10	100	0	0	0	0	0	0
11+20	100	0	0	0	0	0	0
11+30	100	0	0	0	0	0	0
11+40	100	0	0	0	0	0	0
11+50	100	0	0	0	0	0	0
11+60	100	0	0	0	0	0	0
11+70	100	0	0	0	0	0	0
11+80	100	0	0	0	0	0	0
11+90	100	0	0	0	0	0	0
12+00	100	0	0	0	0	0	0
12+10	100	0	0	0	0	0	0
12+20	100	0	0	0	0	0	0
12+30	100	0	0	0	0	0	0
12+40	100	0	0	0	0	0	0
12+50	100	0	0	0	0	0	0
12+60	100	0	0	0	0	0	0
12+70	100	0	0	0	0	0	0
12+80	100	0	0	0	0	0	0
12+90	100	0	0	0	0	0	0
13+00	100	0	0	0	0	0	0
13+10	100	0	0	0	0	0	0
13+20	100	0	0	0	0	0	0
13+30	100	0	0	0	0	0	0
13+40	100	0	0	0	0	0	0
13+50	100	0	0	0	0	0	0
13+60	100	0	0	0	0	0	0
13+70	100	0	0	0	0	0	0
13+80	100	0	0	0	0	0	0
13+90	100	0	0	0	0	0	0
14+00	100	0	0	0	0	0	0
14+10	100	0	0	0	0	0	0
14+20	100	0	0	0	0	0	0
14+30	100	0	0	0	0	0	0
14+40	100	0	0	0	0	0	0
14+50	100	0	0	0	0	0	0
14+60	100	0	0	0	0	0	0
14+70	100	0	0	0	0	0	0
14+80	100	0	0	0	0	0	0
14+90	100	0	0	0	0	0	0
15+00	100	0	0	0	0	0	0
15+10	100	0	0	0	0	0	0
15+20	100	0	0	0	0	0	0
15+30	100	0	0	0	0	0	0
15+40	100	0	0	0	0	0	0
15+50	100	0	0	0	0	0	0
15+60	100	0	0	0	0	0	0
15+70	100	0	0	0	0	0	0
15+80	100	0	0	0	0	0	0
15+90	100	0	0	0	0	0	0
16+00	100	0	0	0	0	0	0
16+10	100	0	0	0	0	0	0
16+20	100	0	0	0	0	0	0
16+30	100	0	0	0	0	0	0
16+40	100	0	0	0	0	0	0
16+50	100	0	0	0	0	0	0
16+60	100	0	0	0	0	0	0
16+70	100	0	0	0	0	0	0
16+80	100	0	0	0	0	0	0
16+90	100	0	0	0	0	0	0
17+00	100	0	0	0	0	0	0
17+10	100	0	0	0	0	0	0
17+20	100	0	0	0	0	0	0
17+30	100	0	0	0	0	0	0
17+40	100	0	0	0	0	0	0
17+50	100	0	0	0	0	0	0
17+60	100	0	0	0	0	0	0
17+70	100	0	0	0	0	0	0
17+80	100	0	0	0	0	0	0
17+90	100	0	0	0	0	0	0
18+00	100	0	0	0	0	0	0
18+10	100	0	0	0	0	0	0
18+20	100	0	0	0	0	0	0
18+30	100	0	0	0	0	0	0
18+40	100	0	0	0	0	0	0
18+50	100	0	0	0	0	0	0
18+60	100	0	0	0	0	0	0
18+70	100	0	0	0	0	0	0
18+80	100	0	0	0	0	0	0
18+90	100	0	0	0	0	0	0
19+00	100	0	0	0	0	0	0
19+10	100	0	0	0	0	0	0
19+20	100	0	0	0	0	0	0
19+30	100	0	0	0	0	0	0
19+40	100	0	0	0	0	0	0
19+50	100	0	0	0	0	0	0
19+60	100	0	0	0	0	0	0
19+70	100	0	0	0	0	0	0
19+80	100	0	0	0	0	0	0
19+90	100	0	0	0	0	0	

ANEXO N°52. Pavimentación de la calle Atahualpa.





ANEXO N°54. Pavimentación de la calle Huáscar.

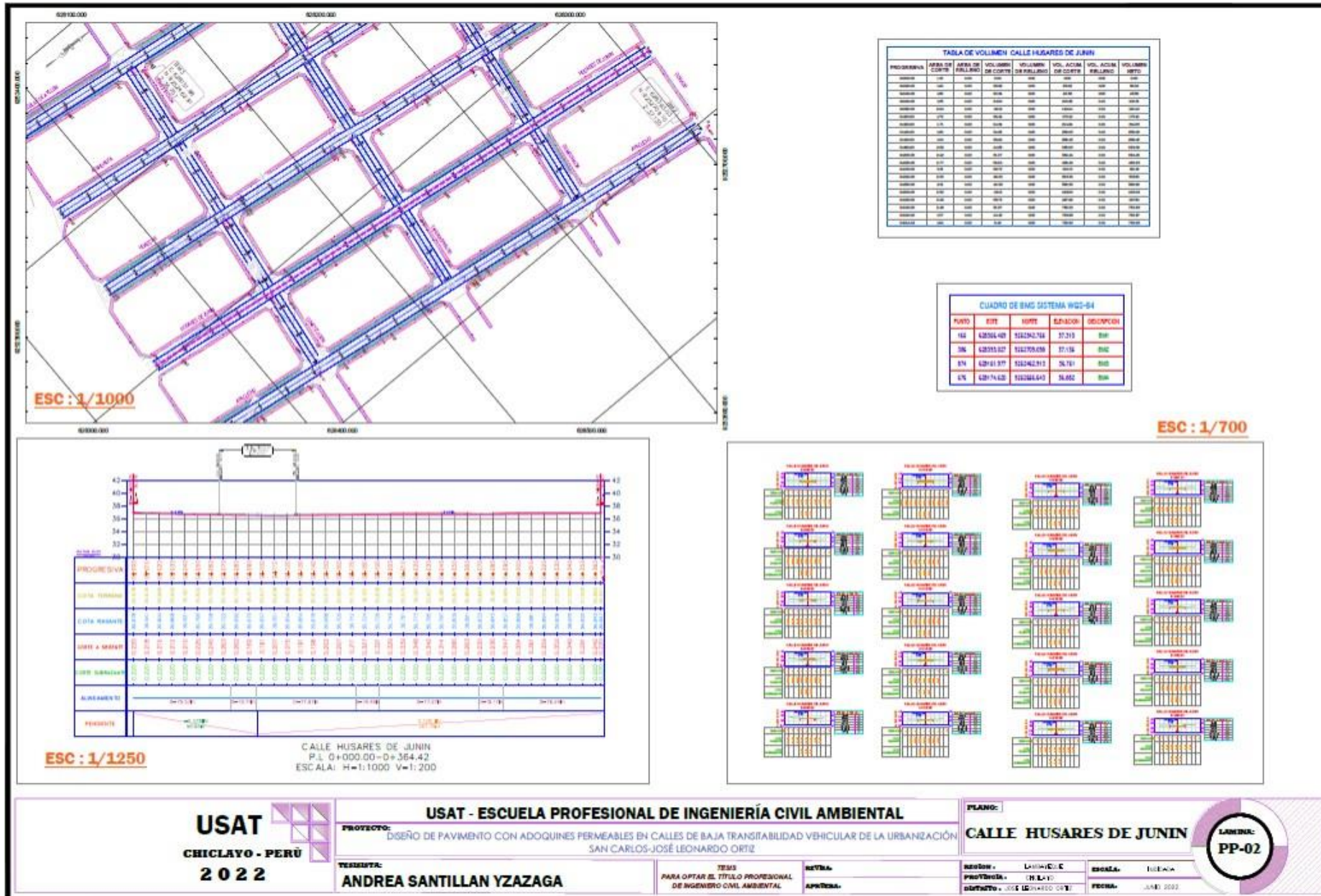


**USAT**  
CHICLAYO - PERU  
2022

**USAT - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**  
 PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO CON ADOQUINES PERMEABLES EN CALLES DE BAJA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA URBANIZACIÓN SAN CARLOS-JOSÉ LEONARDO ORTIZ  
 TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL AMBIENTAL  
 TITULAR: ANDREA SANTILLAN YZAZAGA

PLANO: CALLE HUASCAR  
 LAMINA: PP-03  
 REGION: LAMBAYEQUE  
 PROVINCIA: CHILAYO  
 DISTRITO: JOSÉ LEONARDO ORTIZ  
 ESCUELA: INEAC  
 FECHA: JUNIO 2022

ANEXO N°55. Pavimentación de la calle Húsares de Juín.

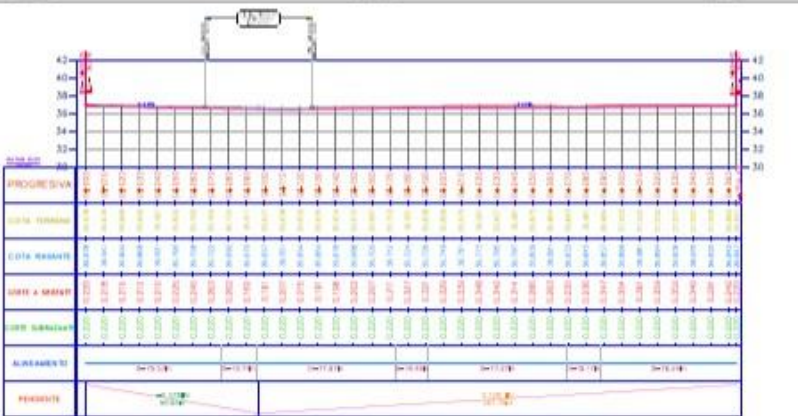


**TABLA DE VOLUMEN CALLE HUSARES DE JUNIN**

PROGRESIVA	AREA DE CORTE	AREA DE PAVIMENTO	VOLUMEN DE PAVIMENTO	VOLUMEN DE ACERA	VOLUMEN DE CUNETAS	VOLUMEN DE BARRILES	VOLUMEN DE BARRILES
0+00	100	100	100	100	100	100	100
0+10	100	100	100	100	100	100	100
0+20	100	100	100	100	100	100	100
0+30	100	100	100	100	100	100	100
0+40	100	100	100	100	100	100	100
0+50	100	100	100	100	100	100	100
0+60	100	100	100	100	100	100	100
0+70	100	100	100	100	100	100	100
0+80	100	100	100	100	100	100	100
0+90	100	100	100	100	100	100	100
0+100	100	100	100	100	100	100	100
0+110	100	100	100	100	100	100	100
0+120	100	100	100	100	100	100	100
0+130	100	100	100	100	100	100	100
0+140	100	100	100	100	100	100	100
0+150	100	100	100	100	100	100	100
0+160	100	100	100	100	100	100	100
0+170	100	100	100	100	100	100	100
0+180	100	100	100	100	100	100	100
0+190	100	100	100	100	100	100	100
0+200	100	100	100	100	100	100	100
0+210	100	100	100	100	100	100	100
0+220	100	100	100	100	100	100	100
0+230	100	100	100	100	100	100	100
0+240	100	100	100	100	100	100	100
0+250	100	100	100	100	100	100	100
0+260	100	100	100	100	100	100	100
0+270	100	100	100	100	100	100	100
0+280	100	100	100	100	100	100	100
0+290	100	100	100	100	100	100	100
0+300	100	100	100	100	100	100	100
0+310	100	100	100	100	100	100	100
0+320	100	100	100	100	100	100	100
0+330	100	100	100	100	100	100	100
0+340	100	100	100	100	100	100	100
0+350	100	100	100	100	100	100	100
0+360	100	100	100	100	100	100	100
0+370	100	100	100	100	100	100	100
0+380	100	100	100	100	100	100	100
0+390	100	100	100	100	100	100	100
0+400	100	100	100	100	100	100	100
0+410	100	100	100	100	100	100	100
0+420	100	100	100	100	100	100	100
0+430	100	100	100	100	100	100	100
0+440	100	100	100	100	100	100	100
0+450	100	100	100	100	100	100	100
0+460	100	100	100	100	100	100	100
0+470	100	100	100	100	100	100	100
0+480	100	100	100	100	100	100	100
0+490	100	100	100	100	100	100	100
0+500	100	100	100	100	100	100	100

**CUADRO DE DATOS SISTEMA WGS-84**

PUNTO	ELE	NORTE	ELEVACION	COORDENADA
100	62856.40	552262.78	37.310	000
300	62855.07	552170.00	37.116	000
500	62851.87	552042.81	36.761	000
670	62847.62	551888.64	36.482	000



ANEXO N°56. Pavimentación de la calle Tahuantinsuyo.

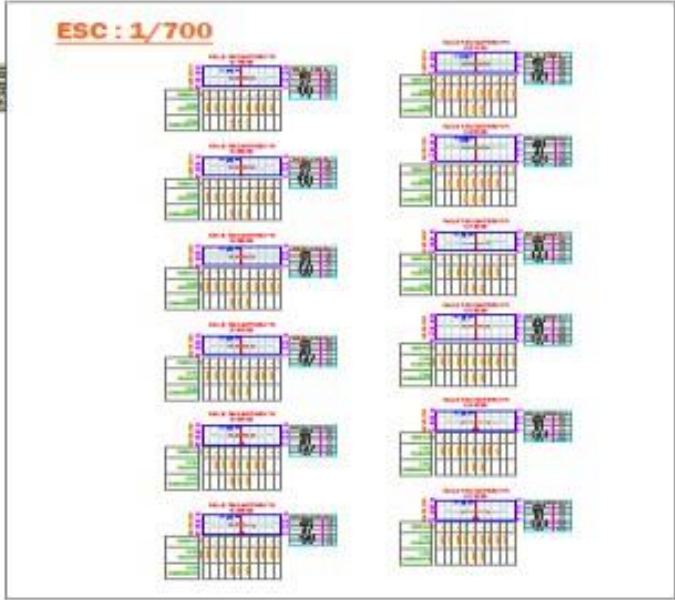


**TABLA DE VOLUMEN CALLE TAHUANTINSUYO**

PROGRAMA	AREA DE TRABAJO DE TRAZADO	VOLUMEN DE TRABAJO DE TRAZADO	AREA DE TRABAJO DE PAVIMENTO	VOLUMEN DE TRABAJO DE PAVIMENTO	TOTAL VOLUMEN DE TRABAJO
1	100	100	100	100	200
2	200	200	200	200	400
3	300	300	300	300	600
4	400	400	400	400	800
5	500	500	500	500	1000
6	600	600	600	600	1200
7	700	700	700	700	1400
8	800	800	800	800	1600
9	900	900	900	900	1800
10	1000	1000	1000	1000	2000
11	1100	1100	1100	1100	2200
12	1200	1200	1200	1200	2400
13	1300	1300	1300	1300	2600
14	1400	1400	1400	1400	2800
15	1500	1500	1500	1500	3000
16	1600	1600	1600	1600	3200
17	1700	1700	1700	1700	3400
18	1800	1800	1800	1800	3600
19	1900	1900	1900	1900	3800
20	2000	2000	2000	2000	4000
21	2100	2100	2100	2100	4200
22	2200	2200	2200	2200	4400
23	2300	2300	2300	2300	4600
24	2400	2400	2400	2400	4800
25	2500	2500	2500	2500	5000
26	2600	2600	2600	2600	5200
27	2700	2700	2700	2700	5400
28	2800	2800	2800	2800	5600
29	2900	2900	2900	2900	5800
30	3000	3000	3000	3000	6000
31	3100	3100	3100	3100	6200
32	3200	3200	3200	3200	6400
33	3300	3300	3300	3300	6600
34	3400	3400	3400	3400	6800
35	3500	3500	3500	3500	7000
36	3600	3600	3600	3600	7200
37	3700	3700	3700	3700	7400
38	3800	3800	3800	3800	7600
39	3900	3900	3900	3900	7800
40	4000	4000	4000	4000	8000
41	4100	4100	4100	4100	8200
42	4200	4200	4200	4200	8400
43	4300	4300	4300	4300	8600
44	4400	4400	4400	4400	8800
45	4500	4500	4500	4500	9000
46	4600	4600	4600	4600	9200
47	4700	4700	4700	4700	9400
48	4800	4800	4800	4800	9600
49	4900	4900	4900	4900	9800
50	5000	5000	5000	5000	10000

**CUADRO DE MMS SISTEMA WGS-84**

PUNTO	EAST	NORTH	ELEVACION	DESCRIPCION
148	428264.43	524234.76	21.210	3001
206	428262.67	524232.08	21.126	3002
674	428147.377	524242.910	24.761	3003
675	428144.629	524244.647	24.892	3004



ANEXO N°57. Pavimentación de la calle Democracia.

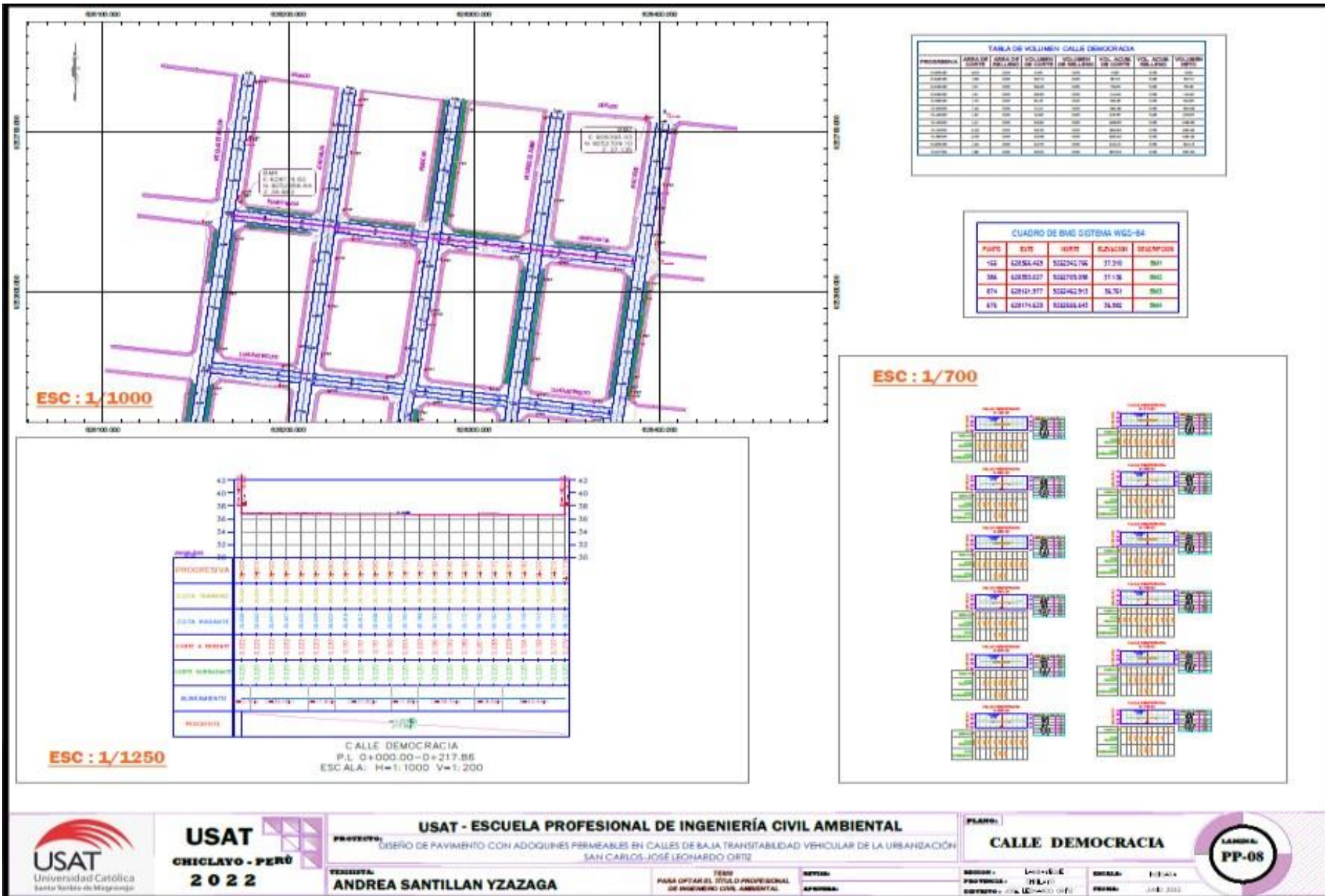
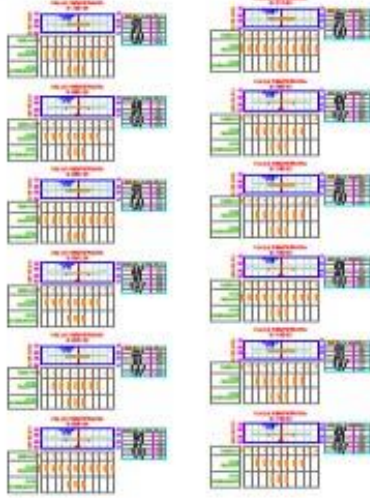
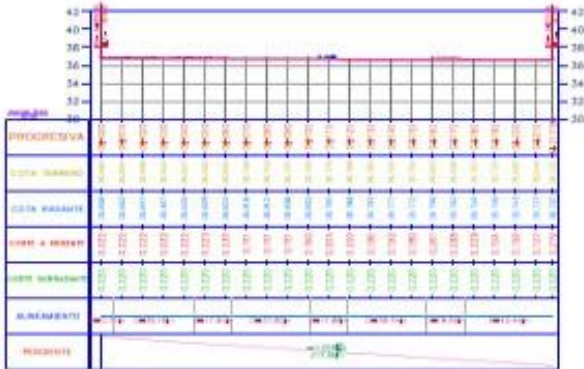


Tabla de volúmenes Calle Democracia

PROGRESIVA	AREA DE SUPERFICIE	AREA DE PAVIMENTACION	VOLUMEN DE CEMENTO	VOLUMEN DE ARELLANO	VOL. ACUM. DE CEMENTO	VOL. ACUM. DE ARELLANO	VOLUMEN DE BMS
0+00	100	100	100	100	100	100	100
0+10	100	100	100	100	100	100	100
0+20	100	100	100	100	100	100	100
0+30	100	100	100	100	100	100	100
0+40	100	100	100	100	100	100	100
0+50	100	100	100	100	100	100	100
0+60	100	100	100	100	100	100	100
0+70	100	100	100	100	100	100	100
0+80	100	100	100	100	100	100	100
0+90	100	100	100	100	100	100	100
0+100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro de BMS Sistema WGS-84

PUNTO	ELEV.	TIPO	ELEVACION	DESCRIPCION
102	62256.423	332241796	37.310	BMS
306	62255.627	3322755396	37.136	BMS
674	62247.377	3322462313	36.761	BMS
675	62217.623	3322336443	34.932	BMS



**ANEXO N°58.** Trabajo en campo Andrea Santillan Yzazaga.



**ANEXO N°59.** Trabajo en campo Andrea Santillan Yzazaga.

