



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EL  
SOFTWARE ARCGIS PARA LA CONSERVACIÓN DE  
PAVIMENTOS DE LAS VÍAS LOCALES PRINCIPALES DEL  
DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA**

**PRESENTADA POR  
JOSUÉ SALOMÓN ANGULO BARDALES**

**ASESOR**

**JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

**ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

**TESIS**

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

**LIMA – PERÚ**

**2019**



**CC BY-NC-SA**

**Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS UTILIZANDO EL  
SOFTWARE ARCGIS PARA LA CONSERVACIÓN DE  
PAVIMENTOS DE LAS VÍAS LOCALES PRINCIPALES DEL  
DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA**

**TESIS**

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

**PRESENTADA POR**

**ANGULO BARDALES, JOSUÉ SALOMÓN**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

A mi abuelo Gamaniel, por ser mi guía y apoyo en mi vida, por compartir buenos consejos y siempre alentarme. A mi hermana Paula, por influirme a mejorar y crecer como persona con valores

A mis padres Luis y Margot, por su apoyo incondicional. A mi abuela, Felícita por brindarme todo su apoyo en mis estudios

## RESUMEN

Con esta investigación se promueve el uso de un sistema de información geográfica para la gestión de la condición de los pavimentos en jurisdicciones distritales; se toma en cuenta los conceptos básicos de sistemas de gestión de pavimentos y plataformas de georreferenciación. La metodología empleada fue descriptiva – correlacional ya que se evalúa la relación entre las dos variables e intenta explicar cómo se comporta una en función de otra.

La problemática de este proyecto se analizó con base en la situación actual del distrito de Baños del Inca y la falta de estrategias de mantenimiento vial en la zona; asimismo, el objetivo general de este proyecto consiste emplear un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS para la conservación del pavimento de las vías locales principales en el distrito de Baños del Inca - Cajamarca, creando una base de datos de las vías bajo la jurisdicción de la municipalidad distrital.

Al aplicar la metodología PCI se conoció que la condición predominante en los pavimentos rígidos de los Baños del Inca es “Muy Bueno”, y “Excelente” para los pavimentos flexibles. Además, empleando el software ArcGIS se determinó que el 78,32 por ciento del pavimento rígido de las vías locales principales requieren actividades de conservación enfocadas en mantenimiento correctivo, mientras que el 54.16 por ciento del pavimento flexible requiere actividades de conservación enfocadas en mantenimiento preventivo.

**Palabras claves:** ArcGIS, Sistema de Información Geográfica, Plataforma de Georreferenciación.

## ABSTRACT

This research promotes the usage of a Geographic Information System to manage the pavement condition in district jurisdiction, the basic concepts of pavement management systems and georeferencing platforms are taken in account. The methodology used was descriptive – correlational, because the relation between two variables are evaluated and it tries to explain the behave of one with the other.

The problematic of this project was analyzed in base of the actual situation of the district of Baños del Inca and the lack of strategies of road maintenance in this place. Likewise, the general objective of this project is to employ a pavement management system using the software ArcGIS for the pavement conservation in the principal roads in the Baños del Inca district – Cajamarca, making up a data base of the roads under the jurisdiction of the district municipality.

When applying the PCI methodology, it was known that the predominant condition in the rigid pavements of Baños del Inca is "Very Good", and "Excellent" for flexible pavements. Besides, using ArcGIS software it was determined that the 78.32% of the rigid pavement of the principal local roads require conservation activities focus on the corrective maintenance, while the 54.16% of the flexible pavement require conservation activities focus in prevent maintenance.

**Key words:** ArcGIS, Geographic Information System, Georeferencing Platforms.

## INTRODUCCIÓN

Como antecedentes de este proyecto se ha investigado las diferentes estrategias de intervención y conservación de pavimentos de vías en localidades distritales del Perú, encontrándose que la mayoría de estos lugares no cuentan con criterios para intervenir sus vías, debido a que cuentan con recursos limitados y no todos son destinados a la conservación vial.

Con esta investigación se promueve el uso un sistema de gestión de pavimentos que contiene una base de datos con información como el tipo de pavimento, largo y ancho de vía, progresivas, cantidad de daños que posee la carretera y condición actual del pavimento de la vía. Almacenando la data en un sistema de información geográfica que servirá para programar criterios de intervención y determinar qué vías o tramos deben ser intervenidos para mantener los pavimentos en condiciones óptimas.

La problemática de este proyecto plantea que los gobiernos distritales, en este caso Baños del Inca, no cuentan con estrategias para mantener el pavimento de su red vial en condiciones óptimas, por lo tanto, se justifica el uso de un sistema de gestión de pavimentos usando ArcGIS como un conjunto de pasos ordenados para mantener las vías principales en estado óptimo para un distrito que presenta pavimentos deteriorados y no realiza programaciones de mantenimientos, logre mejorar su red vial.

Asimismo, es oportuno mencionar que el objetivo general de este proyecto consiste en emplear un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS para la conservación del pavimento de las vías locales principales en el distrito de Baños del Inca. Mientras que, entre los objetivos

específicos se considera realizar un inventario de las vías locales principales del distrito de Baños del Inca; determinar la condición actual del pavimento de las vías principales por el método PCI y determinar que vías o tramos evaluados se deben intervenir empleando el software ArcGIS.

En lo referente a la hipótesis se plantea que el uso de un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS mejorará la conservación de pavimentos en las vías principales en el distrito de Baños del Inca.

Por otro lado, se considera como limitación en el desarrollo de esta investigación el hecho de la distancia entre el autor y el lugar de estudio, ya que por la lejanía el tiempo era de suma importancia al permanecer allí. Un alcance acerca de esta investigación está en el hecho que se demostrará que el software ArcGIS es de gran utilidad en la gestión de conservación de pavimentos.

Finalmente, la estructura de la tesis denominada “Sistema de gestión de Pavimentos Utilizando el Software ArcGIS para la Conservación de Pavimentos de las Vías Locales Principales del Distrito de Los Baños del Inca - Cajamarca”, se presenta a continuación:

El primer capítulo trata acerca de la problemática, en este, se describe el planteamiento del problema, así como la situación problemática y se formulan los problemas específicos para plantear los objetivos que se cumplirán en el desarrollo de esta investigación.

El segundo capítulo explica las principales definiciones para entender la aplicación del trabajo, se describe el método PCI, las técnicas de rehabilitación y mantenimiento, el significado y composición de sistemas de gestión de pavimentos y la aplicación de plataformas SIG para gestión de pavimentos. Además, se define la hipótesis y las hipótesis específicas.

En el tercero se presenta la metodología y el diseño de la investigación, se definen las variables, se conoce la población y la muestra, los instrumentos a

utilizar son mencionados y con el cronograma se explica el tiempo en que se desarrolló la investigación.

En el cuarto capítulo se realiza el desarrollo de la tesis y cómo se llegaron a conseguir los resultados. Se menciona la aplicación de la metodología PCI y su empleo en el software ArcGIS 10.5 para conseguir los resultados deseados.

En el quinto capítulo, se presentan los resultados obtenidos según cada objetivo; por medio de tablas se conoce el inventario de la red vial evaluada; la condición PCI de cada unidad de muestra y las bases de datos del software ArcGIS 10.5 de los tramos que deben ser intervenidos, para mantener la vía en condición óptima.

Finalmente, en el sexto y último capítulo se realiza la discusión de los resultados, explicando el porqué de cada uno y por medio de graficas se mejora la comprensión de estos.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>RESUMEN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos	
1.4 Justificación e importancia	4
1.4.1 Impacto teórico	5
1.4.2 Impacto práctico	
1.5 Alcances y limitaciones	
1.6 Viabilidad	6
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes	
2.1.1 Antecedentes nacionales	7
2.2.2 Antecedentes Internacionales	9
2.2 Bases teóricas	
2.2.1 Definición de pavimento	
2.2.2 Tipos de pavimentos	13

2.2.3	Función de las capas de un pavimento	14
2.2.4	Conservación de pavimentos	15
2.2.4.5	Actividades de conservación para pavimentos rígidos	18
2.2.5	Evaluación del comportamiento del pavimento	
2.2.6	Evaluación estructural	20
2.2.7	Evaluación funcional	20
2.2.8	Deterioros en los pavimentos	31
2.2.9	Sistema de gestión de pavimentos (SGP)	51
2.2.10	Sistema de información geográfica (SIG)	55
2.3	Formulación de hipótesis	
2.3.1	Hipótesis general:	
2.3.2	Hipótesis específicas	59
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA</b>		
3.1	Tipo de investigación	
3.2	Diseño de la investigación	
3.3	Variables	
3.3.1	Variable dependiente:	60
3.3.2	Variable independiente	
3.4	Población y muestra	
3.4.1	Población	61
3.4.2	Muestra	
3.5	Instrumentos de recolección de datos	64
3.6	Procesamiento de datos	
3.7	Cronograma	65
<b>CAPÍTULO IV DESARROLLO</b>		
4.1	Aplicación de la metodología PCI	
4.1.1	Unidades de muestra	66

4.1.2 Toma de datos	67
4.1.3 Cálculo del valor deducido	69
4.1.4 Cálculo de número máximo de valores deducidos y valor deducido corregido.	71
4.1.5 Cálculo del PCI de una unidad de muestra.	
4.2 Creación de base de datos en ArcGIS 10.5	
4.2.1 Dibujo de tramos y vías evaluadas	73
4.2.2 Base de datos en ArcGIS 10.5	75
4.3 Determinación de vías o tramos a intervenir empleando ArcGIS 10.5	81
<b>CAPÍTULO V RESULTADOS</b>	
5.1 Inventario de vías locales principales	87
5.2 Condición actual del pavimento	94
5.3 Vías o tramos evaluados a intervenir	100
<b>CAPÍTULO VI DISCUSIÓN</b>	
6.1 Contrastación de hipótesis	116
6.1.1 Discusión hipótesis específica uno: inventario vial	
6.1.2 Discusión hipótesis específica dos: condición actual del pavimento en Baños del Inca	117
6.1.3 Discusión hipótesis específica tres: intervenciones para los pavimentos en Baños del Inca	120
6.2 Contrastación de antecedentes	121
6.2.1 Contrastación de antecedente nacional	
6.2.2 Contrastación de antecedentes internacionales	122
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>124</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>126</b>
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>127</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>130</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

### TABLAS

	Página
<b>Tabla 1. Situación de carreteras del Perú en 2018.</b>	1
<b>Tabla 2. Actividades de conservación para pavimentos flexibles.</b>	17
<b>Tabla 3. Actividades de conservación para pavimentos rígidos.</b>	18
<b>Tabla 4. Intervención de pavimentos según rango de evaluación.</b>	22
<b>Tabla 5. Fallas de pavimentos flexibles.</b>	26
<b>Tabla 6. Fallas de pavimento rígido.</b>	27
<b>Tabla 7. Severidades descascaramiento de junta.</b>	29
<b>Tabla 8. Rango PCI vs Intervenciones.</b>	53
<b>Tabla 9. Indicadores de las variables de la investigación.</b>	61
<b>Tabla 10. Resumen de vías locales principales.</b>	64
<b>Tabla 11. Cronograma de desarrollo de tesis.</b>	65
<b>Tabla 12. Unidades de muestras a evaluar en cada vía.</b>	
<b>Tabla 13. Formato para toma de datos de pavimentos rígidos.</b>	67
<b>Tabla 14. Formato para toma de datos de pavimentos flexibles.</b>	
<b>Tabla 15. Fallas en unidad de muestra 1 del Jirón Tupac Inca Yupanqui.</b>	68
<b>Tabla 16. Densidades de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui</b>	69
<b>Tabla 17. Valores de deducidos de la unidad de muestra 1 del jirón Tupan Inca Yupanqui.</b>	71
<b>Tabla 18. Valores deducidos corregidos de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui.</b>	72

<b>Tabla 19. Abreviaciones de fallas de pavimento flexible en ArcGIS 10.5.</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 20. Abreviaciones de fallas de pavimento rígido en ArcGIS 10.5.</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 21. Colores según condición PCI utilizados en ArcGIS 10.5.</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 22. Intervención de pavimento según rango PCI.</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 23. Nombres de bases de datos según tipo de intervención.</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 24. Inventario de las secciones del Jirón Tupac Inca Yupanqui.</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 25. Inventario de las secciones de la Prolongación Pachacutec.</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 26. Inventario de las secciones del Jirón Libertad.</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 27. Inventario de las secciones del Jirón Yahuar Huaca.</b>	<b>90</b>
<b>Tabla 28. Inventario de las secciones de la Avenida Los Eucaliptos.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 29. Inventario de las secciones de la Vía Llacanora.</b>	
<b>Tabla 30. Inventario de las secciones de la Carretera a Otuzco.</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 31. Condición PCI de unidades de muestra del Jirón Tupac Inca Yupanqui.</b>	
<b>Tabla 32. Condición PCI de unidades de muestra de la Prolongación Pachacutec.</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 33. Condición PCI de unidades de muestra del Jirón Libertad.</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 34. Condición PCI de unidades de muestra del Jirón Yahuar Huaca.</b>	
<b>Tabla 35. Condición PCI de unidades de muestra de la Avenida Los Eucaliptos.</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 36. Condición PCI de unidades de muestra de la Vía a Llacanora.</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 37. Condición PCI unidades de muestra de la Carretera a Otuzco.</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 38. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento preventivo.</b>	<b>100</b>

<b>Tabla 39. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren mantenimiento preventivo.</b>	103
<b>Tabla 40. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento correctivo menor.</b>	105
<b>Tabla 41. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren mantenimiento correctivo menor.</b>	108
<b>Tabla 42. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento correctivo mayor.</b>	110
<b>Tabla 43. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren rehabilitación.</b>	112
<b>Tabla 44. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren rehabilitación.</b>	113
<b>Tabla 45. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren reconstrucción.</b>	114
<b>Tabla 46. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren reconstrucción.</b>	115
<b>Tabla 47. Validez de hipótesis.</b>	116
<b>Tabla 48. Vías principales de Baños del Inca que conforman el sistema de gestión de pavimentos.</b>	117
<b>Tabla 49. Condición actual de pavimentos rígidos de vías locales principales de Baños del Inca.</b>	118
<b>Tabla 50. Condición actual de pavimentos flexibles de vías locales principales de Baños del Inca.</b>	119

## **FIGURAS**

<b>Figura 1. Diagrama causa - efecto de la problemática en Baños del Inca.</b>	3
<b>Figura 2. Mapa vial del distrito de Baños del Inca.</b>	5
<b>Figura 3. Red vial de Ulaanbaatar.</b>	
<b>Figura 4. Secciones del pavimento del aeropuerto de Shangai.</b>	12
<b>Figura 5. Sección típica de pavimento flexible y rígido.</b>	14
<b>Figura 6. Comportamiento de la condición del pavimento al realizar mantenimiento preventivo.</b>	16

<b>Figura 7. Comparación tipos de mantenimiento.</b>	17
<b>Figura 8. Escala de rangos PCI.</b>	23
<b>Figura 9. Formato toma de datos pavimento flexible.</b>	
<b>Figura 10. Formato de toma de datos pavimento rígido.</b>	24
<b>Figura 11. Formato de cálculo valor deducido corregido.</b>	30
<b>Figura 12. Piel de cocodrilo en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	32
<b>Figura 13. Exudación.</b>	
<b>Figura 14. Agrietamiento en bloque en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	33
<b>Figura 15. Abultamientos y hundimientos en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	
<b>Figura 16. Corrugación.</b>	34
<b>Figura 17. Depresión.</b>	
<b>Figura 18. Grieta de borde en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	35
<b>Figura 19. Grietas de reflexión de junta en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	
<b>Figura 20. Desnivel carril/berma en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	36
<b>Figura 21. Grietas longitudinales y transversales.</b>	
<b>Figura 22. Parche y acometida de servicios públicos en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	37
<b>Figura 23. Pulimiento de agregados.</b>	
<b>Figura 24. Huecos en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	38
<b>Figura 25. Cruce de vía férrea.</b>	
<b>Figura 26. Ahuellamiento en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	39
<b>Figura 27. Desplazamiento.</b>	
<b>Figura 28. Grieta parabólica.</b>	40
<b>Figura 29. Hinchamiento.</b>	
<b>Figura 30. Desprendimiento de agregados en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.</b>	41

<b>Figura 31. Blowup – Buckling</b>	
<b>Figura 32. Grieta de esquina.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 33. Losa dividida.</b>	
<b>Figura 34. Grieta de durabilidad "D"</b>	<b>43</b>
<b>Figura 35. Escala.</b>	
<b>Figura 36. Deterioro en sello de junta.</b>	<b>44</b>
<b>Figura 37. Desnivel carril/berma</b>	
<b>Figura 38. Grietas lineales en jirón Ricardo Palma, La Molina - Perú.</b>	<b>45</b>
<b>Figura 39. Parche grande en jirón Cueto Fernandini, La Molina - Perú.</b>	
<b>Figura 40. Parche pequeño.</b>	<b>46</b>
<b>Figura 41. Pulimiento de agregados en jirón Ricardo Palma, La Molina - Perú.</b>	
<b>Figura 42. Popouts.</b>	<b>47</b>
<b>Figura 43. Bombeo.</b>	
<b>Figura 44. Punzonamiento.</b>	<b>48</b>
<b>Figura 45. Cruce de vía férrea.</b>	
<b>Figura 46. Desconchamiento o craquelado.</b>	<b>49</b>
<b>Figura 47. Grietas de retracción.</b>	
<b>Figura 48. Descascaramiento de esquina en jirón Cueto Fernandini, La Molina - Perú.</b>	<b>50</b>
<b>Figura 49. Descascaramiento de junta en jirón Ricardo Palma, La Molina - Perú.</b>	
<b>Figura 50. Estructura de un SGP.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 51. Interfaz de ArcMap 10.5.</b>	<b>57</b>
<b>Figura 52. Tabla de contenido de ArcMap.</b>	
<b>Figura 53. Red vial de Taiwan en ArcGIS.</b>	<b>58</b>
<b>Figura 54. Ubicación Cajamarca.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 55. Mapa vial de Baños del Inca.</b>	<b>63</b>
<b>Figura 56. Calculo de valor deducido.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 57. Cálculo de valor deducido corregido de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui.</b>	<b>72</b>
<b>Figura 58. Desactivación de inclinación en Google Earth.</b>	<b>73</b>

<b>Figura 59. Obtención de imágenes en Google Earth.</b>	
<b>Figura 60. Vías evaluadas en AutoCAD 2019.</b>	<b>74</b>
<b>Figura 61. Herramienta "Feature to Polygon"</b>	<b>75</b>
<b>Figura 62. Herramienta "Define Pojection"</b>	
<b>Figura 63. Base de datos del pavimento rígido.</b>	<b>76</b>
<b>Figura 64. Vías evaluadas en ArcGIS 10.5.</b>	<b>80</b>
<b>Figura 65. Abrir herramienta "Select by Attributes"</b>	
<b>Figura 66. Herramienta "Select by Attributes"</b>	<b>82</b>
<b>Figura 67. Abrir herramienta "Export Data"</b>	<b>83</b>
<b>Figura 68. Herramienta "Export Data"</b>	
<b>Figura 69. Nombre de nueva base de datos.</b>	<b>84</b>
<b>Figura 70. Base de datos de mantenimiento preventivo.</b>	<b>85</b>
<b>Figura 71. Tabla de contenido de ArcGIS 10.5.</b>	<b>86</b>
<b>Figura 72. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento preventivo desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>102</b>
<b>Figura 73. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren mantenimiento preventivo desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>104</b>
<b>Figura 74. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento correctivo menor desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>107</b>
<b>Figura 75. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren mantenimiento correctivo menor desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>109</b>
<b>Figura 76. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento correctivo mayor desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>111</b>
<b>Figura 77. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren rehabilitación desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>112</b>
<b>Figura 78. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren rehabilitación desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>113</b>
<b>Figura 79. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren reconstrucción desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>114</b>
<b>Figura 80. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren reconstrucción desde ArcGIS 10.5.</b>	<b>115</b>

<b>Figura 81. Condición del pavimento rígido en vías locales principales de Baños del Inca en porcentaje.</b>	<b>118</b>
<b>Figura 82. Condición del pavimento flexible en vías locales principales de Baños del Inca en porcentaje.</b>	<b>119</b>
<b>Figura 83. Intervenciones para pavimentos rígidos en porcentaje.</b>	<b>120</b>
<b>Figura 84. Intervenciones para pavimentos flexibles en porcentaje.</b>	<b>121</b>

## CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Situación problemática

El Perú tiene una extensa red vial que es de gran importancia, ya que no solo une longitudinal y transversalmente a las regiones del país, sino que también viabiliza a las personas con la educación, salud, turismo y oportunidades de trabajo. Esta red vial se divide según sus conexiones en nacional, departamental y vecinal. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones nos presenta una tabla acerca de las vías pavimentadas y no pavimentadas en el Perú, que se puede observar en la tabla 1.

**Tabla 1. Situación de carreteras del Perú en 2018.**

Red Vial	Extensión	Pavimentadas	No pavimentadas
Nacional	27 109.6 km	21 434.0 Km	5 675.6 Km
Departamental	27 505.6 km	3 623.1 Km	23 882.5 Km
Vecinal	113 857.9 Km	1 858.9 Km	111 999 Km

**Fuente:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

Al analizar la tabla 1 podemos saber que la red nacional tiene un 79 por ciento de vías pavimentadas, que al comparar esta cifra con los 13 y 2 por ciento de vías pavimentadas que presentan la red departamental y la red vecinal respectivamente, se nota la abrumadora diferencia entre estos. Esto se debe a que la mayoría de vías de la red vial nacional está concesionada en la construcción y mantenimiento de las vías. En cambio, la mayor parte de

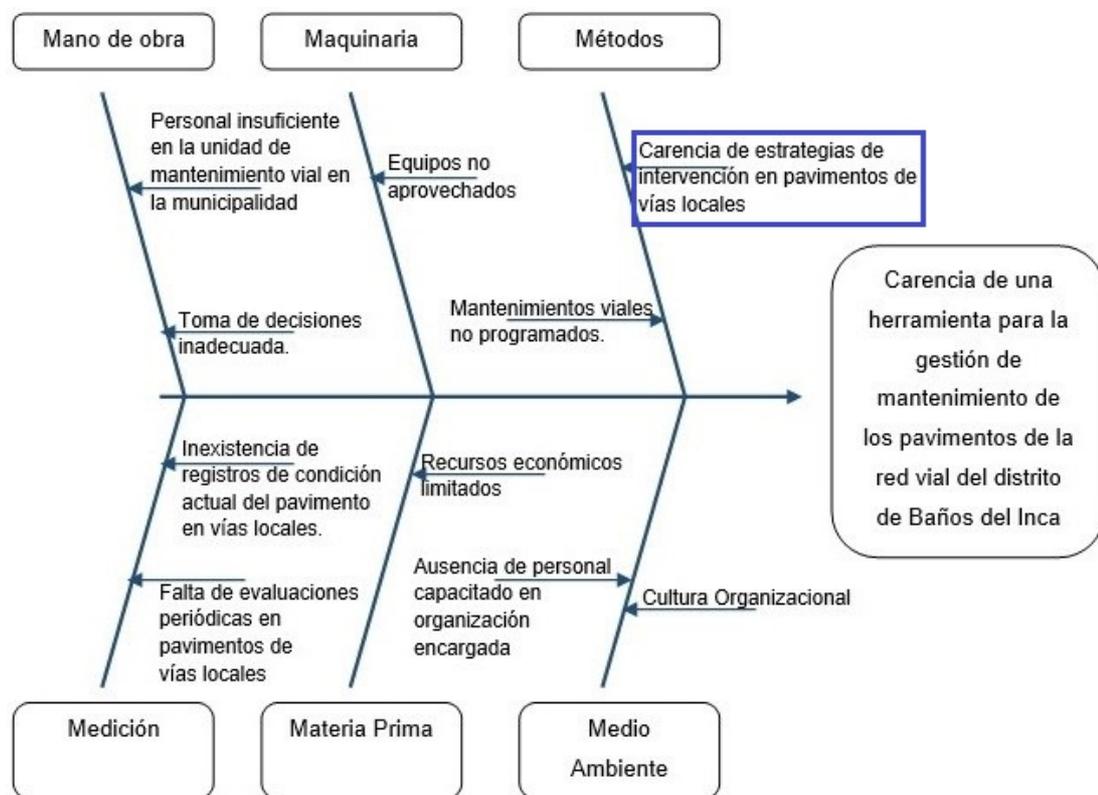
la red departamental y la red vecinal está a cargo de los gobiernos regionales o distritales.

La red vial vecinal está constituida por carreteras que conectan a los centros poblados rurales o urbanos de cada departamento. En su mayoría estos distritos no cuentan con estrategias para mantener su red vial existente en buen estado, tanto esté pavimentada como no pavimentada. Ya que cada localidad cuenta con una cantidad limitada de recursos y a veces no son todos destinados para los mantenimientos viales. Por eso para que una localidad pueda mantener su red vial vecinal en buenas condiciones es necesario que cuente con un inventario de sus vías, saber cómo determinar su estado de conservación, conocer qué vías deben ser intervenidas, cuándo deben ser intervenidas y cuál será el costo para ello, a este conjunto de actividades se le llama sistema de gestión de pavimentos o SGP.

Tanto el Ministerio de Transportes y Comunicaciones como el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento presentan manuales que señalan un cierto criterio para establecer el estado en el que se encuentran las vías, (IRI, ahuellamiento, baches, deflexiones, entre otros), pero aplicándolos más a un ámbito de proyecto, que a lo que vendría ser una conjunción de pavimentos de una jurisdicción municipal. También actualmente en el Perú se utilizan los modelos HDMIII y HDM4, que son softwares que incorporan modelos de deterioro de pavimentos afirmados, flexibles y rígidos y es aceptado por MTC. Sin embargo, la aplicación de estos modelos solo es a nivel de proyecto y no, como se mencionó anteriormente, para una conjunción de pavimentos bajo una jurisdicción distrital o regional (Sotil, A. 2014).

Se realizó también encuestas sobre el tema de gestión de condición de los pavimentos a expertos profesionales, adjuntadas en el ANEXO 01, que concuerdan con que la carencia de estrategias de intervención en pavimentos en jurisdicciones distritales genera una falta de gestión para mantener el pavimento de una red vial local en condiciones óptimas, siendo este el tema que se planea tratar en la presente tesis. Además, con esta información se pudo construir el diagrama de causa-efecto de la figura 1.

Considerando lo antes mencionado se plantea la propuesta de un SGP para municipalidades locales, empleando el método PCI para determinar la condición de los pavimentos, que en este caso sería para el distrito de Los Baños del Inca, que al ser integradas a un sistema de información geográfica se podrá identificar qué intervención requiere el pavimento de los tramos o vías evaluados, adicionalmente esta base de datos será actualizable para un futuro monitoreo o levantamiento de nueva información. La figura 1 representa el diagrama de Ishikawa que ejemplifica los problemas del distrito de Baños del Inca.



**Figura 1. Diagrama causa - efecto de la problemática en Baños del Inca.**

Elaboración: El autor.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema general:

¿Cuál es la influencia de un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS en las vías locales principales del distrito de Baños del Inca?

### **1.2.2 Problemas específicos:**

- ¿Cuál es el inventario de las vías locales principales del distrito de Baños del Inca que conformará el sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS?
- ¿Cuál es la condición actual del pavimento de las vías locales principales del distrito de Baños del Inca que conformará el sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS?
- ¿Cómo determinar qué intervención se le daría al pavimento de las vías o tramos evaluados en el distrito de Baños del Inca empleando un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general:**

Emplear un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS para la conservación del pavimento de las vías locales principales, en el distrito de Baños del Inca.

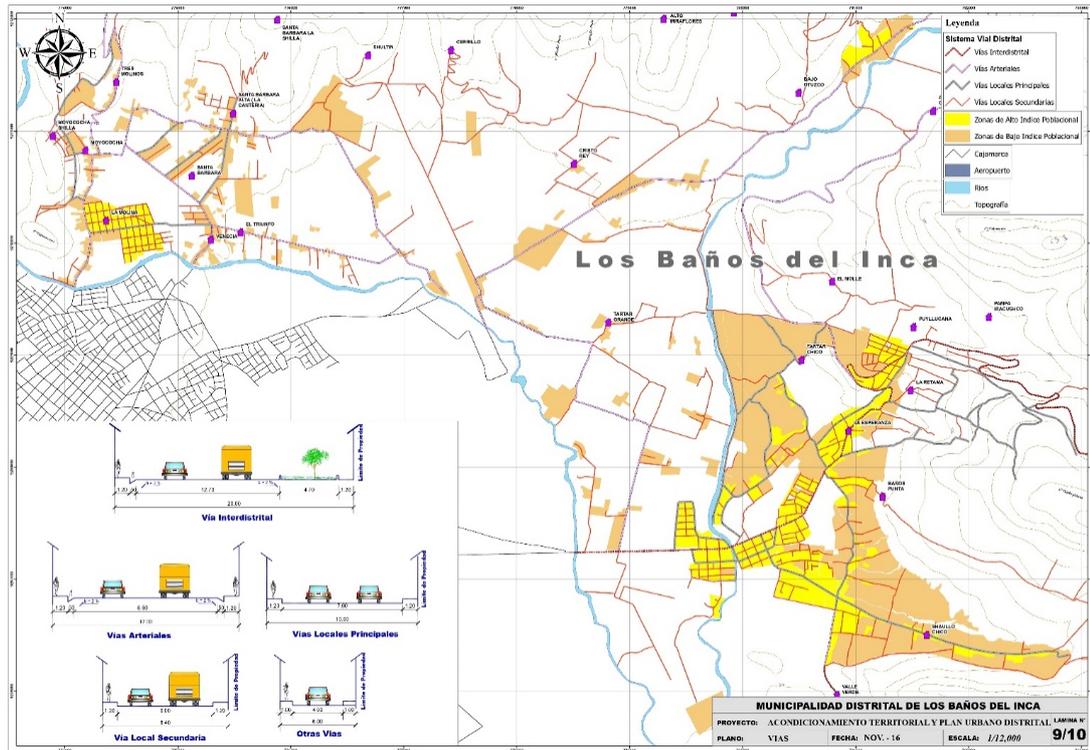
### **1.3.2 Objetivos específicos:**

- Realizar un inventario de las vías locales principales en el distrito de Baños del Inca para emplear un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS.
- Determinar la condición actual del pavimento de las vías principales por el método PCI para emplear un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS.
- Determinar que intervención se la daría al pavimento de las vías o tramos evaluados en el distrito de Baños del Inca empleando un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS.

## **1.4 Justificación e importancia**

Los Baños del Inca, es uno de los 12 distritos pertenecientes a la provincia de Cajamarca, región Cajamarca. Siendo uno de los distritos más turísticos de este lugar y habiendo sido elegido como la primera maravilla del Perú en

el año 2012, es evidente el deterioro del pavimento en la red vial del distrito y no cuenta con estrategias para mantener el pavimento de sus vías en condiciones óptimas. Según el mapa vial que la municipalidad de Los Baños del Inca muestra en su sitio web, presentado como figura 2, el distrito posee 4 tipos de vías, que son las vías interdistritales, arteriales, locales principales y locales secundarias, siendo estas dos últimas las que están bajo la jurisdicción de la municipalidad distrital.



**Figura 2. Mapa vial del distrito de Baños del Inca.**

**Fuente:** Sitio web de la municipalidad de Baños del Inca.

Debido a que las vías locales principales son los principales accesos para las zonas de mayor índice poblacional, están serán evaluadas para crear la base de datos de este SGP, y al ser integradas al sistema de información geográfica se podrá identificar las vías o tramos que requieran intervención teniendo un impacto potencial tanto teórico como práctico.

### 1.4.1 Impacto teórico

El aporte de la tesis está en el empleo del ArcGIS junto con un sistema de gestión de pavimentos en una jurisdicción distrital donde se puede mejorar en la gestión de la condición del pavimento de su red local. Además, de la

adaptación de enfoques extranjeros donde utilizan ArcGIS para la gestión de pavimentos (mencionados en los antecedentes) en la realidad nacional.

#### **1.4.2 Impacto práctico**

La investigación beneficia tanto a la municipalidad de Baños del Inca, como a su población, ya que se podría utilizar como un método de pasos ordenados que permita mantener la red vial de este distrito en condiciones óptimas. El sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS será un aporte para esta localidad que actualmente no cuenta ni con registros de la condición actual de sus pavimentos ni con estrategias de mantenimiento.

#### **1.5 Alcances y limitaciones**

El presente trabajo de tesis permitirá conocer el estado de conservación de las vías locales principales del distrito de Baños del Inca en la región de Cajamarca. Además, que se demostrará también como el software ArcGIS es de gran utilidad para poder determinar el tipo de intervención que requiere el pavimento evaluado y se podría considerar como limitación el hecho de la distancia entre el autor y el lugar de evaluación, ya que al estar en el sitio de estudio el tiempo era de vital importancia para realizar la evaluación y llegar a evaluar la mayor cantidad posible de tramos viales.

#### **1.6 Viabilidad**

La presente investigación es viable ya que se tuvo acceso a todas las vías que debieron ser evaluadas. Además, la municipalidad de Baños del Inca brindó una autorización para poder realizar la evaluación. Con respecto al uso de software el autor contaba con la experiencia en el manejo de ArcGIS.

Económicamente la investigación también fue viable porque todos los gastos que se realizaron durante el proceso de evaluación vial fueron asumidos por el autor.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

Considerando propuestas y aplicaciones de sistemas de gestión de pavimentos utilizando diferentes metodologías, se presentan los siguientes antecedentes nacionales e internacionales.

##### **2.1.1 Antecedentes nacionales**

Ochoa, D. & Tupac, E. (2017) presentan una tesis denominada “Optimización de recursos económicos en la conservación de pavimentos rurales utilizando un sistema de gestión de pavimentos basado en el método Markoviano”, en la tesis se aplica un sistema de gestión de pavimentos que busca optimizar la asignación de recursos económicos. En esta tesis se centraron en carreteras rurales de tercera clase y usaron una base de datos existente de la red vial 3 de Cusco, esta base de datos fueron los resultados de una evaluación PCI realizada en dicha vía.

Aplicando el método estocástico-probabilístico se plantearon tres escenarios: El primero, donde se aplica el sistema de gestión de pavimentos, el segundo, donde no se aplica el sistema y el tercero, donde no se realiza mantenimiento a la vía, tras los cuales se concluyó que los recursos serían malgastados si este sistema de gestión de pavimentos no se aplica.

Sotil, A. (2014) en la revista Infraestructura Vial escribe el artículo “Propuesta de Sistema de Gestión de Pavimentos para Municipalidades y

Gobiernos Locales” donde se propone una metodología objetiva y programada basada en un método estocástico – probabilístico sobre la reparación vial en jurisdicciones locales con bajos recursos y que con el tiempo este sea implementado en más localidades.

En el artículo se describe la situación de las carreteras en el Perú, las que están pavimentadas y las que no lo están, así como los manuales que son provistos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento donde se definen los criterios de evaluación y de reparación para las vías pavimentadas en el Perú. Justificando que estos manuales no son suficientes para mantener una red vial de un gobierno local en buen estado por la falta de metodologías con registros históricos de la condición vial.

Finalmente, al aplicar la metodología propuesta en una base de datos creada a base del método PCI, determina que al atender a los pavimentos en buena condición evitando que se deterioren más y mejorando poco a poco los pavimentos en mala condición, se logrará un crecimiento sostenible en carreteras en buena condición.

Montañez, A. (2018), en su tesis titulada “Sistema de Gestión de Mantenimiento Vial para las Vías Urbanas de la Ciudad del Cusco - Caso estudio Av. de la Cultura”, realizó un análisis y diagnóstico de la situación de los mantenimientos viales en el lugar de estudio, específicamente de la Av. de la Cultura en Cusco, determinó el año de su construcción y los mantenimientos que tuvo desde 1972, para realizar un análisis de costo del ciclo de vida para un periodo de 50 años, considerando 2 probabilidades, la primera que el pavimento no reciba ninguna intervención y sea reconstruido al final de su ciclo de vida y la segunda, es que el pavimento sea sometido a mantenimientos rutinarios y periódicos, el análisis determinó que se ahorraría S/. 1, 003,829 si se realizan las actividades de mantenimiento.

Huamán, S. (2014) desarrolla la tesis “Índice de Condición de Pavimento de la carretera Cajamarca – La Colpa”. En la tesis se busca conocer el estado y funcionalidad actual de la carretera, para beneficiar a quienes transiten la vía. La metodología escogida fue la del PCI, donde se dividió la carretera de Cajamarca - Jesús en cuatro secciones cada una con sus unidades de muestra, al realizar la inspección se comenzó por la primera sección que posee unas 17 unidades de muestra determinando un PCI de 44 lo que indicó un pavimento en estado regular. Para la sección 2 que posee un ancho de 7.50 m se dividió la sección en 19 unidades de muestra cada una de 300 m<sup>2</sup>, así se determinó un PCI de 45 y al igual que la primera sección se presenta un estado regular.

La sección 3 presentó un PCI de 70 en estado muy bueno, esta sección fue dividida en 14 unidades de muestra; y la sección número 4 obtuvo un PCI de 41 representando un estado regular. Finalmente se recomienda realizar el ensayo de deflectometría para conocer con más profundidad la causa de estas fallas encontradas en la carretera.

Castope, L (2018), en la tesis, “Evaluación del Estado Actual del Pavimento Rígido en el Jirón Yahuar Huaca del Distrito de los Baños del Inca”, se justifica que el jirón que se evaluará, en este caso Yahuar Huaca, servirá para conocer las fallas más comunes que se presentan en un pavimento rígido y saber cómo estas afectan en la durabilidad del pavimento. Este jirón fue evaluado desde la cuadra 10 hasta la cuadra 20, determinando que la falla más común de esta sección son el pulimiento de agregados, para que finalmente determine que la condición PCI total de la sección estudiada se de 65.56 indicando que el pavimento se encuentra en un estado bueno.

### **2.2.2 Antecedentes Internacionales**

Silva, A., Daza O., & López, L. (2018), presentan un artículo que se basó en el proyecto de investigación “Gestión de pavimentos basado en sistemas de información geográfica para la red vial de Boyacá” desarrollado en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en el año 2017. Este

artículo plantea el mejoramiento del mantenimiento de las redes viales para pavimentos flexibles, se usó como fuente las publicaciones en revistas como Science Direct, Research Gate, Scopus y Engineering Village. En el artículo se dice que los usos de sistemas SIG, han sido aceptados ampliamente, por la facilidad de administración de datos y toma de decisiones manejando la localización de las áreas, optimizando el sistema de gestión de pavimentos (SGP).

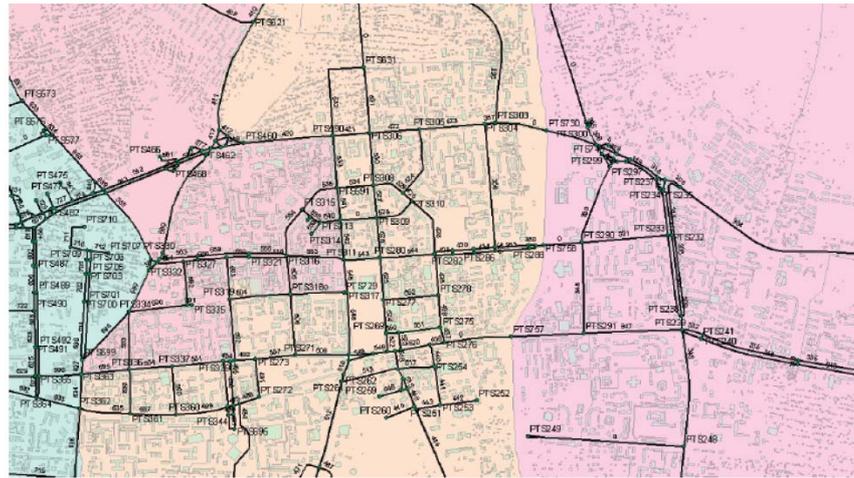
Los SPG consideran como parámetros de medición los daños en los pavimentos, la regularidad en el pavimento, la fricción o rozamiento transversal, la deflexión del pavimento y las evaluaciones geotécnicas. El método más aceptado y usado es el método del Índice de Condición de Pavimento (PCI) para determinar el principal parámetro, una vez con la información recolectada se realiza la sectorización y selección de tramos a intervenir. Los entes encargados de las gestiones de la carretera encuentran muy útil la implementación de los SIG, ya que, en los últimos años, los SGP reciben aportes significativos, al incluir una metodología SIG para facilitar el análisis de pavimentos.

Cruz, W. & Pabón, C. (2016) en la conferencia de usuarios ESRI presenta que la gestión de pavimentos a través de los SIG es utilizar las herramientas que proporciona un SIG para optimizar los recursos disponibles para mantenimiento y crecimiento de una red vial haciendo seguimientos al comportamiento de las vías por medio de información geográfica. Lo que se propone aquí es la administración vial en SIG basado en un inventario geográfico, el conocimiento de tráfico, suelo y tipo de pavimento y monitoreo constante del estado. Así poder programar intervenciones y hacer controles de calidad según el tipo de requerimiento por vías, aplicando el método de análisis PCI. En esta conferencia se promueve el uso de ArcGIS Online o Portal for ArcGIS para manejar la información, el ArcGIS Desktop y Model Builder para automatizar procesos y así establecer fecha y tipo de intervención a cada tramo, Operations Dashboard que es un software para administrar costo y presupuestos de las intervenciones de las carreteras evaluadas y

Geoforms, que es una aplicación de celular dirigida a los ciudadanos para que puedan dar su opinión acerca de las intervenciones realizadas.

Zapata, J. & Cardona, G. (2012) en el artículo titulado “Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la Gestión de la malla vial de la ciudad de Medellín”, describen el proceso de implementación de un sistema de gestión de pavimentos para esta ciudad, primero se realiza un inventario de las vías que se tendrán en cuenta en este sistema tomando en consideración el tráfico, el tipo de vía, la influencia climática y su estado de conservación, esta base de datos está compuesta por los segmentos de la vías principales de Medellín georreferenciadas, con su índice de rugosidad internacional (IRI), el sistema de información geográfica utilizado es el ArcGIS que trabaja junto con el software HDM III, para arrojar recomendaciones de intervención en cada vía. Concluyen que el sistema servirá de apoyo para las autoridades encargadas y así poder planear el mantenimiento vial optimizando los recursos y ofreciendo un mejor servicio a la comunidad.

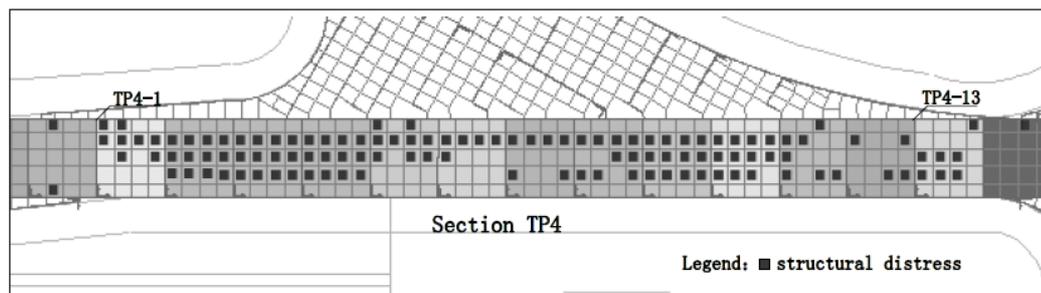
Sitanyiova, D. & Muzik, J. (2016) en el artículo llamado Aplicación de GIS para gestión y mantenimiento para la red vial en Unlaanbaatar, describen lo que fue la implementación de un sistema de gestión de pavimentos para la red vial en Ulaanbaatar, capital de Mongolia. Donde toman una base de datos de la red vial de 420 km, para formar este sistema de gestión de pavimentos. La ciudad de Ulaanbaatar ya contaba con una base de datos georreferenciada, pero de acuerdo con el artículo, esta no era lo suficientemente específica y completa para mejorar la toma de decisiones y mantener la red vial en condiciones óptimas. Por eso se hizo una nueva base de datos, considerando el tipo de pavimento, la condición en la que se encontraba, los mantenimientos realizados y puntos en el mapa que representaban lugares relevantes (colegios, hospitales, etc.). El proyecto se desarrolló con el objetivo de ayudar a las agencias encargadas del planeamiento y mantenimiento vial en la toma de decisiones en los trabajos de rehabilitación y recursos económico.



**Figura 3. Red vial de Ulaanbaatar.**

**Fuente:** Sitanyiova, D. & Muzik, J. (2016).

Chen, W.; Yuan, J. & Li, M. (2012) En el artículo científico, Aplicación de GIS/GPS en el sistema de gestión de pavimentos en el aeropuerto de Shanghai, describen como este aeropuerto mantiene sus pavimentos en condiciones óptimas, el aeropuerto de Shanghai cuenta con pavimentos rígidos y flexibles, que según la Administración de Aviación de China, se dividió su pavimento en secciones, de 20 losas para pavimentos rígido y de 450 m<sup>2</sup> de área de pavimentos flexible, se utiliza el método PCI para determinar la condición del pavimento, cada falla es registrada y se toman datos espaciales con un GPS, estos datos son llevados a una plataforma GIS, este sistema fue desarrollado por primera vez en el 2006 y desde entonces es continuamente actualizado con el fin de mantener el pavimento del aeropuerto en buen estado. Además, se da importancia que este sistema ha permitido nuevas técnicas de análisis que permitieron optimizar la gestión del mantenimiento de los pavimentos.



**Figura 4. Secciones del pavimento del aeropuerto de Shanghai.**

**Fuente:** Chen, W.; Yuan, J. & Li, M. (2012).

## **2.2 Bases teóricas**

A continuación, definiciones y conceptos a tratar en la presente investigación.

### **2.2.1 Definición de pavimento**

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) del MTC, “un pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito”.

Además, se reconocen tres tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el tipo de superficie de rodadura que poseen.

### **2.2.2 Tipos de pavimentos**

#### **2.2.2.1 Pavimento flexible**

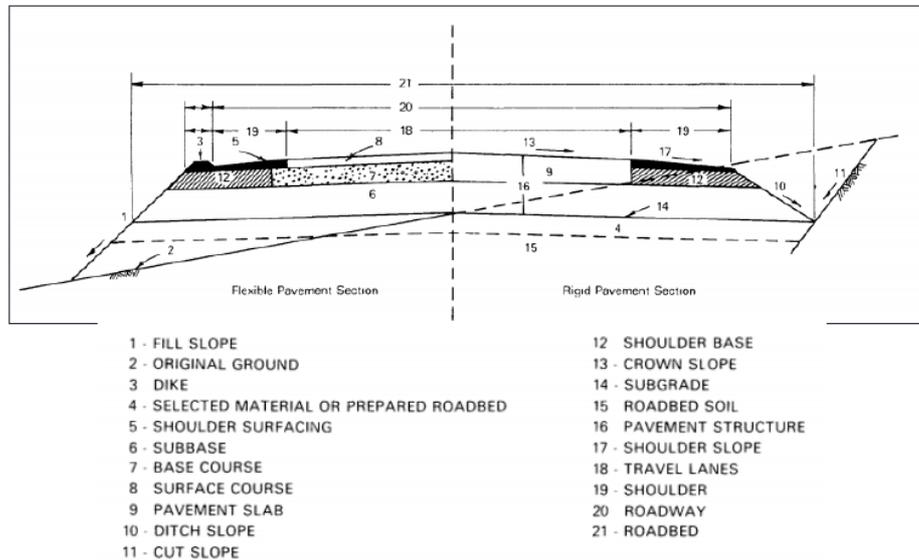
Es una estructura que posee dos capas de material granular, subbase y base, y como superficie de rodadura posee materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y aditivos.

#### **2.2.2.2 Pavimento semirrígido**

Como pavimento semirrígido el Manual de Carreteras del MTC tiene varias consideraciones, en primer lugar se considera como pavimento semirrígido a la estructura que posee una base tratada con asfalto y sobre esta, una carpeta asfáltica en caliente; la estructura compuesta por una carpeta asfáltica sobre una base tratada con cemento o cal también es considerada como pavimento semirrígido y finalmente, los pavimentos articulados (con bloques o adoquines de concreto como superficie de rodadura) también son considerados como pavimentos semirrígidos.

### 2.2.2.3 Pavimento rígido

Es aquel pavimento que está compuesto por una capa de subbase o base granular y puede o no ser estabilizada, cuenta con una losa de concreto hidráulico como superficie de rodadura.



**Figura 5. Sección típica de pavimento flexible y rígido.**

Fuente: AASHTO 1993.

## 2.2.3 Función de las capas de un pavimento

### 2.2.3.1 Subrasante

Se considera la cimentación del pavimento ya que sobre esta se apoyarán todas las capas de la estructura, tiene como función principal recibir las cargas que el pavimento transmite. Mientras mejor calidad tenga la subrasante, el espesor de las capas superiores disminuirá, pero siempre cumpliendo con los espesores mínimos.

### 2.2.3.2 Subbase

Aunque no siempre se construye en la estructura del pavimento, esta cumple la función de evitar que el agua ascienda por capilaridad hacia las capas superiores, también cumple una función económica aumentando el espesor de la estructura del pavimento con un material granular no tan caro como el de la base. Además, esta trasmite los esfuerzos de la base hacia la subrasante.

### **2.2.3.3 Base**

La base es la capa que recibe mayor cantidad de esfuerzo producidos por el tránsito vehicular. En algunos casos esta debe recibir algún tratamiento especial para evitar deformaciones. Su función es transmitir las cargas hacia las capas inferiores.

### **2.2.3.4 Superficie de rodadura**

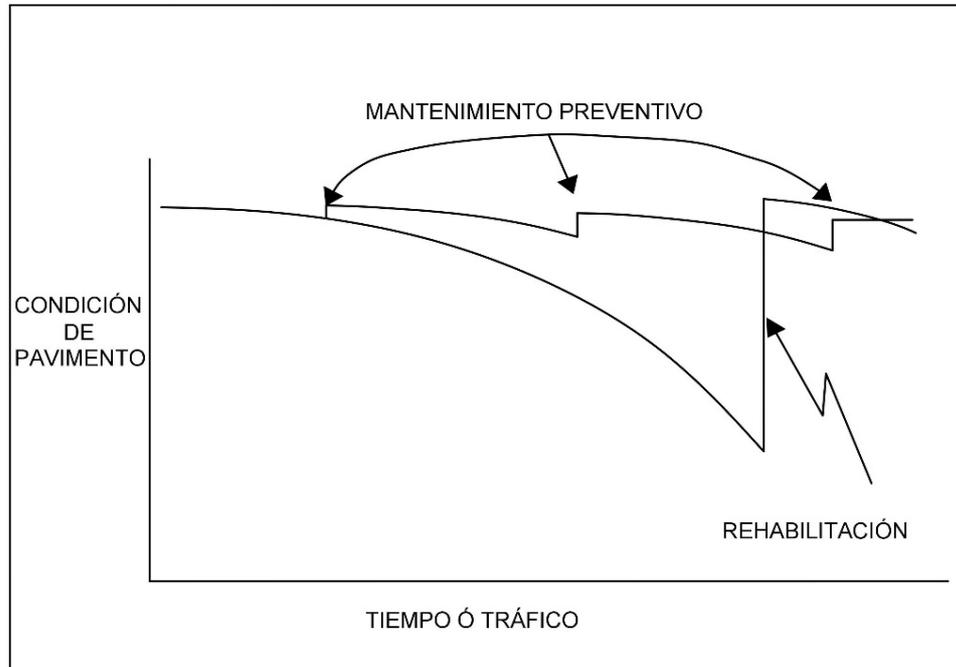
La superficie de rodadura es aquella por donde los vehículos transitan y es la parte superior de la estructura del pavimento, como se mencionó en los tipos de pavimentos, la superficie puede ser de pavimento flexible o pavimento rígido y según sea el caso, tendrá influencia en el espesor de sus capas subyacentes.

## **2.2.4 Conservación de pavimentos**

La conservación vial se define como una serie de procedimientos de ingeniería que es necesario que sean ejecutados para evitar el deterioro de los elementos que conforman una vía. Un programa de mantenimiento adecuado ejecuta principalmente mantenimiento preventivo y solamente en casos específicos aplica el mantenimiento correctivo. La diferencia entre estos mantenimientos es el nivel de deterioro que presenta la superficie de rodadura. (Menéndez, J. 2013)

### **2.2.4.1 Mantenimiento preventivo**

Se realiza este tipo de mantenimiento para retrasar el daño progresivo del pavimento, las actividades que se realizan son mayormente superficiales y corresponden a las de un mantenimiento rutinario. Asimismo, si se realiza este mantenimiento de manera cíclica se podría evitar hacer una rehabilitación y se tendría una mejor condición del pavimento por el mismo tiempo como se ve en la figura 6.



**Figura 6. Comportamiento de la condición del pavimento al realizar mantenimiento preventivo.**

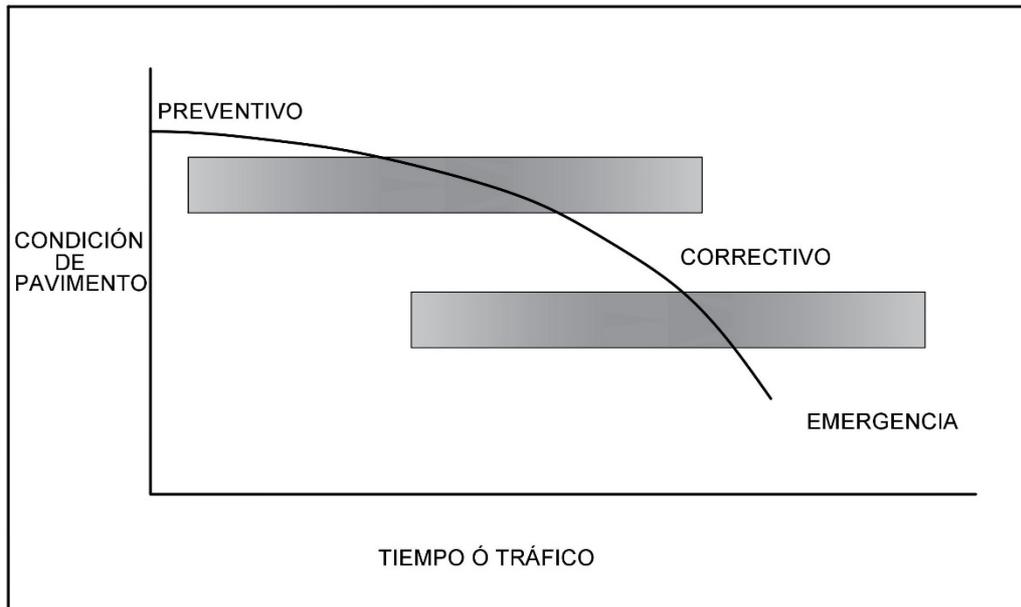
**Fuente:** Menéndez, J. (2013)

#### **2.2.4.2 Mantenimiento Correctivo**

La diferencia principal del mantenimiento correctivo con el mantenimiento preventivo es el de costo y tiempo, ya el ejecutar un mantenimiento correctivo el pavimento necesita ser reparado mientras que un mantenimiento preventivo se realiza cuando el pavimento aún está en buen estado. Según el manual de carreteras del MTC de conservación vial, las actividades correctivas de reparación son las del mantenimiento periódico.

#### **2.2.4.3 Mantenimiento de emergencia**

Se ejecuta cuando el pavimento debe ser intervenido inmediatamente como un bache grave o un hueco de profundidad considerable.



**Figura 7. Comparación tipos de mantenimiento.**

**Fuente:** Menéndez, J. (2013)

#### **2.2.4.4 Actividades de conservación para pavimentos flexibles**

En el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, llamado Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, presenta las siguientes actividades de mantenimiento y reparación de daños producidos en un pavimento flexible. En la tabla 2 se puede observar las actividades, así como su descripción y a qué tipo de mantenimiento pertenece.

**Tabla 2. Actividades de conservación para pavimentos flexibles.**

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Mantenimiento</b>
<b>Sellado de fisuras y grietas en calzada</b>	Consiste en la colocación de material especial dentro o sobre de las fisuras del pavimento. Impidiendo la entrada de materiales en la estructura del pavimento.	Rutinario
<b>Parchado superficial en calzada</b>	Se reemplaza el pavimento de las áreas afectadas y se reparan los baches, siempre y cuando las capas inferiores a la superficie de rodadura no estén dañadas.	Rutinario
		Rutinario

<b>Parchado profundo en calzada</b>	Se reemplaza el pavimento de las áreas afectadas o severamente deterioradas cuando el daño afecte a la superficie ya las capas inferiores también.	
<b>Sellos asfálticos</b>	Se realizan riegos asfálticos, normalmente para mejorar la adherencia de la superficie de la carpeta. Se realiza con el objetivo de recuperar la condición del pavimento.	Periódico
<b>Recapeos asfálticos</b>	Se colocan una o más capas de mezcla asfáltica en la superficie de rodadura, esta actividad es para recuperar tanto las condiciones superficiales como estructurales.	Periódico
<b>Fresado de carpeta asfáltica</b>	Con el objetivo de recuperar las condiciones estructurales y superficiales, se corta parcial o totalmente la superficie de rodadura	Periódico
<b>Microfresado de carpeta asfáltica</b>	Para eliminar las irregularidades de la superficie de rodadura se corta superficialmente la carpeta asfáltica.	Periódico

**Elaboración:** El autor.

#### 2.2.4.5 Actividades de conservación para pavimentos rígidos

En el Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, se presenta también las actividades de mantenimiento y reparación de daños producidos en pavimentos rígidos. En la tabla 3 se puede observar las actividades, así como su descripción y a qué tipo de mantenimiento pertenece.

**Tabla 3. Actividades de conservación para pavimentos rígidos.**

Actividad	Descripción	Mantenimiento
<b>Sellado de fisuras y grietas en calzada</b>	Al aplicar el sellante en las fisuras y grietas en un pavimento rígido es necesario que no presente desplazamientos verticales entre sí.	Rutinario
		Rutinario

<b>Reparación de losas de calzada en espesor parcial</b>	Consiste en reparar puntualmente los daños producidos en las losas de concreto, como roturas cerca de los bordes o en otras partes de las losas.	
<b>Resellado de juntas y sellado de grietas en calzada</b>	Si el pavimento presenta desplazamientos verticales donde se va a realizar el sellado de juntas es no se realiza este procedimiento, sino el siguiente.	Periódico
<b>Reparación de losas de calzada en espesor total</b>	Consiste en reemplazar una parte o la totalidad del concreto en la calzada, reemplazando el espesor en su totalidad.	Periódico
<b>Colocación de barras de transferencia de cargas</b>	Con el objetivo de que el pavimento recupere su capacidad de transferencia de cargas en juntas y grietas transversales, se deberá instalar barras de acero normalmente en la mitad del espesor del concreto.	Periódico
<b>Microfresado de losas en calzada</b>	Para eliminar las irregularidades de la superficie de rodadura se corta superficialmente las losas de calzada del pavimento.	Periódico
<b>Reemplazo de losas en calzada.</b>	Consiste en remover una o más losas de concreto de la calzada y reemplazarlas con nuevas, retirando las bases granulares si es que es necesario.	Periódico
<b>Reemplazo de losas por pavimento flexible en calzada</b>	Consiste en remover una o más losas de concreto de la calzada y reemplazarlas con pavimento flexible.	Periódico

**Elaboración:** El autor.

## 2.2.5 Evaluación del comportamiento del pavimento

Con el fin de conocer las condiciones en las que se encuentra un pavimento es necesario realizar evaluaciones, que son de suma importancia para los organismos que encargados del mantenimiento vial. Así mismo conocer su comportamiento a través del tiempo contribuirá con la mejora en procesos de rehabilitación y eficiencia económica.

## **2.2.6 Evaluación estructural**

Los métodos o ensayos para evaluar estructuralmente a un pavimento pueden ser destructivos y no destructivos.

### **2.2.6.1 Ensayos no destructivos estáticos**

Principalmente se pueden diferenciar 3, los equipos de deflectómetro LaCroix, deflectómetro de California y La Viga Benkelman que es el más usado en Perú, método desarrollado en 1952 y adoptado formalmente tanto por ASTM y por AASHTO, esta prueba consiste en obtener un perfil del pavimento y determinar su condición por la deflexión que posee.

### **2.2.6.2 Ensayos no destructivos de vibración constante**

Para encontrar el perfil de deflexiones del pavimento se utilizan dos dispositivos, el Dynaflect y el Road Rater, que mediante vibraciones constantes y aplicando cargas cada 30 centímetros en la superficie del pavimento generan las deflexiones requeridas.

### **2.2.6.3 Ensayos no destructivos de cargas de impulso**

Es un proceso parecido al anterior, pero automatizado utilizando los deflectómetros de impacto o FWD se medirán las deflexiones producidas en el pavimento, el equipo debe ser colocado en el lugar del ensayo, se coloca una placa y se aplica la carga según lo requerido, luego estos datos son almacenados automáticamente en una computadora y el equipo está listo para ser llevado a otro punto para ensayar.

### **2.2.6.4 Ensayos destructivos**

Son aquellos donde se extrae pavimento in-situ para determinar su espesor, humedad, densidad y segregación. La muestra extraída es llevada a ensayarse en el laboratorio.

## **2.2.7 Evaluación funcional**

Las evaluaciones funcionales mayormente miden las características superficiales del pavimento, siendo estas de gran importancia, porque de ellas depende la seguridad, comodidad y economía del usuario, ya sea peatón o el ente encargado del mantenimiento vial.

### **2.2.7.1 Condition rating survey (CRS)**

Esta metodología es usada por el departamento de transporte de Illinois, que desarrollo un manual informativo para poder identificar la condición que poseen los pavimentos y asignarle un valor CRS. Considerando los daños más significativos los ahuellamientos y la rugosidad. El resumen del sistema de clasificación se detalla a continuación:

Malo (CRS 1.0 - 4.5): El pavimento está totalmente dañado y necesita de una mejora inmediata.

Regular (CRS 4.6 - 6.0): El pavimento se está acercando a una condición que probablemente requiera de una mejora pronto.

Satisfactorio (CRS 6.1 - 7.5): El pavimento está en condiciones aceptables a buenas condiciones y no necesita una mejora.

Excelente (CRS 7.6 - 9.0): El pavimento está en excelentes condiciones.

### **2.2.7.2 Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER)**

Este método ubica la condición del pavimento en un rango del 1 al 10, siendo 10 el mejor estado, este método se basa en la evaluación visual según unos manuales que presentan los tipos de falla a considerar para obtener un valor numérico que represente la condición del pavimento que tiene la vía. Este método no solo evalúa vías pavimentadas, sino también vías afirmadas.

Valor PASER del 9 – 10: No requiere ningún mantenimiento.

Valor PASER 8: Pocas actividades de mantenimiento.

Valor PASER 7: Mantenimiento rutinario.

Valor PASER del 5 – 6: Mantenimiento correctivo.

Valor PASER del 3 – 4: Mejoras estructurales

Valor PASER del 1 – 2: Reconstrucción.

### 2.2.7.3 Índice de condición general (OCI)

Esta metodología toma en cuenta no solo el daño que presenta la calzada del pavimento, sino también las condiciones del drenaje, dándoles una importancia de 80 por ciento y 20 por ciento respectivamente. Este método califica del 0 al 100 al estado del pavimento. Las calificaciones según la condición del pavimento se pueden observar en la tabla 4.

**Tabla 4. Intervención de pavimentos según rango de evaluación.**

Rango	Intervención
0 - 24	Rehabilitación o reconstrucción.
25 - 47	Recapeo estructural.
48 - 67	Mantenimiento preventivo.
68 - 87	Mantenimiento preventivo.
88 -100	No requiere intervención.

**Elaboración:** El autor.

### 2.2.7.4 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El IRI fue desarrollada en Brasil en 1982 y en EEUU fue implementado 5 años después, el IRI es el perfil superficial longitudinal en la huella de la llanta de cualquier vía. Para determinar el IRI se hace un levantamiento topográfico o se usa un perfilómetro mecánico. Este parámetro se utiliza con fines de determinar la regularidad de la vía. Simulando que un vehículo circula por una carretera a 80 km/h manteniendo factores de seguridad y confort durante su recorrido por la superficie evaluada.

### 2.2.7.5 Índice de condición de pavimento (PCI)

El PCI es un indicador numérico que califica la condición del pavimento como se puede ver en la figura 8. La condición que se halla con el

PCI se basa en los daños observados en la superficie de rodadura, que también indican la integridad estructural como la condición operacional del pavimento. El continuo monitoreo del PCI es usado para establecer en que media el pavimento se deteriora durante el tiempo de uso, que es a veces empleado para la temprana identificación e intervención antes de un deterioro más severo. Ya que este método se usará para determinar la condición del pavimento de las vías evaluadas, se detallará con más profundidad la aplicación y calificación según la norma ASTM D6433 – 07.

Condición PCI	Rango de intervalos	Colores Sugeridos
Excelente	100	Verde Oscuro
Muy Bueno	85	Verde Claro
Bueno	70	Amarillo
Regular	55	Rojo Claro
Malo	40	Rojo Opaco
Muy Malo	25	Rojo Oscuro
Fallado	10	Plomo
	0	

**Figura 8. Escala de rangos PCI.**

**Fuente:** ASTM D6433-07

Para llevar a cabo esta metodología, se debe de dividir el pavimento evaluado en unidades de muestra, estas unidades de muestra deben de ser de  $230 \text{ m}^2 \pm 90 \text{ m}^2$  y de 20 losas de concreto  $\pm 8$  losas si es un pavimento flexible o un pavimento rígido respectivamente. Se consideran 19 fallas para cada tipo de pavimento mencionado, y en su mayoría 3 severidades para cada falla, severidad baja, media y alta, que es de consideración para cuando se lleve a cabo la recolección de datos.

El ASTM D6433-07 nos brinda un ejemplo para los formatos de toma de datos que considera el tipo de falla, cantidad y severidad. Los formatos son para el pavimento flexible, figura 9 y para el pavimento rígido, figura 10.



$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

N: Número total de unidades de muestra en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%)

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre las unidades

Además, cuando la sección de pavimento a evaluar tenga 5 o menos unidades de muestreo, todas deben ser evaluadas. Finalmente, si no todas las unidades de muestreo se van a evaluar se debe dividir el número total de unidades de muestreo entre el mínimo número de unidades de muestra a evaluar para determinar el intervalo de evaluación.

Para realizar el cálculo del índice PCI, se debe de tener en conocimiento las 19 fallas para pavimento flexible y 19 fallas para pavimento rígido, tabla 4 y tabla 5, como sus severidades también. Cada falla se registra en el formato correspondiente para cada tipo de pavimento, se registra también la severidad y la cantidad. La toma de datos de las cantidades depende del tipo de pavimento, si este es flexible las cantidades de cada falla son en metros cuadrados o metros lineales según sea el caso, si es pavimento rígido se cuenta el número de losas que posean el daño registrado. Luego se totaliza cada daño por unidad de muestra y se determina la densidad dividiendo cada total entre el total del área de la unidad de muestra o el total de losas que tiene la unidad de muestra si es pavimento flexible o pavimento rígido respectivamente.

A continuación, en la tabla 5 se presentan los daños que el PCI considera para pavimentos flexibles, así como sus severidades.

**Tabla 5. Fallas de pavimentos flexibles.**

N°	Falla	Severidad
1	Piel de Cocodrilo	B: Grietas finas no se conectan entre sí.
		M: Grietas se unen entre si y presentan descascaramiento.
		A: Grietas marcadas, algunos pedazos se pueden remover.
2	Exudación	B: Ha ocurrido muy ligeramente.
		M: El asfalto se pega en los zapatos o llantas de vehículos.
		A: Se presenta en gran extensión y es muy pegajoso.
3	Agrietamiento en Bloque	B: Grietas de baja severidad.
		M: Grietas de severidad media.
		A: Grietas de alta severidad.
4	Abultamientos y Hundimientos	B: El daño causa tránsito de severidad baja.
		M: El daño causa tránsito de severidad media.
		A: El daño causa tránsito de severidad alta.
5	Corrugación	B: El daño causa tránsito de severidad baja.
		M: El daño causa tránsito de severidad media.
		A: El daño causa tránsito de severidad alta.
6	Depresión	B: Depresión de profundidad de 13.0 a 25.0 mm
		M: Depresión de profundidad de 25.0 a 51.0 mm
		A: Depresión de profundidad mayor a 51.0 mm
7	Grieta de borde	B: Grietas de baja severidad.
		M: Grietas de severidad media.
		A: Grietas de alta severidad.
8	Grietas de reflexión de junta	B: Grietas de baja severidad.
		M: Grietas de severidad media.
		A: Grietas de alta severidad.
9	Desnivel carril / berma	B: Diferencia de nivel entre 25.0 y 51.0 mm.
		M: Diferencia de nivel entre 51.0 y 102.0 mm.
		A: Diferencia de nivel mayor que 102.0 mm.
10	Grietas longitudinales y transversales.	B: Grieta rellena de cualquier ancho o grieta sin relleno menor que 10.0 mm.
		M: Grieta rellena con bordes agrietados y grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
		A: Grietas rellena severamente fracturada y grieta sin relleno con ancho mayor que 76.0 mm.
11	Parcheo y acometidas de servicios públicos	B: El parche está en buena condición.
		M: El parche está deteriorado.
		A: El parche está muy deteriorado.

12	Pulimiento de agregados	No se definen severidad, para que el pulimento sea considerado debe de presentarse en cantidades significativas.			
13	Huecos	Profundidad	Diámetro		
			102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
		12.7 a 25.4 mm	B	B	M
		25.4 a 50.8 mm	B	M	M
mayor que 50.8 mm	M	M	A		
14	Cruce de vía férrea	B: El daño causa tránsito de severidad baja.			
		M: El daño causa tránsito de severidad media.			
		A: El daño causa tránsito de severidad alta.			
15	Ahuellamiento	B: Ahuellamiento de profundidad de 6.0 a 13.0 mm			
		M: Ahuellamiento de profundidad de 13.0 a 25.0 mm			
		A: Ahuellamiento de profundidad mayor que 25.0 mm			
16	Desplazamiento	B: El daño causa tránsito de severidad baja.			
		M: El daño causa tránsito de severidad media.			
		A: El daño causa tránsito de severidad alta.			
17	Grietas parabólicas	B: Grietas de baja severidad.			
		M: Grietas de severidad media.			
		A: Grietas de alta severidad.			
18	Hinchamiento	B: El daño causa tránsito de severidad baja.			
		M: El daño causa tránsito de severidad media.			
		A: El daño causa tránsito de severidad alta.			
19	Desprendimiento de agregados	B: El pavimento ha comenzado a perder agregados.			
		M: El pavimento ha perdido agregados.			
		A: El pavimento ha perdido agregados en forma considerable.			

**Elaboración:** El autor.

Para la evaluación de un pavimento rígido, el ASTM D6433 – 07 considera 19 fallas al igual que el pavimento flexible les asigna una numeración a partir del 21 al 39, esto debido a que esta numeración continua las fallas del pavimento flexible. Las fallas para pavimentos rígidos se presentan a continuación en la tabla 6.

**Tabla 6. Fallas de pavimento rígido.**

N°	Falla	Severidad
21	Blowup - Buckling	B: El daño causa tránsito de severidad baja.
		M: El daño causa tránsito de severidad media.

		A: El daño causa tránsito de severidad alta.			
22	Grieta de esquina	B: La grieta está definida por una grieta de severidad baja.			
		M: La grieta está definida por una grieta de severidad media.			
		A: La grieta está definida por una grieta de severidad alta.			
23	Losa dividida	Severidad de la mayoría de grietas	Numero de pedazos		
			4 a 5	6 a 8	8 a más
		B	B	B	M
		M	M	M	A
	A	M	M	A	
24	Grieta de durabilidad "D"	B: Cubren menos del 15% de la losa y los pedazos no se desprenden.			
		M: Cubren menos del 15% de la losa y los pedazos se desprenden.			
		A: Cubren más del 15% de la losa y los pedazos se desprenden.			
25	Escala	B: Diferencia de nivel entre 3 y 10 mm.			
		M: Diferencia de nivel entre 10 y 19 mm.			
		A: Diferencia de nivel mayor que 19 mm.			
26	Deterioro de sello de junta.	B: El sellante está en buena condición con daño menor.			
		M: El sellante está en condición regular con daño moderado.			
		A: El sellante está en condición mala con daño severo.			
27	Desnivel carril / berma	B: Diferencia de nivel entre 25.0 y 51.0 mm.			
		M: Diferencia de nivel entre 51.0 y 102.0 mm.			
		A: Diferencia de nivel mayor que 102.0 mm.			
28	Grietas lineales	B: Grieta rellena de cualquier ancho o grieta sin relleno menor que 10.0 mm.			
		M: Grieta rellena con bordes agrietados y grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.			
		A: Grietas rellena severamente fracturada y grieta sin relleno con ancho mayor que 76.0 mm.			
29	Parche grande (mayor que 0.45 m <sup>2</sup> )	B: El parche está en buena condición.			
		M: El parche está deteriorado.			
		A: El parche está muy deteriorado.			
30	Parche pequeño (menor que 0.45 m <sup>2</sup> )	B: El parche está en buena condición.			
		M: El parche está deteriorado.			
		A: El parche está muy deteriorado.			
31	Pulimiento de agregados	No se definen severidad, para que el pulimiento sea considerado debe de presentarse en cantidades significativas.			
32	Popouts	No se definen severidad, para que los popouts sean considerados deben de presentarse tres popouts por metro cuadrado.			
33	Bombeo	No se definen severidad, solo se indica la existencia.			
34	Punzonamiento		Numero de pedazos		

		Severidad de la mayoría de grietas	2 a 3	4 a 5	5 a más
		B	B	B	M
		M	B	M	A
		A	M	A	A
35	Cruce de vía férrea	B: El daño causa tránsito de severidad baja.			
		M: El daño causa tránsito de severidad media.			
		A: El daño causa tránsito de severidad alta.			
36	Desconchamiento o craquelado	B: La superficie de la losa está en buena condición solo un poco descamada.			
		M: Menos del 15% de la losa esta descamada.			
		A: Más del 15% de la losa esta descamada.			
37	Grietas de retracción	No se definen severidad, solo se indica la existencia.			
38	Descascaramiento de esquina	Dimensión / Profundidad	127.0 x 127.0 mm a 305.0 a 305.0 mm	Más de 305.0 mm x 305.0 mm	
		Menos de 25.0 mm	B	B	
		25.0 a 51.0 mm	B	M	
		Más de 51.0 mm	M	A	
39	Descascaramiento de junta	Ver tabla 7.			

**Elaboración:** El autor.

Ya que la falla número 39, descascaramiento de junta, presenta múltiples combinaciones para que sea considerada de cierta severidad, se presenta sus severidades en la tabla número 7.

**Tabla 7. Severidades descascaramiento de junta.**

Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6m	> 0.6 m
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
	> 102 mm	L	L
Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 102 mm	L	M
	>102 mm	L	M
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M
	> 102 mm	M	H

**Fuente:** Manual del PCI.

Una vez que se conocen los daños y sus severidades se procede a calcular el PCI de una unidad de muestra. Para hacer lo siguiente se utiliza la densidad previamente hallada y con las tablas de densidad vs valor deducido que nos

da la ASTM D6433 – 07 y que se encuentran adjuntadas en los anexos, se determina el valor deducido para cada falla con su respectiva severidad encontrada. El siguiente paso es determinar el número máximo de valor deducidos admisible que se representa con “ $m_i$ ”, esto es porque para determinar el valor PCI, no se usaran todos los valores deducidos encontrados, sino solo la cantidad que nos indique la ecuación.

$$m_i = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - MaxVD)$$

Donde:

$m_i$ : Número máximo de valores deducidos admisible.

MaxVD: Máximo valor deducido.

El numero resultante de la ecuación será la cantidad de valores deducidos utilizados para continuar con el procedimiento, se deberá ordenar de mayor a menor los valores deducidos y seleccionar la cantidad de valores a usar según el resultado de “ $m_i$ ”, incluida la parte fraccionaria. Los valores seleccionados deberán ser colocados de manera descendente en el formato mostrado en la figura 11, que servirá para calcular el valor deducido corregido.

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

**Figura 11. Formato de cálculo valor deducido corregido.**

**Fuente:** Manual del PCI.

En la columna total se debe de hallar la suma de los valores deducidos, en la columna, “q” es la cantidad de valores deducidos mayores que 2, y en la columna CDV, se coloca el valor deducido corregido, que se halla con la tabla total vs valor deducido corregido que el ASTM D6433 – 07 no brinda para cada tipo de pavimento y que esta adjuntada en los anexos, por cada CDV hallado en la siguiente fila se debe de reemplazar el menor valor deducido por 2.00, hasta que “q” sea 1.00. Finalmente se calcula el valor PCI de la unidad de

muestra restando el máximo valor deducido corregido a 100. En caso que ningún valor deducido sea mayor que 2.00, el PCI será 100 menos la suma de todos los valores deducidos.

Si se desea determinar el PCI de una sección de vía o de una vía, el valor PCI será el promedio de los valores PCI de todas las unidades de muestra calculadas, este procedimiento se lleva cabo si es que se evaluó todas las secciones del pavimento, en caso ese no sea el caso, se debe usar la siguiente ecuación.

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

Donde:

PCI<sub>S</sub>: PCI de la sección del pavimento.

PCI<sub>R</sub>: PCI promedio de las unidades de muestra aleatorias o representativas.

PCI<sub>A</sub>: PCI promedio de las unidades de muestra adicionales.

N: Número total de unidades de muestra en la sección.

A: Numero adicional de unidades de muestreo evaluadas.

### **2.2.8 Deterioros en los pavimentos**

Las alteraciones o deterioros producidos en la superficie del pavimento perjudican la comodidad, rapidez y seguridad, tanto del tránsito vehicular como peatonal. Por eso el motivo de restaurar o mantener el pavimento es para preservar la vía en buen estado. El origen de este deterioro o fallas son variados y de diferentes naturalezas entre los más comunes tenemos:

- Incremento adicional de las cargas: El deterioro se genera por la constancia de tránsito y porque estas cargas no se contemplaron en el diseño original.
- Proceso constructivo deficiente: Tanto los materiales, como las malas prácticas en elaboración de mezclas o procesos constructivos tienen un impacto negativo en la estructura del pavimento.

- Clima: Impacto climático negativo que no se previeron, tales como lluvias constantes, napa freática elevada, variaciones térmicas, congelamiento, etc.

A continuación, se detallarán los deterioros más comunes y que la metodología PCI considera para realizar la evaluación en pavimentos flexibles:

#### **2.2.8.1 Piel de cocodrilo**

Es una serie de grietas interconectadas que generalmente no tienen más de 0.5 m de longitud por lado. Esta falla se presenta en áreas sujetas al constante tránsito vehicular en especial en la parte de la superficie por donde la llanta de los vehículos pasa.



**Figura 12. Piel de cocodrilo en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

#### **2.2.8.2 Exudación**

Daño que ocurre especialmente en las épocas calurosas del año, se presenta en la superficie del pavimento como un afloramiento del ligante asfáltico que es brillante y pegajoso. Se produce por el exceso de asfalto en la mezcla.



**Figura 13. Exudación.**

**Fuente:** Catalogo de deterioros de pavimento flexible.

### **2.2.8.3 Agrietamiento en bloque**

Piezas rectangulares formadas por grietas de tamaño varía desde 0.3 a 3 metros de largo por lado. La causa principal es la contracción del concreto asfáltico debido a las variaciones de temperatura.



**Figura 14. Agrietamiento en bloque en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

#### 2.2.8.4 Abultamientos y hundimientos

Son desplazamientos pequeños y bruscos hacia arriba y hacia abajo, dependiendo si son abultamientos o hundimientos, causan problemas en el tránsito vehicular y en algunos casos están acompañados por fisuras. Ambos son causados por problemas en las capas inferiores.

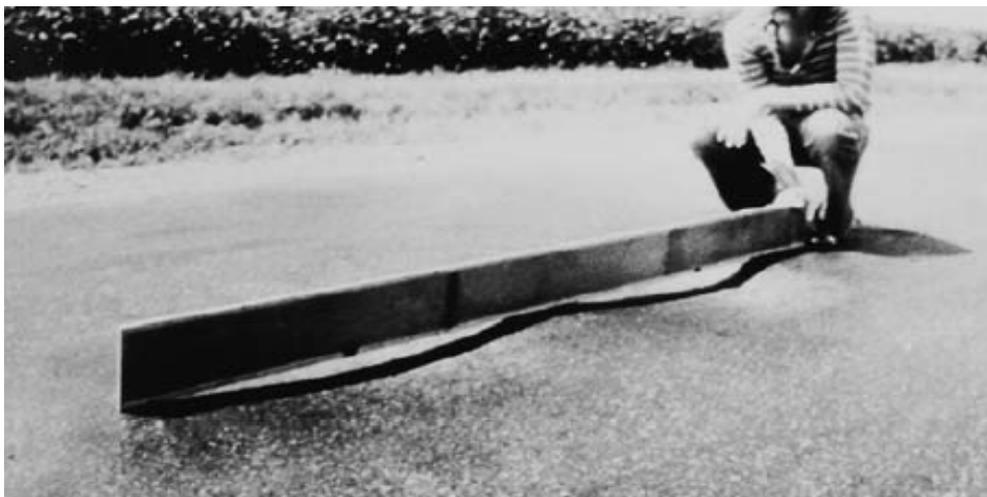


**Figura 15. Abultamientos y hundimientos en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

#### 2.2.8.5 Corrugación

Son una serie de cimas y depresiones que se forman de manera continua perpendicularmente a la dirección del tránsito, es causada por las cargas repetidas de los vehículos.



**Figura 16. Corrugación.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

### 2.2.8.6 Depresión

Las depresiones son porciones de pavimento que tienen un nivel menor al pavimento que se encuentra alrededor. Ocurren por asentamientos en las capas inferiores de la estructura.



**Figura 17. Depresión.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

### 2.2.8.7 Grieta de borde

Daño causado por las cargas vehiculares, se presenta como agrietamientos paralelos entre 30 a 50 centímetros del borde del pavimento.



**Figura 18. Grieta de borde en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

#### **2.2.8.8 Grietas de reflexión de junta**

Grietas que ocurren sobre las juntas de las losas de concreto por movimientos de estas producidas por temperatura o humedad, esta falla solo se puede observar en pavimentos que fueron construidos sobre losas de concreto.



**Figura 19. Grietas de reflexión de junta en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

#### **2.2.8.9 Desnivel carril/berma**

Esta diferencia de nivel entre la berma y el borde del pavimento es producida muchas veces por la erosión o asentamiento de la berma. Para la reparación en los tres niveles de severidad se realiza una renivelación de la berma.



**Figura 20. Desnivel carril/berma en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

#### **2.2.8.10 Grietas longitudinales y transversales**

Las grietas longitudinales se forman en la misma dirección al eje del pavimento mientras que las grietas transversales se forman a través del pavimento y no siempre su aparición se asocia con las cargas repetidas de los vehículos.



**Figura 21. Grietas longitudinales y transversales.**

**Fuente:** Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.

#### **2.2.8.11 Parches y acometidas de servicios públicos**

Un parche es un área de pavimento que es reparada reemplazando el pavimento existente con uno nuevo. El parche, aunque se encuentre en buen estado se considera una falla ya que suele deteriorarse diferente al resto del pavimento.



**Figura 22. Parche y acometida de servicios públicos en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

### **2.2.8.12 Pulimiento de agregados**

Este deterioro se observa por el desgaste de la superficie de rodadura exponiendo los agregados a la vista, que disminuyen la fricción de las llantas con el pavimento.



**Figura 23. Pulimiento de agregados.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

### **2.2.8.13 Huecos**

Un hueco es el desprendimiento de la carpeta asfáltica superficial con diámetros menores que 90 centímetros, estos aparecen debido a mezclas asfálticas pobres y ayudados del tránsito vehicular para que pierdan progresivamente más pedazos.

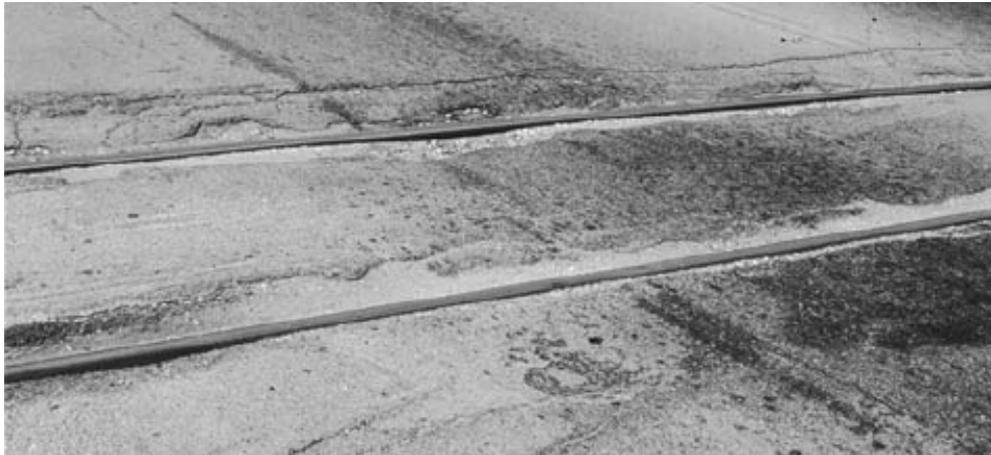


**Figura 24. Huecos en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

#### **2.2.8.14 Cruce de vía férrea**

Esta falla es medida por el nivel de deterioro que presenta el pavimento alrededor del cruce de la vía férrea.



**Figura 25. Cruce de vía férrea.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.15 Ahuellamiento**

Ocurre por la deformación de alguna de las capas del pavimento es considerado un daño estructural importante y se presenta como depresiones por donde las llantas recorren el pavimento, a veces suele estar acompañado con piel de cocodrilo.



**Figura 26. Ahuellamiento en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

#### 2.2.8.16 Desplazamiento

Aparece en el pavimento como un onda corta y abrupta debido al empuje del tránsito, el corrimiento se produce longitudinalmente y suele ser permanente.



**Figura 27. Desplazamiento.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### 2.2.8.17 Grieta parabólica

Son grietas usualmente acompañadas con desplazamientos hacia abajo que tiene la forma de una media luna, son producidas por las cargas vehiculares.



**Figura 28. Grieta parabólica.**

**Fuente:** Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.

### **2.2.8.18 Hinchamiento**

Este deterioro se presenta como una curvatura hacia arriba en la superficie del pavimento, aproximadamente de 3 metros de longitud y en algunos casos aparece junto con agrietamientos.



**Figura 29. Hinchamiento.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

### **2.2.8.19 Desprendimiento de agregados**

Es la pérdida de la superficie del pavimento en una o varias partes del pavimento, ocurre en la parte superficial y no afecta a las capas inferiores de la estructura, si el desprendimiento tiene un diámetro mayor a 10 centímetros se lo considera como un hueco.



**Figura 30. Desprendimiento de agregados en avenida Los Constructores en La Molina, Lima - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

La metodología PCI considera 19 deterioros para la evaluación de pavimentos rígidos y son los siguientes:

#### **2.2.8.20 Blowup – Buckling**

Esta falla se manifiesta como un desplazamiento hacia arriba que ocurre en una grieta o una junta por la expansión de la losa. Cuando ocurre en una junta suele afectar a dos losas.



**Figura 31. Blowup – Buckling**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.21 Grieta de esquina**

Es un agrietamiento que conecta a las dos juntas perpendiculares de una losa, esta se produce debido a las cargas vehiculares y aparece en una distancia menor a la mitad del lado de la losa.



**Figura 32. Grieta de esquina.**

**Fuente:** Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.

#### **2.2.8.22 Losa dividida**

Corresponde a un daño severo en pavimentos rígidos producido por sobrecargas y ocurre cuando grietas interconectadas dividen a la losa en cuatro o más pedazos.

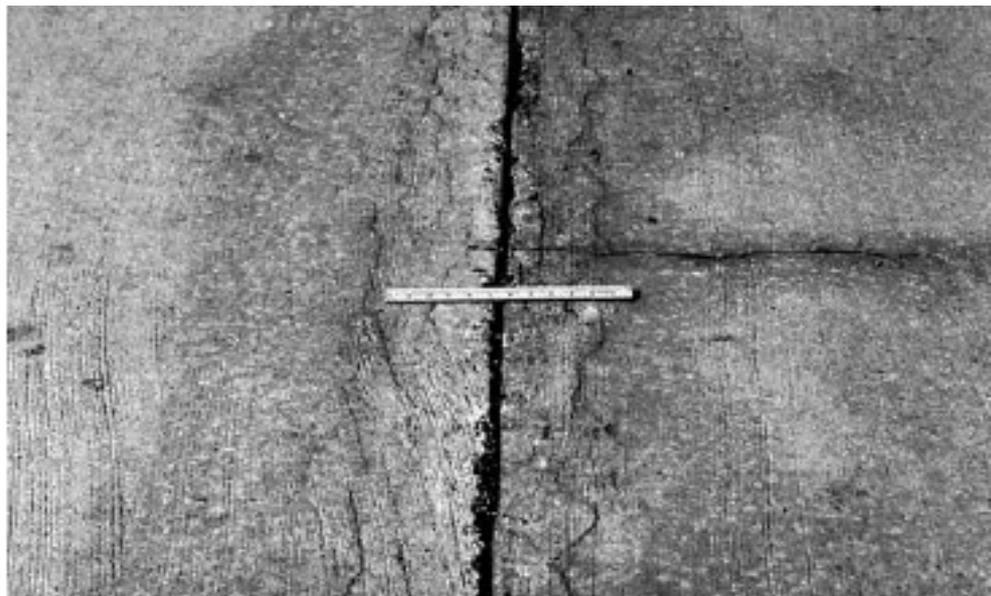


**Figura 33. Losa dividida.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.23 Grieta de durabilidad “D”**

Se presenta como un conjunto de grietas que aparecen alrededor de una junta o de una grieta lineal, se producen por la expansión de agregados en procesos de congelamiento y descongelamiento.



**Figura 34. Grieta de durabilidad "D"**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.24 Escala**

Este deterioro es provocado por el tránsito o fallas en las capas debajo de la losa y se manifiesta como un escalonamiento en la junta entre dos losas.



**Figura 35. Escala.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.25 Deterioro en sello de junta**

Se considera la falta o el desprendimiento del sellante en la junta, o cualquier fenómeno que provoque la infiltración de agua o materiales ajenos por la junta.



**Figura 36. Deterioro en sello de junta.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.26 Desnivel carril/berma**

Esta diferencia de nivel entre la berma y el borde del pavimento es producida muchas veces por la erosión o asentamiento de la berma. Para la reparación en los tres niveles de severidad se realiza una renivelación de la berma.



**Figura 37. Desnivel carril/berma**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.27 Grietas lineales**

Son grietas que aparecen en la losa debido a las cargas vehiculares y dividen a la losa en dos o tres pedazos, si se cuenta más divisiones el daño se registra como losa dividida.



**Figura 38. Grietas lineales en jirón Ricardo Palma, La Molina - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

### 2.2.8.28 Parche grande

Un parche es un área de pavimento que es reparada reemplazando el pavimento existente con uno nuevo. El parche, aunque se encuentre en buen estado se considera una falla. Su tamaño debe ser mayor que  $0.45 \text{ m}^2$ .



**Figura 39. Parche grande en jirón Cueto Fernandini, La Molina - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

### 2.2.8.29 Parche pequeño

Un parche es un área de pavimento que es reparada reemplazando el pavimento existente con uno nuevo. El parche, aunque se encuentre en buen estado se considera una falla. Su tamaño debe ser menor que  $0.45 \text{ m}^2$ .



**Figura 40. Parche pequeño.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

### 2.2.8.30 Pulimiento de agregados

Este deterioro se observa por el desgaste de la superficie de rodadura exponiendo los agregados a la vista, que disminuyen la fricción de las llantas con el pavimento.



**Figura 41. Pulimiento de agregados en jirón Ricardo Palma, La Molina - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

### 2.2.8.31 Popouts

Este deterioro aparece en el pavimento como pequeños desprendimientos de la superficie con un diámetro máximo de 102.0 milímetros y profundidades de hasta 51.0 milímetros.



**Figura 42. Popouts.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

### **2.2.8.32 Bombeo**

Sucede cuando el material de fundación se erosiona debido a las cargas vehiculares y termina siendo expulsado por alguna junta o grieta.

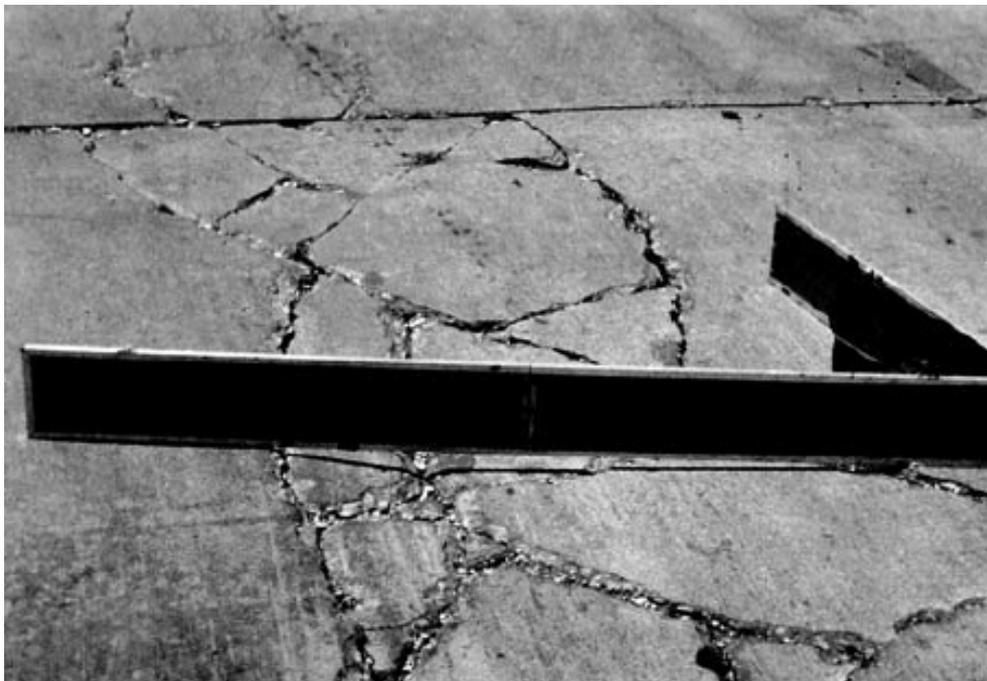


**Figura 43. Bombeo.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

### **2.2.8.33 Punzonamiento**

Es el proceso por el cual la losa se rompe en varios pedazos localizados debido a cargas pesadas o espesores inadecuados de la misma losa. Se considera un daño serio a la estructura.



**Figura 44. Punzonamiento.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.34 Cruce de vía férrea**

Esta falla es medida por el nivel de deterioro que presenta el pavimento alrededor del cruce de la vía férrea.



**Figura 45. Cruce de vía férrea.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

#### **2.2.8.35 Desconchamiento o craquelado**

Este daño en severidad baja se presenta como un mapa de grietas superficiales en la losa, pero si el daño es más severo la superficie de la losa se desprende a una profundidad aproximada de 13.0 mm.



**Figura 46. Desconchamiento o craquelado.**

**Fuente:** ASTM D6433 – 07

### 2.2.8.36 Grietas de retracción

Son un patrón de grietas unidas que se forman durante el fraguado y curado del concreto, estas no se extienden a través del espesor de la losa, sino que son superficiales.



**Figura 47. Grietas de retracción.**

**Fuente:** Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.

### 2.2.8.37 Descascaramiento de esquina

Es la rotura de la esquina de la losa, este daño se registra si la rotura sucede a 60 cm, si la rotura sucede a menos de 12.7 cm no se registra.



**Figura 48. Descascaramiento de esquina en jirón Cueto Fernandini, La Molina - Perú.**

**Elaboración:** El autor.

### 2.2.8.38 Descascaramiento de junta

Se origina por las constantes cargas vehiculares y se manifiestan como la rotura de la losa alrededor de la junta.



Figura 49. Descascaramiento de junta en jirón Ricardo Palma, La Molina - Perú.

Elaboración: El autor.

### 2.2.9 Sistema de gestión de pavimentos (SGP)

Según AASHTO (1993), un sistema de gestión de pavimentos se define como “un conjunto de herramientas o métodos que asisten a la persona encargada de la toma de decisiones, en hallar las estrategias óptimas para proporcionar evaluar y mantener a los pavimentos en una condición útil durante un período de tiempo”.



Figura 50. Estructura de un SGP.

Fuente: Cruz, W. & Pabón, C. (2016).

AASHTO (1993), dice que la estructura de un sistema de gestión de pavimentos puede ser definida por la entidad responsable de la administración de las redes viales dependiendo si el SGP está enfocado al diseño, construcción o mantenimiento vial. En la presente tesis se usará estas herramientas para el mantenimiento vial, a continuación, se presenta la estructura del sistema de gestión de pavimentos.

#### **2.2.9.1 Inventario**

Para tener un SGP con información actualizable de cada inspección y para que sirva para priorizar decisiones a futuro es necesario un inventario, este deberá de contener la longitud de los caminos de la jurisdicción, el tipo de superficie de rodadura, la importancia de la vía en la jurisdicción y el estado de conservación en el que se encuentra. Este inventario será guardado en el SIG propuesto como una base de datos actualizable y con información real y confiable.

#### **2.2.9.2 Inspección**

La inspección consta en el monitoreo periódico para mantener el inventario o base de datos actualizado, lo suficiente para tener en conocimiento del estado real de las vías. Para determinar el estado de conservación en el que se encuentra la red de vías, se puede aplicar diferentes métodos, los cuales pueden ser: el índice de rugosidad (IRI), el cálculo de daños por el método visual PCI, el índice de fricción IFI, la capacidad estructural del pavimento con ensayos no destructivos y la condición estructural por ensayos destructivos.

Sotil, A. (2014) en el libro "Sistematización de Información sobre Diseño, Gestión, Construcción y Reparación de Pavimentos Urbanos" menciona que "Las metodologías existentes en los manuales provistos por el MTC o MVCS, están orientados a mantener una red vial por las concesionarias mas no a arreglar un sistema vecinal deteriorado" y sugiere el uso la clasificación de condición de pavimentos explicada y reglamentada en la Norma ASTM D6433-07, que es el cálculo del PCI (Pavement Condition Index o Índice de

condición del pavimento), para el análisis en un SGP. Para desarrollar esta tesis también se usará el método PCI, cabe resaltar que este método será utilizado para lograr este paso del SGP, pero este SGP es compatible con cualquier otro tipo de metodología para determinar el estado de las vías que la jurisdicción local desee adoptar.

### 2.2.9.3 Clasificación vial

Una vez que se determinó el PCI de todas las vías que conformen el SGP, será necesario agruparla según su estado en un sistema de información geográfica (SIG), para que la manipulación de información sea más fácil y rápida. En la presente tesis se utilizará el software ArcGIS 10.5 donde se guardarán las bases de datos de pavimentos flexibles y rígidos.

### 2.2.9.4 Determinación del tipo de mantenimiento

Para determinar el tipo de mantenimiento se usará la plataforma SIG, ya que, con nuestra base de datos existente el SIG nos mostrara cuando es necesario una intervención, que extensión de pavimento se intervendrá, que daños se presentaran y que técnica se usaran según las explicadas en la tabla 8 de manera automática, lo que también servirá para cuantificar o medir los datos o cantidades de manera muy sencilla y rápida, mostrando con exactitud los lugares a intervenir. Una vez intervenidos se podrá actualizar la información nueva en el SIG, y mantener la base de datos siempre con la información más real posible.

**Tabla 8. Rango PCI vs Intervenciones.**

Índice de Estado Superficial del Pavimento - Categorías de Acción		
Rango de Índice de Estado	Categoría de Acción	Descripción
100 a 85	<b>Excelente</b> Mantenimiento Preventivo o Mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; Ocasionalmente pueden

		requerir acciones de mantenimiento mínimo.
85 a 70	<b>Muy Bueno</b> Mantenimiento Correctivo Menor	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
70 a 55	<b>Bueno</b> Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo: 1. Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor. 2. Sellado de superficie. 3. Re-encarpetado delgado.
40 a 25	<b>Pobre</b> Rehabilitación - Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
< 25	<b>Muy Pobre y Colapsado</b> Rehabilitación - Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor probablemente con alto porcentaje de reconstrucción en el corto plazo.

Fuente: Sotil, A. (2014)

### 2.2.9.5 Estimación de recursos económicos y planificación del mantenimiento del sistema de pavimentos

Se debe determinar los costos de reparación, mantenimiento o reconstrucción según sea el caso, esto bajo el criterio de cada jurisdicción municipal ya que debido a que cada localidad posee diferente cantidad de recursos y muchas veces no todos son destinados solo al mantenimiento vial, las decisiones variaran por región y locación.

### **2.2.10 Sistema de información geográfica (SIG)**

Un sistema de información geográfica es un software que sirve como herramienta para la lectura, edición, almacenamiento y gestión de datos con información espacial. Además, se puede considerar como un elemento complejo que engloba muchos más elementos conectados tales como procesos, bases de datos, visualización, edición e información geográfica. Una de las partes más importantes de un SIG es la base de datos que es un conjunto de datos estructurados y almacenados, con el fin de que al volverlos a utilizar tengan un acceso fácil y directo. Por ejemplo, para la presente tesis la base de datos contendrá las vías evaluadas por el método PCI, su condición y los datos recogidos.

Los SIG se utilizan en muchas disciplinas y ramas de estudio, muchas veces incluso personas en su día a día los utilizan, por ejemplo, el GPS de un celular. Los SIG también se aplican a la gestión de pavimentos, varios países han adoptado su uso por representar una herramienta muy útil para acceder a su información de manera rápida y efectiva, incluso algunos lugares han desarrollado sus propios SIG para que se adapten a su propia red vial. A continuación, se presentarán algunos SIG para la gestión de pavimentos.

#### **2.2.10.1 MicroPAVER**

Este software fue desarrollado con el fin de gestionar el inventario de pavimentos de las Fuerzas Áreas de EEUU, que aplicando la metodología PCI, seccionada los pavimentos y mostraba los lugares en donde el pavimento debería ser intervenido. Además, el programa podía analizar y calcular costos basándose en el daño actual y futuro de las redes viales inventariadas.

#### **2.2.10.2 RoadSoft**

Este SIG fue desarrollado por el Instituto de Transportes de Michigan, actualmente es utilizado en 200 ciudades y por 100 organismos de transporte en los Estados Unidos. RoadSoft aplica la metodología PASER

para la evaluación de carreteras y junto con un vehículo de toma de datos, la información es cargada automáticamente a la base de datos siendo un sistema auto actualizable. Es importante mencionar también que este software genera modelos de deterioro de pavimentos para la estimación de recursos económicos.

#### **2.2.10.3 Street Saver**

Software desarrollado por Metropolitan Transportation Commission y utilizado en San Francisco, California. Realiza análisis de los impactos causados en el pavimento y genera escenarios según el programa de mantenimiento aplicado. Este sistema tiene como base de datos información evaluada con el método PCI modificado, que a diferencia del método PCI normal, solo evalúa 7 fallas a diferencia de este último que evalúa 19 para determinar la condición del pavimento.

#### **2.2.10.4 HDM III y HMD IV**

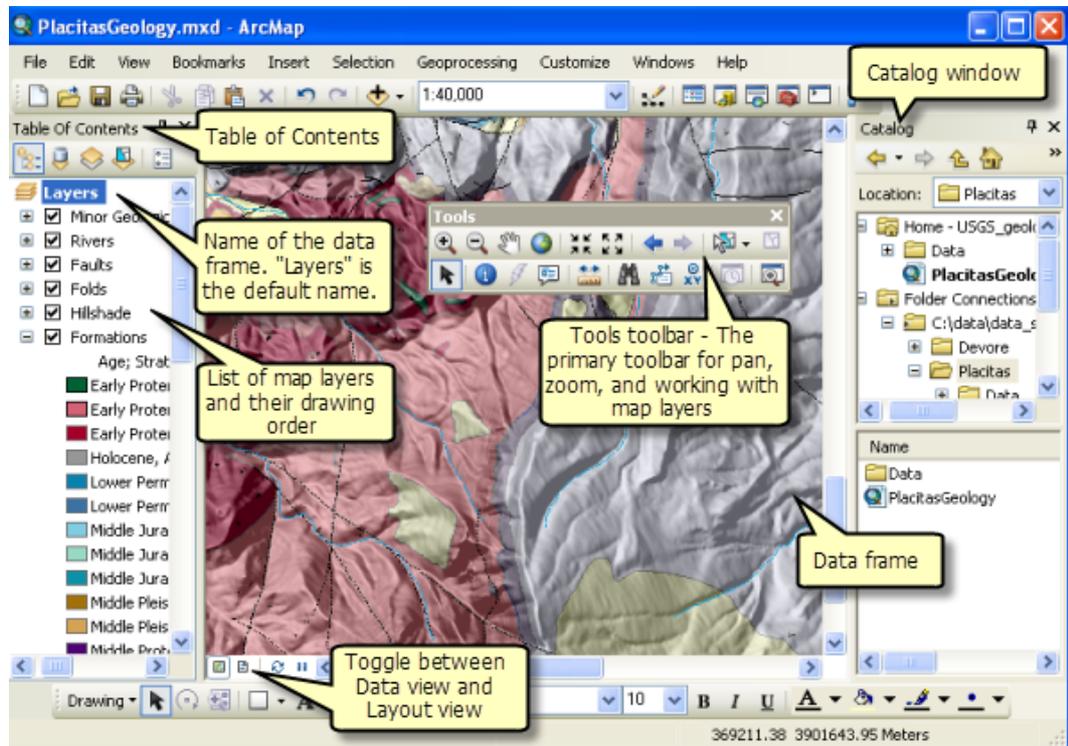
Estos softwares se utilizan en Perú ya que el Sistema Nacional de Inversión Pública, reglamenta que los proyectos viales sean evaluados económicamente. Con el software se calcula los costos de los usuarios en la vía mientras ocurre un mantenimiento. También se generan modelos de tráfico, procesos constructivos, de deterioro y de costo-beneficio.

#### **2.2.10.5 Software ArcGIS**

Es un sistema para administrar, analizar y distribuir información geográfica que administra datos a través de imágenes o capas que se superponen unas a otras a las que se les puede aplicar el amplio catálogo de herramientas de ArcGIS para procesamientos especiales. Es considerado como la plataforma líder en sistemas de información geográfica.

ArcGIS 10.5 incluye varios componentes, entre ellos tenemos a ArcGlobe, ArcGIS Desktop, ArcMap, ArcCatalog entre otros. Siendo ArcMap el componente que se utilizara para la presente investigación, la interfaz de

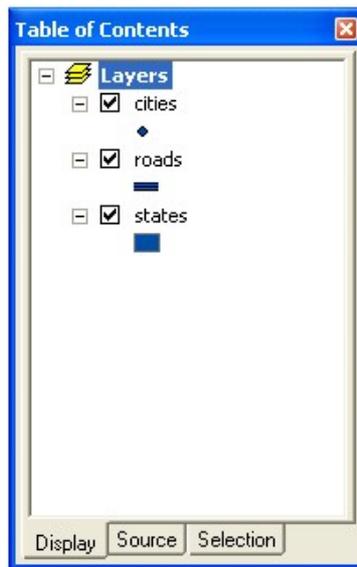
ArcMAP, figura 49, muestra una ventana con las principales herramientas y barras de trabajo que componen a este software.



**Figura 51. Interfaz de ArcMap 10.5.**

**Fuente:** Web oficial Desktop ArcGIS.

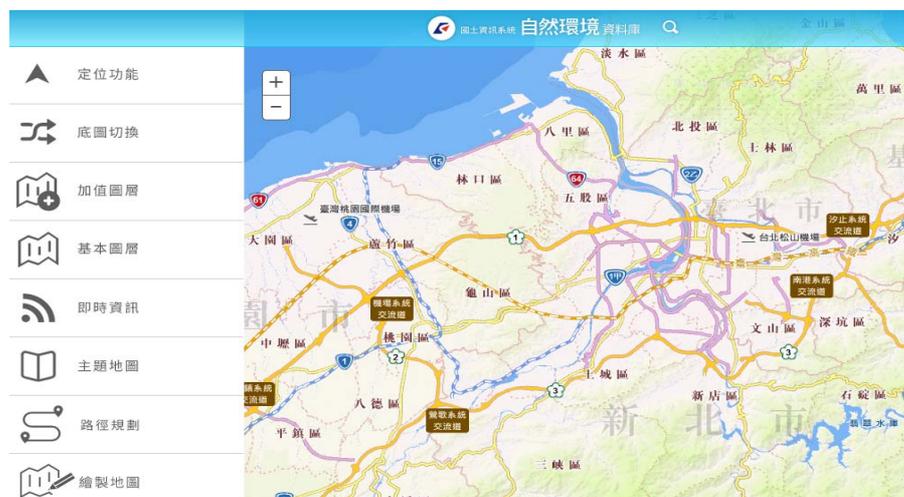
Las herramientas mostradas en la figura 49 están destinadas a la creación de mapas, los mapas están compuestos por una serie de capas, cada capa está conformada por elementos que pueden servir para el control o almacenamiento de data o información. La información que se almacena ArcMap puede ser controlada y editada desde la tabla de contenidos que se aprecia en la figura 50. La tabla de contenidos muestra que representa cada entidad en la capa, también controla el aspecto visual o representación de esta en el mapa.



**Figura 52. Tabla de contenido de ArcMap.**

**Fuente:** Web oficial Desktop ArcGIS.

ArcGIS no es solamente una herramienta para la modelación o representaciones visuales, mediante sus herramientas es posible crear bases de datos geográficas, archivos, hojas de cálculo, manipular imágenes aéreas y de satélite, etc. También es posible dibujar entidades directamente en un mapa y guardarlos como base de datos geográficos en el sistema, esto es muy útil para información que está sujeta a cambios constantes o requiere ser actualizados en cortos periodos de tiempo, como por ejemplo la red vial de Taiwán que nos presenta el sitio web oficial de ArcGIS, figura 51.



**Figura 53. Red vial de Taiwan en ArcGIS.**

**Fuente:** Web oficial Desktop ArcGIS.

Finalmente, considerando todo lo anterior mencionado, para el desarrollo de la presente tesis se utilizará este software, así como las herramientas mencionadas para la gestión de la conservación de las vías locales principales del distrito de Baños del Inca.

## **2.3 Formulación de hipótesis**

### **2.3.1 Hipótesis general:**

Un sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS mejorará la conservación de pavimentos en las vías locales principales en el distrito de Baños del Inca.

### **2.3.2 Hipótesis específicas**

- El inventario de las vías locales principales se empleará en el sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS para la conservación de los pavimentos en el distrito de Baños del Inca.
- La evaluación PCI determinará la condición actual del pavimento de las vías locales que se empleará en el sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS para la conservación de los pavimentos en el distrito de Baños del Inca.
- Con la aplicación del sistema de gestión de pavimentos utilizando el software ArcGIS se determinará que intervención requiere el pavimento de las vías o tramos evaluados para la conservación de los pavimentos en el distrito de Baños del Inca.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo de investigación**

Se trata de una investigación aplicada porque se centra en resolver problemas al proponer un sistema para administrar los pavimentos en un distrito, Baños del Inca, que actualmente no cuenta con estrategias de conservación de pavimentos. Por eso se realizará un sistema de gestión de pavimentos usando al software ArcGIS para determinar el mantenimiento requerido para los pavimentos. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que en base a los valores numéricos que se determinaran, el software ArcGIS determinará las actividades de conservación para las vías evaluadas.

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

La investigación tiene un diseño descriptivo, específicamente correlacional, porque evalúa la relación entre las dos variables explicando cómo se comporta una, en función de otra. En este caso se desarrollará un sistema de gestión de pavimentos usando ArcGIS que es la variable independiente, para que la gestión de conservación de los pavimentos en el distrito de Baños del Inca – variable dependiente - mejore.

### **3.3 Variables**

#### **3.3.1 Variable dependiente:**

- Gestión de la conservación de los pavimentos en el distrito de Baños del Inca.

### 3.3.2 Variable independiente

- Sistema de gestión de pavimentos usando el software ArcGIS.

Para explicar cómo se medirán la variable dependiente e independiente, en la siguiente tabla se colocarán los indicadores para cada variable.

**Tabla 9. Indicadores de las variables de la investigación.**

Variable		Indicadores
Dependiente	Gestión de la conservación de los pavimentos en el distrito de Baños del Inca.	Conocimiento de la condición del pavimento de las vías locales principales.
		Conocimiento del tipo de intervención de cada sección de las vías locales principales.
Independiente	Sistema de gestión de pavimentos usando el software ArcGIS.	Inventario de las vías locales principales de Baños del Inca
		Evaluación de la condición del pavimento de las vías locales principales de Baños del Inca.
		Aplicación de ArcGIS para la gestión de conservación del pavimento de Baños del Inca.

**Elaboración:** El autor.

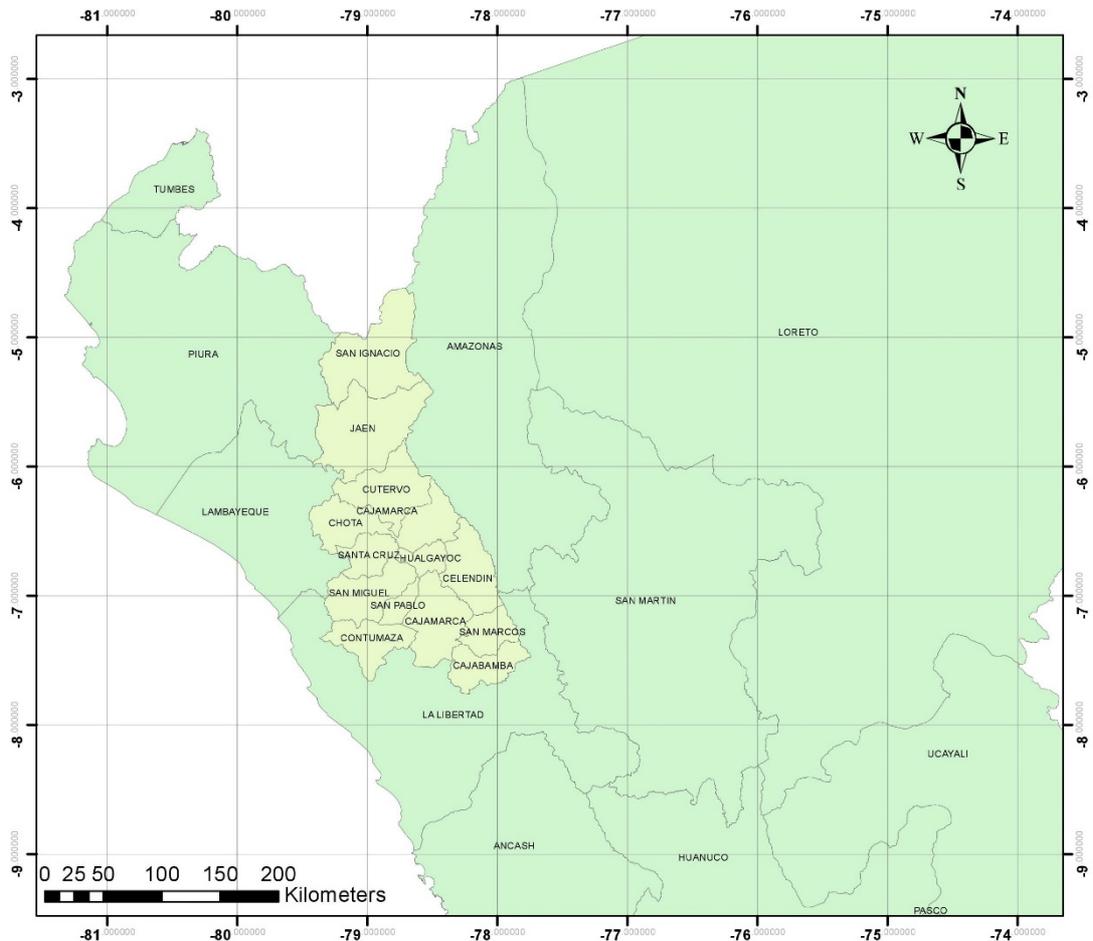
## 3.4 Población y muestra

### 3.4.1 Población

La población son todas las vías que están bajo la jurisdicción de la municipalidad del distrito de Baños del Inca.

#### 3.4.1.1 Ubicación

El distrito de Baños del Inca se ubica en la región de Cajamarca, que se encuentra al norte de Perú, limitando por el norte con Ecuador, por el este con la región de Amazonas, por el oeste con Piura y Lambayeque y por el sur con la Libertad.



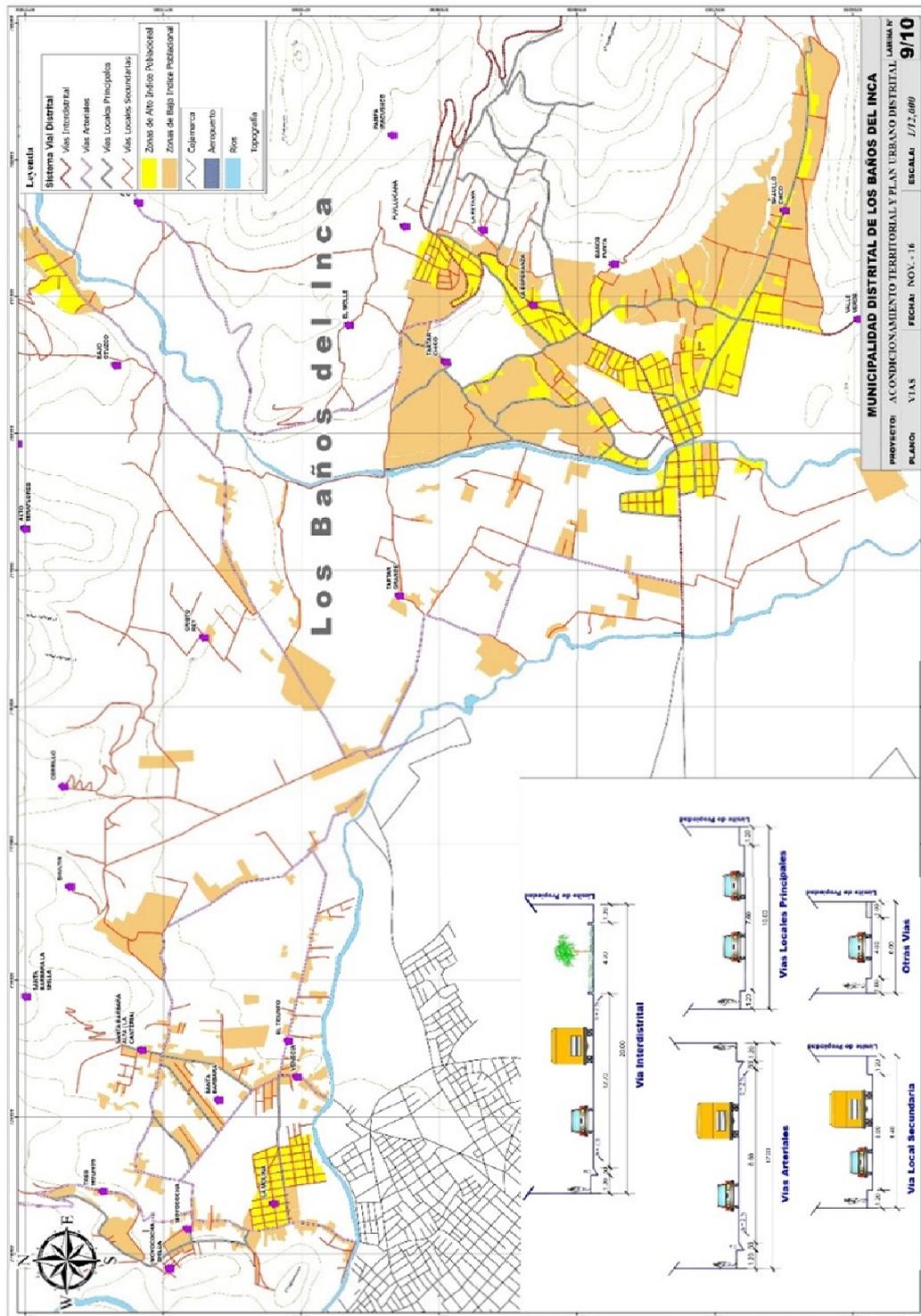
**Figura 54. Ubicación Cajamarca.**

**Elaboración:** El autor.

El distrito se divide en siete centros poblados y tiene una altura de 2680 msnm, actualmente su población es de 42,753 habitantes. Y las vías que posee unen a todos sus centros poblados, aunque tiene vías que aún no han sido pavimentadas.

### **3.4.1.2 Vías de Baños del Inca**

La municipalidad de Baños del Inca tiene bajo su jurisdicción las vías locales principales y las vías locales secundarias, que se pueden observar en la figura 55 que representa la red vial del distrito, este mapa se puede encontrar en la página web de la municipalidad de Baños del Inca, estas vías están representadas con color azul y con color rojo para las vías principales y las vías secundarias respectivamente.



**Figura 55. Mapa vial de Baños del Inca.**

**Fuente:** Municipalidad de Baños del Inca (2016).

### 3.4.2 Muestra

La muestra serán todas las vías locales principales ya que representan los principales accesos a algunos centros poblados y porque están bajo la jurisdicción de la municipalidad del distrito. El método PCI será aplicado solo a las vías pavimentadas que estas pueden ser de pavimento flexible o pavimento rígido, en tabla 10, se presenta un resumen de las vías que se evaluarán y posteriormente se georreferenciarán, indicando su nombre y la extensión de cada una.

**Tabla 10. Resumen de vías locales principales.**

<b>Nombre</b>	<b>Longitud</b>
Jirón Túpac Inca Yupanqui	0.76 Km
Prolongación Pachacutec	0.95 Km
Jirón Libertad	1.65 Km
Jirón Yahuar Huaca	0.92 Km
Avenida Los Eucaliptos	1.22 Km
Vía Llacanora	0.13 Km
Carretera a Otuzco	1.86 Km

**Elaboración:** El autor.

### 3.5 Instrumentos de recolección de datos

Para la fase de toma de datos los instrumentos que se utilizaron fueron: un odómetro marca Trupper, para realizar las mediciones de largas distancias, una wincha de mano, tira líneas marca Stanley, tizas, nivel de mano grande, nivel de mano pequeño. Los datos fueron registrados en los formatos pertinentes para cada tipo de pavimento, los formatos fueron elaborados por el autor.

### 3.6 Procesamiento de datos

Para realizar los cálculos de los valores PCI se utilizó el programa Excel 2016, también fue en donde se guardaron todos los datos registrados. Además, se usó el software AutoCAD 2019 para dibujar la base de datos que sería utilizada en ArcGIS 10.5. Para procesar la información recolectada y determinar el tipo de intervención que requeriría cada tramo o sección evaluada de pavimento, fue empleado el software ArcGIS 10.5.

### 3.7 Cronograma

El tiempo que tomó realizar la tesis se expresa en la tabla 11, detallando en el cronograma cada fase que se realizó y el tiempo en semanas que llevo concluir cada fase hasta terminar el trabajo de investigación.

**Tabla 11. Cronograma de desarrollo de tesis.**

ACTIVIDADES	MESES															
	AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	SEMANAS															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Recolección de información</b>																
Datos en las vías locales de Baños del Inca																
Aplicación de la metodología PCI																
<b>Trabajo de gabinete</b>																
Georreferenciación en ArcGIS																
Programación de criterios en ArcGIS																
Determinar intervenciones usando ArcGIS																
<b>Elaboración del documento final</b>																
Redacción y revisión																
<b>Presentación de tesis</b>																

**Elaboración:** El autor.

## **CAPITULO IV DESARROLLO**

El inventario que se obtuvo, fue el de las vías locales principales presentadas en la tabla 10, que consta de las longitudes, el tipo de pavimento, las progresivas y el área o número de losas evaluadas en cada tramo de pavimento. Estos datos se obtuvieron a la medida que el método PCI era aplicado en estas vías.

A continuación, se detalla la aplicación de la metodología PCI que se realizó en las vías locales principales del distrito de Baños del Inca para conocer la condición actual en la que el pavimento se encuentra.

### **4.1 Aplicación de la metodología PCI**

#### **4.1.1 Unidades de muestra**

La primera vía que fue evaluada fue el Jirón Tupac Inca Yupanqui, el cual cuenta con pavimento rígido y pavimento flexible, se procedió a hacer el seccionamiento del jirón en unidades de muestra, como se mencionó en el marco teórico, se consideró una unidad de 20 losas con una diferencia de  $\pm 8$  losas si se trataba de un pavimento rígido y un área de 230 metros cuadrados con una diferencia de  $\pm 90$  metros cuadrados para pavimentos flexibles.

En la tabla 12 se describe las secciones encontradas de todas las vías evaluadas en el distrito de Baños del Inca.



**Tabla 14. Formato para toma de datos de pavimentos flexibles.**

FECHA DE EVALUACION								UNIDAD DE MUESTRA		
EVALUADOR (ES)		PROGRESIVA INICIAL								
		PROGRESIVA FINAL								
NOMBRE DE VÍA		ANCHO DE VIA (m)								
		ÁREA (m2)								
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

**Elaboración:** El autor

Para explicar la aplicación de la metodología PCI, se tomará como ejemplo la unidad de muestra 1 del Jirón Tupac Inca Yupanqui, mientras que las demás unidades de muestra están adjuntadas en el ANEXO 08.

**Tabla 15. Fallas en unidad de muestra 1 del Jirón Tupac Inca Yupanqui.**

FECHA DE EVALUACIÓN		06/08/2019						UNIDAD DE MUESTRA		1
EVALUADOR (ES)		PROGRESIVA INICIAL						0 + 000		
Angulo Bardales, Josué.		PROGRESIVA FINAL						0 + 031.10		
NOMBRE DE VÍA		ANCHO DE VÍA (m)						7.10		
Jirón Tupac Inca Yupanqui		N° DE LOSAS						20		
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
22	Media	2						2		
25	Baja	1						1		
26	Media							0		
28	Baja	4						4		
28	Alta	1						1		
28	Media	2						2		
29	Alta	1						1		
30	Alta	2						2		
31		15						15		

36	Alta	2							2		
36	Media	2							2		
37		2							2		
38	Baja	4							4		
39	Media	8							8		
39	Baja	2							2		
39	Alta	2							2		

**Elaboración:** El autor

#### 4.1.3 Cálculo del valor deducido

Para realizar el cálculo del valor deducido de cada falla según su severidad, se empleó las tablas de valores deducido vs densidad adjuntadas en el ANEXO 02 Y 03. La densidad de cada falla con su respectiva severidad se calcula dividiendo el total de cada registro entre el número de losas o el área total de la unidad de muestra dependido del tipo de pavimento evaluado. Las densidades de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui es la siguiente.

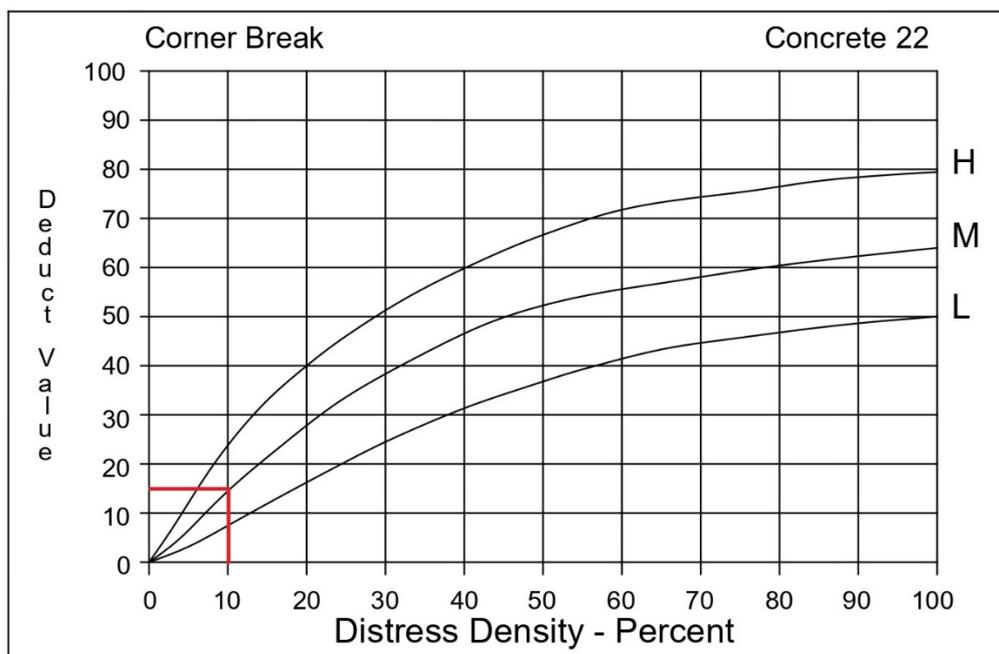
**Tabla 16. Densidades de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui**

FECHA DE EVALUACIÓN		06/08/2019							UNIDAD DE MUESTRA		1
EVALUADOR (ES)		Angulo Bardales, Josué.							PROGRESIVA INICIAL		0 + 000
NOMBRE DE VÍA		Jirón Tupac Inca Yupanqui							PROGRESIVA FINAL		0 + 031.10
ANCHO DE VÍA (m)									ANCHO DE VÍA (m)		7.10
N° DE LOSAS									N° DE LOSAS		20
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
22	Media	2							2	10.00 %	
25	Baja	1							1	5.00 %	
26	Media								0	0.00 %	
28	Baja	4							4	20.00 %	
28	Alta	1							1	5.00 %	
28	Media	2							2	10.00 %	
29	Alta	1							1	5.00 %	
30	Alta	2							2	10.00 %	
31		15							15	75.00 %	
36	Alta	2							2	10.00 %	
36	Media	2							2	10.00 %	

37		2							2	10.00 %	
38	Baja	4							4	20.00 %	
39	Media	8							8	40.00 %	
39	Baja	2							2	10.00 %	
39	Alta	2							2	10.00 %	

**Elaboración:** El autor

Con las densidades halladas se determina el valor deducido como se aprecia en la figura 56, que corresponde a la primera falla registrada, grieta de esquina en severidad media. Se parte del eje inferior de la tabla, ubicando la densidad, luego se elige la curva de la severidad para finalmente obtener el valor deducido en el eje de la parte izquierda.



**Figura 56. Cálculo de valor deducido.**

**Elaboración:** El autor

Se obtiene un valor deducido de 17.61 para la falla de grieta de esquina en severidad media, de esta manera se procedió a determinar los demás valores deducidos, excepto para la falla 26 que esta se le asigna valores de deducidos de 2, 4 y 8 según su severidad. En la tabla 17, se presentan todos los valores deducidos de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui.

**Tabla 17. Valores de deducidos de la unidad de muestra 1 del jirón Tupan Inca Yupanqui.**

FECHA DE EVALUACIÓN		06/08/2019						UNIDAD DE MUESTRA		1
EVALUADOR (ES)							PROGRESIVA INICIAL		0 + 000	
Angulo Bardales, Josué.							PROGRESIVA FINAL		0 + 031.10	
NOMBRE DE VÍA							ANCHO DE VÍA (m)		7.10	
Jirón Tupac Inca Yupanqui							N° DE LOSAS		20	
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
22	Media	2						2	10.00 %	17.61
25	Baja	1						1	5.00 %	0.99
26	Media							0	0.00 %	4.00
28	Baja	4						4	20.00 %	10.02
28	Alta	1						1	5.00 %	10.35
28	Media	2						2	10.00 %	7.64
29	Alta	1						1	5.00 %	9.11
30	Alta	2						2	10.00 %	4.35
31		15						15	75.00 %	8.77
36	Alta	2						2	10.00 %	17.91
36	Media	2						2	10.00 %	8.01
37		2						2	10.00 %	0.00
38	Baja	4						4	20.00 %	2.29
39	Media	8						8	40.00 %	15.66
39	Baja	2						2	10.00 %	1.88
39	Alta	2						2	10.00 %	14.83

**Elaboración:** El autor

#### **4.1.4 Cálculo de número máximo de valores deducidos y valor deducido corregido.**

Para determinar el número máximo de valores admisibles se utilizará la ecuación presentada en el marco teórico, con este número se conoce la cantidad de valores deducidos a utilizar en el cálculo del PCI.

$$mi = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - 17.91)$$

$$mi = 8.539$$

El valor 8.539 nos indica que se utilizaran los ocho valores deducidos más altos y la parte fraccionaria del 9 número mayor que representa 0.539. Los valores deducidos deben ser listados de mayor a menor en el formato de la

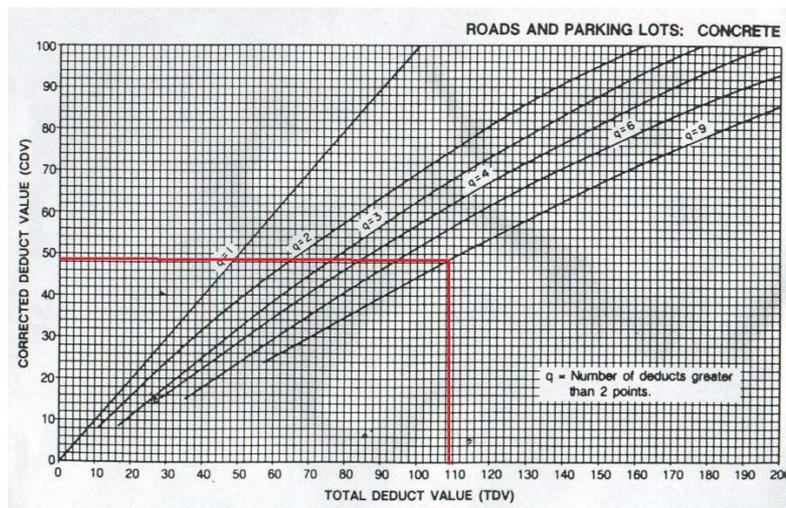
figura 11. En la tabla 18, se listan los valores deducidos que se usaran en el cálculo del PCI de la unidad de muestra 1.

**Tabla 18. Valores deducidos corregidos de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui.**

N°	VALORES DEDUCIDOS									VDT	q	VDC
1	17.91	17.61	15.66	14.83	10.35	10.02	9.11	8.77	4.32	108.58	9	48.36
2	17.91	17.61	15.66	14.83	10.35	10.02	9.11	8.77	2.00	106.26	8	50.04
3	17.91	17.61	15.66	14.83	10.35	10.02	9.11	2.00	2.00	99.49	7	48.11
4	17.91	17.61	15.66	14.83	10.35	10.02	2.00	2.00	2.00	92.38	6	48.27
5	17.91	17.61	15.66	14.83	10.35	2.00	2.00	2.00	2.00	84.36	5	45.78
6	17.91	17.61	15.66	14.83	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	76.01	4	43.83
7	17.91	17.61	15.66	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	63.18	3	40.34
8	17.91	17.61	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	49.52	2	38.04
9	17.91	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	33.91	1	33.91

**Elaboración:** El autor.

En la tabla 18 en la columna VDT se coloca la suma de los valores deducidos empleados, “q” representa la cantidad de valores deducidos mayores que 2, mientras que el valor deducido corregido (VDC), se calcula con la tabla valor deducido total vs valor deducido corregido adjuntadas en EL ANEXO 04 Y 05. Por cada VDC calculado, el menor valor deducido se reemplaza por 2. El proceso de cálculo del VDC, cuando “q” es 9, tal como a continuación se indica:



**Figura 57. Cálculo de valor deducido corregido de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui.**

**Elaboración:** El autor.

#### 4.1.5 Cálculo del PCI de una unidad de muestra.

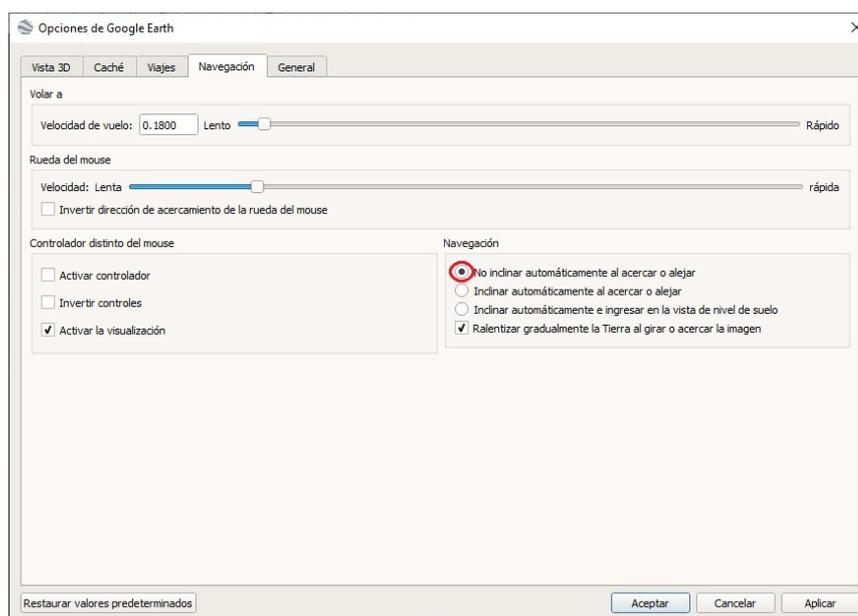
Para realizar el cálculo del valor PCI de la unidad de muestra 1 del jirón Tupac Inca Yupanqui se resta el mayor valor deducido corregido de la tabla 18, en este caso el valor es 50.04, a 100. La resta resulta 49.96. Lo que nos indica que la unidad de muestra 1 posee un pavimento en estado regular. El cálculo del PCI de todas las unidades de muestra evaluadas en las 7 vías, están adjuntadas en los anexos.

#### 4.2 Creación de base de datos en ArcGIS 10.5

Para realizar la creación de la base de datos en ArcGIS se emplearon todos datos anteriormente mencionados en el capítulo cuatro y se usaron los softwares Google Earth Pro, AutoCAD 2019 y ArcGIS 10.5.

##### 4.2.1 Dibujo de tramos y vías evaluadas

En primer lugar, se obtuvo imágenes satelitales del distrito de Baños del Inca desde Google Earth Pro desactivando la inclinación automática desde el apartado opciones como se muestra en la figura 58.



**Figura 58. Desactivación de inclinación en Google Earth.**

**Elaboración:** El autor.

Se obtuvo 7 imágenes correspondientes de cada vía, cada imagen fue guardada con la resolución “máxima” y solamente dejando activada la opción de escala como se muestra en la figura 59.

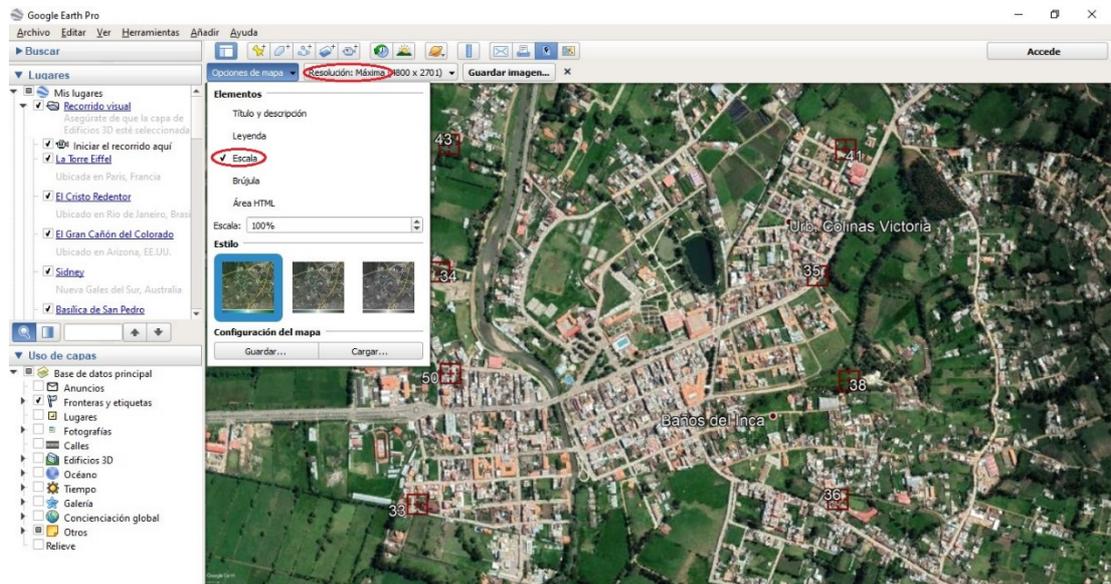


Figura 59. Obtención de imágenes en Google Earth.

Elaboración: El autor.

Ya desde AutoCAD 2019 se insertaron las 7 imágenes y se superpusieron una con otras para que formen el distrito de Baños del Inca, se utilizó los comandos “polyline”, “spline” y “join” para dibuja las vías evaluadas, teniendo como resultado la figura 60.

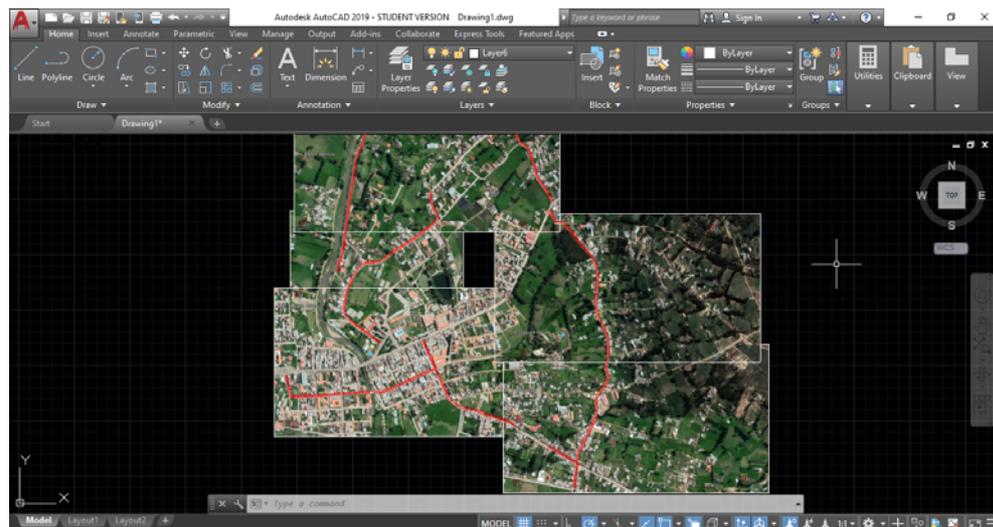


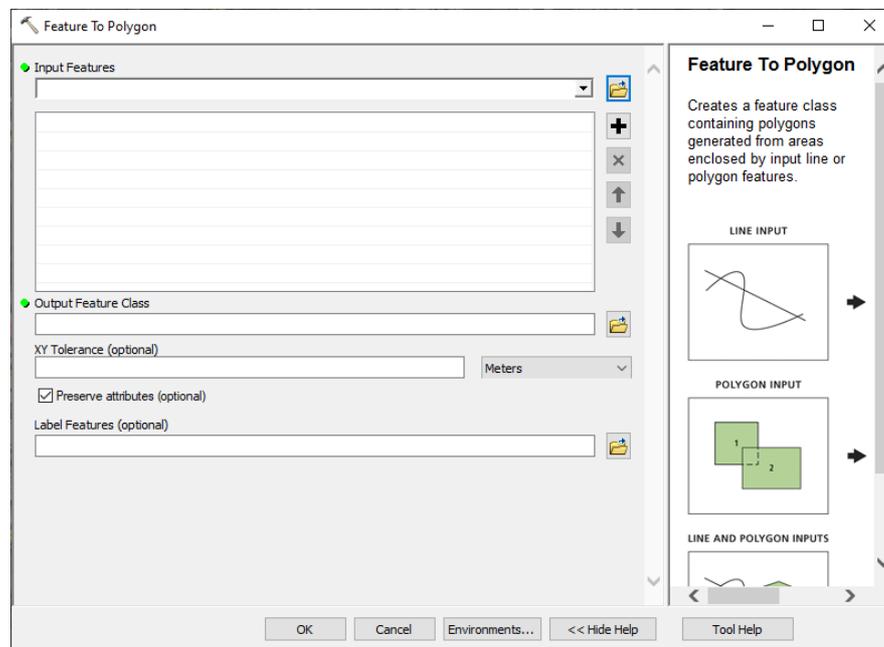
Figura 60. Vías evaluadas en AutoCAD 2019.

Elaboración: El autor.

Al terminar con el dibujo de las vías, se guardaron 2 archivos, uno con los tramos de pavimento flexible y otro con los tramos de pavimento rígido, es importante mencionar que, si bien este proceso se pudo llevar a cabo directamente desde ArcGIS, se decidió realizar el dibujo en AutoCAD para mayor precisión.

#### 4.2.2 Base de datos en ArcGIS 10.5

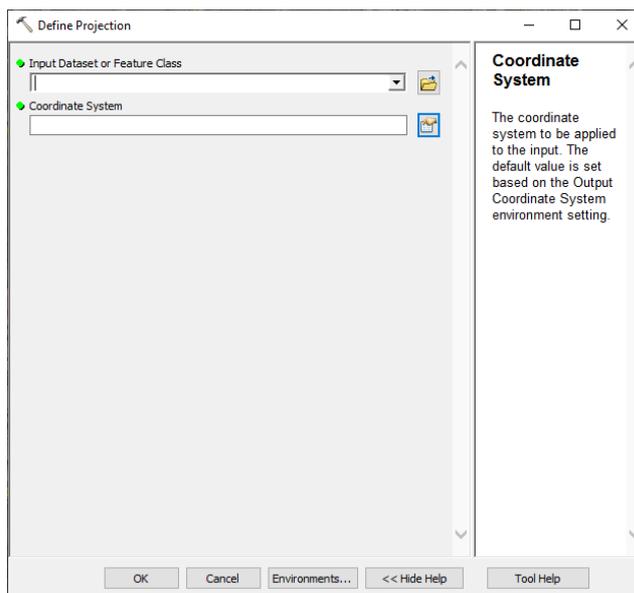
Los dos archivos CAD se abrieron desde ArcGIS 10.5, y con la herramienta “Feature to Polygon” que se aprecia en la figura 61, se realizó la conversión al formato “shapefile” que es con el cual el software trabaja.



**Figura 61. Herramienta "Feature to Polygon"**

**Elaboración:** El autor.

También se definió la zona UTM para ambas bases de datos, se empleó la herramienta “Define Projection” de la figura 62, para que finalmente se ajuste su ubicación con la herramienta “Spatial Adjustment”



**Figura 62. Herramienta "Define Pojection"**

**Elaboración:** El autor.

La información que contendrían los archivos consiste en el nombre de la vía, la unidad de muestra, progresiva inicial, progresiva final, longitud, número de losas o área de unidad de muestra, valor PCI, condición PCI y las fallas evaluadas por el método PCI. La figura 63 muestra los datos que contiene la base de datos del pavimento rígido.

FID	Shape *	Nom_Via	U_Muestra	Progre_I	Progre_F	Longitud	N_de_losas	PCI_Valor	PCI_Condi	BLO_UP_L	BLO_UP_M	BLO_UP_H	GRLES_L
45	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_1	0 + 000	0 + 031.10	31.10	20	49.96	REGULAR	0	0	0	0
42	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_2	0 + 031.10	0 + 066.30	35.20	20	51.42	REGULAR	0	0	0	0
37	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_3	0 + 066.30	0 + 096.90	30.60	24	58.85	BUENO	0	0	0	0
27	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_4	0 + 096.90	0 + 129.00	32.10	20	72.3	MUY BUENO	0	0	0	0
28	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_5	0 + 129.00	0 + 161.80	32.80	20	76.46	MUY BUENO	0	0	0	0
29	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_6	0 + 161.80	0 + 194.40	32.60	20	89.46	BUENO	2	0	0	0
30	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_7	0 + 194.40	0 + 229.80	35.40	20	58.63	BUENO	0	0	0	0
31	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_8	0 + 229.80	0 + 262.60	32.80	20	73.39	MUY BUENO	0	0	0	0
32	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_9	0 + 262.60	0 + 295.35	32.75	20	66.71	BUENO	0	0	0	0
33	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_10	0 + 295.35	0 + 318.35	23.00	14	77.31	MUY BUENO	0	0	0	0
36	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_15	0 + 454.90	0 + 485.65	30.75	22	50.63	REGULAR	0	0	0	0
38	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_16	0 + 485.65	0 + 536.10	50.45	20	30.56	MALO	4	0	0	0
41	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_17	0 + 536.10	0 + 582.25	46.15	20	16.61	MUY MALO	0	0	0	0
44	Polygon	Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_18	0 + 582.25	0 + 632.15	49.90	20	7.16	FALLADO	0	0	0	0

**Figura 63. Base de datos del pavimento rígido.**

**Elaboración:** El autor.

Para cada falla evaluada según su severidad, se utilizó una abreviación en la base de datos, ya que ArcGIS 10.5 no permite más de 10 caracteres en el título de una tabla, las abreviaciones utilizadas para cada falla de pavimento flexible son las que se presentan en la tabla 19.

**Tabla 19. Abreviaciones de fallas de pavimento flexible en ArcGIS 10.5.**

N°	Falla PCI	Severidad	Abreviación en ArcGIS 10.5
1	Piel de Cocodrilo	Baja	PI_CO_L
		Media	PI_CO_M
		Alta	PI_CO_H
2	Exudación	Baja	EX_L
		Media	EX_M
		Alta	EX_H
3	Agrietamiento en Bloque	Baja	AG_BLO_L
		Media	AG_BLO_M
		Alta	AG_BLO_H
4	Abultamientos y Hundimientos	Baja	AB_HU_L
		Media	AB_HU_M
		Alta	AB_HU_H
5	Corrugación	Baja	CORR_L
		Media	CORR_M
		Alta	CORR_H
6	Depresión	Baja	DEPR_L
		Media	DEPR_M
		Alta	DEPR_H
7	Grieta de Borde	Baja	GRI_BO_L
		Media	GRI_BO_M
		Alta	GRI_BO_H
8	Grieta de Reflexión de Junta	Baja	GRI_RE_J_L
		Media	GRI_RE_J_M
		Alta	GRI_RE_J_H
9	Desnivel Carril / Berma	Baja	DES_C_B_L
		Media	DES_C_B_M
		Alta	DES_C_B_H
10	Grietas Longitudinales y Transversales	Baja	GR_LO_TR_L
		Media	GR_LO_TR_M
		Alta	GR_LO_TR_H
11	Parcheo	Baja	PACHEO_L
		Media	PACHEO_M
		Alta	PACHEO_H
12	Pulimento de Agregados		PULI_AGRE
13	Huecos	Baja	HUECOS_L
		Media	HUECOS_M
		Alta	HUECOS_H
14	Cruce de Vía Férrea	Baja	CR_VF_L
		Media	CR_VF_M
		Alta	CR_VF_H
15	Ahuellamiento	Baja	AHUE_L
		Media	AHUE_M
		Alta	AHUE_H
16	Desplazamiento	Baja	DESPLA_L
		Media	DESPLA_M
		Alta	DESPLA_H
17	Grietas Parabólicas	Baja	GRI_PA_L
		Media	GRI_PA_M
		Alta	GRI_PA_H

18	Hinchamiento	Baja	HINCH_L
		Media	HINCH_M
		Alta	HINCH_H
19	Desprendimiento de Agregados	Baja	DES_AGRE_L
		Media	DES_AGRE_M
		Alta	DES_AGRE_H

**Elaboración:** El autor.

Mientras que las abreviaciones usadas para las fallas del pavimento rígido en ArcGIS 10.5 son las de la tabla 20.

**Tabla 20. Abreviaciones de fallas de pavimento rígido en ArcGIS 10.5.**

N°	Falla PCI	Severidad	Abreviación en ArcGIS 10.5
1	Blow up / Buckling	Baja	BLO_UP_L
		Media	BLO_UP_M
		Alta	BLO_UP_H
2	Grieta de Esquina	Baja	GRI_ES_L
		Media	GRI_ES_M
		Alta	GRI_ES_H
3	Losa Dividida	Baja	LO_DIV_L
		Media	LO_DIV_M
		Alta	LO_DIV_H
4	Grieta de Durabilidad "D"	Baja	GRI_DU_L
		Media	GRI_DU_M
		Alta	GRI_DU_H
5	Escala	Baja	ESCALA_L
		Media	ESCALA_M
		Alta	ESCALA_H
6	Deterioro de Sello de Junta		DET_SELLO
7	Desnivel Carril/Berma	Baja	DE_CA_BE_L
		Media	DE_CA_BE_M
		Alta	DE_CA_BE_H
8	Grieta Lineal	Baja	GRI_LI_L
		Media	GRI_LI_M
		Alta	GRI_LI_H
9	Parcheo Grande	Baja	PAR_G_L
		Media	PAR_G_M
		Alta	PAR_G_H
10	Parcheo Pequeño	Baja	PAR_P_L
		Media	PAR_P_M
		Alta	PAR_P_H

11	Pulimiento de Agregados		PUL_AGRE
12	Popouts		POPOUTS
13	Bombeo		BOMBEO
14	Punzonamiento	Baja	PUNZO_L
		Media	PUNZO_M
		Alta	PUNZO_H
15		Alta	CRU_V_F_H
16	Craquelado	Baja	CRAQUE_L
		Media	CRAQUE_M
		Alta	CRAQUE_H
17	Grietas de Retracción		GRI_RET
18	Descascaramiento de Esquina	Baja	DES_ES_L
		Media	DES_ES_M
		Alta	DES_ES_H
19	Descascaramiento de Junta	Baja	DES_JU_L
		Media	DES_JU_M
		Alta	DES_JU_H

**Elaboración:** El autor.

Finalmente, a cada tramo se le asignó un color según su condición PCI, para representar visualmente el estado en que se encuentran, los colores servirán para reconocer con mayor rapidez que vía o tramo presentan mayor deterioro en su pavimento. La tabla 21 presenta los colores utilizados para cada tramo en ArcGIS 10.5.

**Tabla 21. Colores según condición PCI utilizados en ArcGIS 10.5.**

Rango	Clasificación	Color
100 - 85	EXCELENTE	
85 - 70	MUY BUENO	
70 - 55	BUENO	
55 - 40	REGULAR	
40 - 25	MALO	
25 - 10	MUY MALO	
10 - 0	FALLADO	

**Elaboración:** El autor.

Gráficamente la interfaz del sistema de gestión de pavimentos de las vías locales principales de Baños del Inca quedó representada como se aprecia en la figura 64, estando también adjuntada en el ANEXO 09.



**Figura 64. Vías evaluadas en ArcGIS 10.5.**

**Elaboración:** El autor.

### 4.3 Determinación de vías o tramos a intervenir empleando ArcGIS 10.5

Antes de describir el proceso que se llevó a cabo para determinar que vías o tramos deben ser intervenidos para mantener los pavimentos de la red vial en condiciones óptimas utilizando ArcGIS 10.5, es necesario mencionar que el criterio de intervención puede variar según los requisitos del usuario y la información que contenga la base de datos, en el caso de este trabajo investigación, para realizar un ejemplo práctico de cómo se usaría el software ArcGIS 10.5 para gestionar las intervenciones según el deterioro que el pavimento presenta, la asignación de intervención se llevara a cabo según la tabla 22 que resume lo expuesto en el capítulo dos y en la tabla 8.

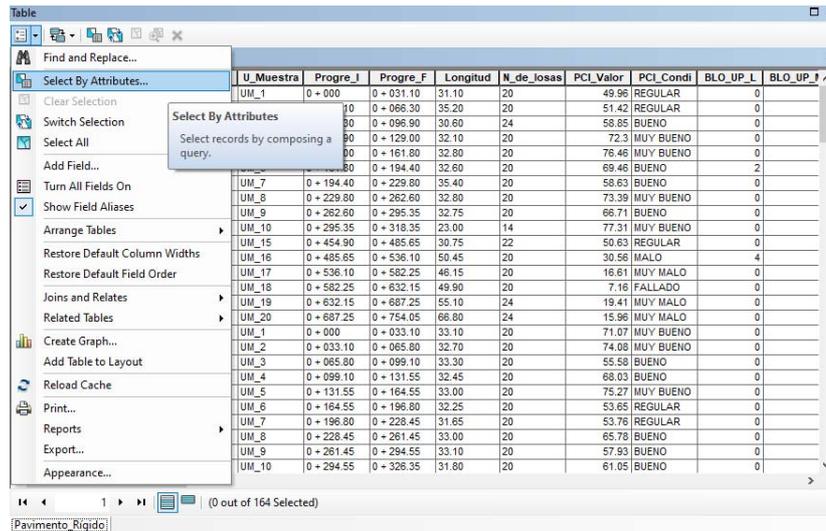
**Tabla 22. Intervención de pavimento según rango PCI.**

Rango PCI	Clasificación	Intervención
100 - 85	EXCELENTE	Mantenimiento Preventivo
85 - 70	MUY BUENO	Mantenimiento Correctivo Menor
70 - 55	BUENO	Mantenimiento Correctivo Mayor
40 - 25	MALO	Rehabilitación
< 25	MUY MALO	Reconstrucción

**Elaboración:** El autor.

El proceso asignación de intervención según valor PCI fue el mismo para la base de datos de pavimento flexible y de pavimento rígido, es por ello que solamente se describirá la asignación de mantenimiento preventivo para pavimento rígido, ya que en una parte del proceso solo se deberá variar el rango PCI para obtener los demás resultados.

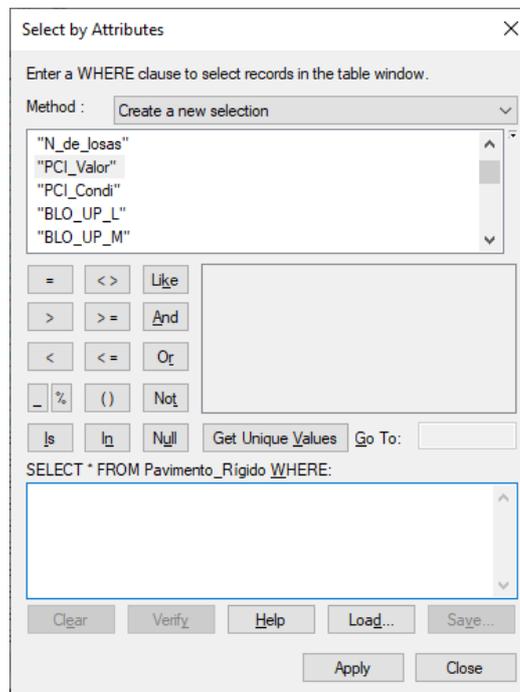
En primer lugar, desde la tabla de atributos se selecciona la herramienta “Select by Attributes”, figura 65.



**Figura 65. Abrir herramienta "Select by Attributes"**

**Elaboración:** El autor.

Desde la nueva ventana que se abrió, figura 66, se debe de considerar el campo en donde se encuentran los datos que servirán para que ArcGIS 10.5 procese y asigne la intervención requerida. En este caso el campo tiene como nombre "PCI\_Valor" que es el campo que contiene el valor PCI de todos los tramos evaluados de pavimento rígido.

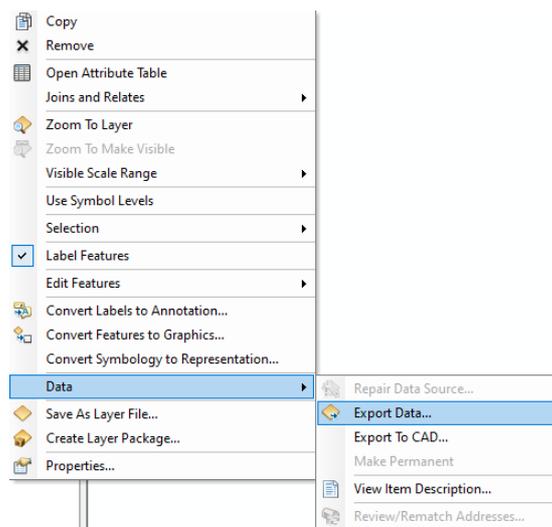


**Figura 66. Herramienta "Select by Attributes"**

**Elaboración:** El autor.

En la parte inferior de la figura 66 se puede observar el campo donde se ingresa la expresión "PCI\_Valor" >85 AND "PCI\_Valor" <100, esta expresión se basa en la información de la tabla 27 la cual quiere decir que el software considerara los tramos que poseen un valor PCI mayor a 85 y menor a 100, a los cuales les corresponde un mantenimiento preventivo. Es en este paso donde se variarán los valores para obtener las siguientes intervenciones expuestas en la tabla 22. Para finalizar este paso, se debe clicar en botón de "Apply".

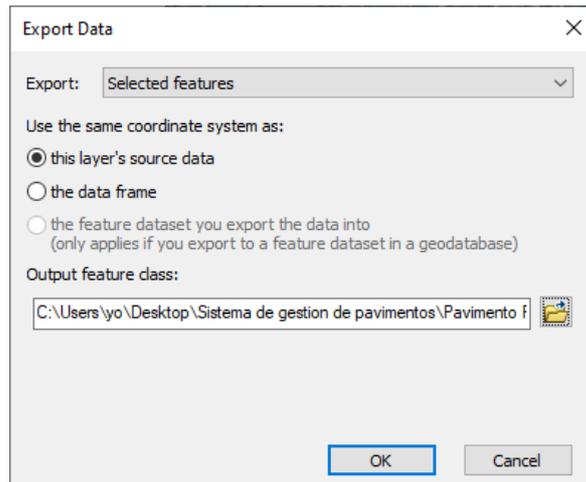
A continuación, desde la base de datos del pavimento rígido, se selecciona la herramienta "Export Data", figura 67, para crear la nueva base de datos que solamente contendrá la información de los tramos que requieren mantenimiento preventivo.



**Figura 67. Abrir herramienta "Export Data"**

**Elaboración:** El autor.

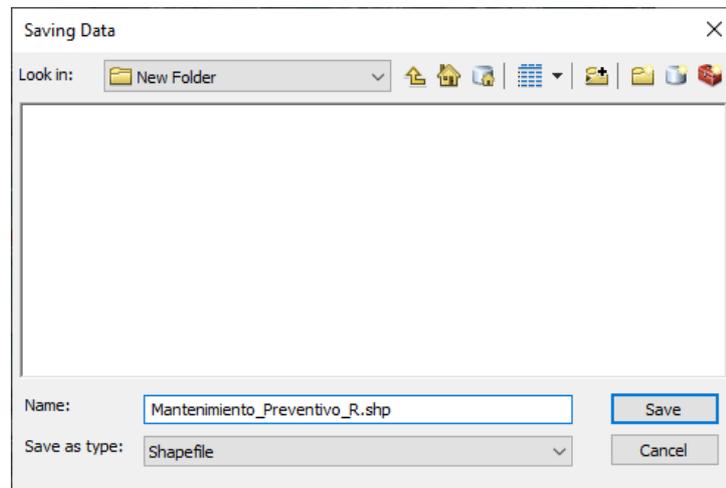
Desde la herramienta "Export Data", figura 68, se dejará seleccionada la opción "this layer's source data", lo que significa que la nueva base de datos mantendrá el mismo sistema de coordenadas que la base de datos original.



**Figura 68. Herramienta "Export Data"**

**Elaboración:** El autor.

Finalmente, se usará el nombre "Mantenimiento\_Preventivo\_R", figura 69, para la nueva base de datos, se debe clicar el botón "OK" de la figura 68, para confirmar el proceso.



**Figura 69. Nombre de nueva base de datos.**

**Elaboración:** El autor.

De esta manera se obtiene una base de datos de los tramos que requieren un mantenimiento preventivo, conteniendo la información del nombre de la vía a la que pertenecen, las progresivas de su ubicación y la cantidad de fallas que poseen en su pavimento. En este caso solamente cuatro unidades de muestra de pavimento rígido requieren mantenimiento preventivo, figura 70.

Nom_Via	U_Muestra	Progre_I	Progre_F	Longitud	N_de_Josas	PCI_Valor	PCI_Condi	BLO_UP_L	BLO_UP_M	BLO_UP_H	GRI_ES_L
Av. Los Eucaliptos	UM_4	0 + 087.30	0 + 117.20	29.90	20	85.46	EXCELENTE	0	0	0	0
Av. Los Eucaliptos	UM_10	0 + 266.75	0 + 296.15	29.40	20	85.4	EXCELENTE	0	0	0	0
Av. Los Eucaliptos	UM_12	0 + 324.80	0 + 354.45	29.65	20	87.92	EXCELENTE	0	0	0	0
Av. Los Eucaliptos	UM_13	0 + 354.45	0 + 384.30	29.85	20	87.61	EXCELENTE	0	0	0	0

**Figura 70. Base de datos de mantenimiento preventivo.**

**Elaboración:** El autor.

Para los siguientes archivos que fueron creados utilizando el proceso explicado anteriormente, que corresponden a las demás intervenciones mostradas en la tabla 22, fueron asignados los nombres de la tabla 23 para cada base de datos nueva.

**Tabla 23. Nombres de bases de datos según tipo de intervención.**

Rango PCI	Nombre de Base de Datos	Tipo de Pavimento
100 - 85	Mantenimiento_Preventivo_F	Flexible
	Mantenimiento_Preventivo_R	Rígido
85 - 70	Mantenimiento_Correctivo_Menor_F	Flexible
	Mantenimiento_Correctivo_Menor_R	Rígido
70 - 55	Mantenimiento_Correctivo_Mayor_F	Flexible
	Mantenimiento_Correctivo_Mayor_R	Rígido
40 - 25	Rehabilitación_F	Flexible
	Rehabilitación_R	Rígido
< 25	Reconstrucción_F	Flexible
	Reconstrucción_R	Rígido

**Elaboración:** El autor.

Finalmente, la tabla de contenido de todos los archivos creados se muestra en la figura 71, en donde se aprecia las bases de datos de los tipos de pavimento que posee la red vial de Baños del Inca y también las nuevas bases de datos creadas con el tipo de intervención requerida para mantener el pavimento en condiciones óptimas que se mencionaban en la tabla 23.

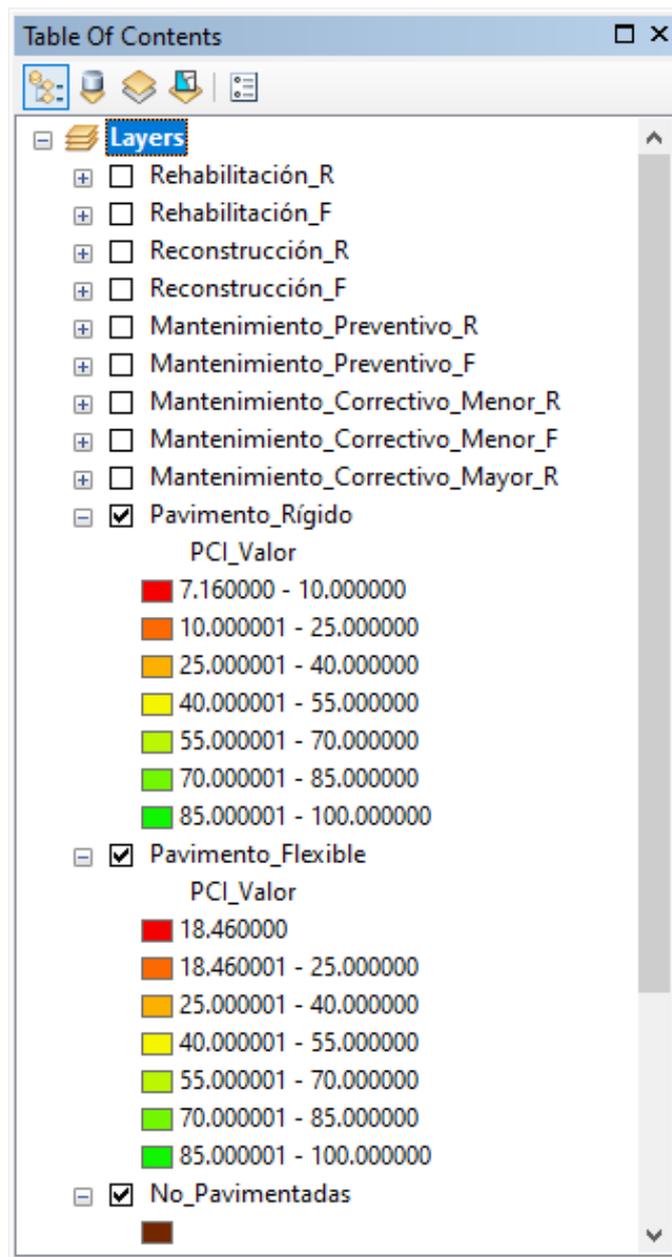


Figura 71. Tabla de contenido de ArcGIS 10.5.

Elaboración: El autor.

## CAPÍTULO V RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados hallados, cada uno cumpliendo con los objetivos planteados para el desarrollo de la tesis.

### 5.1 Inventario de vías locales principales

A continuación, se presenta el inventario de las vías evaluadas, cada tabla contiene, las progresivas, el largo, el ancho, el número de losas o área y el tipo de pavimento de las secciones evaluadas. La tabla 24 expone los datos mencionados del Jirón Tupac Inca Yupanqui.

**Tabla 24. Inventario de las secciones del Jirón Tupac Inca Yupanqui.**

Jirón Tupac Inca Yupanqui						
Unidad de Muestra	Progresiva		Longitud (m)	Ancho (m)	N° de Losas / Área (m <sup>2</sup> )	Tipo de Pavimento
	Inicial	Final				
1	0 + 000	0 + 031.10	31.10	7.10	20	Rígido
2	0 + 031.10	0 + 066.30	35.20	7.10	20	Rígido
3	0 + 066.30	0 + 096.90	30.60	7.10	24	Rígido
4	0 + 096.90	0 + 129.00	32.10	6.20	20	Rígido
5	0 + 129.00	0 + 161.80	32.80	6.20	20	Rígido
6	0 + 161.80	0 + 194.40	32.60	6.20	20	Rígido
7	0 + 194.40	0 + 229.80	35.40	6.20	20	Rígido
8	0 + 229.80	0 + 262.60	32.80	6.20	20	Rígido
9	0 + 262.60	0 + 295.35	32.75	6.20	20	Rígido
10	0 + 295.35	0 + 318.35	23.00	6.20	14	Rígido
11	0 + 326.35	0 + 356.35	30.00	6.20	228.00	Flexible
12	0 + 356.35	0 + 386.35	30.00	6.20	228.00	Flexible
13	0 + 386.35	0 + 416.35	30.00	6.20	228.00	Flexible

14	0 + 416.35	0 + 446.35	30.00	6.20	228.00	Flexible
15	0 + 462.50	0 + 493.25	30.75	6.20	22	Rígido
16	0 + 493.25	0 + 543.25	50.45	6.20	20	Rígido
17	0 + 543.25	0 + 589.85	46.15	6.20	20	Rígido
18	0 + 589.85	0 + 639.75	49.90	6.20	20	Rígido
19	0 + 639.75	0 + 694.85	55.10	6.20	24	Rígido
20	0 + 694.85	0 + 761.65	66.80	6.20	24	Rígido

**Elaboración:** El autor.

Las siguientes tablas corresponden a las demás vías evaluadas, conteniendo la información presentada en la tabla 24.

**Tabla 25. Inventario de las secciones de la Prolongación Pachacutec.**

Prolongación Pachacutec						
Unidad de Muestra	Progresiva		Longitud (m)	Ancho (m)	N° de Losas	Tipo de Pavimento
	Inicial	Final				
1	0 + 000	0 + 033.10	33.10	5.60	20	Rígido
2	0 + 033.10	0 + 065.80	32.70	5.60	20	Rígido
3	0 + 065.80	0 + 099.10	33.30	5.60	20	Rígido
4	0 + 099.10	0 + 131.55	32.45	5.60	20	Rígido
5	0 + 131.55	0 + 164.55	33.00	5.60	20	Rígido
6	0 + 164.55	0 + 196.80	32.25	5.60	20	Rígido
7	0 + 196.80	0 + 228.45	31.65	5.60	20	Rígido
8	0 + 228.45	0 + 261.45	33.00	5.60	20	Rígido
9	0 + 261.45	0 + 294.55	33.10	5.60	20	Rígido
10	0 + 294.55	0 + 326.35	31.80	5.60	20	Rígido
11	0 + 326.35	0 + 356.35	30.00	7.00	20	Rígido
12	0 + 356.35	0 + 385.95	29.60	7.00	20	Rígido
13	0 + 385.95	0 + 415.25	29.30	7.00	20	Rígido
14	0 + 415.25	0 + 444.75	29.50	7.00	20	Rígido
15	0 + 444.75	0 + 473.35	28.60	7.00	20	Rígido
16	0 + 473.35	0 + 502.75	29.40	7.00	20	Rígido
17	0 + 502.75	0 + 532.35	29.60	7.00	20	Rígido
18	0 + 532.35	0 + 562.40	30.05	7.00	20	Rígido
19	0 + 562.40	0 + 594.55	32.15	7.00	20	Rígido
20	0 + 594.55	0 + 624.90	30.35	7.00	20	Rígido
21	0 + 624.90	0 + 654.90	30.00	7.00	20	Rígido
22	0 + 654.90	0 + 685.40	30.50	7.00	20	Rígido
23	0 + 685.40	0 + 716.15	30.75	7.00	20	Rígido
24	0 + 716.15	0 + 746.00	29.85	7.00	20	Rígido
25	0 + 746.00	0 + 776.25	30.25	7.00	20	Rígido

26	0 + 776.25	0 + 807.30	31.05	7.00	20	Rígido
27	0 + 807.30	0 + 833.15	25.85	7.00	20	Rígido
28	0 + 833.15	0 + 865.05	31.90	7.00	20	Rígido
29	0 + 865.05	0 + 894.30	29.25	7.00	20	Rígido
30	0 + 894.30	0 + 923.70	29.40	7.00	20	Rígido
31	0 + 923.70	0 + 950.95	27.25	7.00	20	Rígido

**Elaboración:** El autor.

**Tabla 26. Inventario de las secciones del Jirón Libertad.**

Jirón Libertad						
Unidad de Muestra	Progresiva		Longitud (m)	Ancho (m)	N° de Losas	Tipo de Pavimento
	Inicial	Final				
1	0 + 000	0 + 030.05	30.05	5.50	20	Rígido
2	0 + 030.05	0 + 059.95	29.90	5.50	20	Rígido
3	0 + 059.95	0 + 089.80	29.85	5.50	20	Rígido
4	0 + 089.80	0 + 119.70	29.90	5.50	20	Rígido
5	0 + 119.70	0 + 148.60	28.90	5.50	20	Rígido
6	0 + 148.60	0 + 179.65	31.05	5.50	20	Rígido
7	0 + 179.65	0 + 209.65	30.00	5.50	20	Rígido
8	0 + 209.65	0 + 241.50	31.85	5.50	20	Rígido
9	0 + 241.50	0 + 271.10	29.60	5.50	20	Rígido
10	0 + 271.10	0 + 301.40	30.30	5.50	20	Rígido
11	0 + 301.40	0 + 332.45	31.05	5.50	21	Rígido
12	0 + 332.45	0 + 362.55	30.10	5.50	20	Rígido
13	0 + 362.55	0 + 391.80	29.25	5.50	20	Rígido
14	0 + 391.80	0 + 422.70	30.90	6.10	20	Rígido
15	0 + 422.70	0 + 455.90	33.20	6.10	20	Rígido
16	0 + 455.90	0 + 489.15	33.25	6.10	20	Rígido
17	0 + 489.15	0 + 522.30	33.15	6.10	20	Rígido
18	0 + 522.30	0 + 555.85	33.55	6.10	20	Rígido
19	0 + 555.85	0 + 589.05	33.20	6.10	20	Rígido
20	0 + 589.05	0 + 622.65	33.60	6.10	20	Rígido
21	0 + 622.65	0 + 655.60	32.95	6.10	20	Rígido
22	0 + 655.60	0 + 688.60	33.00	6.10	20	Rígido
23	0 + 688.60	0 + 721.65	33.05	6.10	20	Rígido
24	0 + 721.65	0 + 751.55	29.90	6.10	20	Rígido
25	0 + 751.55	0 + 781.10	29.55	6.10	20	Rígido
26	0 + 781.10	0 + 810.50	29.40	6.10	20	Rígido
27	0 + 810.50	0 + 839.35	28.85	6.10	20	Rígido
28	0 + 839.35	0 + 869.35	30.00	6.10	20	Rígido
29	0 + 869.35	0 + 899.70	30.35	6.10	20	Rígido
30	0 + 899.70	0 + 930.55	30.85	6.10	20	Rígido

31	0 + 930.55	0 + 960.70	30.15	6.10	20	Rígido
32	0 + 960.70	0 + 985.80	25.10	6.10	20	Rígido
33	0 + 985.80	1 + 019.20	33.40	6.10	20	Rígido
34	1 + 019.20	1 + 051.40	32.20	6.10	20	Rígido
35	1 + 051.40	1 + 083.15	31.75	6.10	20	Rígido
36	1 + 083.15	1 + 116.10	32.95	6.10	20	Rígido
37	1 + 116.10	1 + 149.10	33.00	6.10	20	Rígido
38	1 + 149.10	1 + 174.00	24.90	6.10	20	Rígido
39	1 + 174.00	1 + 207.00	33.00	6.10	20	Rígido
40	1 + 207.00	1 + 237.40	30.40	6.10	20	Rígido
41	1 + 237.40	1 + 270.70	33.30	6.10	20	Rígido
42	1 + 270.70	1 + 301.90	31.20	6.10	20	Rígido
43	1 + 301.90	1 + 332.50	30.60	6.10	20	Rígido
44	1 + 332.50	1 + 364.20	31.70	6.10	21	Rígido
45	1 + 364.20	1 + 394.75	30.55	6.10	20	Rígido
46	1 + 394.75	1 + 425.45	30.70	6.10	20	Rígido
47	1 + 425.45	1 + 458.30	32.85	6.10	20	Rígido
48	1 + 458.30	1 + 489.90	31.60	6.10	20	Rígido
49	1 + 489.90	1 + 523.10	33.20	6.10	20	Rígido
50	1 + 523.10	1 + 554.70	31.60	6.10	20	Rígido
51	1 + 554.70	1 + 584.85	30.15	6.10	20	Rígido
52	1 + 584.85	1 + 616.20	31.35	6.10	20	Rígido
53	1 + 616.20	1 + 648.95	22.75	6.10	20	Rígido

Elaboración: El autor.

**Tabla 27. Inventario de las secciones del Jirón Yahuar Huaca.**

Jirón Yahuar Huaca						
Unidad de Muestra	Progresiva		Longitud (m)	Ancho (m)	N° de Losas	Tipo de Pavimento
	Inicial	Final				
1	0 + 000	0 + 071.20	71.20	8.20	20	Rígido
2	0 + 071.20	0 + 151.90	80.70	8.20	20	Rígido
3	0 + 151.90	0 + 222.80	70.90	8.20	20	Rígido
4	0 + 222.80	0 + 263.00	40.20	6.60	20	Rígido
5	0 + 263.00	0 + 302.15	39.15	6.60	20	Rígido
6	0 + 302.15	0 + 341.50	39.35	6.60	20	Rígido
7	0 + 341.50	0 + 384.50	43.00	6.60	20	Rígido
8	0 + 384.50	0 + 424.95	40.45	6.60	20	Rígido
9	0 + 424.95	0 + 464.85	39.90	6.60	20	Rígido
10	0 + 464.85	0 + 504.70	39.85	6.60	20	Rígido
11	0 + 504.70	0 + 544.60	39.90	6.60	20	Rígido
12	0 + 544.60	0 + 580.40	35.80	6.60	20	Rígido
13	0 + 580.40	0 + 613.05	32.65	6.60	20	Rígido

14	0 + 613.05	0 + 645.90	32.85	6.60	20	Rígido
15	0 + 645.90	0 + 678.80	32.90	6.60	20	Rígido
16	0 + 678.80	0 + 711.80	33.00	6.60	20	Rígido
17	0 + 711.80	0 + 744.85	33.05	6.60	20	Rígido
18	0 + 744.85	0 + 777.85	33.00	6.60	20	Rígido
19	0 + 777.85	0 + 810.85	33.00	6.60	20	Rígido
20	0 + 810.85	0 + 844.05	33.20	6.60	20	Rígido
21	0 + 844.05	0 + 883.55	39.20	6.60	24	Rígido
22	0 + 883.55	0 + 923.65	40.10	6.60	22	Rígido

**Elaboración:** El autor.

**Tabla 28. Inventario de las secciones de la Avenida Los Eucaliptos.**

Avenida Los Eucaliptos						
Unidad de Muestra	Progresiva		Longitud (m)	Ancho (m)	N° de Losas	Tipo de Pavimento
	Inicial	Final				
1	0 + 000	0 + 027.05	27.05	5.45	20	Rígido
2	0 + 027.05	0 + 054.35	27.30	5.45	18	Rígido
3	0 + 059.20	0 + 087.30	28.10	5.45	20	Rígido
4	0 + 087.30	0 + 117.20	29.90	5.45	20	Rígido
5	0 + 117.20	0 + 146.85	29.65	5.45	20	Rígido
6	0 + 146.85	0 + 176.70	29.85	5.45	20	Rígido
7	0 + 176.70	0 + 206.55	29.85	5.45	20	Rígido
8	0 + 206.55	0 + 237.80	31.25	5.45	20	Rígido
9	0 + 237.80	0 + 266.75	28.95	5.45	20	Rígido
10	0 + 266.75	0 + 296.15	29.40	5.45	20	Rígido
11	0 + 296.15	0 + 324.80	28.65	5.45	20	Rígido
12	0 + 324.80	0 + 354.45	29.65	5.45	20	Rígido
13	0 + 354.45	0 + 384.30	29.85	5.45	20	Rígido
14	0 + 384.30	0 + 411.90	27.60	5.45	20	Rígido
15	0 + 411.90	0 + 441.15	29.25	5.45	20	Rígido
16	0 + 441.15	0 + 470.85	29.70	5.45	20	Rígido
17	0 + 470.85	0 + 500.65	29.80	5.45	20	Rígido
18	0 + 500.65	0 + 530.10	29.45	5.45	20	Rígido
19	0 + 530.10	0 + 559.20	29.10	5.45	20	Rígido
20	0 + 559.20	0 + 589.55	30.35	5.45	20	Rígido
21	0 + 589.55	0 + 618.25	28.70	5.45	20	Rígido
22	0 + 618.25	0 + 647.60	29.35	5.45	20	Rígido
23	0 + 647.60	0 + 677.10	29.50	5.45	20	Rígido
24	0 + 677.10	0 + 709.05	31.95	5.45	22	Rígido
25	0 + 709.05	0 + 738.05	29.00	5.45	20	Rígido
26	0 + 738.05	0 + 767.80	29.75	5.45	20	Rígido
27	0 + 767.80	0 + 797.45	29.65	5.45	20	Rígido

28	0 + 797.45	0 + 828.20	30.75	5.45	20	Rígido
29	0 + 828.20	0 + 858.15	29.95	5.45	20	Rígido
30	0 + 858.15	0 + 888.00	29.85	5.45	20	Rígido
31	0 + 888.00	0 + 917.20	29.20	5.45	20	Rígido
32	0 + 917.20	0 + 946.55	29.35	5.45	20	Rígido
33	0 + 946.55	0 + 976.20	29.65	5.45	20	Rígido
34	0 + 976.20	1 + 006.25	30.05	5.45	20	Rígido
35	1 + 006.25	1 + 036.20	29.95	5.45	20	Rígido
36	1 + 036.20	1 + 066.20	30.00	5.45	20	Rígido
37	1 + 066.20	1 + 096.05	29.85	5.45	20	Rígido
38	1 + 096.05	1 + 125.75	29.70	5.45	20	Rígido
39	1 + 125.75	1 + 160.15	34.40	5.45	24	Rígido
40	1 + 160.15	1 + 190.65	30.50	5.45	23	Rígido
41	1 + 190.65	1 + 212.53	21.88	5.45	16	Rígido
42	1 + 212.53	1 + 219.88	7.35	5.45	16	Rígido

**Elaboración:** El autor.

**Tabla 29. Inventario de las secciones de la Vía Llacanora.**

Vía Llacanora						
Unidad de Muestra	Progresiva		Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Tipo de Pavimento
	Inicial	Final				
1	0 + 000	0 + 035	35.00	6.35	222.25	Flexible
2	0 + 035	0 + 070	35.00	6.35	222.25	Flexible
3	0 + 070	0 + 103	33.00	6.35	209.55	Flexible

**Elaboración:** El autor.

**Tabla 30. Inventario de las secciones de la Carretera a Otuzco.**

Carretera a Otuzco						
Unidad de Muestra	Progresiva		Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Tipo de Pavimento
	Inicial	Final				
1	0 + 121.05	0 + 156.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
2	0 + 156.05	0 + 191.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
3	0 + 191.05	0 + 226.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
4	0 + 226.05	0 + 261.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
5	0 + 261.05	0 + 296.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
6	0 + 296.05	0 + 331.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
7	0 + 331.05	0 + 366.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
8	0 + 366.05	0 + 401.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
9	0 + 401.05	0 + 436.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
10	0 + 436.05	0 + 471.05	35.00	6.00	210.00	Flexible

11	0 + 471.05	0 + 506.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
12	0 + 506.05	0 + 541.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
13	0 + 541.05	0 + 576.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
14	0 + 576.05	0 + 611.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
15	0 + 611.05	0 + 646.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
16	0 + 646.05	0 + 681.05	35.00	6.00	210.00	Flexible
17	0 + 681.05	0 + 716.05	35.00	6.30	215.25	Flexible
18	0 + 716.05	0 + 751.05	35.00	6.30	215.25	Flexible
19	0 + 751.05	0 + 786.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
20	0 + 786.05	0 + 821.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
21	0 + 821.05	0 + 856.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
22	0 + 856.05	0 + 891.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
23	0 + 891.05	0 + 926.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
24	0 + 926.05	0 + 961.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
25	0 + 961.05	0 + 996.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
26	0 + 996.05	1 + 031.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
27	1 + 031.05	1 + 066.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
28	1 + 066.05	1 + 101.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
29	1 + 101.05	1 + 136.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
30	1 + 136.05	1 + 171.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
31	1 + 171.05	1 + 206.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
32	1 + 206.05	1 + 241.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
33	1 + 241.05	1 + 276.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
34	1 + 276.05	1 + 311.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
35	1 + 311.05	1 + 346.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
36	1 + 346.05	1 + 381.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
37	1 + 381.05	1 + 416.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
38	1 + 416.05	1 + 451.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
39	1 + 451.05	1 + 486.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
40	1 + 486.05	1 + 521.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
41	1 + 521.05	1 + 556.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
42	1 + 556.05	1 + 591.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
43	1 + 591.05	1 + 626.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
44	1 + 626.05	1 + 661.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
45	1 + 661.05	1 + 696.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
46	1 + 696.05	1 + 731.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
47	1 + 731.05	1 + 766.05	35.00	6.30	220.50	Flexible
48	1 + 766.05	1 + 797.05	31.00	6.30	195.30	Flexible
49	1 + 797.05	1 + 828.05	31.00	6.30	195.30	Flexible
50	1 + 828.05	1 + 859.92	31.87	6.30	200.78	Flexible

**Elaboración:** El autor.

## 5.2 Condición actual del pavimento

Cumpliendo con el segundo objetivo planteado, en las tablas que se aprecian a continuación se muestra la condición PCI de cada unidad de muestra de las vías evaluadas, comenzando con el Jirón Tupac Inca Yupanqui.

**Tabla 31. Condición PCI de unidades de muestra del Jirón Tupac Inca Yupanqui.**

Unidad de Muestra	Progresiva		PCI	
	Inicial	Final	Valor	Condición
UM - 1	0 + 000	0 + 031.10	49.96	REGULAR
UM - 2	0 + 031.10	0 + 066.30	51.42	REGULAR
UM - 3	0 + 066.30	0 + 096.90	58.85	BUENO
UM - 4	0 + 096.90	0 + 129.00	72.3	MUY BUENO
UM - 5	0 + 129.00	0 + 161.80	76.46	MUY BUENO
UM - 6	0 + 161.80	0 + 194.40	69.46	BUENO
UM - 7	0 + 194.40	0 + 229.80	58.63	BUENO
UM - 8	0 + 229.80	0 + 262.60	73.39	MUY BUENO
UM - 9	0 + 262.60	0 + 295.35	66.71	BUENO
UM - 10	0 + 295.35	0 + 318.35	77.31	MUY BUENO
UM - 11	0 + 326.35	0 + 356.35	28.49	MALO
UM - 12	0 + 356.35	0 + 386.35	19.85	MUY MALO
UM - 13	0 + 386.35	0 + 416.35	18.46	MUY MALO
UM - 14	0 + 416.35	0 + 446.35	22.72	MUY MALO
UM - 15	0 + 462.50	0 + 493.25	50.63	REGULAR
UM - 16	0 + 493.25	0 + 543.70	30.56	MALO
UM - 17	0 + 543.70	0 + 589.85	16.61	MUY MALO
UM - 18	0 + 589.85	0 + 639.75	7.16	FALLADO
UM - 19	0 + 639.75	0 + 694.85	19.41	MUY MALO
UM - 20	0 + 694.85	0 + 761.65	15.96	MUY MALO

**Elaboración:** El autor.

**Tabla 32. Condición PCI de unidades de muestra de la Prolongación Pachacutec.**

Unidad de Muestra	Progresiva		PCI	
	Inicial	Final	Valor	Condición
UM - 1	0 + 000	0 + 033.10	71.07	MUY BUENO

UM - 2	0 + 033.10	0 + 065.80	74.08	MUY BUENO
UM - 3	0 + 065.80	0 + 099.10	55.58	BUENO
UM - 4	0 + 099.10	0 + 131.55	68.03	BUENO
UM - 5	0 + 131.55	0 + 164.55	75.27	MUY BUENO
UM - 6	0 + 164.55	0 + 196.80	53.65	REGULAR
UM - 7	0 + 196.80	0 + 228.45	53.76	REGULAR
UM - 8	0 + 228.45	0 + 261.45	65.78	BUENO
UM - 9	0 + 261.45	0 + 294.55	57.93	BUENO
UM - 10	0 + 294.55	0 + 326.35	61.05	BUENO
UM - 11	0 + 326.35	0 + 356.35	75.31	MUY BUENO
UM - 12	0 + 356.35	0 + 385.95	64.57	BUENO
UM - 13	0 + 385.95	0 + 415.25	65.70	BUENO
UM - 14	0 + 415.25	0 + 444.75	54.18	REGULAR
UM - 15	0 + 444.75	0 + 473.35	63.03	BUENO
UM - 16	0 + 473.35	0 + 502.75	56.77	BUENO
UM - 17	0 + 502.75	0 + 532.35	60.95	BUENO
UM - 18	0 + 532.35	0 + 562.40	65.17	BUENO
UM - 19	0 + 562.40	0 + 594.55	64.90	BUENO
UM - 20	0 + 594.55	0 + 624.90	67.47	BUENO
UM - 21	0 + 624.90	0 + 654.90	65.00	BUENO
UM - 22	0 + 654.90	0 + 685.40	67.73	BUENO
UM - 23	0 + 685.40	0 + 716.15	63.02	BUENO
UM - 24	0 + 716.15	0 + 746.00	66.12	BUENO
UM - 25	0 + 746.00	0 + 776.25	70.38	MUY BUENO
UM - 26	0 + 776.25	0 + 807.30	70.23	MUY BUENO
UM - 27	0 + 807.30	0 + 833.15	69.24	BUENO
UM - 28	0 + 833.15	0 + 865.05	64.87	BUENO
UM - 29	0 + 865.05	0 + 894.30	71.94	MUY BUENO
UM - 30	0 + 894.30	0 + 923.70	74.55	MUY BUENO
UM - 31	0 + 923.70	0 + 950.95	69.27	BUENO

Elaboración: El autor.

**Tabla 33. Condición PCI de unidades de muestra del Jirón Libertad.**

Unidad de Muestra	Progresiva		PCI	
	Inicial	Final	Valor	Condición
UM - 1	0 + 000	0 + 030.05	75.24	MUY BUENO
UM - 2	0 + 030.05	0 + 059.95	63.96	BUENO
UM - 3	0 + 059.95	0 + 089.80	68.32	BUENO
UM - 4	0 + 089.80	0 + 119.70	77.31	MUY BUENO
UM - 5	0 + 119.70	0 + 148.60	79.80	MUY BUENO
UM - 6	0 + 148.60	0 + 179.65	72.15	MUY BUENO
UM - 7	0 + 179.65	0 + 209.65	61.67	BUENO

UM - 8	0 + 209.65	0 + 241.50	58.18	BUENO
UM - 9	0 + 241.50	0 + 271.10	34.72	MALO
UM - 10	0 + 271.10	0 + 301.40	57.37	BUENO
UM - 11	0 + 301.40	0 + 332.45	59.49	BUENO
UM - 12	0 + 332.45	0 + 362.55	60.42	BUENO
UM - 13	0 + 362.55	0 + 391.80	51.95	REGULAR
UM - 14	0 + 391.80	0 + 422.70	54.31	REGULAR
UM - 15	0 + 422.70	0 + 455.90	68.57	BUENO
UM - 16	0 + 455.90	0 + 489.15	67.76	BUENO
UM - 17	0 + 489.15	0 + 522.30	84.99	MUY BUENO
UM - 18	0 + 522.30	0 + 555.85	74.11	MUY BUENO
UM - 19	0 + 555.85	0 + 589.05	74.03	MUY BUENO
UM - 20	0 + 589.05	0 + 622.65	67.14	BUENO
UM - 21	0 + 622.65	0 + 655.60	69.56	BUENO
UM - 22	0 + 655.60	0 + 688.60	63.81	BUENO
UM - 23	0 + 688.60	0 + 721.65	81.84	MUY BUENO
UM - 24	0 + 721.65	0 + 751.55	75.15	MUY BUENO
UM - 25	0 + 751.55	0 + 781.10	74.40	MUY BUENO
UM - 26	0 + 781.10	0 + 810.50	73.58	MUY BUENO
UM - 27	0 + 810.50	0 + 839.35	69.28	BUENO
UM - 28	0 + 839.35	0 + 869.35	63.78	BUENO
UM - 29	0 + 869.35	0 + 899.70	66.63	BUENO
UM - 30	0 + 899.70	0 + 930.55	76.76	MUY BUENO
UM - 31	0 + 930.55	0 + 960.70	80.34	MUY BUENO
UM - 32	0 + 960.70	0 + 985.80	66.15	BUENO
UM - 33	0 + 985.80	1 + 019.20	67.74	BUENO
UM - 34	1 + 019.20	1 + 051.40	72.27	MUY BUENO
UM - 35	1 + 051.40	1 + 083.15	84.77	MUY BUENO
UM - 36	1 + 083.15	1 + 116.10	81.75	MUY BUENO
UM - 37	1 + 116.10	1 + 149.10	76.12	MUY BUENO
UM - 38	1 + 149.10	1 + 174.00	70.40	MUY BUENO
UM - 39	1 + 174.00	1 + 207.00	74.93	MUY BUENO
UM - 40	1 + 207.00	1 + 237.40	75.63	MUY BUENO
UM - 41	1 + 237.40	1 + 270.70	78.05	MUY BUENO
UM - 42	1 + 270.70	1 + 301.90	68.88	BUENO
UM - 43	1 + 301.90	1 + 332.50	72.66	MUY BUENO
UM - 44	1 + 332.50	1 + 364.20	71.13	MUY BUENO
UM - 45	1 + 364.20	1 + 394.75	74.04	MUY BUENO
UM - 46	1 + 394.75	1 + 425.45	82.92	MUY BUENO
UM - 47	1 + 425.45	1 + 458.30	83.24	MUY BUENO
UM - 48	1 + 458.30	1 + 489.90	73.22	MUY BUENO
UM - 49	1 + 489.90	1 + 523.10	75.71	MUY BUENO
UM - 50	1 + 523.10	1 + 554.70	43.34	REGULAR
UM - 51	1 + 554.70	1 + 584.85	83.50	MUY BUENO
UM - 52	1 + 584.85	1 + 616.20	64.12	BUENO
UM - 53	1 + 616.20	1 + 648.95	68.04	BUENO

Elaboración: El autor.

**Tabla 34. Condición PCI de unidades de muestra del Jirón Yahuar Huaca.**

Unidad de Muestra	Progresiva		PCI	
	Inicial	Final	Valor	Condición
UM - 1	0 + 000	0 + 071.20	23.24	MUY MALO
UM - 2	0 + 071.20	0 + 151.90	42.76	REGULAR
UM - 3	0 + 151.90	0 + 222.80	24.35	MUY MALO
UM - 4	0 + 222.80	0 + 263.00	40.98	REGULAR
UM - 5	0 + 263.00	0 + 302.15	57.25	BUENO
UM - 6	0 + 302.15	0 + 341.50	35.78	MALO
UM - 7	0 + 341.50	0 + 384.50	27.95	MALO
UM - 8	0 + 384.50	0 + 424.95	70.38	MUY BUENO
UM - 9	0 + 424.95	0 + 464.85	70.30	MUY BUENO
UM - 10	0 + 464.85	0 + 504.70	68.22	BUENO
UM - 11	0 + 504.70	0 + 544.60	52.67	REGULAR
UM - 12	0 + 544.60	0 + 580.40	66.58	BUENO
UM - 13	0 + 580.40	0 + 613.05	62.08	BUENO
UM - 14	0 + 613.05	0 + 645.90	74.19	MUY BUENO
UM - 15	0 + 645.90	0 + 678.80	68.86	BUENO
UM - 16	0 + 678.80	0 + 711.80	70.88	MUY BUENO
UM - 17	0 + 711.80	0 + 744.85	73.34	MUY BUENO
UM - 18	0 + 744.85	0 + 777.85	62.12	BUENO
UM - 19	0 + 777.85	0 + 810.85	68.03	BUENO
UM - 20	0 + 810.85	0 + 844.05	71.05	MUY BUENO
UM - 21	0 + 844.05	0 + 883.55	77.50	MUY BUENO
UM - 22	0 + 883.55	0 + 923.65	66.38	BUENO

Elaboración: El autor.

**Tabla 35. Condición PCI de unidades de muestra de la Avenida Los Eucaliptos.**

Unidad de Muestra	Progresiva		PCI	
	Inicial	Final	Valor	Condición
UM - 1	0 + 000	0 + 027.05	73.94	MUY BUENO
UM - 2	0 + 027.05	0 + 054.35	59.62	BUENO
UM - 3	0 + 059.20	0 + 087.30	59.57	BUENO
UM - 4	0 + 087.30	0 + 117.20	85.46	EXCELENTE
UM - 5	0 + 117.20	0 + 146.85	69.73	BUENO
UM - 6	0 + 146.85	0 + 176.70	70.22	MUY BUENO
UM - 7	0 + 176.70	0 + 206.55	80.21	MUY BUENO
UM - 8	0 + 206.55	0 + 237.80	83.24	MUY BUENO
UM - 9	0 + 237.80	0 + 266.75	84.99	MUY BUENO

UM - 10	0 + 266.75	0 + 296.15	85.40	EXCELENTE
UM - 11	0 + 296.15	0 + 324.80	83.91	MUY BUENO
UM - 12	0 + 324.80	0 + 354.45	87.92	EXCELENTE
UM - 13	0 + 354.45	0 + 384.30	87.61	EXCELENTE
UM - 14	0 + 384.30	0 + 411.90	70.96	MUY BUENO
UM - 15	0 + 411.90	0 + 441.15	84.05	MUY BUENO
UM - 16	0 + 441.15	0 + 470.85	73.25	MUY BUENO
UM - 17	0 + 470.85	0 + 500.65	78.18	MUY BUENO
UM - 18	0 + 500.65	0 + 530.10	80.70	MUY BUENO
UM - 19	0 + 530.10	0 + 559.20	71.77	MUY BUENO
UM - 20	0 + 559.20	0 + 589.55	74.33	MUY BUENO
UM - 21	0 + 589.55	0 + 618.25	78.95	MUY BUENO
UM - 22	0 + 618.25	0 + 647.60	78.17	MUY BUENO
UM - 23	0 + 647.60	0 + 677.10	81.77	MUY BUENO
UM - 24	0 + 677.10	0 + 709.05	78.19	MUY BUENO
UM - 25	0 + 709.05	0 + 738.05	75.65	MUY BUENO
UM - 26	0 + 738.05	0 + 767.80	70.86	MUY BUENO
UM - 27	0 + 767.80	0 + 797.45	72.65	MUY BUENO
UM - 28	0 + 797.45	0 + 828.20	76.66	MUY BUENO
UM - 29	0 + 828.20	0 + 858.15	68.73	BUENO
UM - 30	0 + 858.15	0 + 888.00	71.17	MUY BUENO
UM - 31	0 + 888.00	0 + 917.20	75.97	MUY BUENO
UM - 32	0 + 917.20	0 + 946.55	83.39	MUY BUENO
UM - 33	0 + 946.55	0 + 976.20	62.60	BUENO
UM - 34	0 + 976.20	1 + 006.25	64.65	BUENO
UM - 35	1 + 006.25	1 + 036.20	68.01	BUENO
UM - 36	1 + 036.20	1 + 066.20	58.29	BUENO
UM - 37	1 + 066.20	1 + 096.05	75.89	MUY BUENO
UM - 38	1 + 096.05	1 + 125.75	78.87	MUY BUENO
UM - 39	1 + 125.75	1 + 160.15	80.61	MUY BUENO
UM - 40	1 + 160.15	1 + 190.65	82.52	MUY BUENO
UM - 41	1 + 190.65	1 + 212.53	70.97	MUY BUENO
UM - 42	1 + 212.53	1 + 219.88	77.25	MUY BUENO

Elaboración: El autor.

**Tabla 36. Condición PCI de unidades de muestra de la Vía a Llacanora.**

Unidad de Muestra	Progresiva		PCI	
	Inicial	Final	Valor	Condición
UM - 1	0 + 000	0 + 035	38.54	MALO
UM - 2	0 + 035	0 + 070	78.07	MUY BUENO
UM - 3	0 + 070	0 + 103	74.27	MUY BUENO

Elaboración: El autor.

**Tabla 37. Condición PCI unidades de muestra de la Carretera a Otuzco.**

Unidad de Muestra	Progresiva		PCI	
	Inicial	Final	Valor	Condición
UM - 1	0 + 121.05	0 + 156.05	83.48	MUY BUENO
UM - 2	0 + 156.05	0 + 191.05	89.56	EXCELENTE
UM - 3	0 + 191.05	0 + 226.05	89.00	EXCELENTE
UM - 4	0 + 226.05	0 + 261.05	84.38	MUY BUENO
UM - 5	0 + 261.05	0 + 296.05	89.79	EXCELENTE
UM - 6	0 + 296.05	0 + 331.05	88.76	EXCELENTE
UM - 7	0 + 331.05	0 + 366.05	92.16	EXCELENTE
UM - 8	0 + 366.05	0 + 401.05	91.80	EXCELENTE
UM - 9	0 + 401.05	0 + 436.05	88.36	EXCELENTE
UM - 10	0 + 436.05	0 + 471.05	83.52	EXCELENTE
UM - 11	0 + 471.05	0 + 506.05	79.72	MUY BUENO
UM - 12	0 + 506.05	0 + 541.05	87.58	EXCELENTE
UM - 13	0 + 541.05	0 + 576.05	89.58	EXCELENTE
UM - 14	0 + 576.05	0 + 611.05	87.87	EXCELENTE
UM - 15	0 + 611.05	0 + 646.05	84.33	MUY BUENO
UM - 16	0 + 646.05	0 + 681.05	85.91	EXCELENTE
UM - 17	0 + 681.05	0 + 716.05	85.71	EXCELENTE
UM - 18	0 + 716.05	0 + 751.05	83.57	MUY BUENO
UM - 19	0 + 751.05	0 + 786.05	87.35	EXCELENTE
UM - 20	0 + 786.05	0 + 821.05	88.49	EXCELENTE
UM - 21	0 + 821.05	0 + 856.05	84.61	MUY BUENO
UM - 22	0 + 856.05	0 + 891.05	89.85	EXCELENTE
UM - 23	0 + 891.05	0 + 926.05	94.52	EXCELENTE
UM - 24	0 + 926.05	0 + 961.05	88.48	EXCELENTE
UM - 25	0 + 961.05	0 + 996.05	87.41	EXCELENTE
UM - 26	0 + 996.05	1 + 031.05	86.69	EXCELENTE
UM - 27	1 + 031.05	1 + 066.05	84.99	MUY BUENO
UM - 28	1 + 066.05	1 + 101.05	88.49	EXCELENTE
UM - 29	1 + 101.05	1 + 136.05	86.36	EXCELENTE
UM - 30	1 + 136.05	1 + 171.05	90.31	EXCELENTE
UM - 31	1 + 171.05	1 + 206.05	86.42	EXCELENTE
UM - 32	1 + 206.05	1 + 241.05	74.84	MUY BUENO
UM - 33	1 + 241.05	1 + 276.05	81.96	MUY BUENO
UM - 34	1 + 276.05	1 + 311.05	77.57	MUY BUENO
UM - 35	1 + 311.05	1 + 346.05	86.61	EXCELENTE
UM - 36	1 + 346.05	1 + 381.05	87.22	EXCELENTE

UM - 37	1 + 381.05	1 + 416.05	81.18	MUY BUENO
UM - 38	1 + 416.05	1 + 451.05	80.22	MUY BUENO
UM - 39	1 + 451.05	1 + 486.05	86.02	EXCELENTE
UM - 40	1 + 486.05	1 + 521.05	75.96	MUY BUENO
UM - 41	1 + 521.05	1 + 556.05	83.88	MUY BUENO
UM - 42	1 + 556.05	1 + 591.05	83.65	MUY BUENO
UM - 43	1 + 591.05	1 + 626.05	85.21	EXCELENTE
UM - 44	1 + 626.05	1 + 661.05	87.79	EXCELENTE
UM - 45	1 + 661.05	1 + 696.05	85.97	EXCELENTE
UM - 46	1 + 696.05	1 + 731.05	77.22	MUY BUENO
UM - 47	1 + 731.05	1 + 766.05	84.41	MUY BUENO
UM - 48	1 + 766.05	1 + 797.05	83.21	MUY BUENO
UM - 49	1 + 797.05	1 + 828.05	83.77	MUY BUENO
UM - 50	1 + 828.05	1 + 859.92	85.17	EXCELENTE

**Elaboración:** El autor.

### 5.3 Vías o tramos evaluados a intervenir

Cumpliendo con el último objetivo planteado, en el presente apartado del capítulo 5 se presentarán las bases de datos obtenidas con el software ArcGIS 10.5. El procedimiento para llevar a cabo la asignación de intervenciones empleando ArcGIS esta descrito en el capítulo cuatro. Las tablas 38 y 39 presentan las bases de datos de las secciones de pavimento rígido y pavimento flexible que requieren un mantenimiento preventivo, así también como el nombre de la vía a la que pertenecen, sus progresivas y el área o losas que posean según sea el caso. Además, en las figuras 72 y 73 se muestran las bases de datos desde el software ArcGIS 10.5.

Si bien las bases de datos también contienen el daño específico de cada unidad de muestra, debido a la extensión de las tablas, estas se adjuntarán completas en el ANEXO 10. Es importante volver a mencionar que los nombres de las bases de datos son considerados a partir de la tabla 28.

**Tabla 38. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento preventivo.**

Nom_Via	U_Muestra	Progre_I	Progre_F	Longitud	N_de_losas
Av. Los Eucaliptos	UM_4	0 + 087.30	0 + 117.20	29.90	20
Av. Los Eucaliptos	UM_10	0 + 266.75	0 + 296.15	29.40	20

Av. Los Eucaliptos	UM_12	0 + 324.80	0 + 354.45	29.65	20
Av. Los Eucaliptos	UM_13	0 + 354.45	0 + 384.30	29.85	20

**Elaboración:** El autor.

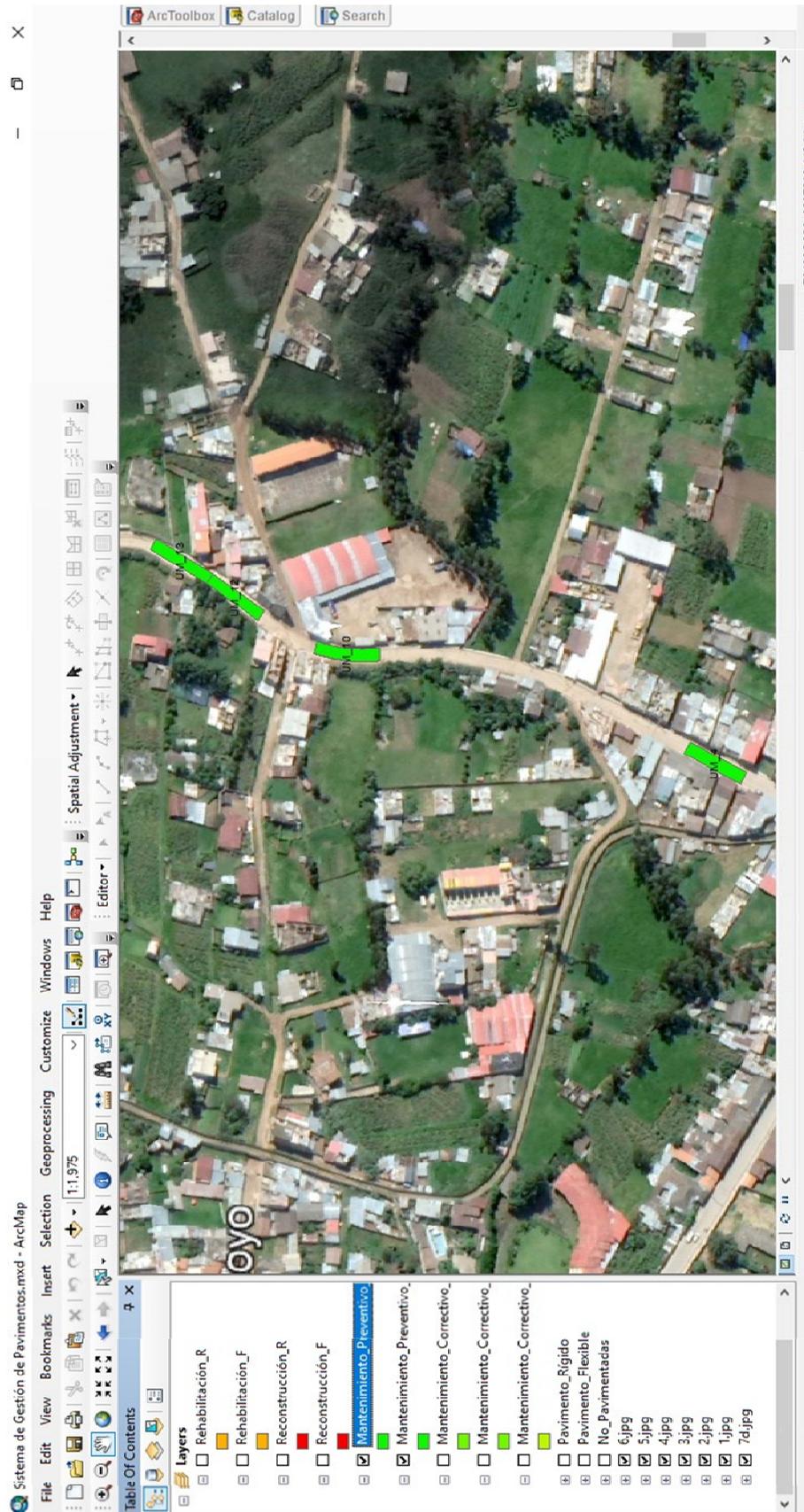


Figura 72. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento preventivo desde ArcGIS 10.5.

Elaboración: El autor.

**Tabla 39. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren mantenimiento preventivo.**

Nombre_Via	U_Muestra	Prog_I	Prog_F	Longitud	Área
Carretera Otuzco	UM - 2	0 + 156.05	0 + 191.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 3	0 + 191.05	0 + 226.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 5	0 + 261.05	0 + 296.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 6	0 + 296.05	0 + 331.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 7	0 + 331.05	0 + 366.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 8	0 + 366.05	0 + 401.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 9	0 + 401.05	0 + 436.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 12	0 + 506.05	0 + 541.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 13	0 + 541.05	0 + 576.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 14	0 + 576.05	0 + 611.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 16	0 + 646.05	0 + 681.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 17	0 + 681.05	0 + 716.05	35.00	215.25
Carretera Otuzco	UM - 19	0 + 751.05	0 + 786.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 20	0 + 786.05	0 + 821.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 22	0 + 856.05	0 + 891.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 23	0 + 891.05	0 + 926.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 24	0 + 926.05	0 + 961.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 25	0 + 961.05	0 + 996.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 26	0 + 996.05	1 + 031.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 28	1 + 066.05	1 + 101.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 29	1 + 101.05	1 + 136.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 30	1 + 136.05	1 + 171.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 31	1 + 171.05	1 + 206.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 35	1 + 311.05	1 + 346.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 36	1 + 346.05	1 + 381.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 39	1 + 451.05	1 + 486.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 43	1 + 591.05	1 + 626.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 44	1 + 626.05	1 + 661.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 45	1 + 661.05	1 + 696.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 50	1 + 828.05	1 + 859.92	31.87	200.78

**Elaboración:** El autor.



Figura 73. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren mantenimiento preventivo desde ArcGIS 10.5.

Elaboración: El autor.

Ahora se continuará presentando las bases de datos obtenidas con ArcGIS 10.5 para las demás intervenciones correspondientes al resto de secciones de las vías evaluadas.

**Tabla 40. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento correctivo menor.**

Nom_Vía	U_Muestra	Progre_I	Progre_F	Longitud	N_de_losas
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_4	0 + 096.90	0 + 129.00	32.10	20
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_5	0 + 129.00	0 + 161.80	32.80	20
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_8	0 + 229.80	0 + 262.60	32.80	20
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_10	0 + 295.35	0 + 318.35	23.00	14
Prol. Pachacutec	UM_1	0 + 000	0 + 033.10	33.10	20
Prol. Pachacutec	UM_2	0 + 033.10	0 + 065.80	32.70	20
Prol. Pachacutec	UM_5	0 + 131.55	0 + 164.55	33.00	20
Prol. Pachacutec	UM_11	0 + 326.35	0 + 356.35	30.00	20
Prol. Pachacutec	UM_25	0 + 746.00	0 + 776.25	30.25	20
Prol. Pachacutec	UM_26	0 + 776.25	0 + 807.30	31.05	20
Prol. Pachacutec	UM_29	0 + 865.05	0 + 894.30	29.25	20
Prol. Pachacutec	UM_30	0 + 894.30	0 + 923.70	29.40	20
Jr. Libertad	UM - 1	0 + 000	0 + 030.05	30.05	20
Jr. Libertad	UM - 4	0 + 089.80	0 + 119.70	29.90	20
Jr. Libertad	UM - 5	0 + 119.70	0 + 148.60	28.90	20
Jr. Libertad	UM - 6	0 + 148.60	0 + 179.65	31.05	20
Jr. Libertad	UM - 17	0 + 489.15	0 + 522.30	33.15	20
Jr. Libertad	UM - 18	0 + 522.30	0 + 555.85	33.55	20
Jr. Libertad	UM - 19	0 + 555.85	0 + 589.05	33.20	20
Jr. Libertad	UM - 23	0 + 688.60	0 + 721.65	33.05	20
Jr. Libertad	UM - 24	0 + 721.65	0 + 751.55	29.90	20
Jr. Libertad	UM - 25	0 + 751.55	0 + 781.10	29.55	20
Jr. Libertad	UM - 26	0 + 781.10	0 + 810.50	29.40	20
Jr. Libertad	UM - 30	0 + 899.70	0 + 930.55	30.85	20
Jr. Libertad	UM - 31	0 + 930.55	0 + 960.70	30.15	20
Jr. Libertad	UM - 34	1 + 019.20	1 + 051.40	32.20	20
Jr. Libertad	UM - 35	1 + 051.40	1 + 083.15	31.75	20
Jr. Libertad	UM - 36	1 + 083.15	1 + 116.10	32.95	20
Jr. Libertad	UM - 37	1 + 116.10	1 + 149.10	33.00	20
Jr. Libertad	UM - 38	1 + 149.10	1 + 174.00	24.90	20
Jr. Libertad	UM - 39	1 + 174.00	1 + 207.00	33.00	20
Jr. Libertad	UM - 40	1 + 207.00	1 + 237.40	30.40	20
Jr. Libertad	UM - 41	1 + 237.40	1 + 270.70	33.30	20
Jr. Libertad	UM - 43	1 + 301.90	1 + 332.50	30.60	20
Jr. Libertad	UM - 44	1 + 332.50	1 + 364.20	31.70	21
Jr. Libertad	UM - 45	1 + 364.20	1 + 394.75	30.55	20

Jr. Libertad	UM - 46	1 + 394.75	1 + 425.45	30.70	20
Jr. Libertad	UM - 47	1 + 425.45	1 + 458.30	32.85	20
Jr. Libertad	UM - 48	1 + 458.30	1 + 489.90	31.60	20
Jr. Libertad	UM - 49	1 + 489.90	1 + 523.10	33.20	20
Jr. Libertad	UM - 51	1 + 554.70	1 + 584.85	30.15	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_8	0 + 384.50	0 + 424.95	40.45	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_9	0 + 424.95	0 + 464.85	39.90	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_14	0 + 613.05	0 + 645.90	32.85	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_16	0 + 678.80	0 + 711.80	33.00	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_17	0 + 711.80	0 + 744.85	33.05	30
Jr. Yahuar Huaca	UM_20	0 + 810.85	0 + 844.05	33.20	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_21	0 + 844.05	0 + 883.55	39.20	24
Av. Los Eucaliptos	UM_1	0 + 000	0 + 027.05	27.05	20
Av. Los Eucaliptos	UM_6	0 + 146.85	0 + 176.70	29.85	20
Av. Los Eucaliptos	UM_7	0 + 176.70	0 + 206.55	29.85	20
Av. Los Eucaliptos	UM_8	0 + 206.55	0 + 237.80	31.25	20
Av. Los Eucaliptos	UM_9	0 + 237.80	0 + 266.75	28.95	20
Av. Los Eucaliptos	UM_11	0 + 296.15	0 + 324.80	28.65	20
Av. Los Eucaliptos	UM_14	0 + 384.30	0 + 411.90	27.60	20
Av. Los Eucaliptos	UM_15	0 + 411.90	0 + 441.15	29.25	20
Av. Los Eucaliptos	UM_16	0 + 441.15	0 + 470.85	29.70	20
Av. Los Eucaliptos	UM_17	0 + 470.85	0 + 500.65	29.80	20
Av. Los Eucaliptos	UM_18	0 + 500.65	0 + 530.10	29.45	20
Av. Los Eucaliptos	UM_19	0 + 530.10	0 + 559.20	29.10	20
Av. Los Eucaliptos	UM_20	0 + 559.20	0 + 589.55	30.35	20
Av. Los Eucaliptos	UM_21	0 + 589.55	0 + 618.25	28.70	20
Av. Los Eucaliptos	UM_22	0 + 618.25	0 + 647.60	29.35	20
Av. Los Eucaliptos	UM_23	0 + 647.60	0 + 677.10	29.50	20
Av. Los Eucaliptos	UM_24	0 + 677.10	0 + 709.05	31.95	22
Av. Los Eucaliptos	UM_25	0 + 709.05	0 + 738.05	29.00	20
Av. Los Eucaliptos	UM_26	0 + 738.05	0 + 767.80	29.75	20
Av. Los Eucaliptos	UM_27	0 + 767.80	0 + 797.45	29.65	20
Av. Los Eucaliptos	UM_28	0 + 797.45	0 + 828.20	30.75	20
Av. Los Eucaliptos	UM_30	0 + 858.15	0 + 888.00	29.85	20
Av. Los Eucaliptos	UM_31	0 + 888.00	0 + 917.20	29.20	20
Av. Los Eucaliptos	UM_32	0 + 917.20	0 + 946.55	29.35	20
Av. Los Eucaliptos	UM_37	1 + 066.20	1 + 096.05	29.85	20
Av. Los Eucaliptos	UM_38	1 + 096.05	1 + 125.75	29.70	20
Av. Los Eucaliptos	UM_39	1 + 125.75	1 + 160.15	34.40	24
Av. Los Eucaliptos	UM_40	1 + 160.15	1 + 190.65	30.50	23
Av. Los Eucaliptos	UM_41	1 + 190.65	1 + 212.53	21.88	16
Av. Los Eucaliptos	UM_42	1 + 212.53	1 + 219.88	7.35	16

**Elaboración:** El autor.



Figura 74. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento correctivo menor desde ArcGIS 10.5.

Elaboración: El autor.

**Tabla 41. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren mantenimiento correctivo menor.**

Nombre_Via	U_Muestra	Prog_I	Prog_F	Longitud	Área
Via Llacanora	UM_2	0 + 035	0 + 070	35.00	222.25
Via Llacanora	UM_3	0 + 070	0 + 103	33.00	209.55
Carretera Otuzco	UM - 1	0 + 121.05	0 + 156.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 4	0 + 226.05	0 + 261.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 10	0 + 436.05	0 + 471.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 11	0 + 471.05	0 + 506.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 15	0 + 611.05	0 + 646.05	35.00	210.00
Carretera Otuzco	UM - 18	0 + 716.05	0 + 751.05	35.00	215.25
Carretera Otuzco	UM - 21	0 + 821.05	0 + 856.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 27	1 + 031.05	1 + 066.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 32	1 + 206.05	1 + 241.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 33	1 + 241.05	1 + 276.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 34	1 + 276.05	1 + 311.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 37	1 + 381.05	1 + 416.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 38	1 + 416.05	1 + 451.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 40	1 + 486.05	1 + 521.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 41	1 + 521.05	1 + 556.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 42	1 + 556.05	1 + 591.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 46	1 + 696.05	1 + 731.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 47	1 + 731.05	1 + 766.05	35.00	220.50
Carretera Otuzco	UM - 48	1 + 766.05	1 + 797.05	31.00	195.30
Carretera Otuzco	UM - 49	1 + 797.05	1 + 828.05	31.00	195.30

**Elaboración:** El autor.



**Figura 75. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren mantenimiento correctivo menor desde ArcGIS 10.5.**

Elaboración: El autor.

**Tabla 42. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento correctivo mayor.**

Nom Via	U Muestra	Progre I	Progre F	Longitud	N de losas
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM 3	0 + 066.30	0 + 096.90	30.60	24
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM 6	0 + 161.80	0 + 194.40	32.60	20
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM 7	0 + 194.40	0 + 229.80	35.40	20
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM 9	0 + 262.60	0 + 295.35	32.75	20
Prol. Pachacutec	UM 3	0 + 065.80	0 + 099.10	33.30	20
Prol. Pachacutec	UM 4	0 + 099.10	0 + 131.55	32.45	20
Prol. Pachacutec	UM 8	0 + 228.45	0 + 261.45	33.00	20
Prol. Pachacutec	UM 9	0 + 261.45	0 + 294.55	33.10	20
Prol. Pachacutec	UM 10	0 + 294.55	0 + 326.35	31.80	20
Prol. Pachacutec	UM 12	0 + 356.35	0 + 385.95	29.60	20
Prol. Pachacutec	UM 13	0 + 385.95	0 + 415.25	29.30	20
Prol. Pachacutec	UM 15	0 + 444.75	0 + 473.35	28.60	20
Prol. Pachacutec	UM 16	0 + 473.35	0 + 502.75	29.40	20
Prol. Pachacutec	UM 17	0 + 502.75	0 + 532.35	29.60	20
Prol. Pachacutec	UM 18	0 + 532.35	0 + 562.40	30.05	20
Prol. Pachacutec	UM 19	0 + 562.40	0 + 594.55	32.15	20
Prol. Pachacutec	UM 20	0 + 594.55	0 + 624.90	30.35	20
Prol. Pachacutec	UM 21	0 + 624.90	0 + 654.90	30.00	20
Prol. Pachacutec	UM 22	0 + 654.90	0 + 685.40	30.50	20
Prol. Pachacutec	UM 23	0 + 685.40	0 + 716.15	30.75	20
Prol. Pachacutec	UM 24	0 + 716.15	0 + 746.00	29.85	20
Prol. Pachacutec	UM 27	0 + 807.30	0 + 833.15	25.85	20
Prol. Pachacutec	UM 28	0 + 833.15	0 + 865.05	31.90	20
Prol. Pachacutec	UM 31	0 + 923.70	0 + 950.95	27.25	20
Jr. Libertad	UM - 2	0 + 030.05	0 + 059.95	29.90	20
Jr. Libertad	UM - 3	0 + 059.95	0 + 089.80	29.85	20
Jr. Libertad	UM - 7	0 + 179.65	0 + 209.65	30.00	20
Jr. Libertad	UM - 8	0 + 209.65	0 + 241.50	31.85	20
Jr. Libertad	UM - 10	0 + 271.10	0 + 301.40	30.30	20
Jr. Libertad	UM - 11	0 + 301.40	0 + 332.45	31.05	21
Jr. Libertad	UM - 12	0 + 332.45	0 + 362.55	30.10	20
Jr. Libertad	UM - 15	0 + 422.70	0 + 455.90	33.20	20
Jr. Libertad	UM - 16	0 + 455.90	0 + 489.15	33.25	20
Jr. Libertad	UM - 20	0 + 589.05	0 + 622.65	33.60	20
Jr. Libertad	UM - 21	0 + 622.65	0 + 655.60	32.95	20
Jr. Libertad	UM - 22	0 + 655.60	0 + 688.60	33.00	20
Jr. Libertad	UM - 27	0 + 810.50	0 + 839.35	28.85	20
Jr. Libertad	UM - 28	0 + 839.35	0 + 869.35	30.00	20
Jr. Libertad	UM - 29	0 + 869.35	0 + 899.70	30.35	20
Jr. Libertad	UM - 32	0 + 960.70	0 + 985.80	25.10	20
Jr. Libertad	UM - 33	0 + 985.80	1 + 019.20	33.40	20
Jr. Libertad	UM - 42	1 + 270.70	1 + 301.90	31.20	20
Jr. Libertad	UM - 52	1 + 584.85	1 + 616.20	31.35	20
Jr. Libertad	UM - 53	1 + 616.20	1 + 648.95	22.75	20
Jr. Yahuar Huaca	UM 5	0 + 263.00	0 + 302.15	39.15	20
Jr. Yahuar Huaca	UM 10	0 + 464.85	0 + 504.70	39.85	20
Jr. Yahuar Huaca	UM 12	0 + 544.60	0 + 580.40	35.80	20
Jr. Yahuar Huaca	UM 13	0 + 580.40	0 + 613.05	32.65	20
Jr. Yahuar Huaca	UM 15	0 + 645.90	0 + 678.80	32.90	20
Jr. Yahuar Huaca	UM 18	0 + 744.85	0 + 777.85	33.00	20
Jr. Yahuar Huaca	UM 19	0 + 777.85	0 + 810.85	33.00	20
Jr. Yahuar Huaca	UM 22	0 + 883.55	0 + 923.65	40.10	22
Av. Los Eucaliptos	UM 2	0 + 027.05	0 + 054.35	27.30	18
Av. Los Eucaliptos	UM 3	0 + 059.20	0 + 087.30	28.10	20
Av. Los Eucaliptos	UM 5	0 + 117.20	0 + 146.85	29.65	20
Av. Los Eucaliptos	UM 29	0 + 828.20	0 + 858.15	29.95	20
Av. Los Eucaliptos	UM 33	0 + 946.55	0 + 976.20	29.65	20
Av. Los Eucaliptos	UM 34	0 + 976.20	1 + 006.25	30.05	20
Av. Los Eucaliptos	UM 35	1 + 006.25	1 + 036.20	29.95	20
Av. Los Eucaliptos	UM 36	1 + 036.20	1 + 066.20	30.00	20

Elaboración: El autor.



**Figura 76. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren mantenimiento correctivo mayor desde ArcGIS 10.5.**

Elaboración: El autor.

**Tabla 43. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren rehabilitación.**

Nom_Via	U_Muestra	Progre_I	Progre_F	Longitud	N_de_losas
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_16	0 + 493.25	0 + 543.70	50.45	20
Jr. Libertad	UM_9	0 + 241.50	0 + 271.10	29.60	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_6	0 + 302.15	0 + 341.50	39.35	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_7	0 + 341.50	0 + 384.50	43.00	20

Elaboración: El autor.



**Figura 77. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren rehabilitación desde ArcGIS 10.5.**

Elaboración: El autor.

**Tabla 44. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren rehabilitación.**

Nombre_Via	U_Muestra	Prog_I	Prog_F	Longitud	Área
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM - 11	0 + 326.35	0 + 356.35	30	228
Vía Llacanora	UM_1	0 + 000	0 + 035	35	222.25

Elaboración: El autor.



**Figura 78. Base de datos de secciones de pavimento flexible que requieren rehabilitación desde ArcGIS 10.5.**

Elaboración: El autor.

**Tabla 45. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren reconstrucción.**

Nom_Via	U_Muestra	Progre_I	Progre_F	Longitud	N_de_losas
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_17	0 + 543.70	0 + 589.85	46.15	20
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_18	0 + 589.85	0 + 639.75	49.9	20
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_19	0 + 639.75	0 + 694.85	55.1	24
Jr. Tupac Inca Yupanqui	UM_20	0 + 694.85	0 + 761.65	66.8	24
Jr. Yahuar Huaca	UM_1	0 + 000	0 + 071.20	71.2	20
Jr. Yahuar Huaca	UM_3	0 + 151.90	0 + 222.80	70.9	20

Elaboración: El autor.



**Figura 79. Base de datos de secciones de pavimento rígido que requieren reconstrucción desde ArcGIS 10.5.**

Elaboración: El autor.