

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCI, PROVINCIA DE CHOTA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.**

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

**AUTOR:**

Jenner Vásquez Guevara

**ASESOR:**

MCs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay

CAJAMARCA- PERÚ

2019

## CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA.....  | viii |
| AGRADECIMIENTOS.....  | ix   |
| RESUMEN.....  | xi   |
| Palabras clave:.....  | xi   |
| ABSTRACT.....   | xii  |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| 1 Problema de Investigación.....  | 2    |
| 2 Hipótesis.....  | 2    |
| 3 Justificación y alcance de la investigación.....                        | 3    |
| 4 Objetivos.....  | 3    |
| 5 Descripción de los contenidos.....                                      | 4    |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....   | 5    |
| Antecedentes Teóricos.....  | 5    |
| Antecedentes Internacionales.....   | 5    |
| Antecedentes Nacionales.....  | 6    |
| Antecedentes Locales.....   | 7    |
| BASES TEÓRICAS.....   | 8    |
| 1 Pavimentos.....   | 8    |
| 1.1 Definición.....   | 8    |
| 1.2 Tipos de pavimentos.....  | 9    |
| 1.3 Ciclo de vida de los pavimentos.....                                  | 11   |
| 1.4 Factores que afectan a los pavimentos.....                            | 12   |
| 2 Evaluación de los pavimentos flexibles.....                             | 14   |
| 2.1 Definición.....   | 14   |
| 2.2 Evaluación funcional.....   | 15   |
| 2.2 Índice de condición de pavimento (PCI).....                           | 17   |
| 2.3.1 Definición.....   | 17   |
| 2.3.2 Fallas consideradas en el método PCI para pavimentos flexibles..... | 19   |
| 2.3.3 Red de pavimento.....   | 44   |
| 2.3.4 Recolección de datos.....   | 47   |
| 2.3.5 Trabajo de campo.....   | 48   |
| 2.3.6 Trabajo de gabinete.....  | 48   |
| 2.3.7 Margen de error.....  | 51   |

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 3     | Mantenimiento vial en pavimentos asfálticos .....                                | 51        |
| 3.1   | Definición .....   | 51        |
| 3.2   | Mantenimiento rutinario .....  | 51        |
| 3.2.1 | Sellado de fisuras y grietas.....  | 52        |
| 3.2.2 | Parchado superficial .....   | 53        |
| 3.2.3 | Parchado profundo .....  | 56        |
| 3.2.4 | Tratamiento de zonas con exudación .....   | 56        |
| 3.3   | Mantenimiento periódico.....   | 57        |
| 3.3.1 | Sellos asfálticos .....  | 57        |
| 3.4   | Rehabilitación .....   | 60        |
| 3.5   | Reconstrucción.....  | 60        |
| 3.6   | Reparaciones de emergencia.....  | 60        |
| 3.7   | Propuesta para mantenimiento rutinario y periódico en pavimentos flexibles ..... | 60        |
|       | Definición de términos básicos.....  | 61        |
|       | <b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                                  | <b>64</b> |
| 1     | Ubicación geográfica.....  | 64        |
| 1.1   | Localización del Estudio.....  | 65        |
| 2     | Materiales, equipos e instrumentos .....   | 66        |
| 2.1   | Materiales.....  | 66        |
| 2.2   | Equipos .....  | 67        |
| 2.3   | Instrumentos.....  | 67        |
| 3     | Metodología.....   | 68        |
| 3.1   | Tipo de Investigación.....   | 68        |
| 3.2   | Diseño de la Investigación .....   | 68        |
| 3.3   | Operacionalización de variables .....  | 69        |
| 4     | Procedimiento y resultados de la investigación.....                              | 71        |
| 4.1   | Características de las vías en estudio .....                                     | 71        |
| 4.1.1 | Antecedentes .....   | 71        |
| 4.1.2 | Historia de construcción.....  | 72        |
| 4.1.3 | Levantamiento topográfico .....  | 73        |
| 4.1.4 | Características del tránsito .....   | 74        |
| 4.1.5 | Clima .....  | 77        |
| 4.2   | Procedimiento .....  | 77        |
| 4.2.1 | Identificación de la red, rama y sección del pavimento .....                     | 77        |
| 4.2.2 | Recolección de datos.....  | 81        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.3 Presentación de resultados .....  | 86         |
| 4.3.1 Fallas presentes en el pavimento de estudio.....                                  | 86         |
| 4.3.2 Determinación del PCI en las unidades de registro y secciones del pavimento ..... | 90         |
| 4.4 Contrastación de Hipótesis .....  | 92         |
| 4.5 Mantenimiento en el pavimento de estudio .....                                      | 92         |
| 4.5.1 Mantenimiento rutinario.....  | 96         |
| 4.5.2 Mantenimiento periódico .....   | 97         |
| 4.5.3 Rehabilitación.....   | 98         |
| <b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>                            | <b>100</b> |
| 1 Análisis de resultados .....  | 100        |
| 1.1 Fallas .....  | 100        |
| 1.2 Factores que han intervenido .....  | 101        |
| 1.3 Causas .....  | 101        |
| 1.4 Mantenimiento de las vías en estudio .....  | 103        |
| 2 Discusión de resultados .....   | 103        |
| 2.1 Método PCI.....   | 103        |
| 2.2 Fallas .....  | 104        |
| 2.3 Eficiencia .....  | 105        |
| <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                                 | <b>106</b> |
| 1 Conclusiones.....   | 106        |
| 2 Recomendaciones .....   | 108        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>109</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>   | <b>113</b> |
| ANEXO 01: Datos obtenidos en campo .....  | 114        |
| ANEXO 02: Curvas de valor deducido para pavimentos flexibles .....                      | 154        |
| ANEXO 03: Puntos durante el levantamiento topográfico .....                             | 166        |
| ANEXO 04: Fotográficas de trabajo de campo .....  | 170        |
| ANEXO 05: Planos.....   | 175        |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1: Niveles de severidad para baches. ....   | 39  |
| Tabla 2: Resumen de fallas por nivel de severidad en pavimentos flexibles .....                     | 43  |
| Tabla 3: Formato de campo utilizado para la recolección de datos.....                               | 48  |
| Tabla 4: Especificaciones para slurry y micropavimento. ....  | 58  |
| Tabla 5: Procedimiento para identificar actividades de mantenimiento en pavimentos flexibles. ....  | 61  |
| Tabla 6: Coordenadas UTM de las vías en estudio. ....   | 66  |
| Tabla 7: Operacionalización de variables.....   | 69  |
| Tabla 8: Matriz de Consistencia. ....   | 70  |
| Tabla 9: Pendientes longitudinales en las vías de estudio. ....                                     | 74  |
| Tabla 10: Estudio de tránsito, vehículos que transitan en las vías de estudio. ....                 | 75  |
| Tabla 11: Resumen de unidades de registro para evaluación. ....                                     | 79  |
| Tabla 12: Cálculo del PCI en la unidad de registro 05, sección 1. ....                              | 82  |
| Tabla 13: Valores del PCI, para unidades de registro y secciones del pavimento evaluado. ....       | 91  |
| Tabla 14: Unidades de registro para mantenimiento y rehabilitación. ....                            | 93  |
| Tabla 15: Acciones de mantenimiento y rehabilitación en el pavimento de estudio primera parte. .... | 94  |
| Tabla 16: Acciones de mantenimiento y rehabilitación en el pavimento de estudio segunda parte. .... | 95  |
| Tabla 17: Identificación de fallas y cuantificación de su severidad en el pavimento estudiado. .... | 106 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Corte transversal en un pavimento.....  | 8  |
| Figura 2 Corte transversal en un tramo de pavimento rígido .....                               | 9  |
| Figura 3 Corte transversal en un tramo de pavimento hibrido .....                              | 9  |
| Figura 4 Corte transversal en un tramo de pavimento adoquinado .....                           | 10 |
| Figura 5 Corte transversal en un tramo de pavimento flexible.....                              | 10 |
| Figura 6: Ciclo de vida de los pavimentos .....  | 12 |
| Figura 7: Escala de calificación PCI, y colores sugeridos.....                                 | 18 |
| Figura 8: Esquema fisuras longitudinales y transversales. ....                                 | 19 |
| Figura 9: Fisuras Longitudinales y transversales. ....   | 20 |
| Figura 10: Fisuras de reflexión de juntas.....   | 21 |
| Figura 11: Fisuras de borde. ....  | 23 |
| Figura 12: Esquema de fisuras en bloque.....   | 24 |
| Figura 13: Fisuras piel de cocodrilo. ....   | 25 |
| Figura 14: Esquema de fisuras parabólicas. ....  | 27 |
| Figura 15: Ondulaciones.....   | 28 |
| Figura 16: Esquema de abultamientos hundimientos.....  | 30 |
| Figura 17: Abultamiento en calzada.....  | 30 |
| Figura 18: Depresión en calzada. ....  | 31 |
| Figura 19: Desplazamiento en calzada .....   | 32 |
| Figura 20: Ahuellamientos. ....  | 34 |
| Figura 21: Desprendimiento de agregados. ....  | 35 |
| Figura 22: Esquema de agregados pulidos. ....  | 36 |
| Figura 23: Exudación .....   | 37 |
| Figura 24: Baches. ....  | 38 |
| Figura 25: Parches. ....   | 40 |
| Figura 26: Cruce ferrocarril en calzada. ....  | 41 |
| Figura 27: Desnivel carril berma.....  | 42 |
| Figura 28: Red de carretera dividida en unidades de muestra. ....                              | 45 |
| Figura 29: Trabajos en parchado superficial. ....  | 54 |
| Figura 30: Aplicación de sello asfáltico mediante Slurry Seal en carretera IIRSA SUR.<br>..... | 58 |
| Figura 31: Mapa del Perú identificado el Departamento de Cajamarca.....                        | 64 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 32: Mapa del Departamento de Cajamarca y Provincia de Chota. ....                           | 64  |
| Figura 33: Localización de las vías de estudio. ....   | 65  |
| Figura 34: Materiales e instrumentos utilizados en trabajo de campo. ....                          | 66  |
| Figura 35: Procedimiento llevado a cabo en la investigación. ....                                  | 71  |
| Figura 36: Curva de valores deducidos para desprendimiento de agregados.....                       | 84  |
| Figura 37: Curvas de valores deducidos corregidos para pavimentos de asfalto .....                 | 85  |
| Figura 38: Resumen de fallas en la sección 1.....  | 86  |
| Figura 39: Resumen de fallas en la sección 2.....  | 87  |
| Figura 40: Resumen de fallas en la sección 3.....  | 87  |
| Figura 41: Resumen de fallas en el pavimento de estudio. ....                                      | 88  |
| Figura 42: Fallas en el pavimento de estudio de severidad baja .....                               | 89  |
| Figura 43: Fallas en el pavimento de estudio de severidad media .....                              | 89  |
| Figura 44: Fallas en el pavimento de estudio de severidad alta .....                               | 90  |
| Figura 45: Porcentaje de incidencia en actividades de mantenimiento rutinario y<br>periódico. .... | 99  |
| Figura 46: Levantamiento topográfico en el jirón Gregorio Malca cuadra 7.....                      | 171 |
| Figura 47: Materiales y odómetro. ....   | 171 |
| Figura 48: Marcado de progresivas en secciones 1 y 2. ....   | 171 |
| Figura 49: Marcado de progresivas en secciones 2 y 3. ....   | 172 |
| Figura 50: Unidad de muestra 11 en la sección 1.....   | 172 |
| Figura 51: Unidad de muestra 12 en la sección 1.....   | 173 |
| Figura 52: Unidad de muestra 13 en la sección 1.....   | 173 |
| Figura 53: Trabajo de campo realizado. ....  | 174 |

## **DEDICATORIA**

Dedico y agradezco profundamente a mi Madre, Carolina, por el apoyo incondicional para poder presentar este logro, a mi esposa, Elva, a mis hijos Jeremy y Adrián por ser mis fuentes de inspiración y finalmente a mis hermanos Roxana, Nelly, Veimer y Frank, por esas charlas y formas diferentes de pensar.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi asesor Mcs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay, por el apoyo y tiempo dedicado al desarrollo de mi tesis, también en forma especial al M. Ing. José Benjamín Torres Tafur, por orientarme y confiar en mi persona, para finalmente cumplir las metas del proyecto, a los Ing. Alejandro Cubas Becerra y Ing. Ever Rodríguez Guevara, por sus contribuciones en el mejoramiento de esta investigación.

En el transcurso de su vida usted tuvo cierta clase de perspectiva única, sobre la ciencia, la tecnología y resistencia, si usted pudiera resumir y darnos algo de conocimiento, para nosotros ¿Alguna lección que podamos tomar con nosotros?

*Todos debemos hacer lo mejor que podemos, en cualquier situación que estemos, nunca rendirnos.*

Ultima entrevista a Stephen Hawking, 4 de Marzo 2018.

## RESUMEN

En la presente investigación se busca determinar el estado de condición de los pavimentos flexibles para los jirones Gregorio Malca, 27 de Noviembre y Mariscal Castilla, Ciudad de Chota, Departamento de Cajamarca, aplicando el método Pavement Condition Index (PCI). Aplicando un diseño descriptivo explicativo, se describe los tipos de pavimentos, el procedimiento para calcular el PCI en las unidades de registro, los elementos que intervienen en la recolección de información, materiales utilizados, clasificación de unidades de registro; se explica las causas de fallas ocurridas y la reparación a través de actividades de mantenimiento rutinario, periódico y rehabilitación. Los resultados muestran al pavimento flexible de terreno ondulado (tipo 2), al camión C 2 como el vehículo de mayor carga registrado en el estudio de tráfico, el pavimento se dividió en tres secciones para el estudio, las cuales son:

La sección 1 que comprende el Jr. Gregorio Malca cuadras 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, de calificación Malo con PCI de 37.80.

La sección 2 que comprende el Jr. 27 de Noviembre cuadras 1, 2, 3, 4 y 5, de calificación Malo con PCI de 38.57.

La sección 3 comprende el Jr. Mariscal Castilla cuadras 1, 2 y 3, de calificación Bueno con PCI de 66.78.

Si bien la calificación (Malo) en las secciones 1 y 2 no refleja la condición de unidades de registro calificadas como bueno y muy bueno. Las fallas encontradas fueron baches (44.72 %), desprendimiento de agregados (27.33 %), grietas de borde (21.74 %), depresión (2.48 %), abultamientos (1.86 %), desnivel carril berma (1.24 %) y desplazamiento (0.62 %), los datos muestran que los factores que propiciaron la aparición de fallas fueron las lluvias, la deficiencia en los trabajos de instalación de la mezcla asfáltica. Las causas encontradas para que se produjeran baches y desprendimiento de agregados fueron, la combinación de una deficiente evacuación de aguas de lluvia y la poca adherencia entre el ligante y los agregados de la mezcla.

Las acciones de mantenimiento a implementar son el parchado superficial con una incidencia del (32.79 %), el sello asfáltico con (29.51 %), el sellado de grietas con (21.31 %) y la sustitución de registros y/o limpieza de calzada (16.39 %).

**Palabras clave:** Pavimento, Índice de condición de pavimento (PCI), Carpeta asfáltica, Fallas, Evaluación visual, Unidad de registro, Tránsito vehicular, Mantenimiento.

## ABSTRACT

The present investigation seeks to determine the condition status of the flexible pavements for the tattered Gregorio Malca, November 27 and Mariscal Castilla, City of Chota, Department of Cajamarca, applying the Pavement Condition Index (PCI) method. Applying an explanatory descriptive design, the types of pavements are described, the procedure to calculate the PCI in the registration units, the elements involved in the collection of information, materials used, classification of registration units; The causes of failures and repair are explained through routine maintenance, periodic maintenance and rehabilitation activities. The results show the flexible pavement of undulating terrain (type 2), the C 2 truck as the vehicle with the highest load recorded in the traffic study, the pavement was divided into three sections for the study, which are:

Section 1 comprising Jr. Gregorio Malca blocks 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8, of Bad rating with PCI of 37.80.

Section 2 comprising Jr. November 27 blocks 1, 2, 3, 4 and 5, of Bad rating with PCI of 38.57.

Section 3 includes Jr. Mariscal Castilla blocks 1, 2 and 3, of Good rating with PCI of 66.78.

While the rating (Bad) in sections 1 and 2 does not reflect the condition of record units rated as good and very good. The failures found were potholes (44.72%), detachment of aggregates (27.33%), edge cracks (21.74%), depression (2.48%), bulges (1.86%), berm lane slope (1.24%) and displacement (0.62%), the data show that the factors that led to the appearance of failures were rainfall, the deficiency in the installation work of the asphalt mixture. The causes found for the occurrence of potholes and detachment of aggregates were the combination of poor drainage of rainwater and poor adhesion between the binder and the aggregates of the mixture.

The maintenance actions to be implemented are surface patching with an incidence of (32.79%), the asphalt seal with (29.51%), the sealing of cracks with (21.31%) and the replacement of records and / or roadway cleaning (16.39 %).

**Keywords:** Pavement, Pavement Condition Index (PCI), Asphalt Binder, Failures, Visual Evaluation, Registration Unit, Vehicle Traffic, Maintenance.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

El pavimento es una estructura compuesta por capas estructurales las cuales son, carpeta de rodadura, la base y sub base, estas se encuentran apoyadas en la sub rasante y constituyen parte fundamental en la reducción de los esfuerzos producidos por las cargas vehiculares. Si bien aceptamos que la acción repetitiva de cargas, las condiciones ambientales, la selección de materiales y el proceso constructivo son factores que influyen en el desempeño de los pavimentos, no debemos olvidar que, para un tiempo de servicio los pavimentos van a sufrir un deterioro, y como consecuencia resulta necesaria una evaluación, por ejemplo, en pavimentos flexibles los deterioros son visibles en la capa superficial y se presentan como fisuras, depresiones, desprendimiento de agregados, entre otros, estas deficiencias pueden ser identificadas y medidas a través de una evaluación en campo. Las evaluaciones en pavimentos se dividen en dos, estructural y funcional, la primera evalúa todo el paquete estructural y la segunda evalúa la capa superficial del pavimento, practicada cualesquiera los dos tipos de evaluación dan respuesta a preguntas como: cuando realizar un mantenimiento o rehabilitación, cuando destinar fondos para que se obtengan un ahorro significativo en las inversiones.

El presente estudio está enfocado a la evaluación funcional de los pavimentos flexibles para los jirones Gregorio Malca, 27 de Noviembre y Mariscal Castilla en la ciudad de Chota, a través del método Pavement Condition Index (PCI), mostrando en un principio las bases conceptuales que soportan la investigación, dentro de estas, están: el ciclo de vida de los pavimentos, los factores que afectan al pavimento, la evaluación funcional de los pavimentos, las fallas presentes en un pavimento flexible, las actividades de conservación vial, para luego aplicar la metodología PCI, para evaluar la integridad de la capa superficial del pavimento, identificando, cuantificando y midiendo el grado de severidad de las fallas encontradas, los resultados obtenidos se organizan en gráficos estadísticos que permiten mostrar la condición actual de los pavimentos flexibles en cada uno de los jirones considerados, además de identificar las causas que produjeron la aparición de los daños y finalmente presentar una propuesta de mantenimiento rutinario y periódico para la zona estudiada.

## **1 Problema de Investigación**

Los pavimentos tienen la función de brindar condiciones de confort, seguridad y visibilidad al tránsito vehicular y peatonal, por lo que, la superficie visible del pavimento debe reunir las mejores condiciones. Partiendo de esto se ha visto en la ciudad de Chota, que, luego de la instalación de un pavimento flexible en calles aledañas a la plaza de armas, ejecutadas en el año 2015; se ha producido un deterioro significativo en la superficie del pavimento, dificultando la transitabilidad vehicular, produciendo un deterioro en los vehículos que transitan por la vía, que conlleva a realizar gastos económicos en la reparación de estos, además de producir un cierto descontento por parte de los ciudadanos. Al final los objetivos iniciales que se plantearon las autoridades de la ciudad, que era, la de mejorar las vías, se ha ido convirtiendo en lo opuesto, añadiendo, además, la considerable inversión que fue destinada para este fin.

Las reacciones generadas ante las deficiencias del proyecto dieron inicio a la protesta de los ciudadanos a través de los medios de comunicación, aduciendo que existieron serias deficiencias en la construcción de los pavimentos, llegando en algunos casos a, que algunas autoridades que fueron en su momento, puedan llevar procesos judiciales a causa de la ejecución de estos proyectos.

Ante esto el trabajo presente, pretende obtener una información actualizada sobre el relevamiento de fallas en los pavimentos flexibles de los jirones Gregorio Malca, 27 de Noviembre y Mariscal Castilla en la Ciudad de Chota, de una manera tal, que puedan ser identificados los factores que propiciaron la aparición de las fallas, así como las causas que las produjeron.

El problema planteado en la investigación es el siguiente.

¿Cuál es el estado de condición de los pavimentos flexibles del Jr. Gregorio Malca, Jr. 27 de Noviembre y Jr. Mariscal Castilla de la ciudad de Chota, aplicando el método Índice de condición de pavimento?

## **2 Hipótesis**

El estado de condición de los pavimentos flexibles del Jr. Gregorio Malca, Jr. 27 de Noviembre y Jr. Mariscal Castilla de la Ciudad de Chota, evaluado a través de la metodología del Índice de Condición de Pavimento es Malo.

### **3 Justificación y alcance de la investigación**

En el Perú se viene incrementando significativamente la construcción de pavimentos flexibles especialmente por resultar en un principio más económico comparado con los pavimentos rígidos, si consideramos que solo en el Perú existen 26 597.6 km de superficies pavimentadas en la red vial del sistema nacional de carreteras (MTC, 2018) y una evaluación superficial se debe realizar luego de 5 años de construido un pavimento flexible se tiene un número significativo de kilómetros por evaluar y mantener, tomando en cuenta que los pavimentos flexibles construidos para la interconexión de ciudades de importancia regional son pieza fundamental en el desarrollo del país, facilitando el transporte de mercancías, disminuyendo los tiempos de viaje y dinamizando la economía. Por lo mencionado anteriormente se justifica que una evaluación de los pavimentos flexibles sea implementada como política de gestión para autoridades locales, regionales y nacionales, así como un plan para la remediación de las deficiencias encontradas en los pavimentos.

La investigación se justifica por que pretende resolver un problema específico para la ciudad de chota evaluando el pavimento flexible a no más de cuatro años de su construcción. En el aspecto educativo tiene un alcance mucho mayor porque al ser un documento de fácil acceso y donde se resume la teoría en pavimentos, la forma como se calcula y evalúa el PCI, las actividades de conservación vial en pavimentos flexibles considerando las recomendaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, servirá como documento de consulta para estudiantes de ingeniería, personas interesadas o involucradas en la evaluación de pavimentos.

### **4 Objetivos**

#### **4.1 Objetivo General**

Evaluar el estado de condición de los pavimentos flexibles del Jr. Gregorio Malca, Jr. 27 de noviembre y Jr. Mariscal Castilla, mediante el método PCI.

#### **4.2 Objetivo Específicos**

1. Identificar las fallas en los pavimentos flexibles de estudio y cuantificar la severidad de las mismas.
2. Realizar la topografía de la zona de estudio.

3. Realizar el conteo de tránsito.
4. Presentar una propuesta de mantenimiento, para el pavimento evaluado.

## **5 Descripción de los contenidos**

Capítulo I: Se presenta la importancia de la investigación, los hechos ocurridos para luego formular el problema, la hipótesis planteada, la justificación por qué he seleccionado el tema, los alcances de la investigación, objetivos que he planteado y la descripción de contenidos.

Capítulo II: Presento un resumen de investigaciones realizadas en el tema, los pavimentos que se utilizan con mayor frecuencia, los factores que afectan a los pavimentos, muestro el procedimiento para la evaluación superficial de los pavimentos por el método empleado, la descripción de las fallas que presenta un pavimento flexible, los conceptos y procedimientos de actividades de conservación vial en pavimentos.

Capítulo III: Se presenta la ubicación de la zona de estudio, los materiales, equipos e instrumentos que han sido de utilidad, la metodología empleada, las variables consideradas, el procedimiento cronológico de las actividades desarrolladas en la selección de las unidades de registro, el trabajo de campo, el almacenamiento de la información, la forma como fue ordenada y seleccionada para la obtención de resultados que se muestran en gráficos estadísticos.

Capítulo IV: Se presenta el análisis de resultados, donde se menciona las fallas identificadas en la evaluación de campo, sus características, se explica las causas que ocasionaron la presencia de fallas en el pavimento, los factores que intervinieron, se analiza la propuesta de mantenimiento realizada para este estudio y se discute los resultados comparando con otros estudios similares.

Capítulo V: Se presentan las conclusiones y recomendaciones, la respuesta a los objetivos planteados al inicio de la investigación, las recomendaciones para otros estudios similares y otros por investigar.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### Antecedentes Teóricos

#### Antecedentes Internacionales

(Guiseppe Loprencipe and Antonio Pantuso, 2017) presentaron un artículo titulado “A Specified Procedure for Distress Identification and Assessment for Urban Road Surfaces Based on PCI”, donde proponen un método sistemático para evaluar el estado de condición de los pavimentos flexibles, para esto se agencian de las curvas de valor deducido de la norma ASTM 6433, las que ajustan a una curva de interpolación polinómica hermita, dividiendo cada curva de valor deducido en nueve segmentos donde cada segmento es un polinomio spline cubica paramétrica, obteniendo una ecuación polinómica que depende de la densidad de falla encontrada y que se ajusta muy bien a las curvas de valor deducido de la norma, a partir de estas curvas propone una modificación respecto al número de fallas presentes en los pavimentos flexibles disminuyéndolas de las consideradas a tan solo diez fallas y añade dos fallas, obteniendo las nuevas curvas de valor deducido de la combinación de las consideradas en la norma, estas dos fallas que añade son raíces de árboles y pozos (registros) que son muy frecuentes en los pavimentos italianos, las nuevas curvas de valor deducido para arboles las obtiene de una combinación de fallas hundimiento y parches, para validar la metodología evalúa 109 pavimentos urbanos en Italia, evaluando con la nueva metodología y con la norma ASTM 6433, los resultados muestran que el nuevo método es adecuado para la identificación y evaluación de fallas en la escala de 0 a 100 del PCI.

(Aleyce, 2015) elaboro un proyecto denominado: ‘Pavement Condition Index Survey & Evaluation of the City of Veneta’s Street Network’, donde realizó una encuesta visual y técnica de las calles de la ciudad de Veneta en el Estado de Oregón, Estados Unidos, aplicando el método del índice de condición de pavimento y estudio las consecuencias de ejecutar el presupuesto actual para actividades de mantenimiento y rehabilitación para el periodo 2015-2020; los resultados arrojaron que la condición promedio ponderada del sistema de calles de la ciudad de Veneta fue PCI=83 calificación ‘Muy Bueno’ mencionando que esta calificación no refleja la condición de las unidades de registro clasificadas como ‘Regular’. El análisis económico recomienda aumentar el financiamiento actual puesto que la evaluación de la condición al 2020 caerá a 80, si el aumento del financiamiento se diera en \$ 447 000.00 aproximadamente hasta el año

2023 el PCI promedio se mantendrá y el mantenimiento y rehabilitación continuará disminuyendo hasta que sea eliminado.

(Karim, Haleem, Abdo; 2016) investigaron ‘The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen’, muestran los estudios que realizaron a la carretera que conecta Aden (capital comercial de Yemen) con las principales ciudades de la región norte del país, el pavimento cuenta con 10.84 km de longitud dividido estadísticamente en 31 unidades de registro, luego de la evaluación en campo se obtuvo un PCI de 79.4 con calificación ‘Muy Bueno’, con solo algunas muestras con calificación ‘Regular’, se practicó un apique (extracción de núcleos) desde la sub base, base y carpeta asfáltica, con la finalidad de ver si la estructura era lo suficiente resistente para soportar el alto tránsito pesado. Los estudios revelaron que el pavimento con sub base (30 cm), base (20 cm) y carpeta de rodadura (7 cm) se comportaron bien durante los ocho años que lleva construido; finalmente el estudio propone un mantenimiento y rehabilitación constante en las unidades de registro con menor PCI.

### **Antecedentes Nacionales**

(Cruz, 2018) presento una tesis denominada “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento con Imágenes del Vehículo Aéreo no Tripulado” donde expone una metodología alternativa para la evaluación superficial de pavimentos empleando imágenes georreferenciadas, obtenidas de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) que se procesan generando una ortofoto y un modelamiento en 3D de alta resolución, lo aplico entre las cuadras 8 y 10 de la Av. Separadora Industrial del Distrito de Ate, Lima, Perú. Empleando el método PCI, primero a través de las mediciones en campo (personalizadas) y luego empleando un vehículo aéreo no tripulado de la marca DJI, modelo Phantom 4 Pro, los resultados muestran al pavimento evaluado con calificación pobre, tanto evaluado tradicionalmente como utilizando VANT, entre las conclusiones más resaltantes muestra que el empleo del VANT permite optimizar los recursos, el levantamiento de la información sin interrumpir el tráfico y evita los accidentes del personal técnico.

(Medina, De la Cruz; 2015) presentaron la tesis denominada ‘Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del

PCI', en el Departamento de Lima, Perú, donde determinaron que las secciones 1 y 2 en que fue dividido el pavimento en estudio obtuvieron un PCI de 46 y 40 respectivamente, que corresponde a una calificación 'Regular', los costos para pasar de una calificación 'Regular' a 'Excelente' fueron de S./ 19.56 (diecinueve con 56/100 soles) por m<sup>2</sup>. La falla predominante en las unidades de registro fue la de fisura en bloque que se ha originado por la deficiencia en la selección de materiales que componen la mezcla asfáltica y por la falta de control de calidad durante el proceso de construcción; otras fallas que se produjeron fue la de piel de cocodrilo, fisuras longitudinales, transversales y parches.

(Leguía, Pacheco; 2016) presentaron la tesis denominada 'Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colon y Miguel Grau (Huacho – Huaura – Lima)', donde tuvieron como objetivo principal conocer la condición del pavimento flexible existente, los resultados de la investigación arrojaron que el estado de conservación de la Av. Cincuentenario es 'Regular' con un PCI de 51.84, mientras que el estado de conservación de la Av. Colon y Miguel Grau es 'Bueno' con un PCI de 59.29, las fallas predominantes fueron desprendimiento de agregados, parches, agrietamientos y huecos, estas fallas tuvieron como causa la falta de drenaje en las vías, la instalación constante de redes de agua, desagüe, conexiones y los residuos de construcciones producto del crecimiento urbano.

### **Antecedentes Locales**

(Bolaños, 2015) presento una tesis denominada 'Identificación, diagnóstico y remediación de las patologías del pavimento flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. De los Héroes- Ciudad de Cajamarca, Departamento de Cajamarca', en el Perú, donde evalúa un pavimento flexible con 1241.5 m de longitud, este se dividió en 50 unidades de registro y tres tramos de estudio siguiendo la metodología del índice de condición de pavimento; en el primer tramo se obtuvo un PCI=71.4 de calificación 'Muy bueno', el segundo tramo un PCI de 65.97 calificación 'Bueno' y el tercer tramo un PCI=69.65 calificación 'Bueno', las patologías encontradas fueron ahuellamiento, fisuras longitudinales, fisuras transversales, agregados pulidos, desprendimiento de agregados, fisuras de borde, baches, abultamiento y hundimiento, fisuras parabólicas o por

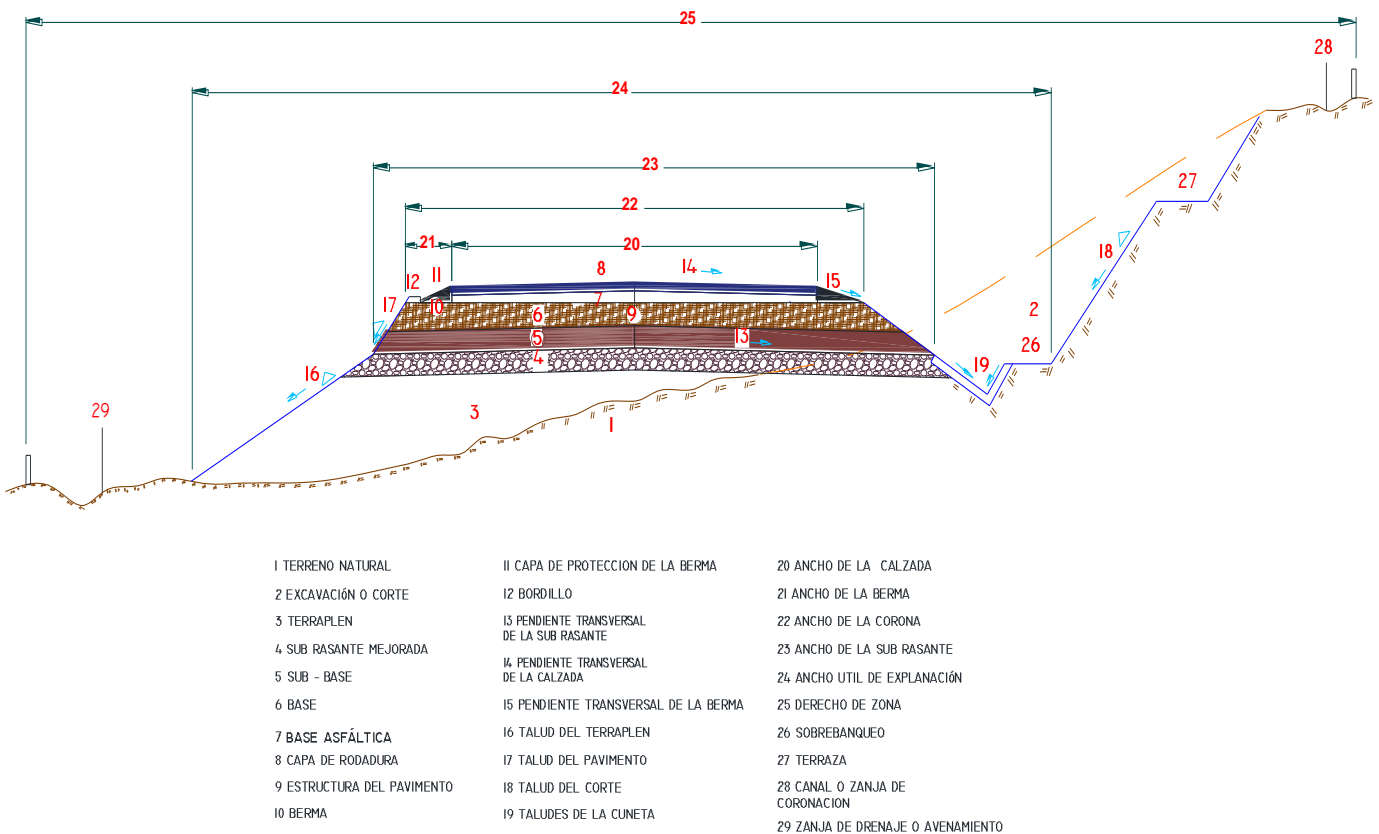
deslizamiento y piel de cocodrilo finalmente propuso una remediación para las patologías encontradas como sellado de fisuras, limpieza de calzada y el bacheo superficial.

## BASES TEÓRICAS

### 1 Pavimentos

#### 1.1 Definición

Son una estructura vial compuesta por capas de variada resistencia que se encuentran superpuestas unas con otras, esta estructura cumple un papel importante al soportar las cargas vehiculares y los cambios de temperatura. Asimismo, deben diseñarse con el fin de ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable al parque automotor que se impone en la superficie, la figura 01 muestra la sección típica de un pavimento.



*Figura 1 Corte transversal en un pavimento.*

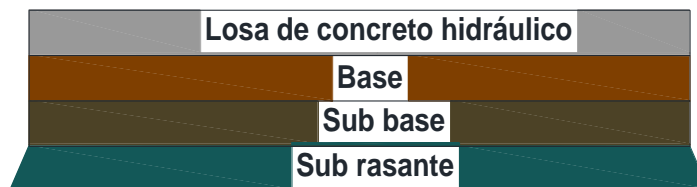
*Fuente: Adaptado de Montejo, 2010.*

## 1.2 Tipos de pavimentos

Los pavimentos utilizados en la actualidad son los siguientes: pavimento rígido, pavimento híbrido, pavimentos alveolares o adoquinados y pavimento flexible (Montejo, 2010).

### 1.2.1 Pavimento rígido

Es un pavimento compuesto generalmente por las siguientes capas: sub base, base y losa de concreto hidráulico; estas a su vez se encuentran apoyadas en la sub rasante que se encarga de soportar la estructura del pavimento, la figura 02 muestra un corte transversal a un pavimento rígido.



*Figura 2 Corte transversal en un tramo de pavimento rígido*

*Fuente: Elaboración propia.*

Las distribuciones de esfuerzos son equivalentes en áreas iguales; asumiendo que las condiciones del medio son iguales.

### 1.2.2 Pavimento híbrido

Son los pavimentos compuestos por la unión de otros pavimentos como pueden ser: Una carpeta de rodadura sobre un pavimento rígido como se muestra en la siguiente figura.



*Figura 3 Corte transversal en un tramo de pavimento híbrido*

*Fuente: Elaboración propia.*

### 1.2.3 Pavimentos alveolares o adoquinados

Similares a los pavimentos rígidos con la salvedad que en lugar de llevar una losa de concreto hidráulico, llevan bloques o adoquines que se van uniendo en forma progresiva (figura 04), para la unión se utiliza arena fina para corregir imperfecciones en la nivelación y también sirve como una capa drenante para el agua que logra atravesar la capa superficial (Montejo, 2010).

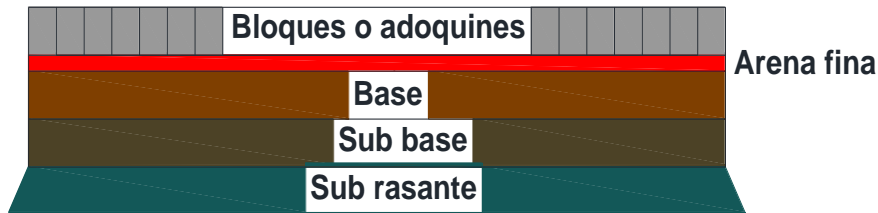


Figura 4 Corte transversal en un tramo de pavimento adoquinado

Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.4 Pavimento flexible

#### 1.2.4.1 Definición

Es una estructura vial conformada por una capa asfáltica apoyada sobre capas generalmente de menor rigidez; estas a su vez se conforman de materiales pétreos de diferente granulometría base y sub base. Al igual que la sub base y la base que utilizan materiales de cantera (generalmente requerida); la sub rasante que soporta las capas estructurales puede ser estabilizada o mejorada con la finalidad de alterar su resistencia y servir como un cimiento (Rondón y Reyes, 2015).

#### 1.2.4.2 Partes del pavimento flexible

En la figura 05, se muestra la sección típica del pavimento flexible que se pueden utilizar en carreteras que unen departamentos, provincias y ciudades, también es ampliamente utilizado en la zona urbana de una ciudad.

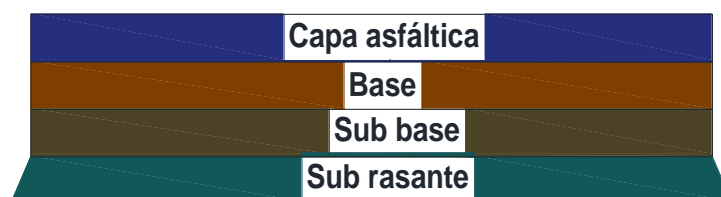


Figura 5 Corte transversal en un tramo de pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia.

### **1.2.4.3 Comportamiento de los pavimentos flexibles**

Los pavimentos flexibles son diseñados para soportar las cargas de tráfico, presentes y proyectadas, además deberán ofrecer una alta calidad durante su vida útil. La primera capa o capa asfáltica es la encargada de recibir la mayor carga impuesta en el pavimento, que se va menguando a través de la profundidad, llegando a la sub rasante disminuida considerablemente.

El comportamiento de los pavimentos flexibles se ha vuelto muy complicado y ampliamente estudiado llegando a considerar el estudio pormenorizado de cada una de las variables que influyen como son: Tipo de pavimento, base, sub base, cargas de tráfico, las condiciones climáticas, contenido de asfalto, viscosidad, permeabilidad, tipo de Agregado, gradación, humedad, entre otros. (Sargand et al. 2013). Afortunadamente hoy en día se cuenta con herramientas computacionales que ha hecho más rápido el proceso de cálculo, empleando la mecánica de pavimentos podemos calcular los esfuerzos, las deformaciones y las deflexiones ocurridas en cualquier punto del pavimento.

Estudios como el de higuera en 2006 para una estructura típica de pavimento flexible compuesta por, carpeta asfáltica  $e = 10 \text{ cm}$ , base  $e = 20 \text{ cm}$ , sub base  $e = 30 \text{ cm}$  demuestran que, en la superficie de la capa de rodadura los esfuerzos son a compresión y en la interface carpeta asfáltica y base los esfuerzos son a tensión, en la capa superficial se disipa un 46.95 % de los esfuerzos en el pavimento y en la subrasante las deflexiones son del 65.49 %. El estudio muestra la importancia de las capas estructurales en el comportamiento del pavimento y concluye que, cuanto más resistente sea la sub rasante la deflexión en el paquete estructural será menor.

### **1.3 Ciclo de vida de los pavimentos**

Al igual que toda infraestructura en ingeniería civil, en los pavimentos existe un ciclo de vida, el que puede verse modificado constantemente de acuerdo a la realización o no de un mantenimiento adecuado. La figura 06 muestra el ciclo de vida de los pavimentos, del gráfico podemos apreciar que una vez terminada la fase de construcción de la vía y transcurrido un tiempo se presenta un decaimiento de la vida útil, esta es imperceptible al inicio pero se va agravando con el tiempo, si analizamos la figura más a detalle se muestra que los momentos indicados para el mantenimiento y rehabilitación es durante

los primeros periodos de deterioro (culminación del periodo imperceptible) donde la pendiente a la curva inicia a ser más pronunciada, cuando culmina estos, el pavimento empieza a sufrir un deterioro acelerado en un tiempo corto, estos deterioros acelerados afectan significativamente al pavimento, al culminar (20% de vida en el pavimento); producen un gasto cinco veces mayor en comparación a los primeros periodos de deterioro(Shahin, 2005).

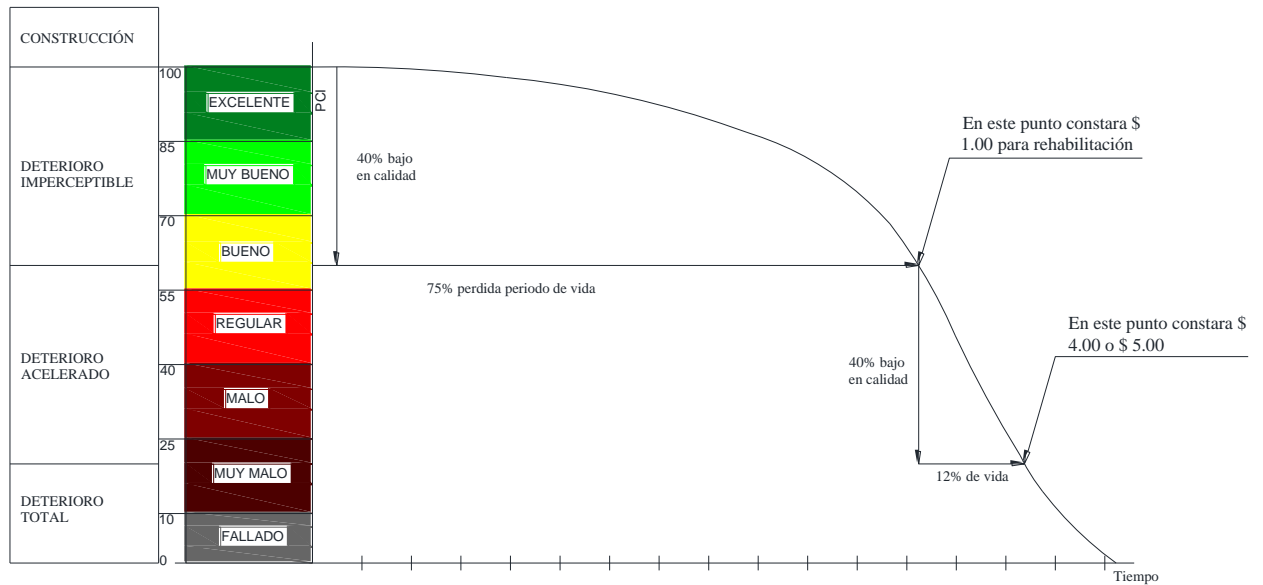


Figura 6: Ciclo de vida de los pavimentos

Fuente: Elaboración propia.

## 1.4 Factores que afectan a los pavimentos

Los factores que independiente del método de evaluación, afectan considerablemente al pavimento se pueden agrupar en: transito, temperatura, precipitaciones pluviales, mal diseño de pavimentos, factor constructivo y factores aleatorios.

### 1.4.1 Tránsito

Es importante conocer, las cargas que actúan en los pavimentos, estas varían de acuerdo al tipo de vehículos que transitan por la vía. Se debe considerar las cargas proyectadas para el periodo de diseño de pavimentos, adicionalmente los pavimentos flexibles siempre van a sufrir un deterioro a causa de estos, porque la acción continua, la variabilidad de carga que a veces es muy excesiva, haciendo más fácil la presencia de ahuellamiento y deflexiones.



### **1.4.2 Temperatura**

El cambio brusco de la temperatura afecta las capas estructurales del pavimento, especialmente la carpeta asfáltica produciendo envejecimiento del asfalto pérdida de flexibilidad en la mezcla, toma especial atención en zonas afectadas por hielo o deshielo, puesto que, durante las heladas, el agua existente en el pavimento se transforma en cristales de hielo aumentando su volumen, y durante el deshielo vuelve a su estado inicial rompiendo su textura (Humpiri, 2015).

### **1.4.3 Precipitaciones pluviales**

Las precipitaciones pluviales, afectan directamente a la carpeta de rodadura de los pavimentos flexibles, causando infiltración del agua superficial en las diferentes capas del pavimento, el resultado es la presencia de fallas tipo desprendimiento de agregados, ahuellamiento, depresión, por lo que se debe alejar el agua en lo posible de la estructura del pavimento considerando drenaje longitudinal, transversal y subterráneo. En algunos lugares donde la presencia constante de las lluvias, se puede utilizar capas drenantes que aceleran la evacuación de agua de lluvia hacia los bordes o cuneta.

### **1.4.4 Mal diseño de pavimentos**

Un buen diseño de pavimentos flexibles consta de la selección de los materiales a emplear en las diferentes capas estructurales del pavimento, la cantidad y composición del cemento asfáltico utilizado para la mezcla, por lo que es necesario conocer las canteras consideradas para el abastecimiento de materiales, conocer sus propiedades mecánicas a través de ensayos de laboratorio, seleccionar los materiales de acuerdo al tráfico y las condiciones ambientales de la zona. En la actualidad se empieza a utilizar diseños mecanicistas como la AASTHO 2002, el método SUPERPAVE y SMA para la selección de la mezcla asfáltica, con el fin de mejorar los diseños empíricos - experimentales como el AASTHO 1993.

Por lo que los diseños en pavimentos comprenderán la ubicación de canteras para la elaboración de las capas estructurales, las cantidades y composición del cemento asfáltico, la cantidad de imprimación que se aplicara en la base del pavimento, los espesores del paquete estructural, el proceso de instalación de la mezcla asfáltica, las

temperaturas para el mezclado y compactación. Lo que puede ser un mal diseño del pavimento es considerar solo recomendaciones para las capas estructurales y asumir datos para las propiedades mecánicas de los materiales esto durante el diseño.

#### **1.4.5 Factor constructivo**

Durante la ejecución de trabajos en pavimentos asfálticos es necesario tomar las medidas de prevención para el caso, por ejemplo, no se debe realizar trabajos de imprimación e instalación de mezclas asfálticas cuando la temperatura del medio ambiente sea menor de 5°C, cuando se presente lluvias o cuando se prevé que ocurriesen, además se debe contar con el equipo mecánico completo para los trabajos de instalación de mezcla asfáltica, un camión repartidor para la imprimación, una pavimentadora, volquetes, compactador liso, compactador neumático necesarios para un adecuado proceso constructivo. No está permitido instalar cuando la temperatura de la mezcla asfáltica en campo sea menor a 120 °C, salvo se trate de mezclas en frío. Un deficiente proceso constructivo será utilizar materiales sin que pasen las pruebas de laboratorio.

#### **1.4.6 Factor aleatorio**

Se presentan generalmente después de construido un pavimento, por ejemplo, las inundaciones en zonas lluviosos, o por deficiencias en el sistema de agua y alcantarillado; un factor que degrada mucho al pavimento tiene que ver con el aspecto social, puesto que en varias zonas se ha visto la acumulación de desmonte y desperdicios orgánicos arrojados en el pavimento.

## **2 Evaluación de los pavimentos flexibles**

### **2.1 Definición**

Se define como la capacidad de medir los defectos presentes en los pavimentos flexibles, el estado de la superficie, la rugosidad, la fricción, el ruido y la capacidad estructural; estos pueden ser cuantificables e interpretados para definir la condición presente de un pavimento (Smith, Freeman, Albitres, 2006).

Para una correcta evaluación en los pavimentos flexibles debemos evaluar dos tipos: la evaluación funcional y la evaluación estructural (Osuna, 2008), la evaluación estructural no se presenta por estar fuera de los objetivos del estudio.

## **2.2 Evaluación funcional**

Se refiere al reconocimiento de las deficiencias de la capa superficial y las condiciones del pavimento considerando factores de seguridad, economía y comodidad, estos son: estado de superficie, rugosidad, fricción y medición de ruido.

### **2.1.1 Estado de superficie**

Generalmente un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) a nivel de red implica la auscultación visual de la condición del pavimento flexible (Tighe y Covalt 2008); para esto se realiza, el inventario de daños, la cuantificación de la integridad estructural y la inspección de obras de drenaje.

El inventario de daños en los pavimentos flexibles cumple un papel importante en la evaluación, el número de daños presentes en el pavimento varía de acuerdo al método de evaluación aplicado, la metodología del PCI por ejemplo tiene 19 tipos de daños; el inventario de daños queda definido por el tipo, por la extensión y su severidad. Para evaluar la integridad estructural existen metodologías las cuales son subjetivas, tomando como base al inventario de daños en el pavimento flexible, la evaluación es enteramente visual. El PCI (Índice de condición de pavimento), el MDR (Índice de daños superficiales del pavimento), el OPI (Índice de condición global del pavimento); son las metodologías ampliamente utilizadas; al PCI y al MDR se suministra información confiable sobre las fallas presentes en el pavimento.

Las obras de drenaje se presentan en tres formas, el drenaje superficial que controla el flujo de agua longitudinalmente como las cunetas y transversalmente como los bordillos que evacúan el agua hacia los lavaderos, el drenaje subterráneo dentro de estos está considerados las alcantarillas y las obras de drenaje para el control preventivo de la erosión y el drenaje preventivo como las zanjas de coronación y los disipadores.

### **2.1.2 Rugosidad**

La rugosidad o calidad de circulación es una medida de la distorsión del pavimento flexible, o un estimativo de la habilidad para brindar una circulación confortable hacia los usuarios, la rugosidad se mide por el parámetro IRI o PSI (Smith, Freeman, Albitres, 2006).

Las irregularidades superficiales propician aceleraciones verticales en un vehículo en movimiento, lo que hace que la circulación se vuelva incomoda e insegura, el IRI (0 a 12 m/km) es un parámetro estadístico de la regularidad superficial que simula los desplazamientos verticales de una rueda de vehículo, existen técnicas de medición como el perfilógrafo tipo california o las medidas de precisión de perfil utilizando nivel y mira que son las más adecuadas, la principal desventaja es el tiempo utilizado para la obtención de medidas en campo. (Rondón y Reyes, 2015). En la actualidad existen novedosos equipos como el Perfilógrafo laser que consiste en equipar un vehículo con cámara y laser capás de medir las imperfecciones longitudinales y transversales en el pavimento.

### **2.1.3 Fricción**

Los pavimentos flexibles deben tener una textura superficial tal que los vehículos puedan frenar cuando lo requieran, es decir que debe haber una importante fricción entre las llantas de los vehículos en movimiento y la carpeta asfáltica.

La pérdida de fricción se produce como consecuencia de: la velocidad del vehículo en movimiento, el tipo de llanta de contacto, las condiciones ambientales (agua), el peralte, las curvas, la microtextura (desviación que representa un pavimento en relación con una superficie longitudinal plana inferior a 0.5 mm, y corresponde al acabado superficial de los elementos que componen los áridos (Rondón y reyes p. 332-333) y macrotextura (desviación que representa un pavimento en relación con una superficie longitudinal plana, que está entre 0.5 mm y 50 mm, y corresponde al tamaño de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica (Rondón y reyes p. 332-333)) del pavimento, el tipo de mezcla asfáltica y agregados pétreos.

Las consecuencias de una perdida de fricción van desde fallas en el pavimento hasta accidentes vehiculares, este último cuando el pavimento se encuentra mojado.

#### 2.1.4 Medición del ruido

De acuerdo con la organización mundial de la salud, una forma de contaminación es el ruido en carreteras, el tránsito, la velocidad y la cantidad de vehículos aumentan considerablemente el ruido; a altas velocidades el ruido se asocia al contacto de neumático y pavimento. El método recomendado para la medición del ruido es el CPX (Método de proximidad cercana), que consiste en instalar un aparato detector de ruidos cerca de un neumático, este mide solamente el ruido del contacto neumático y pavimento, el procedimiento se encuentra estipulado en la norma ISO 11819-2.

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

#### 2.3.1 Definición

Es una herramienta de priorización y comunicación que mide la integridad estructural del pavimento no la capacidad estructural (Shahin, 2005), utilizando una escala numérica que varía de cero (0) para un pavimento intransitable a cien (100) un pavimento en excelente condición, permitiendo al usuario comunicar la condición relativa. Utilizando un sistema de testigo experto, el usuario asigna una calificación al pavimento equivalente a lo que resultaría del tener grupos de ingenieros experimentados que desarrollaron el sistema (Smith, Freeman, Albitres, 2006).

El procedimiento de calificación fue desarrollado por el Dr. M.I. Shahin y su equipo en el Laboratorio de Investigaciones de Construcción para la Armada de los Estados Unidos de Norteamérica y adoptado por la Asociación Americana de Obras Públicas, el PCI para aeródromos fue desarrollado por Shahin et al. 1977, se encuentra normada en ASTM D5340, el PCI para carreteras y estacionamientos desarrollado por Shahin et al. (1981-1994), normado en la ASTM 6433. La ecuación 1 sirve para determinar el PCI.

$$PCI = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} a[T_i, S_j, D_{ij}] * F(t, d) \quad (1)$$

**Donde:**

*PCI* = Índice de condición del pavimento.

*p* = número total de tipos de falla.

*i* = contador para cada tipo de falla.

$m_i$  = número de niveles de severidad en el  $i$  esimo tipo de falla.

$j$  = contador de niveles de severidad.

$a$  = valor deducido de ponderación según el tipo de falla  $T_i$ .

$T_i$  = tipo de falla.

$S_j$  = nivel de severidad.

$D_{ij}$  = densidad de falla.

$F(t, d)$  = Un factor de ajuste para falla que varía con el valor de deducción total sumando  $t$  y el número de deducciones  $d$ .

Si observamos la ecuación 1, podemos notar que las variables que intervienen en la ecuación se refieren a los tipos de fallas, la cantidad de fallas, la cuantificación de las fallas, su severidad y un factor empírico que tiene que ver con una calificación subjetiva de un grupo de ingenieros experimentados en pavimentos.

La metodología del PCI mide solo la integridad de la capa superficial, la ecuación 1 ha sido desarrollada para pavimentos flexibles y rígidos, los valores deducidos para cada tipo de falla en un pavimento flexible se muestran en el Anexo 02. La metodología PCI es ampliamente aceptada, y es utilizada en la mayoría de softwares que utilizan los sistemas de gestión de pavimentos para aeródromos, carreteras pavimentadas por concreto hidráulicos y flexibles y por carreteras no pavimentadas, además de ser una herramienta objetiva para evaluar mantenimientos y rehabilitación (Karim et al. 2016), la figura 7 muestra el rango de calificación del PCI (Astm D6433, 2007).

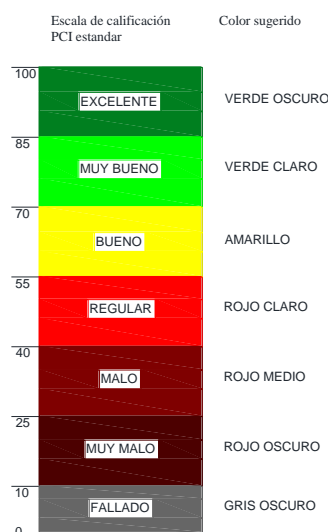


Figura 7: Escala de calificación PCI, y colores sugeridos

Fuente: ASTM D6433, 2016

### 2.3.2 Fallas consideradas en el método PCI para pavimentos flexibles

Los daños o angustias presentes en los pavimentos pueden ser clasificados en cuatro categorías las cuales son: fisuras, deformaciones, daños superficiales y deterioros de capas estructurales, las que sumadas hacen un total de 19 angustias o daños en el pavimento.

Dentro de cada categoría existen diferentes fallas que se originan por diferentes factores, estos han sido recopilados de la norma ASTM D6433, 2016; a continuación, se presentan la definición de cada falla, sus severidades (clasificadas como baja, media y alta), la forma de medir la falla, las unidades de medida, sus posibles causas y la evolución probable, figura de cada daño y un esquema. La abreviatura de cada tipo de falla se presenta entre paréntesis.

#### 2.3.2.1 Fisuras

##### FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES (FL, FT)

Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de la estructura (Invias, 2006).

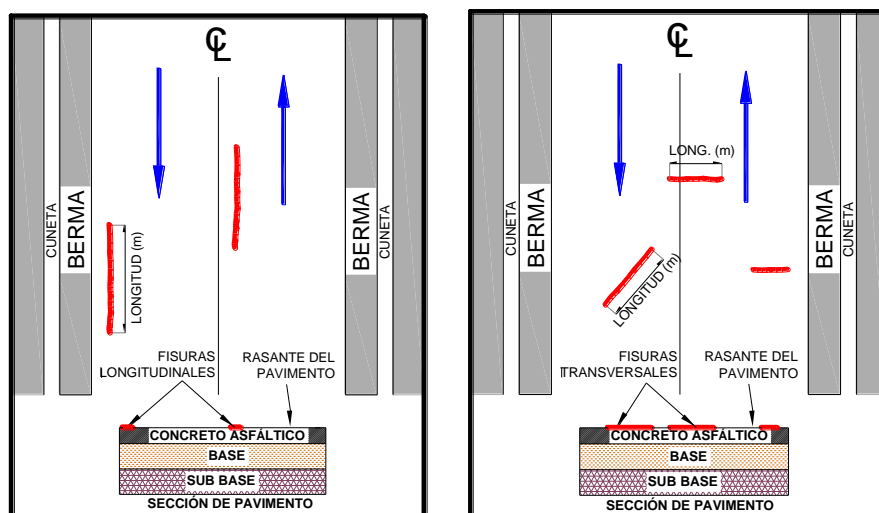


Figura 8: Esquema fisuras longitudinales y transversales.

Fuente: Invias, 2006



*Figura 9: Fisuras Longitudinales y transversales.*

*Fuente: Invias, 2006*

### **Causas:**

(Invias, 2006) considera que las causas más comunes a ambos tipos de fisuras, son:

- ✓ Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler (material de origen mineral, no arcilloso, que pasa tamiz No. 200.), o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).
- ✓ Reflexión de grietas de las capas inferiores.

Otra causa para la conformación de fisuras longitudinales es:

- ✓ Fatiga de la estructura, generalmente se presenta en las huellas del tránsito.

Otras causas para la conformación de fisuras transversales son:

- ✓ En zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de la rigidez en la subrasante.
- ✓ Riego de liga deficiente.
- ✓ Espesor insuficiente de la carpeta asfáltica.

Las fisuras diagonales se clasifican dentro de la categoría de fisuras transversales.

### **Severidades:**(Astm 6433,2016)

Baja: Existe una de las siguientes condiciones: ancho de grietas sin relleno menor a 10 mm, o grieta llena de cualquier ancho (relleno en condiciones satisfactorias).

Media: Ancho de grietas sin relleno mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm.



Alta: Existe una de las siguientes condiciones: cualquier grieta sin relleno mayor a 75 mm, o una grieta de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm de pavimento alrededor de la grieta está severamente roto.

**Unidad de medición:** Se miden en metros (m), cuando en una misma fisura existan diferentes severidades, de ser posible se reportará la longitud correspondiente a cada severidad, de lo contrario se reportará la longitud total de la fisura con el mayor nivel de severidad presente.

**Evolución probable:** Piel de cocodrilo, desprendimiento de agregados, desnivel carril berma (por el ingreso del agua), fisuras en bloque.

### REFLEXIÓN DE JUNTAS (RJR)

Este tipo de daño se presenta cuando existe una capa de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido; tales fisuras aparecen por la proyección en superficie de las juntas de dichas placas, en cuyo caso presentan un patrón regular.

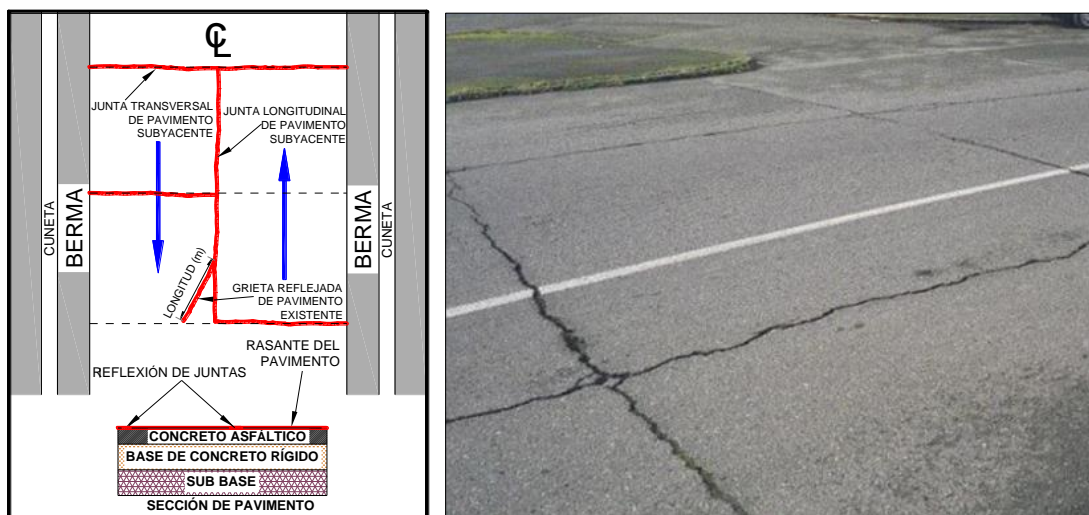


Figura 10: Fisuras de reflexión de juntas

Fuente: Miranda, 2012.

### Causas:

Son generadas por los movimientos de las juntas entre las placas de concreto rígido o de los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de

temperatura y de humedad. Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque éstas pueden provocar fisuración (Invias, 2006).

**Severidades:**(Astm 6433,2016)

Baja: Existe una de las siguientes condiciones: ancho de grietas sin relleno menor a 10 mm, o grieta llena de cualquier ancho (relleno en condiciones satisfactorias).

Media: Ancho de grietas sin relleno mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm.

Alta: Existe una de las siguientes condiciones: cualquier grieta sin relleno mayor a 75 mm, o una grieta de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm de pavimento alrededor de la grieta está severamente roto.

**Unidad de medición:** Se miden en metros (m), la longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15 m puede tener 3 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

**Evolución probable:** Desprendimiento de agregados, baches.

### **FISURAS DE BORDE (FBD)**

Corresponden a fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, se presentan principalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel entre la berma y la calzada. Generalmente se localizan dentro de una franja paralela al borde, con ancho de hasta 0,6 m (Invias, 2006).

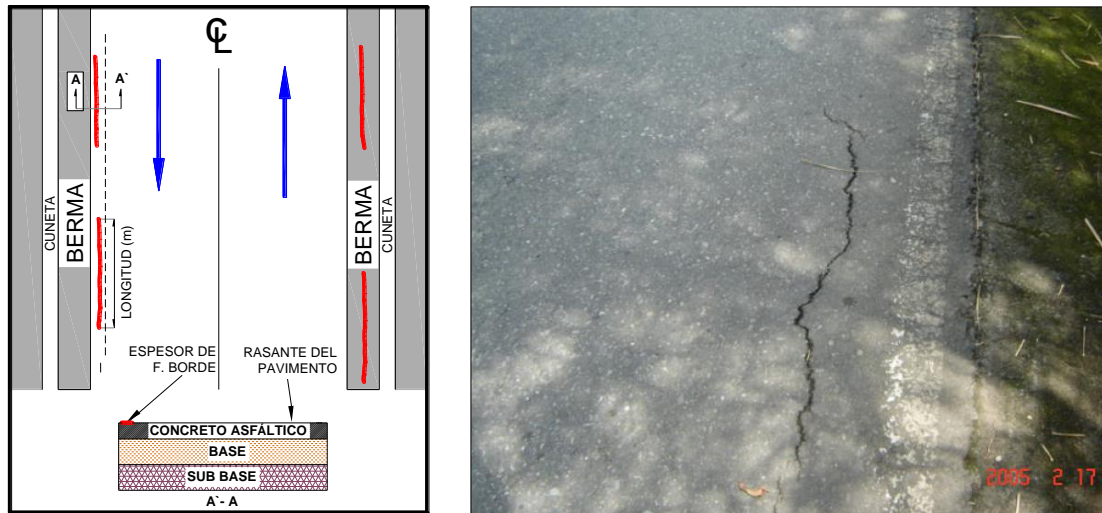


Figura 11: Fisuras de borde.

Fuente: Invias, 2006.

### Causas:

La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berma insuficientes o sobre carpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0,3 m a 0,6 m del borde de la calzada (Invias, 2006).

### Severidades:(Astm 6433,2016)

Baja: Agrietamiento bajo o medio sin ruptura o desprendimiento.

Media: Grietas medias con algunas rupturas y desprendimiento.

Alta: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

**Unidad de medición:** Se miden en metros (m).

**Evolución probable:** Desprendimiento del borde o desprendimiento de agregados.

## FISURAS EN BLOQUE (FB)

Cuando se presenta este tipo de daño la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 0,30 m (Coronado citado en Invias, 2006).

Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito (Invias, 2006).

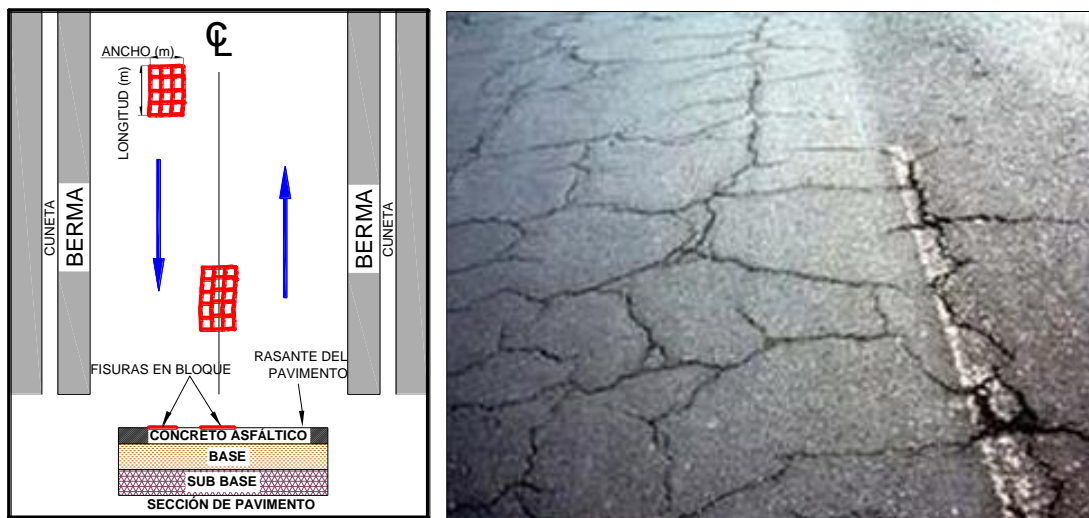


Figura 12: Esquema de fisuras en bloque.

Fuente: <https://www.sacvisa.com.mx/identifica-el-problema-de-tu-carpeta-asfaltica/>

### Causas: (Invias, 2006)

La fisuración en bloque es causada principalmente por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo deformación sobre la mezcla. La presencia de este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido significativamente, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.

Se produce también por el reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base. Y por una combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.

**Severidades:**(Astm 6433,2016)

Baja: Los bloques se definen por grietas de baja severidad.

Media: Los bloques se definen por grietas de severidad media.

Alta: Los bloques se definen por grietas de alta severidad.

**Unidad de medición:** Se registra por área de superficie de pavimento afectada ( $m^2$ ). Puede existir un área en la que se presenten diferentes severidades, caso en el que se registra el área correspondiente a cada una, de ser posible, o de lo contrario se registra toda el área afectada y se asigna el mayor grado de severidad.

**Evolución probable:** Piel de cocodrilo, baches.

### PIEL DE COCODRILO (PC)

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas. Las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo con diámetro promedio menor que 30 cm (Invias, 2006).

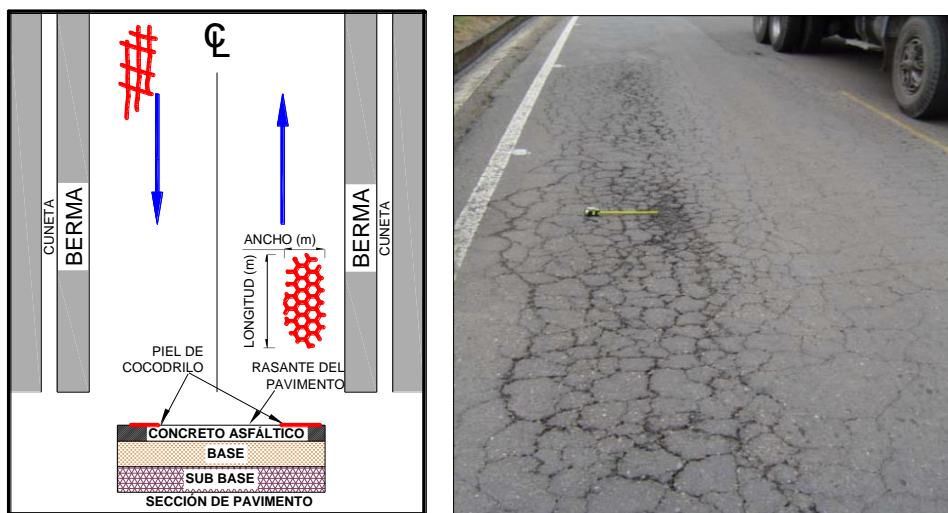


Figura 13: Fisuras piel de cocodrilo.

Fuente: Invias, 2006

**Causas:** (Invias, 2006)

La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:

- ✓ Espesor de estructura insuficiente.
- ✓ Deformaciones de la subrasante.
- ✓ Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).
- ✓ Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- ✓ Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.
- ✓ Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo de elasticidad).

**Severidades:**(Astm 6433,2016)

Baja: Serie de fisuras longitudinales paralelas, principalmente en la huella, con pocas o ninguna conexión entre ellas y no existe evidencia de bombeo.

Media: Las fisuras han formado un patrón bien definido de polígonos pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes, sin evidencia de bombeo.

Alta: Las fisuras han evolucionado, se presenta desgaste o descascaramiento en los bordes y algunas piezas pueden oscilar bajo el tráfico.

**Unidad de medición:** Se reporta el área afectada en (m<sup>2</sup>). Cuando en un área se combinen varias severidades y no sea fácil diferenciar las áreas correspondientes a cada una, se reporta el área completa asignándole la mayor severidad.

**Evolución probable:** Depresiones, desprendimiento de agregados, baches.

**FISURAS PARABÓLICAS (FP)**

Corresponden a fisuras en forma de semicírculo o medialuna, con curvaturas definidas de acuerdo con la fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento (al

acelerar o frenar). Este tipo de fisuras se genera por acción del arranque o frenado de los vehículos lo que conlleva a que la superficie del pavimento se deslice y se deforme. Usualmente aparecen en zonas montañosas, en curvas o en intersecciones (Invias, 2006).

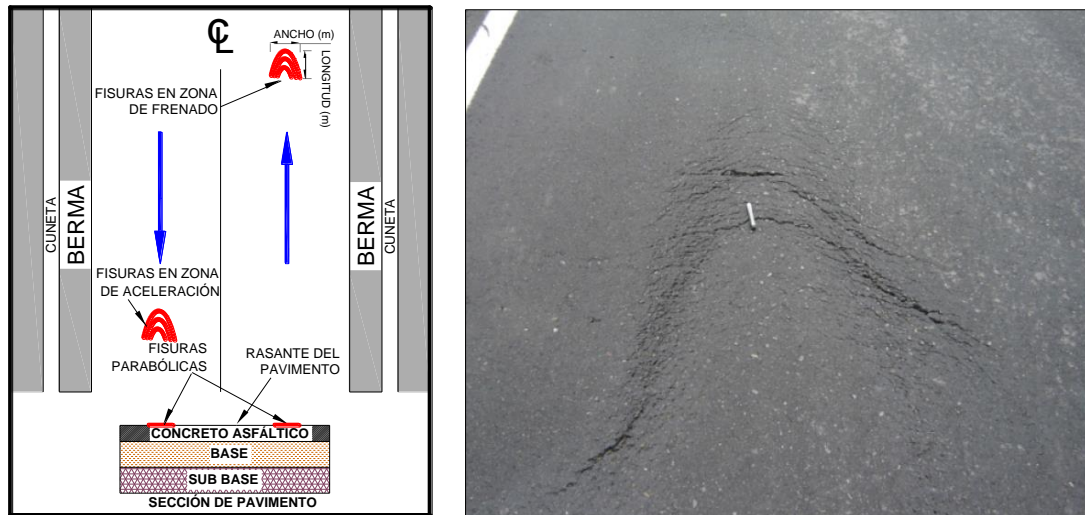


Figura 14: Esquema de fisuras parabólicas.

Fuente: Invias, 2006.

**Causas:** (Invias, 2006)

Estas fisuras se presentan usualmente cuando existe una mezcla en la superficie de baja resistencia o por la escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento.

Se pueden generar ante el paso de tránsito muy pesado y muy lento, en zonas de frenado y acelerado de los vehículos.

Otras causas pueden ser:

- ✓ Espesores de carpeta muy bajos.
- ✓ Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica.
- ✓ Exceso de ligante o presencia de polvo durante la ejecución del riego de liga.
- ✓ Carencia de penetración de la imprimación en bases granulares.

**Severidades:**(Astm 6433,2016)

Bajo: Ancho promedio de la fisura es menor que 10 mm.

Medio: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la fisura es mayor o igual a 10.0 mm y menor a 40 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

Alto: Existe una de las siguientes condiciones:

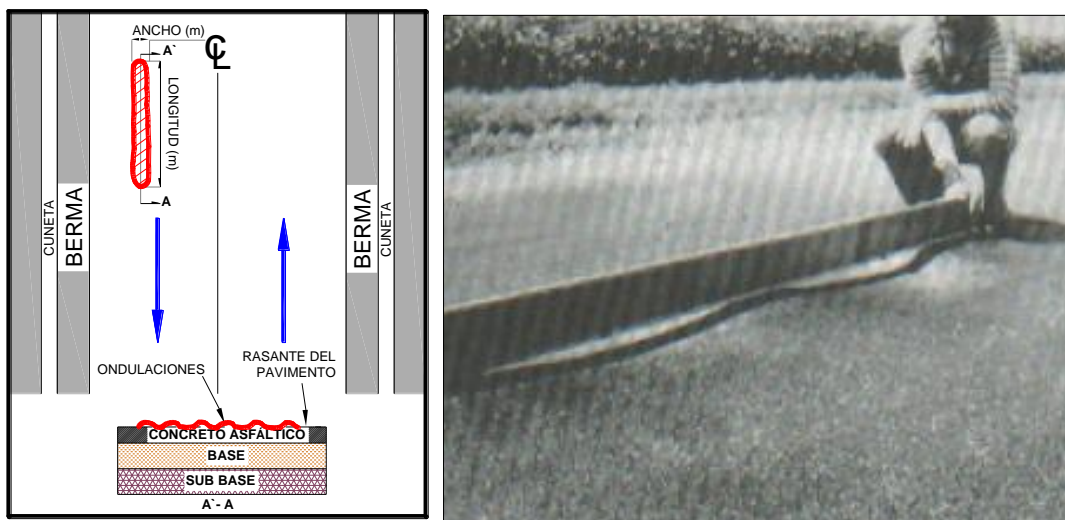
1. Ancho promedio de la grieta mayor que 40 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

**Unidad de medición:** Se reporta el área afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

### 2.3.2.2 Deformaciones

#### ONDULACIONES (OND)

Son una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos regulares, usualmente a menor de 3 m, son paralelas a la dirección del tráfico, es también denominada corrugación (Vásquez, 2002).



*Figura 15: Ondulaciones.*

*Fuente: ASTM D6433, 2016.*

#### Causas:

Una de las causas por la que se originan, es por la acción del tránsito con una carpeta o base inestable, otra causa puede estar asociada al exceso de humedad en la subrasante



que afectaría notablemente a la estructura (Invias, 2006), entre otras causas podemos mencionar.

- ✓ Pérdida de estabilidad en la mezcla.
- ✓ Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.

**Severidades:**(Astm 6433,2016)

Bajo: Ondulaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

Medio: Ondulaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

Alto: Ondulaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

**Unidad de medición:** Las ondulaciones se miden en m<sup>2</sup> de área afectada, para la calificación de severidad, el evaluador debe conducir un vehículo que normalmente se ve en el tráfico local a la velocidad de funcionamiento normal.

**Evolución probable:** Ahuellamiento, depresiones.

## **ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (AH)**

Los *abultamientos* son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Los *hundimientos* son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento, y perpendiculares al tráfico (Astm 6433, Vásquez 2002).

### **Causas:**

Los *abultamientos*, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento o bombeo de losas de concreto hidráulico con una sobrecarpeta de concreto asfáltico, al producirse presiones bajo la capa asfáltica (Invias, 2006).
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).

3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito.

(Invias, 2006) considera que los *hundimientos* se generan a causa de:

- ✓ Asentamientos de la subrasante.
- ✓ Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes.
- ✓ Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.
- ✓ Circulación de tránsito muy pesado.

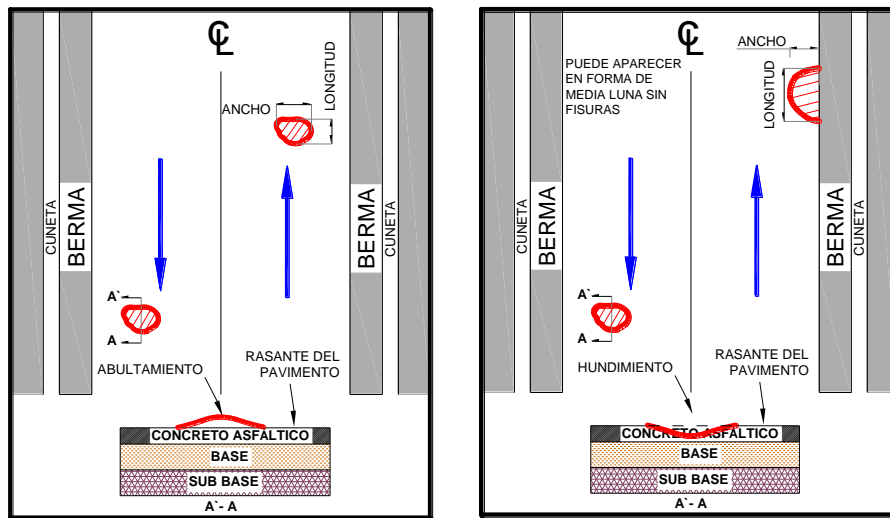


Figura 16: Esquema de abultamientos hundimientos.

Fuente: Invias, 2006

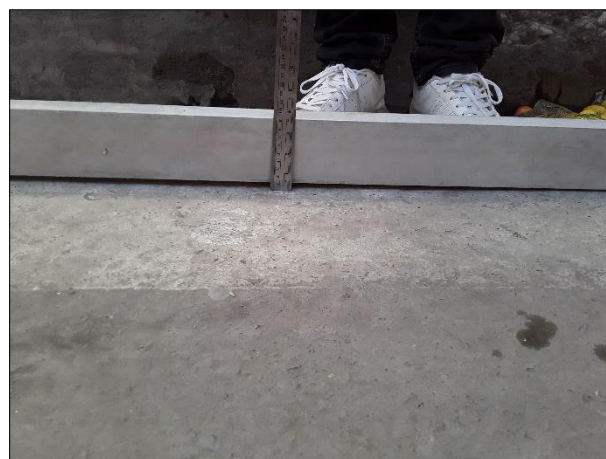


Figura 17: Abultamiento en calzada

**Severidades:**

Bajo: Abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

Medio: Abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

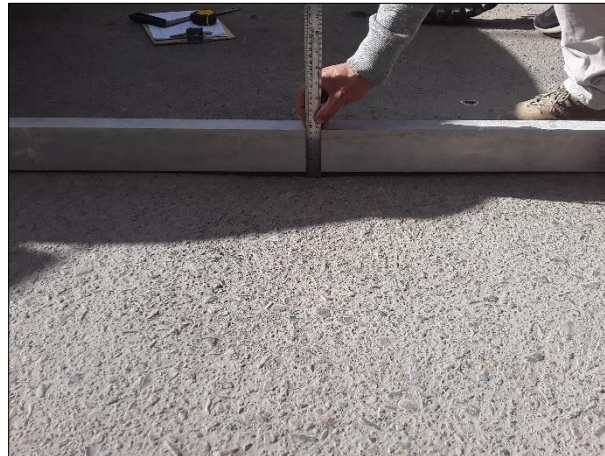
Alto: Abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

**Unidad de medición:** Las ondulaciones se miden en metros lineales (ml) de longitud, para la calificación de severidad, el evaluador debe conducir un vehículo que normalmente se ve en el tráfico local a la velocidad de funcionamiento normal.

**Evolución probable:** Desprendimientos, ahuellamiento.

### **DEPRESIÓN (DP)**

Son áreas localizadas en el pavimento ligeramente más bajas que las del pavimento circundante, en ocasiones las depresiones son visibles después de la lluvia, cuando el agua queda almacenada en el pavimento, lo cual produce fenómenos como hidropilano, en el pavimento seco podemos identificarlos por las manchas presentes en el pavimento (Vásquez, 2002).



*Figura 18: Depresión en calzada.*

#### **Causas:**

Las depresiones son causadas por el asentamiento de la subrasante, donde áreas localizadas hayan sido apropiadamente consolidadas, también son generadas por una construcción deficiente (Vásquez, 2002).

**Severidades** (Astm 6433,2016).

Bajo: Cuando la depresión está entre 13 mm – 25 mm.

Medio: Cuando la depresión está entre 25 mm – 50 mm.

Alto: Cuando las depresiones son mayores a 50 mm.

**Unidad de medición**: Las depresiones se miden en metros cuadrados de área afectada.

**Evolución probable**: Hundimiento, baches.

### **DESPLAZAMIENTO (DZ)**

Es un desplazamiento permanente de un área localizada de la superficie del pavimento causado principalmente por el tráfico, cuando el tráfico empuje contra el pavimento, se presentan en carpetas asfálticas construidas sobre concreto hidráulico, el concreto hidráulico empuja a la carpeta asfáltica produciendo desplazamientos y en ocasiones quedando expuesto (Astm 6433, 2007).



*Figura 19: Desplazamiento en calzada*

*Fuente: ASTM D6433,2016.*

#### **Causas:**

Se presenta cuando el tránsito produce una onda corta y abrupta en la superficie, en las mezclas de carpeta asfáltica inestables (Vásquez, 2002).

**Severidades:** (ASTM 6433, 2016).

Bajo: Desplazamientos producen una calidad de manejo de baja severidad.

Medio: Desplazamientos producen una calidad de manejo de mediana severidad.

Alto: Desplazamientos producen una calidad de manejo de alta severidad.

**Unidad de medición**: los desplazamientos se miden en (m<sup>2</sup>) de área afectada, los desplazamientos que ocurren en parches, se consideran dentro de inventario de parches, no como un daño adicional.

**Evolución probable**: fisuras longitudinales.

## **HINCHAMIENTO (HI)**

El hinchamiento se caracteriza por un aumento o bulto en la superficie del pavimento, una onda larga y gradual de más de 3 m de largo, los hinchamientos generalmente van acompañados de superficies fisurados (Vásquez, 2002).

### **Causas:**

Una de las causas es el congelamiento en la subrasante, en climas donde las temperaturas varían abruptamente, o en presencia de suelos potencialmente expansivos (Vásquez, 2002).

**Severidades** (Astm 6433,2016).

Bajo: Cuando el hinchamiento produce una calidad de tránsito de baja severidad.

Medio: Cuando el hinchamiento produce una calidad de tránsito de mediana severidad.

Alto: cuando el hinchamiento produce una calidad de tránsito de alta severidad.

**Unidad de medición**: Los hinchamientos se miden en m<sup>2</sup> de superficie afectada.

**Evolución probable**: piel de cocodrilo, baches.

## AHUELLAMIENTO (AHU)

Es una depresión en las zonas localizadas sobre la trayectoria de ruedas de vehículos en circulación, también junto a estas fallas presentan elevaciones de las áreas adyacentes a la zona comprimida. También estas fallas pueden producir fenómenos de hidropilano por almacenamiento de agua y cuando el ahuellamiento es alto produce un fallo estructural (Invias, 2006).

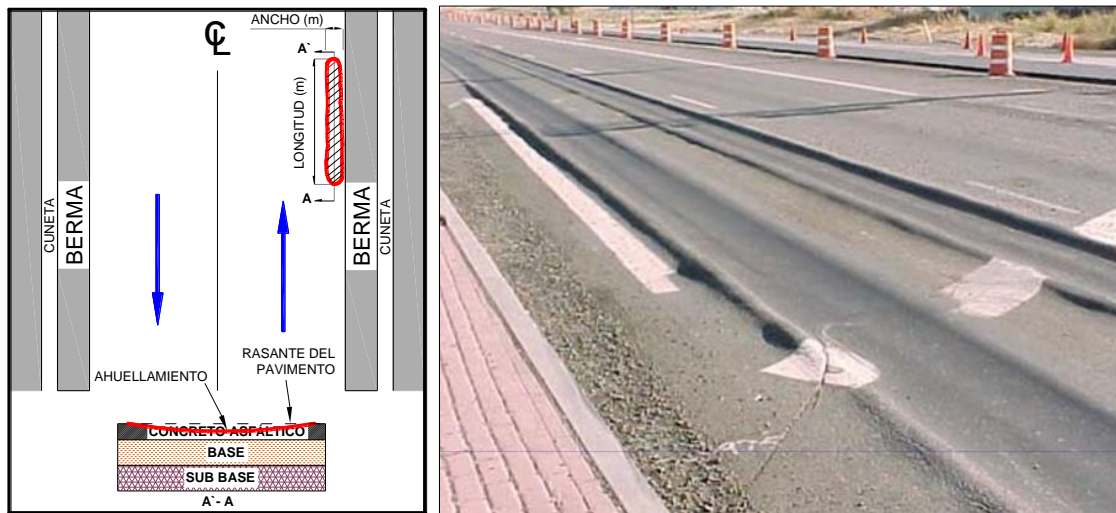


Figura 20: Ahuellamientos.

Fuente: <http://fallasenpavimentoflexible.blogspot.com/2014/05/tipos-de-fallas-en-pavimento-flexible.html>

### Causas:

El ahuellamiento se produce por una falla en la carpeta asfáltica, esto debido a la acción repetida de las cargas de tránsito, también por deflexiones en la subrasante debido a la fatiga (se produce cuando la acción repetida de cargas produce una elevada deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica (Rondón y Reyes p. 197) de la estructura.

Otra de las causas es el uso de materiales redondeados en la composición de las capas estructurales y principalmente en la carpeta asfáltica, también puede darse por una compactación inadecuada de las capas en construcción (Invias, 2006).

**Severidades** (Astm 6433,2016).

Bajo: Cuando la profundidad se encuentra entre 6 mm – 13 mm.

Medio: Cuando la profundidad es mayor a 13 mm – 25 mm.

Alto: Cuando la profundidad es mayor a 25 mm.

**Unidad de medición:** El ahuellamiento se mide en m<sup>2</sup> de área afectada, asignando la severidad de acuerdo con la zona de mayor profundidad.

**Evolución probable:** Baches.

### 2.3.2.3 Daños superficiales

#### DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (DA)

El desprendimiento es la pérdida de la superficie del pavimento, el desgaste de la superficie normalmente es causado por la oxidación, la compactación inadecuada, el contenido insuficiente de asfalto, el exceso de arena natural, la erosión de las aguas superficiales y el tráfico. El desprendimiento ocurre más rápido en áreas con alta radiación solar (Astm 6433, 2016).

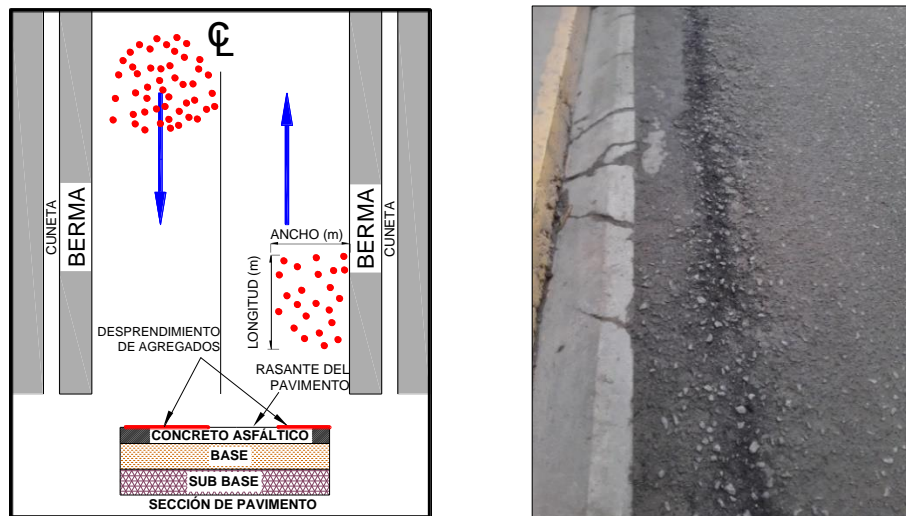


Figura 21: Desprendimiento de agregados.

Fuente: Invias, 2006

#### Causas:

El desprendimiento es causado en ocasiones por el derramamiento de ciertos aceites en la superficie que producen ablandamiento, a la pérdida de ligante facilitando la pérdida de agregados de la mezcla. (Vásquez, 2002).

**Severidades** (Astm 6433,2007).

Bajo: La superficie del asfalto comienza a mostrar signos de envejecimiento que pueden acelerarse debido a las condiciones climáticas. La pérdida es que la matriz agregada fina es notable y puede ir acompañada de un desvanecimiento del color del asfalto. Los bordes de los agregados gruesos están comenzando a exponerse menos de 1 mm.

Medio: La pérdida de la matriz de agregado fino es notable y los bordes del agregado grueso se han expuesto hasta un cuarto de ancho (del lado más largo) del agregado grueso debido a la pérdida de la matriz del agregado fino

Alto: Los bordes del agregado grueso se han expuesto a más de ¼ de ancho (del lado más largo) del agregado grueso. Existe una pérdida considerable de matriz de agregados finos que conduce a una pérdida potencial o parcial de agregados gruesos

**Unidad de medida:** la peladura y desprendimiento se miden en m<sup>2</sup> de área afectada.

**Evolución probable:** aumenta permeabilidad de la estructura, baches.

## AGREGADOS PULIDOS (AP)

Este tipo de daño es causado por la repetición de cargas de tránsito, cuando la superficie se vuelve suave al tacto, cuando la proporción del agregado visible en la superficie es pequeña no contribuye a la disminución de la velocidad del vehículo, este tipo de daño debe contarse con un examen de campo que identifique las superficies degradables, un tipo de ensayo es el que mide la resistencia al deslizamiento, (Vásquez, 2002).

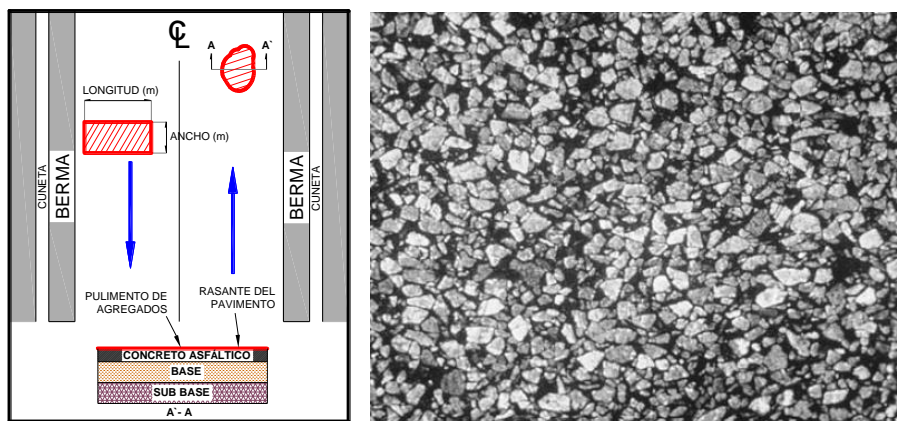


Figura 22: Esquema de agregados pulidos.

Fuente: ASTM D6433,2016.



### Causas:

La repetición de cargas de tránsito y la redondez de los agregados utilizados en la mezcla asfáltica.

### Severidades:

No define ningún nivel de severidad, sin embargo, el grado de pulimiento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición.

**Unidad de medida:** se mide en metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada, si se contabiliza exudación no se tendrá en cuenta pulimiento de agregados.

**Evolución probable:** Desprendimiento de agregados, aumento de permeabilidad de la estructura, baches.

### EXUDACIÓN (EX)

Este tipo de daño se presenta como una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladizo y usualmente pegajosa (Invias, 2006).

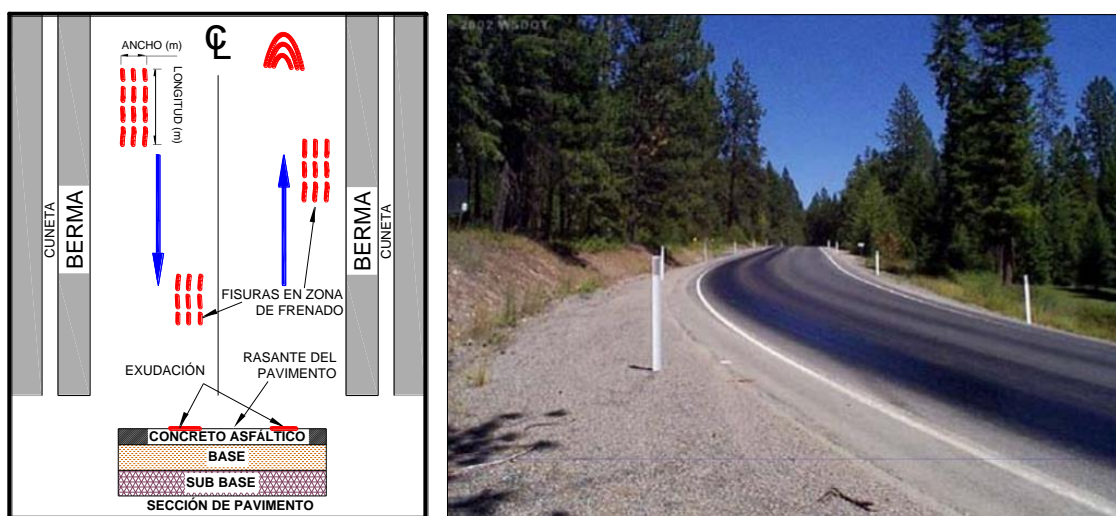


Figura 23: Exudación

Fuente: <https://es.slideshare.net/juanluisvilcayucra98/fallas-enpavimentos1>

### Causas:

La exudación se genera cuando la mezcla tiene cantidades excesivas de asfalto haciendo que el contenido de vacíos con aire de la mezcla sea bajo; sucede especialmente durante épocas o en zonas calurosas (Invias, 2006).

**Severidades:** Por el espesor de la película de asfalto exudado (Astm, 6433,2016).

Bajo: La exudación se hace visible en la superficie, aunque en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubre los agregados gruesos.

Medio: Apariencia característica, con exceso de asfalto libre que conforma una película que cubre parcialmente los agregados, con frecuencia localizada en las huellas del tránsito; se torna pegajoso en los climas cálidos.

Alto: Presencia de una cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, y se torna pegajoso en los climas cálidos.

**Unidad de medición:** Este tipo de daños es medido en metros cuadrados ( $m^2$ ).

### 2.3.2.4 Deterioro de capas estructurales

#### BACHES O HUECO (BCH)

Desintegración total de áreas localizadas en la superficie del pavimento, que dejan expuestas las capas subyacentes aumentando el área afectada y la profundidad, esto debido a las cargas de tránsito, el crecimiento de los huecos se ve afectado por la acumulación de agua dentro del bache.

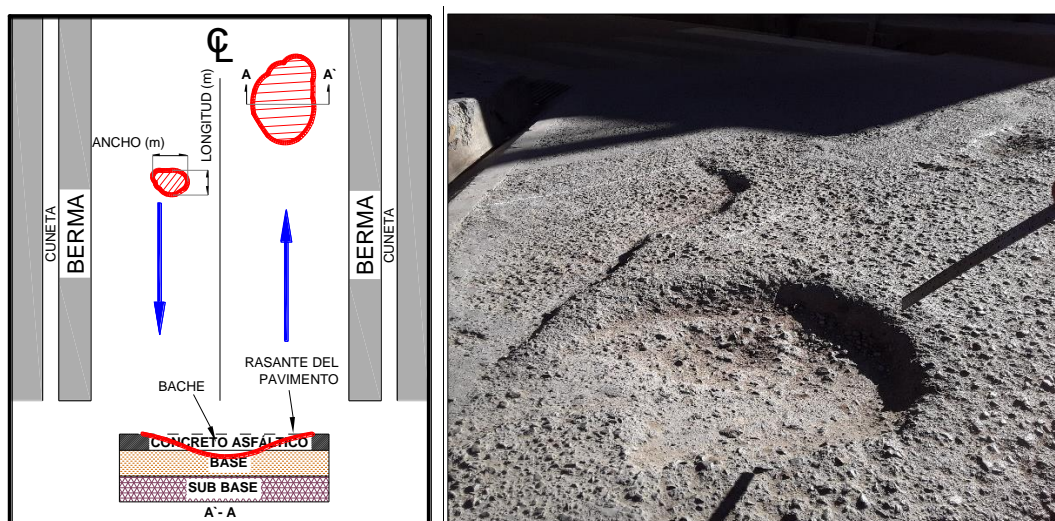


Figura 24: Baches.

**Causas:** (Invias, 2006)

Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo.

También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares), deficiencia de espesores de capas estructurales o producirse en zonas donde el pavimento o la subrasante son débiles.

**Severidades:** Los niveles de severidad para baches menores a 750 mm de diámetro, se basan en la siguiente tabla.

*Tabla 1: Niveles de severidad para baches.*

| Profundidad de Bache    | Diámetro promedio (mm) |                 |              |
|-------------------------|------------------------|-----------------|--------------|
|                         | 100 a 200 mm           | De 200 a 450 mm | 450 a 750 mm |
| De 13 mm a $\leq 25$ mm | B                      | B               | M            |
| $>25$ mm a $\leq 50$ mm | B                      | M               | A            |
| $>50$ mm                | M                      | M               | A            |

*Fuente: ASTM D6433,2016.*

**Unidad de medición:** Se miden en metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada, registrando la mayor severidad existente.

**Evolución probable:** Destrucción de la estructura.

### **PARCHE (PCH)**

Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original, han sido removidas o remplazadas por materiales similares o de mejores condiciones, ya sea para reparar la estructura (a nivel de capas superficiales como hasta las capas granulares), o para la reparación de sistema subterráneo como acueducto saneamiento, gas, electricidad, fibra

óptica, etc. Un parche se considera como defecto no importa que tan buena sea el estado de conservación (Invias, 2006).

Se debe tener en cuenta que cuando el remplazo parcial o total de la carpeta asfáltica se conoce como parcheo y cuando la intervención es hasta las capas subyacentes se le denomina bacheo.

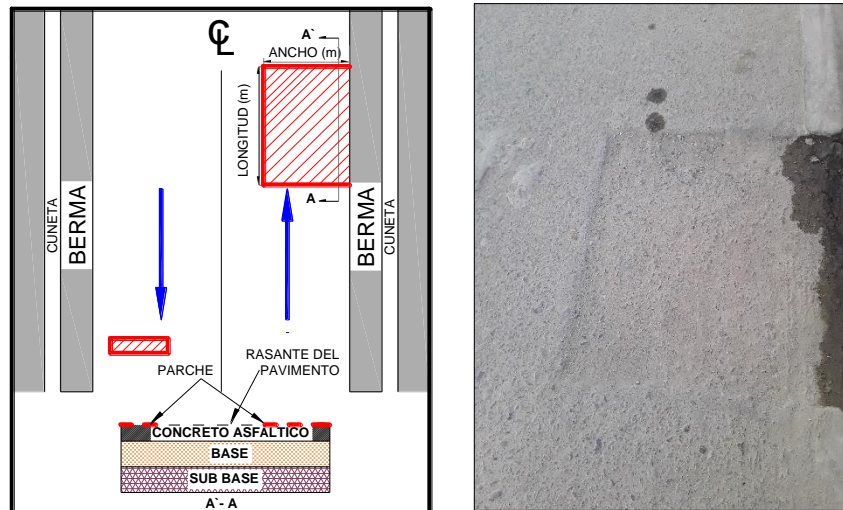


Figura 25: Parches.

#### Causas:

(Invias, 2006) considera que las causas de deterioro de los parches, pueden estar asociadas principalmente a:

- ✓ Procesos constructivos deficientes como el parcheo en épocas de lluvia.
- ✓ Deficiencias en las juntas.

#### Severidades: (Astm 6433, 2007)

Bajo: El parche está en buena condición, la calidad del tránsito califica como de baja severidad.

Medio: El parche esta moderadamente deteriorado.

Alto: El parche está muy deteriorado o la calidad de transito califica como alta severidad.

**Unidad de medida:** Los parches se miden en metros cuadrados ( $m^2$ ) de área, sin embargo, si un parche tiene áreas de diferente severidad estas deben medirse y

registrarse de forma separada, ningún daño debe registrarse dentro de un parche, aun si el material del parche se está desprendiéndose, el área se califica únicamente como parche.

**Evolución probable:** Deterioro general del pavimento.

### **CRUCE FERROCARRIL (CF)**

Este tipo de daño se presenta alrededor de los rieles o entre estos, produciendo una depresión o abultamiento del pavimento (Vásquez, 2002), en el Perú ha disminuido la instalación de ferrocarriles siendo este de amplio hace unos 50 años atrás.



*Figura 26: Cruce ferrocarril en calzada.*

*Fuente: ASTM D6433,2016.*

#### **Causas:**

Estos defectos se producen cuando se realiza una inadecuada instalación de los rieles, deficiencias en las capas subyacentes.

**Severidades:** (Astm 6433, 2007).

Bajo: El cruce de línea férrea produce calidad de conducción de baja severidad.

Medio: El cruce de línea férrea produce calidad de conducción de severidad media.

Alto: El cruce de línea férrea produce calidad de conducción de severidad alta.

**Unidad de medición:** El área de cruce se mide en (m<sup>2</sup>) si el cruce no afecta al tránsito no debe registrarse en el inventario de fallas, cualquier depresión o abultamiento causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

### **DESNIVEL CARRIL BERMA (DCB)**

Este daño corresponde a una diferencia de nivel entre la calzada y la berma, debido a un desplazamiento de la berma. Permitiendo la infiltración de agua en la estructura del pavimento (Invias, 2006).

#### **Causas:**

Se presentan por general por las diferencias entre materiales utilizados en la berma y la calzada, por el bombeo de material de base de la berma, y en ocasiones se presenta por la inestabilidad de taludes adyacentes a la berma (Invias, 2006).

#### **Severidades (Astm 6433,2007).**

Bajo: La diferencia en elevación entre la calzada y berma es > 25 mm y menor a 50mm.

Medio: La diferencia en elevación entre calzada y la berma está entre 50 mm y 100 mm.

Alto: la diferencia en elevación entre la calzada y la berma es mayor a 100 mm.

**Unidad de medición:** el desnivel calzada/berma se mide en metro lineal.

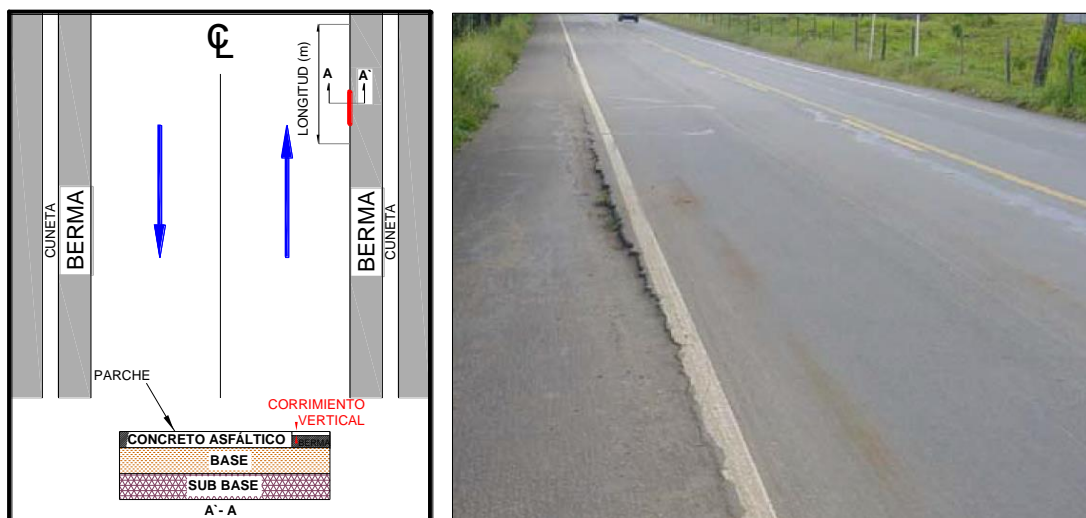


Figura 27: Desnivel carril berma.

Fuente: Invias, 2006.

A continuación, se presenta la tabla 2 que resume las fallas en un pavimento flexible, se ha elaborado para tener un documento de fácil acceso en la determinación de fallas y grado de severidad durante el trabajo de campo, de tal manera que reduzcan los costos y tiempo en la obtención de información.

Tabla 2: Resumen de fallas por nivel de severidad en pavimentos flexibles

| ASTMD 6433-2007.   |            |  |  |  |              |
|--|------------|--|--|--|--------------|
| TIPO DE DAÑO (unidad de medida)                                | CONVENCIÓN | SEVERIDADES  |  |  |              |
|  |            | BAJA   | MEDIA  | ALTA   |              |
| <b>FISURAS</b>   |            |  |  |  |              |
| Fisuras Longitudinales (m)                                     | FL         | Ancho de grietas<10mm  | 10mm<=ancho de grietas<75mm  | ancho de grietas>75mm  |              |
| Fisuras Transversales (m)                                      | FT         | Ancho de grietas<10mm  | 10mm<=ancho de grietas<75mm  | ancho de grietas>75mm  |              |
| Reflexion de juntas de pavimentos Rígidos (m)                  | RJR        | Ancho de grietas<10mm  | 10mm<=ancho de grietas<75mm  | ancho de grietas>75mm  |              |
| Fisuras de Borde (m)   | FBD        | Agrietamiento bajo o medio sin ruptura o desprendimiento.  | Grietas con algunas rupturas y desprendimientos.   | Considerable fragmentacion o desprendimiento a lo largo del borde.   |              |
| Fisuras en Bloque (m2)   | FB         | Bloques definidos con fisuras de baja severidad  | Bloques definidos con fisuras de severidad media.  | Bloques definidos con fisuras de severidad alta.   |              |
| Piel de cocodrilo (m2)   | PC         | Fisuras longitudinales en la huella con pocas o ninguna conexión de ellas, sin bombeo.                 | Patron definido de fisuras, con ligero desgaste en los bordes, sin bombeo.   | Fisuras definidas con desgaste en los bordes y bloques sueltos.  |              |
| Fisuras parabolicas por deslizamiento (m2)                     | FD         | ancho de fisuras<10mm  | 10mm<=ancho de fisuras<40mm  | ancho de fisuras>40mm  |              |
| <b>DEFORMACIONES</b>   |            |  |  |  |              |
| Ondulaciones (m2)  | OND        | Ondulaciones producen una calidad de transito de baja severidad.                                       | Ondulaciones producen una calidad de transito de mediana severidad.  | Ondulaciones producen una calidad de transito de alta severidad.   |              |
| Abultamiento y Hundimientos (m2)                               | AH         | Abultamientos o hundimientos originan una calidad de transito de baja severidad.                       | Abultamientos o hundimientos originan una calidad de transito de mediana severidad.  | Abultamientos o hundimientos originan una calidad de transito de alta severidad.   |              |
| Depresión (m2)   | DP         | 13mm<=DP<=25mm   | 25mm<DP<50mm   | 50mm<DP  |              |
| Desplazamiento (m2)  | DZ         | Desplazamientos producen una calidad de transito de baja severidad.                                    | Desplazamientos producen una calidad de transito de mediana severidad.   | Desplazamientos producen una calidad de transito de alta severidad.  |              |
| Hinchamiento (m2)  | HI         | Cuando el hinchamientos producen una calidad de transito de baja severidad.                            | Cuando el hinchamientos producen una calidad de transito de mediana severidad.   | Cuando el hinchamientos producen una calidad de transito de alta severidad.  |              |
| Ahuellamiento (m2)   | AHU        | 6mm<profundidad<13mm   | 13mm<profundidad<25mm  | 25mm<profundidad   |              |
| <b>DAÑOS SUPERFICIALES</b>                                     |            |  |  |  |              |
| Peladura y Efecto Interperie desprendimiento de agregados (m2) | PEI        | El agregado ha comensado a desgastarse, algunas areas a empezado a picarse pero la superficie es dura. | El agregado esta desgastado, textura rugosa.   | El agregado ha sido desgastado considerablemente, textura muy aspera y severa, agregados han perdido efecto vinulante con el ligante.                                |              |
| Agregado pulidos (m2)  | AP         | Sin grados de severidad asociados.   |  |  |              |
| Exudación (m2)   | EX         | La exudacion se hace visible en la superficie.   | Apariencia característica con exceso de asfalto libre, que conforma una película que cubre parcialmente los agregados, pegagoso en climas calidos. | Cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados y le da aspecto humedo de coloracion negro, pega. en climas calidos. |              |
| <b>DETERIORO DE CAPAS ESTRUCTURALES</b>                        |            |  |  |  |              |
| Bache o Hueco (m2)   | BCH        | TABLA X1.1 Niveles de severidad para baches  |  |  |              |
|  |            | Profundidad máxima de Bache  | Diámetro promedio (mm)   |  |              |
|  |            | De 13mm a <=25mm   | 100 a 200 mm   | De 200 a 450 mm  | 450 a 750 mm |
|  |            | >25mm a <=50mm   | B  | M  | A            |
| >50mm  | M          | M  | A  |  |              |
| Parqueo (m2)   | PCH        | Esta en Buena condición y se desempeña satisfactoriamente.   | El parche esta moderadamente deteriorado.  | El parche esta muy deteriorado o la calidad de transito califica como alta severidad.  |              |
| Cruce de Ferrocarril (m2)                                      | CF         | Cruce de linea ferrea produce calidad de transito de baja severidad.                                   | Cruce de linea ferrea produce calidad de transito de severidad media.  | Cruce de linea ferrea produce calidad de transito de severidad alta.   |              |
| <b>OTROS DAÑOS</b>   |            |  |  |  |              |
| Corrimiento Vertical de la Berma (m)                           | DCB        | 25mm<diferencia de elevacion entre calzada y berma<50mm  | 50mm<diferencia de elevacion entre calzada y berma<100mm   | diferencia de elevacion entre calzada y berma>100mm  |              |
| <b>Comentarios</b>   |            |  |  |  |              |

Fuente: Adaptado de ASTM D6433, 2016.

Identificadas las fallas consideradas en la metodología del PCI, pasamos a definir los componentes principales del método para una correcta evaluación.

### **2.3.3 Red de pavimento**

Una red de pavimento es un agrupamiento de pavimento para la gestión de mantenimiento y rehabilitación, el gestor en pavimento decide qué tipo de instalaciones serán identificadas como redes separadas (Shahin, 2005), por ejemplo, una gran ciudad puede identificar sus pavimentos como muchas redes, una para cada distrito, alternativamente puede identificar todas las aceras como una red, un aeropuerto puede identificar dos redes, uno para aeródromos y el otro para carreteras y estacionamientos, la red está compuesta por ramas.

#### **2.3.3.1 Rama de pavimento**

Una rama es una parte fácilmente identificable de la red de pavimento y tiene un uso distinto, por ejemplo, una avenida, un estacionamiento, se consideran cada uno rama de la red de pavimento. Se deben implantar convenciones lógicas para diferenciar por ejemplo las calles en un mapa, se identifica cada rama por separado y dado el nombre de la calle (Shahin, 2005).

#### **Sección de pavimento**

Las ramas se dividen en componentes más pequeños llamados secciones, estas deben presentar el mismo tipo de superficie, por ejemplo: concreto, asfalto, etc. Cada rama consta de al menos una sección, pero puede consistir en más si las características varían a lo largo de la rama, los factores a considerar dividir la rama en secciones son, estructura del pavimento, historia de construcción, tráfico, instalaciones de drenaje, etc. (Shahin, 2005), las secciones a su vez se dividen en unidades de registro.

#### **Unidades de registro en la sección de pavimento**

Es una sub división de la sección de pavimento, varía entre  $230 \text{ m}^2 \pm 92 \text{ m}^2$  en pavimentos flexibles (Astm D6433, 2016), y son las unidades de análisis en la metodología del PCI.



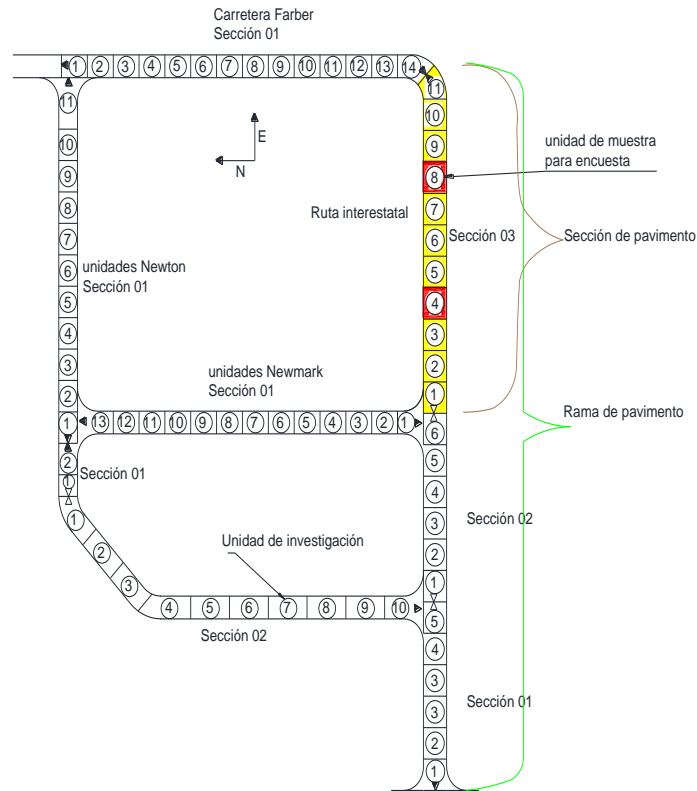


Figura 28: Red de carretera dividida en unidades de muestra.

Fuente: Shahin 2005.

El procedimiento para la determinación de las unidades de registro se muestra a continuación (Astm D6433, 2016)

- a. Identificar la red de pavimento.
- b. Identificada la red, esta será dividida en ramas de pavimento, que pueden tener diferentes usos como carreteras o estacionamientos.
- c. Dividir cada rama en secciones basándose en el diseño del pavimento, historial de construcción, tráfico.
- d. Dividir cada sección en unidades de registro las cuales tienen un tamaño estándar, para pavimentos flexibles será de  $230 \text{ m}^2 \pm 92 \text{ m}^2$ , si el pavimento no es divisible por 230, se podrá utilizar el rango para ajustar condiciones de campo específicos.
- e. El número de unidades de registro puede variar, de todas las unidades de registro de una sección hasta el número de unidades de registro que permita un nivel de confianza del 95%, o hasta un número menor, en este caso se podrá utilizar las unidades de registro adicionales hasta cumplir con las unidades mínimas.

f. En el caso que las actividades de mantenimiento y rehabilitación sean necesarias para el análisis detallado de proyectos, es recomendable realizar la inspección de todas las unidades de muestreo.

g. El número de unidades de registro (unidad de muestra) “n” a ser inspeccionados en una sección, para obtener un valor estadísticamente adecuada (95% de confiabilidad), podemos encontrarlo utilizando la ecuación (2) y redondeando el valor obtenido “n” al próximo número entero mayor.

$$n = \frac{N * S^2}{\frac{e^2 * (N-1)}{4} + S^2} \quad (2)$$

**Donde:**

- ✓  $e$  = Error admisible en el cálculo del PCI de la sesión ( $e = \pm 5$  puntos del PCI).
- ✓  $S$  = Desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección.
- ✓  $N$  = Número total de unidades de registro en la sección.
- ✓  $n$  = Número mínimo de unidades de registro a evaluar.

Al realizar la inspección se asume una desviación estándar de 10. Si la obtención del nivel de confianza del 95% es crítica, se debe verificar que el número de unidades de muestra sea el adecuado. Mediante la actualización de la desviación estándar utilizando la ecuación 3.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{n - 1}} \quad (3)$$

**Donde:**

- ✓  $PCI_i$  = PCI de la unidad de muestra  $i$ .
- ✓  $PCI_f$  = PCI promedio de las muestras analizadas.
- ✓  $n$  = Número total de unidades de muestro analizadas.
- ✓  $S$  = Desviación estándar.

Cuando se demuestra que el número de unidades de registro es deficiente con el uso de la desviación estándar, se podrá seleccionar e inspeccionar unidades de registro adicionales al azar, estas muestras deberán ser espaciales uniformemente en la sección.

Una vez determinado el número de unidades de registro, se determina mediante la ecuación (4) el intervalo de espaciamiento entre las muestras de manera sistemática y aleatoria; de tal manera que las muestras estén distribuidas uniformemente empezando desde la primera muestra, las siguientes unidades de muestreo serán ubicadas a intervalos  $i$  repetidos.

$$i = \frac{N}{n} \quad (4)$$

**Donde:**

- ✓  $N$  = Número total de unidades de muestra en la sección.
- ✓  $n$  = Número total de unidades de muestra a ser analizadas.

Dentro de las unidades de muestreo, se pueden diferenciar también unidades de muestra adicional que son, unidades de registro seleccionadas adicionalmente a las unidades de muestra, con la finalidad de incluir unidades no representativas como una falla, que no es frecuente, como cortes en el pavimento para instalaciones de agua, gas, etc. (Astm D5340, 2005).

#### **2.3.4 Recolección de datos**

Procedimiento en el cual se recoge una determinada información, para ello se utilizan elementos de registro, la tabla 3 muestra el formato de campo para recolección de datos utilizada en la investigación, que permite registrar: identificación de la unidad de muestra, la sección del pavimento, área de la muestra, la persona encargada de la inspección, la fecha, las fallas presentes en el pavimento, el grado de severidad de cada falla presente, la cantidad de falla, el valor de la densidad de falla, el valor deducido para cada falla y un gráfico o esquema de la unidad evaluada.



nivel de severidad, cantidad y a continuación realizar el siguiente procedimiento utilizando el formato de campo para recolección de datos.

- a) Debemos sumar todas las áreas de un tipo de falla y severidad, para registrarlo en la columna total, las unidades de medida serán dependiendo del tipo de falla en m o m<sup>2</sup>.
- b) Dividir el total entre el área de la unidad de muestra inspeccionada y multiplicar por 100 para obtener en porcentaje, el resultado ingresarlo en la columna densidad (%).
- c) Determinar el valor deducido (VD) para cada tipo de combinación de fallas y grados de severidad; dos son los datos de ingreso para hacer uso de los gráficos de valor deducido (Anexo 01), la densidad de falla y el nivel de severidad.
- d) Solo uno o ninguno de los valores deducidos (VD) es mayor a 2, la suma de los valores deducidos es utilizada para encontrar el PCI, caso contrario debemos determinar el máximo valor deducido corregido (VDC).
- e) Para determinar (VDC), primero encontramos m, el máximo número de valores permitidos para encontrar (VDC) utilizando la ecuación (5).

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - VAR) \leq 10 \quad (5)$$

***Donde:***

*m = Número permitido de valor deducido (VD) incluyendo fracción,  $m \leq 10$ .*

*VAR = Valor individual más alto de valor deducido (VD).*

- f) El valor m nos indica el máximo número de valores permitidos para trabajar en la determinación de (VDC) si tenemos menores valores deducidos que m utilizamos todos ellos.
- g) Sumar todos los valores deducidos (VD) de la fila y colocar este valor en la columna de total, luego ingresar en la columna “q” el número de VD que son mayores a 2.
- h) Calculamos el VDC ingresando en la curva de valores deducidos corregidos para pavimento de asfalto (figura 37) con los valores del total y “q” calculados.

- i) Copiamos los valores deducidos (VD) en la siguiente fila, combinando el menor valor de VD mayor que 2 a 2, repetimos los pasos anteriores g, h, i, hasta que se cumpla “q”=1.
- j) El máximo VDC es el más alto valor de la columna VDC.
- k) Calcular el PCI de la unidad de muestra restando el valor máximo deducido corregido de 100 es decir  $PCI = 100 - \text{Máximo VDC}$ .

### 2.3.6.1 Determinación del PCI de la sección

Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas, entonces el PCI de la sección es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas, la ecuación (6) es empleado para este caso.

$$PCI = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i * A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (6)$$

**Donde:**

$PCI = PCI$  ponderado del área de las unidades de muestra.

$PCI_i = PCI$  de la unidad de muestra “i”.

$A_i = \text{Área}$  de la unidad de muestra “i”.

$n = \text{Número}$  de unidades de muestra.

Si se inspeccionan muestras adicionales, entonces se utiliza un promedio compensado, utilizando la siguiente ecuación.

$$PCI_s = \frac{[(N - A) * PCI_r] + [A * PCI_A]}{N} \quad (7)$$

**Donde:**

$PCI_s = PCI$  compensado de la sección.

$N = \text{Número}$  total de unidades de muestra en la sección.

$A = \text{Número}$  de unidades de muestra adicionales.

$PCI_r = \text{Valor}$  promedio PCI de unidades de muestra seleccionadas que no son adicionales.

$PCI_A = \text{Valor}$  promedio de PCI de unidades de muestra adicionales.

Determinar la calificación numérica de la condición del pavimento, como su clasificación verbal, haciendo uso de la figura 7.

Se debe desarrollar un reporte resumen para cada sección, donde incluya la ubicación de la sección, su tamaño, el número total de unidades de muestra, las unidades de muestra inspeccionados, los valores PCI obtenidos, el PCI promedio de la sección y la clasificación de la sección.

### **2.3.7 Margen de error**

Cabe mencionar que durante la toma de datos en campo la calificación en cuanto, a la severidad de las fallas es subjetiva. Con la utilización de este método de inspección, los inspectores deben determinar los tipos de falla con una certeza del 95%. Las medidas longitudinales deben ser consideradas adecuadas cuando se encuentran dentro de un rango de variación del 10%, si se las vuelva a medir y de 20% en caso de superficie.

## **3 Mantenimiento vial en pavimentos asfálticos**

### **3.1 Definición**

Se define como las acciones necesarias para preservar las condiciones físicas de una carretera; como la calzada, las bermas, las obras de drenaje entre otros. Puesto que para su construcción se utiliza una enorme cantidad de fondos, la conservación vial tiene por objetivo también el aseguramiento de este capital durante los periodos de diseño (Humpiri 2015).

Dentro de la evaluación de los pavimentos asfálticos, podemos mencionar el mantenimiento rutinario, el mantenimiento periódico, la rehabilitación, la reconstrucción, y reparaciones de emergencia, estos serán utilizados de acuerdo al grado de deterioro que presentan los pavimentos y luego de una evaluación.

### **3.2 Mantenimiento rutinario**

Son las acciones o partidas comprendidas a intervalos menores a un año, que tienen la finalidad de preservar la integridad estructural, realizando limpieza de calzada y cunetas, bacheos puntuales en la calzada, corte de vegetación, entre otras.

A continuación, se describen los procedimientos empleados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para mantenimientos en pavimentos flexibles.

### **3.2.1 Sellado de fisuras y grietas**

El objetivo del sellado de fisuras y grietas es la de impedir el ingreso de agua, piedras y materiales que pueden ser perjudiciales al pavimento, también con el objetivo de retardar el proceso de aparición de otras fallas como las de piel de cocodrilo y baches. Se denomina fisuras a las aberturas menores a 3 mm y grietas a los mayores, es preferible actuar cuando se empiece a mostrar las primeras fisuras en el pavimento, es eficaz para tratar fisuras y/o grietas de fatiga, fisuras y/o grietas de borde, fisuras y/o grietas de contracción, fisuras y/o grietas longitudinales y la fisura y/o grietas de reflexión de juntas. Los materiales utilizados en el sellado de fisuras y/o grietas de acuerdo a sus dimensiones son:

#### **3.2.1.1 Fisuras y grietas hasta 6 mm de ancho**

Primeramente, se realiza una limpieza manual o mecánica de las fisuras, luego utilizar un riego de liga con emulsión asfáltica, seguido de esparcido y compactado de arena que reúna una granulometría adecuada; la arena es utilizada en los tratamientos de fisuras y grietas para evitar que el sellado sea retirado por el paso de los vehículos. Asimismo, las técnicas de sellado en fisuras y grietas deben realizarse cuando la temperatura ambiente sea mayor a 5° C y menor a 30° C.

#### **3.2.1.2 Grietas entre 6 mm y 20 mm de ancho**

Tomar las medidas preventivas, a continuación la limpieza de las grietas, seguido de un riego de liga utilizando emulsión asfáltica tipo CSS-1 (Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, de mediana viscosidad, los agregados pétreos utilizados para su fabricación son basaltos, granitos y de origen silicio (Rondón y Reyes p. 54)) esta permite una mejor unión entre materiales de la carpeta asfáltica con el sellante, para este caso el sellante utilizado son asfaltos modificados con polímeros y con caucho o sellantes elastómeros, se puede espolvorear cal cuando se necesite dar paso al tráfico, puesto que puede adherirse el sellante a los neumáticos del vehículo.



### **3.2.1.3 Grietas entre 20 mm – 70 mm de ancho**

Comienza con la limpieza mecánica de las grietas, a continuación, se utiliza un riego de liga de emulsión asfáltica CSS-1, para luego emplear selladores como una mezcla de arena y emulsión asfáltica como Slurry Seal o asfálticos modificados con polímeros y caucho.

### **3.2.1.4 Grietas mayores a 70 mm**

Limpieza de grietas, aplicar una emulsión asfáltica tipo CSS-1 para mejorar la adherencia entre capas inferiores y los sellantes; utilizar una mezcla asfáltica en caliente CA 60-80 (Mezcla asfáltica en caliente que resulta de combinar cemento asfáltico, agregados, polvo mineral y aditivos el indicativo 60-80 se refiere a la penetración mínima y máxima respectivamente (Rondón y Reyes p. 40)) o CA 80-100 (Mezcla asfáltica en caliente que resulta de combinar CA, agregados, polvo mineral y aditivos el proceso de fabricación implica calentarlos a temperaturas de orden de 142 °C (Rondón y Reyes p. 40)).

## **3.2.2 Parchado superficial**

El parchado superficial es eficaz para tratar males como áreas agrietadas por fatiga de la estructura, baches localizados, desprendimientos de la carpeta asfáltica, corrugaciones o distorsiones en la calzada, utiliza un ligante o emulsión asfáltica, un sellante de mezclas asfálticas densas, y finalmente la debida compactación; se diferencia del parchado profundo porque los parches son menores a 50 mm.

Para la ejecución de los trabajos primeramente se toma las medidas de seguridad, para luego realizar la identificación de las áreas de parchado, se tiene que cortar hasta 30 cm de superficie circundante del área en buen estado haciendo uso de la cortadora de piso, para luego eliminar los materiales excedentes y limpiar enérgicamente el bache con compresor de aire. Se pueden utilizar mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas en frío.

### **3.2.2.1 Utilizando mezclas asfálticas en caliente**

Una vez obtenida la superficie a bachear limpia de polvo e impurezas, se procede con la utilización de ligantes que pueden ser asfaltos diluidos de curado medio MC-30 (Asfalto

diluido que se produce diluyendo CA con querosene, el indicativo 30 indica la viscosidad cinemática, el uso en obra debe controlarse por el riesgo de volatilidad e inflamación (Rondón y Reyes p. 63)) o emulsión asfáltica. Para utilización de mezclas asfálticas de preferencia se debe utilizar mezclas densas en caliente, ligadas con cemento asfáltico CA 60-70 (Cemento Asfáltico (CA) que se utiliza como ligante de mezclas en caliente, utilizado para altos volúmenes de tránsito, y a temperaturas mayores a 24 °C, el indicativo 60-70 indica el grado de penetración que permite el CA al ser sometido al ensayo de penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (Rondón y Reyes p. 34-35)) o CA 85-100 (Cemento Asfáltico (CA) utilizado como ligante de mezclas en caliente, empleado a temperaturas menores a 24 °C, el grado de penetración es mayor comparado con el CA 60-70 (Rondón y Reyes p. 34-35)), el parchado superficial se puede realizar de dos maneras parchado manual y parchado mecanizado.

### **Parchado superficial manual**

El parchado comprende la excavación, la remoción del pavimento a reemplazar, el traslado, eliminación de trazos removidos en depósitos acondicionados; la preparación, transporte, colocación y compactación de las mezclas asfálticas utilizando equipos manuales. Las mezclas asfálticas se deben extender 6 mm sobre el pavimento circundante, el desnivel permitido entre la zona reparada y el pavimento aledaño será de 3 mm.



*Figura 29: Trabajos en parchado superficial.*

*Fuente: <https://rpp.pe/lima/actualidad/municipalidad-de-lima-rehabilita-asfalto-en-la-costa-verde-noticia-545115>*

### **Parchado superficial mecanizado**

Al igual que el parchado manual comprende la excavación, remoción del pavimento o remplazar, el transporte, colocación y compactación de mezclas asfálticas, pero con maquinaria mecanizada, la cual debe permitir limpiar el bache con un chorro de aire que saca los elementos ajenos al pavimento, el operario aplica un ligante asfáltico que calienta el área para asegurar la colocación de materiales, para finalizar se colocará la capa final de material que cubrirá el bache.

#### **3.2.2.2 Utilizando mezclas asfálticas en frío**

Las mezclas asfálticas en frío son utilizadas para la aplicación de carpetas asfálticas en zonas donde las temperaturas son bajas, donde no hay plantas de asfalto en caliente y donde las lluvias son frecuentes. Considerando que las mezclas en frío se deforman más en comparación a las mezclas en caliente (Bulla, Rodríguez, Higuera, 2017) la convierte en una técnica adecuada para vías de bajos niveles de tránsito y en la reparación de baches. Su producción es más económica si las comparamos a las mezclas en caliente porque no es necesario el empleo de pavimentadoras y una particularidad es que emite menos CO<sub>2</sub> que las mezclas en caliente, contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental.

Las mezclas en frío se componen de una emulsión asfáltica más agua de mezclado más los agregados y un relleno mineral, para el mantenimiento (bacheo) de las carpetas asfálticas se utiliza una emulsión asfáltica compuesta por (CA, un emulsificante, agua, material adicional dependiendo del tipo de emulsión), los agregados minerales deben reunir una granulometría densa de tamaño máximo nominal de 1/2", el relleno mineral puede ser cemento portland.

Las mezclas en frío para parches se puede elaborar en situ, se realizará una limpieza profunda a la zona a bachear, luego la aplicación de un riego de liga con emulsión asfáltica a razón de 0.6 *lit/m<sup>2</sup>*, seguido del esparcido de la mezcla asfáltica en frío usando rastrillos, para compactar se puede utilizar plancha compactadora o las ruedas de un camión y finalmente realizar luego de 24 horas un barrido para eliminar las partículas sueltas.

Luego del barrido y limpieza de partículas sueltas en el parche, se realiza un sello asfáltico para impermeabilizarlo, utilizando una emulsión asfáltica modificada con

polímeros y diluida en agua en proporción 75% de emulsión y 25% de agua, finalmente realizar un arenado para no levantar el sello asfáltico.

### **3.2.3 Parchado profundo**

El objetivo principal del parchado profundo es de recuperar las condiciones superficiales para una adecuada circulación vehicular y disminuir el deterioro de la estructura. Se caracteriza por tener una altura mayor a 50 mm, afectando en algunos pavimentos a la carpeta asfáltica, la base e incluso la sub base, es aplicable cuando se produce agrietamiento por fatiga en la estructura, fisuras de piel de cocodrilo, fisuras en bloque, eyección de finos y/o agua, también en las grietas alta severidad.

Los materiales utilizados en el parchado profundo son por lo general de las mismas características de la vía existente, cuando en el pavimento ha sido afectado la capa de sub base se tiene que emplear los requerimientos mínimos de material de base para reemplazar esta dolencia, es necesario también una imprimación con emulsión asfáltica de rotura lenta CSS-1 o asfalto RC 250, las mezclas a utilizar de preferencia serán mezclas densas ligadas con cemento asfáltico CA60 – 70. Al igual que el procedimiento de parchado superficial se deberá cortar el bache hasta 30 cm, paralelo y perpendicular a la zona aparentemente buena adyacente al bache, para luego excavar, remover el pavimento, remplazo de base y sub base con material de base, traslado de trozos removidos a depósitos autorizados, imprimación, suministro e instalación de la mezcla asfáltica y la compactación.

Se debe prever que la imprimación haya penetrado, para luego extenderse la mezcla de tal forma que sobresalga 6 mm sobre el pavimento circundante en los extremos y coincidiendo con las líneas de corte de la zona, se deberá recortar la mezcla de manera de dejar paredes verticales y retirar cualquier exceso, la compactación deberá realizarse con rodillo neumático de 5 ton. o mayor, el desnivel máximo tolerable de la zona reparada y el pavimento aledaño será de 3 mm.

### **3.2.4 Tratamiento de zonas con exudación**

Se refiere al tratamiento de zonas del pavimento que presentan excesos de asfalto, por medio de la utilización de arena seca cuya granularidad sea mayor a 0 mm y menor a 3

mm, para ello se contara como máximo un carril de la vía cuya longitud sea menor a 1000 m, se repetirá el extendido de la capa de arena hasta que el exceso de asfalto este completamente absorbido; el papel de la arena es de absorber el exceso de asfalto en el pavimento; al terminar el tratamiento los excesos de arena deberán ser eliminados.

### **3.3 Mantenimiento periódico**

Generalmente los mantenimientos periódicos se realizan con menor frecuencia en comparación con el mantenimiento rutinario, se le realiza para corregir las deficiencias que se presentan en la carpeta asfáltica utilizando tratamientos superficiales.

#### **3.3.1 Sellos asfálticos**

Los sellos asfálticos tienen por objeto prevenir y corregir deficiencias en la superficie del pavimento flexible, sellando fisuras y rejuveneciendo las capas superficiales que han sufrido pérdida de asfalto por oxidación; los materiales utilizados pueden ser ligantes asfálticos solos o combinados con agregados, para realizar los sellos asfálticos debe preverse inspecciones permanentes en la calzada.

Son eficaces para combatir los siguientes tipos de daño: correcciones de fisuras, desprendimiento de agregados en la mezcla, falta de adherencia del asfalto con las partículas usadas en la mezcla, desgaste de la capa superficial por materiales poco resistentes y por la carencia de asfalto en el proceso de ejecución, la aplicación de sellos asfálticos son mediante emulsión asfáltica, Slurry Seal y micropavimento.

##### **3.3.1.1 Emulsión asfáltica**

La emulsión asfáltica es utilizada principalmente para ayudar a realizar una eficiente adherencia entre los agregados y el asfalto, está compuesta por asfalto en un porcentaje que puede alcanzar el 62%, agua y un emulsificante, en el caso de sellado, la emulsión asfáltica puede ser utilizada (sola), para rejuvenecer a la superficie de la calzada sellando fisuras de severidad baja o desprendimiento de agregados de severidad baja.

##### **3.3.1.2 Slurry seal**

Es una mezcla compuesta por una emulsión asfáltica, agregado mineral, agua y aditivos; las mezclas en frío también pueden ser utilizadas para la elaboración de slurry

seal; la emulsión asfáltica (CSS1) y el agua componen la mezcla líquida que pueden ser esparcidas a razón de  $1.5 \text{ lit}/\text{m}^2 - 2 \text{ lit}/\text{m}^2$  de forma tal que las  $\frac{3}{4}$  partes del agregado mineral esparcido quede embebido en el asfalto, la tabla 4 muestra la utilización del slurry para diferentes espesores, la tasa de aplicación del agregado puede alcanzar valores de  $12 \text{ kg}/\text{m}^2$ , finalmente se realiza la compactación, los procedimientos descritos se realiza con equipo mecánicos como camión imprimador, esparcidor de agregados y rodillos neumáticos, aunque la mejor forma de aplicación es utilizar un equipo como el de la figura 30, que permita mezclar todos los ingredientes del slurry y aplicarlos directamente en la superficie.

Tabla 4: Especificaciones para slurry y micropavimento.

| Tamiz tamaño           | Tipo I           | Tipo II             | Tipo III          |
|------------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| 3/8" (9.5 mm)          | 100              | 100                 | 100               |
| #4 (4.75 mm)           | 100              | 90-100              | 70-90             |
| #8 (2.36 mm)           | 90-100           | 65-90               | 45-70             |
| #16 (1.18 mm)          | 65-90            | 45-70               | 28-50             |
| #30 (600 um)           | 40-65            | 30-50               | 19-34             |
| #50 (330 um)           | 25-42            | 18-30               | 12-25             |
| #100 (150 um)          | 15-30            | 10-21               | 7-18              |
| #200 (75 um)           | 10-20            | 5-15                | 5-15              |
| <b>Asfalto</b>         | <b>10-16 (%)</b> | <b>7.5-13.5 (%)</b> | <b>6.5-12 (%)</b> |
| <b>Relleno mineral</b> | <b>0-3 (%)</b>   |                     |                   |
| <b>Aditivos</b>        |                  | <b>SI</b>           | <b>SI</b>         |
| <b>Uso</b>             | Sellado grietas  | Tráfico moderado    | Defectos severos  |

Fuente: ISSA International slurry surfacing association



Figura 30: Aplicación de sello asfáltico mediante Slurry Seal en carretera IIRSA SUR.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=YxGFzjs4JcY>

### **3.3.1.2 Micropavimento**

El micropavimento es una forma avanzada de slurry, puesto que los materiales utilizados serán de la mejor calidad, la piedra debe ser 100% triturada, en el micropavimento la emulsión siempre esta modificada con polímeros, se puede ejecutar en una o dos capas, el rompe (perdida de agua) se produce por una reacción química y no por evaporación como lo hace el slurry, permitiendo que pueda ser aplicado de noche, la tabla 4 muestra la utilización de mezclas para micropavimento solo en el tipo II y Tipo III. La figura 30 también es utilizado para la preparación y extendido de micropavimento.

### **3.3.2 Recapados asfálticos**

Los recapados consisten en la colocación de una carpeta asfáltica sobre la carpeta existente esto debido a recuperar las condiciones estructurales del pavimento y a mejorar el índice de rigurosidad superficial; se realiza esta actividad cuando el pavimento sufre un aumento de las cargas de tránsito, antes del recapado se debe realizar actividades como el sellado de fisuras o bacheo en las superficies que lo requieran.

### **3.3.3 Fresado de carpeta asfáltica**

El trabajo consiste en la recuperación del perfil longitudinal y transversal del pavimento existente mediante el empleo de una fresadora que corta la capa superficial del tamaño requerido debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas, tiene por finalidad recuperar la capacidad estructural y superficial del pavimento.

### **3.3.4 Microfresado de carpeta asfáltica**

Se refiere al cepillado superficial de una carpeta asfáltica, con el objetivo de corregir irregularidades causadas por el escalonamiento de juntas, ondulaciones, deformaciones en la carpeta y la de mejorar la serviciabilidad presente aumentando la fricción entre neumático y pavimento. El micro fresado se debe realizar en sentido contrario al tránsito vehicular, terminados todos los trabajos de reparación de juntas, parchados, reparación de baches, salvo el resellado de grietas que se debe realizar con posterioridad.

### **3.4 Rehabilitación**

Son las actividades que tienen por finalidad la recuperación de las condiciones iniciales de la vía. Se deben realizar actividades mantenimiento como sellado de fisuras, bacheo, antes de realizar una rehabilitación.

### **3.5 Reconstrucción**

Se realiza estas actividades en las vías que han sufrido un descuido prolongado; consisten primeramente en la demolición superficial, parcial o completa de la carpeta asfáltica; porque está presente un deterioro avanzado; las actividades de reconstrucción siempre se dan en vías que no han sufrido un mantenimiento rutinario o periódico.

### **3.6 Reparaciones de emergencia**

Son las actividades que se ejecutan a causa de un desastre natural o descuidos prolongados, a falta de recursos para rehabilitarlo o reconstruirlo. Estas reparaciones dejan finalmente en funcionamiento regular la carretera.

### **3.7 Propuesta para mantenimiento rutinario y periódico en pavimentos flexibles**

A continuación, se presenta la tabla 5, en el que se muestra las actividades de mantenimiento rutinario y periódico, a implementar partiendo de las severidades de fallas consideradas por el método PCI.



Tabla 5: Procedimiento para identificar actividades de mantenimiento en pavimentos flexibles.

| PROEDIMIENTO PARA IDENTIFICAR ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO, PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES. |  |                         |                                       |  |   |                       |                      |                   |                             |                 |                    |                              |       |  |
|--|--|-------------------------|---------------------------------------|--|---|-----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|------------------------------|-------|--|
| Tipo de falla  | Método M&R                                 | Mantenimiento rutinario |                                       |  |   |                       |                      |                   | Mantenimiento periódico     |                 |                    |                              | NOTAS |  |
|  |  | Hacer nada              | Sello de fisuras y grietas <6mm ancho | Sellado grietas entre 6mm y 20mm ancho | Sellado grietas entre 20mm y 70mm ancho | Sellado grietas >70mm | Parchado superficial | Parchado Profundo | Aplicación de 0mm<Arena<3mm | Sello asfáltico | Recapado asfáltico | Fresado de carpeta asfáltica |       | Microfresado de carpeta asfáltica                        |
| Fisuras y Grietas  | 1. Fisuras y grietas longitud. y Transver. |                         | B                                     | M                                      | M                                       | A                     | A                    | A                 |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 2. Reflexión de juntas.                    |                         | B                                     | M                                      | M                                       | A                     | M,A                  |                   |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 3. Fisuras y grietas de borde              |                         | B                                     | B,M                                    | M,A                                     | A                     | M,A                  | A                 |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 4. Fisuras y grietas en bloque             |                         | B                                     | M                                      | M                                       | A                     | A                    |                   |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 5. Piel de cocodrilo                       |                         |                                       |  |   |                       | M,A                  | M,A               |                             | B               |                    |                              |       |  |
|  | 6. Fisuras parabólicas                     | B                       |                                       | M                                      | M                                       | A                     | M,A                  | A                 |                             |                 |                    |                              |       |  |
| Deformaciones  | 7. Ondulaciones                            | B                       |                                       |  |   |                       | M                    | M,A               |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 8. Abultamientos y hundimientos            | B                       |                                       |  |   |                       | M,A                  | M,A               |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 9. Depresión                               | B                       |                                       |  |   |                       | M,A                  | M,A               |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 10. Desplazamiento                         | B                       |                                       |  |   |                       | M                    | A                 |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 11. Hinchamiento                           | B                       |                                       |  |   |                       |                      | M,A               |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 12. Ahuellamiento                          | B                       |                                       |  |   |                       | M                    | M,A               |                             |                 |                    |                              |       |  |
| Danos superficiales  | 13. Desprendimiento de agregados           | B                       |                                       |  |   |                       | A                    |                   |                             | M, A            | A*                 | A                            |       | *Si aplica fresado entonces se debera realizar recapado. |
|  | 14. Agregado pulido                        | U                       |                                       |  |   |                       |                      |                   |                             |                 | U*                 |                              | U     | *Si aplica fresado entonces se debera realizar recapado. |
|  | 15. Exudación                              |                         |                                       |  |   |                       |                      |                   | B,M,A                       |                 |                    |                              |       |  |
| Deterioro de capas estructurales   | 16. Bache o hueco                          |                         |                                       |  |   |                       | B,M,A                | M,A               |                             |                 |                    |                              |       |  |
|  | 17. Parcheo                                | B                       |                                       |  |   |                       | M,A                  | M,A               |                             |                 |                    |                              |       | Sustituir parche cuando M,A                              |
|  | 18. Cruce ferrocarril                      | B                       |                                       |  |   |                       | M,A                  |                   |                             |                 |                    |                              |       | Reconstrucción del cruce cuando A                        |
|  | 19. Desnivel carril berma                  |                         |                                       |  |   |                       |                      |                   |                             |                 |                    |                              |       | Nivelación de las bermas a nivel de carril.              |

Notas: B = severidad Baja; M = severidad Media; A = severidad Alta; U = tiene un solo nivel de severidad

Fuente: Elaboración propia.

## Definición de términos básicos

### Pavimento

Son una estructura vial compuesta por capas de variada resistencia que se encuentran superpuestas unas con otras, esta estructura cumple un papel importante al soportar las cargas vehiculares y los cambios de temperatura. Asimismo, deben diseñarse con el fin de ofrecer un paso cómodo, seguro y confortable al parque automotor que se impone en la superficie.

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

Es una herramienta de priorización y comunicación que mide la integridad estructural del pavimento no la capacidad estructural (Shahin, 2005), utilizando una escala numérica que varía de cero (0) para un pavimento intransitable a cien (100) un pavimento en excelente condición, permitiendo al usuario comunicar la condición relativa. Utilizando un sistema de testigo experto, el usuario asigna una calificación al pavimento equivalente a lo que resultaría del tener grupos de ingenieros experimentados que desarrollaron el sistema (Smith, Freeman, Albitres, 2006).

## **Carpeta asfáltica**

Es la capa superficial de un pavimento que está compuesta por la unión de agregados de gradación completa y un cemento asfáltico que se encarga de adherir los agregados, es la primera capa en recibir las cargas impuestas por el parque automotor, debe tener una alta capacidad de absorber las cargas a compresión y tensión razón por lo que tiene un módulo de elasticidad mayor comparado con las otras capas del pavimento.

## **Fallas**

Llamados también daños o angustias presentes en los pavimentos, son el reflejo de esfuerzos producidos en el pavimento cuando estos son mayores a los admisibles, se producen también por otros factores como, el clima extremo, el aumento de cargas vehiculares para los que no fueron diseñados, el inadecuado proceso constructivo durante la ejecución del pavimento y el mal empleo de materiales de construcción.

## **Evaluación visual**

Se define como la capacidad de medir los defectos presentes en los pavimentos, a partir de un catálogo de fallas, que permitirán definir la condición actual del pavimento.

### **Unidad de registro**

Es una sub división de la sección de pavimento, compuesta por una área comprendida entre  $230 \text{ m}^2 \pm 92\text{m}^2$  en pavimentos flexibles (Astm D6433, 2007), y son las unidades de análisis en la metodología del Índice de Condición de Pavimento.

### **Tránsito vehicular**

El tránsito vehicular o tránsito automovilístico (también llamado tráfico vehicular o, simplemente, tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista (Wikipedia, consultado el 29 mayo del 2019).

### **Mantenimiento**

Se define como las acciones necesarias para preservar las condiciones físicas de una carretera; como la calzada, las bermas, las obras de drenaje, entre otros. Puesto que para su construcción se utiliza una enorme cantidad de fondos, la conservación vial tiene por objetivo también el aseguramiento de este capital durante los periodos de diseño (Humpiri 2015).

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 1 Ubicación geográfica

La investigación se realizó en la ciudad de Chota, que se encuentra en la Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca, Perú, específicamente los jirones Gregorio Malca, 27 de Noviembre y Mariscal Castilla.

Las vías en estudio se encuentran ubicadas geográficamente en:



Figura 31: Mapa del Perú identificado el Departamento de Cajamarca

Fuente: Wikipedia, 2019

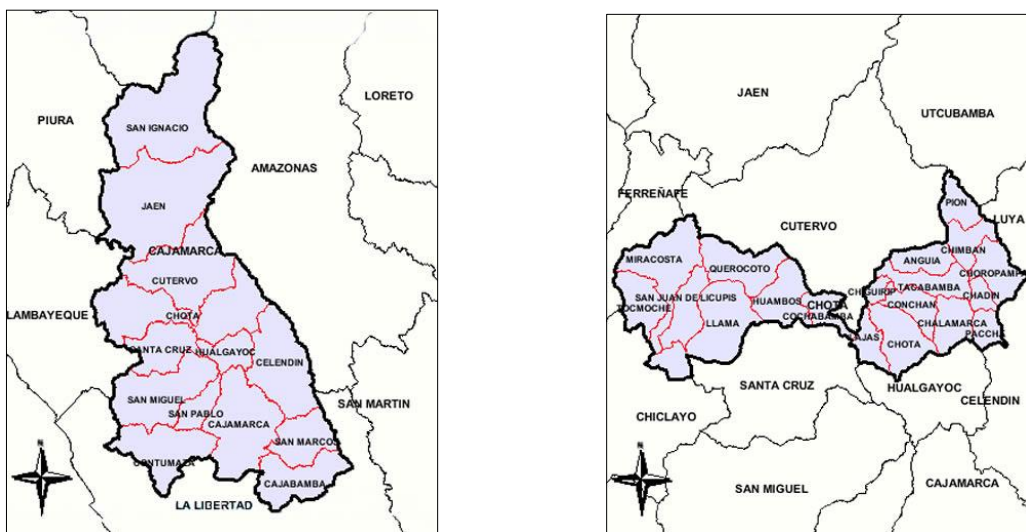


Figura 32: Mapa del Departamento de Cajamarca y Provincia de Chota.

Fuente: Wikipedia, 2019.

## 1.1 Localización del Estudio

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

PROVINCIA: CHOTA

DISTRITO: CHOTA

CIUDAD : CHOTA

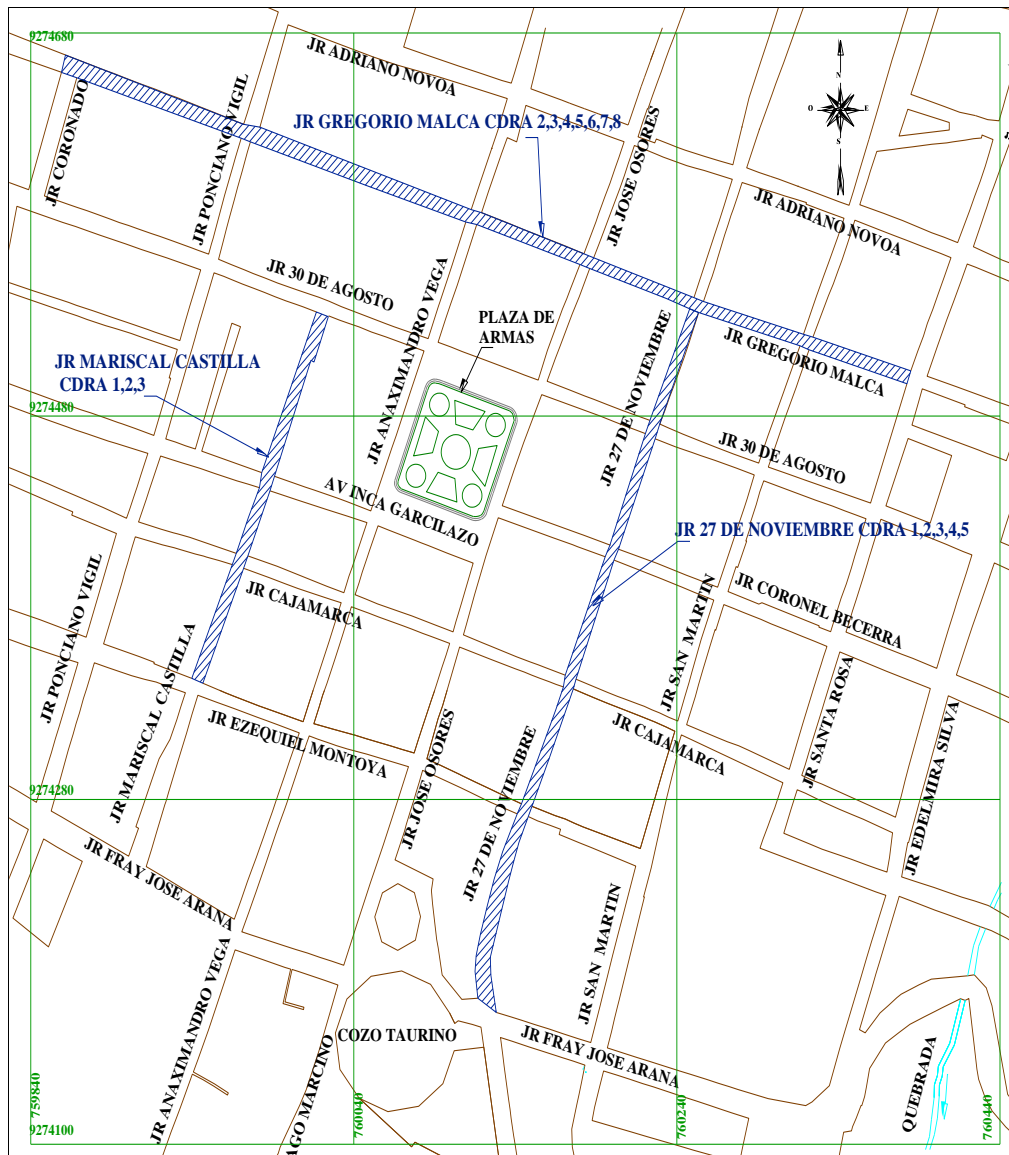


Figura 33: Localización de las vías de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Las coordenadas UTM del inicio y fin en los jirones considerados para el estudio se muestran en la tabla 6, obtenidas en el levantamiento topográfico realizado usando el sistema de coordenadas geográficas WGS 84 (Huso 17, Zona M).

Tabla 6: Coordenadas UTM de las vías en estudio.

| COORDENADAS UTM      |        |           |            |
|----------------------|--------|-----------|------------|
| DESCRIPCIÓN          | PUNTO  | ESTE      | NORTE      |
| JR. GREGORIO MALCA   | INICIO | 759869.94 | 9274676.90 |
|                      | FINAL  | 760384.53 | 9274493.95 |
| JR. 27 DE NOVIEMBRE  | INICIO | 760255.76 | 9274536.98 |
|                      | FINAL  | 760112.56 | 9274166.75 |
| JR. MARISCAL CATILLA | INICIO | 760025.15 | 9274543.92 |
|                      | FINAL  | 759935.60 | 9274347.22 |

Fuente: Elaboración propia.

## 2 Materiales, equipos e instrumentos

Se refiere a los materiales, equipos e instrumentos utilizados en la investigación, a continuación, se hace una descripción de cada uno de ellos.



Figura 34: Materiales e instrumentos utilizados en trabajo de campo.

### 2.1 Materiales

**2.1.1 Hojas de Datos de Campo.** - Son los documentos utilizados para registrar la información obtenida, el formato de campo para la recolección de datos.

**2.1.2 Plano de registro de fallas.** - El plano donde se esquematiza las unidades de muestra del pavimento que serán evaluadas y donde se presenta las fallas gráficamente.

**2.1.3 Pintura esmalte.** - Utilizado para marcar las unidades de registro en el pavimento.

**2.1.4 Libreta de campo.** - Cuaderno donde se puede registrar observaciones a las unidades de registro en evaluación.

## **2.2 Equipos**

**2.2.1 Estación total.-** Equipo utilizado para realizar un levantamiento topográfico, que consiste en llevar al papel la forma de un área determinada de terreno.

**2.2.2 GPS.-** Llamado sistema de posicionamiento global, es un equipo que se utiliza para la ubicación de un objeto en la superficie terrestre a través de coordenadas de latitud, longitud y altura.

**2.2.3 Computadora.-** Utilizada para la digitalización y procesamiento de la información obtenida en campo.

## **2.3 Instrumentos**

**2.3.1 Prismas.** –Estos instrumentos son utilizados durante el levantamiento topográfico, desde la estación total se dispara un rayo hacia el prisma, para poder registrar un punto durante el levantamiento topográfico.

**2.3.2 Regla o Cordel.** -Permite medir la deformación horizontal y transversal del pavimento, de preferencia 3 m de longitud.

**2.3.3 Regla de Medición.** - Que permite medir las deflexiones o ahuellamientos en el pavimento, debe ser graduada al milímetro.

**2.3.4 Conos de Seguridad Vial.** -Se utiliza para aislar la calle en estudio, sirve de protección al personal que realiza la toma de medición en campo.

**2.3.5 Chaleco Reflector.** - Es de utilidad del personal que se encarga de las mediciones en campo, este debe reunir condiciones de visibilidad, reflector de preferencia, color rojo, verde o anaranjado, adicionalmente el evaluador debe llevar casco de seguridad y zapatos punta de acero.

**2.3.6 Programas.** - Son una secuencia de instrucciones para realizar una tarea, se utilizarán los programas de office (Word, Excel), AutoCAD (AutoCAD Civil 3D y AutoCAD) y S10.

### **3 Metodología**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

Es una investigación aplicada porque busca resolver un problema particular, como la determinación de un valor calculado, que es asignado luego de la evaluación en campo de un pavimento flexible en la ciudad de Chota. Estos valores nos permiten proponer acciones preventivas para el cuidado de las vías en estudio, así como invertir recursos sabiamente.

#### **3.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es descriptivo cualitativo, porque a través de una revisión bibliográfica se describe los conceptos y deterioros que se presentan en los pavimentos flexibles, partiendo de una norma estandarizada y el procedimiento del índice de condición de pavimento (PCI), porque se realiza una descripción del procedimiento y desarrollo de la tesis como: inspección visual en campo, elaboración de material utilizado, selección de la muestra, el trabajo de campo, presentación e interpretación de resultados; también es descriptiva cuantitativa porque durante la evaluación en campo de los pavimentos flexibles mediante el método (PCI), nos guiamos de características y cantidades de las fallas (área determinada de falla, deflexiones, deformaciones medibles), para luego dar como resultado un valor del PCI que va desde 0 a 100.

La investigación tiene un sub diseño descriptivo longitudinal prospectivo, porque durante la evaluación en campo se recoge datos, de las fallas que han ocurrido en el pasado (Vara, 2015).

La investigación obedece también a un diseño explicativo, porque al obtener la información recopilada en campo, al ordenarla y trabajar con ella, podemos explicar las causas de los efectos (fallas) que se han producido mayormente y bajo qué condiciones se presenta. Esto nos permite estudiar el comportamiento particular de los pavimentos flexibles en la ciudad de Chota, profundizar el área de conocimiento y proponer acciones de prevención.



### 3.3 Operacionalización de variables

En la presente investigación se han identificado la variable independiente denominada Factores que Intervienen, esta variable la podemos medir directamente y afecta a la variable dependiente denominada Condición Actual de Pavimento, a continuación, la tabla 7 resume las variables de estudio.

Tabla 7: Operacionalización de variables.

| Variable  | Definición conceptual  | Sub Variables                   | Definición de sub variables   | Definición Operacional    |  |   |
|---|--|---------------------------------|---|---------------------------|--|---|
|   |  |                                 |   | Indicadores               | Índices  | Instrumentos  |
| Variable Independiente: FACTORES QUE INTERVIENEN.   | Son las características que presentan los pavimentos durante la evaluación de la condición actual.   | Evaluación visual en campo.     | Estudio visual de campo, que con frecuencia se realiza como parte de un examen ocular.                        | Evaluación del pavimento. | Buena  | Concepto de fallas, resumen norma ASTM 6433,2016.                         |
|   |  | Tránsito vehicular              | Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.                               | IMD (índice medio diario) | Bajo<br>Medio<br>Alto  | Conteo vehicular.   |
|   |  | Geometría de calles             | Es la técnica que consiste en llevar a un papel el trazo de una calle existente.                              | Topografía                | Plana<br>Media<br>Pronunciada  | Estación total, wincha, computadora, softwares AutoCAD y civil 3D.        |
| Variable Dependiente: CONDICION ACTUAL DE PAVIMENTO | Es el estado cuantificable de un pavimento que se mide a través de una evaluación en campo, utilizando materiales, instrumentos y equipos. | Daños o fallas en el pavimento. | Son angustias que se presentan en un pavimento, por acción del tránsito, clima, deficiencias en construcción. | Parámetros de evaluación. | Clase o Tipo<br>Extensión<br>Severidad   | Conceptos de fallas, resumen norma ASTM 6433-2016, cámara digital         |
|   |  | Método empleado.                | Es el método o norma empleada para la evaluación del pavimento.   | Método PCI.               | . Cálculo (VD).<br>. Cálculo (CDV).<br>. Determinar el PCI de UM.<br><br>. Escala clasificación PCI. | Excelente<br>Muy Bueno<br>Bueno<br>Regular<br>Malo<br>Muy malo<br>fallado |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1: Matriz de Consistencia.

| Problema  | Objetivos   | Hipótesis   | Variables   | Sub variables                   | Indicadores               | Índices  | Instrumentos  | Método  |
|---|---|---|---|---------------------------------|---------------------------|--|---|---|
| ¿Cuál es el estado de condición de los pavimentos flexibles del Jr. Gregorio Malca, Jr. 27 de Noviembre y Jr. Mariscal Castilla de la Ciudad de Chota, aplicando el método PCI? | Objetivo General: Evaluar el estado de condición de los pavimentos flexibles del Jr. Gregorio Malca, Jr. 27 de Noviembre y Jr. Mariscal Castilla, mediante el método PCI.<br><u>Objetivo Específico:</u><br>1.-Identificar las fallas en los pavimentos flexibles de estudio y cuantificar la severidad de fallas.<br>2.-Realizar la topográfica del estudio.<br>3.- Realizar el conteo de tránsito.<br>4.- Presentar una propuesta de mantenimiento. | El estado de condición de los pavimentos flexibles, del Jr. Gregorio Malca, Jr. 27 de Noviembre y Jr. Mariscal Castilla, evaluado a través de la metodología PCI es malo. | Variable Dependiente: CONDICION ACTUAL DE PAVIMENTO | Geometría de calles.            | Topografía                | Plana<br>Media<br>Pronunciada  | Estación total, wincha, computadora, AutoCAD y civil 3D.                  | Es descriptiva cualitativa porque a través de una revisión bibliográfica se describen los conceptos y detentores que se presentan en los pavimentos.                                      |
|   |   |   |   | Tránsito vehicular.             | IMD (índice medio diario) | Bajo<br>Medio<br>Alto  | Conteo vehicular.   |   |
|   |   |   |   | Daños o fallas en el pavimento. | Parámetros de evaluación. | Clase o Tipo<br>Extensión<br>Severidad   | Conceptos de fallas, resumen norma ASTM 6433-2016, cámara digital         |   |
|   |   |   |   | Método empleado.                | Método PCI.               | 1.-Cálculo de valor deducido (VD).<br>2.-Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV).<br>3.-Determinar el PCI de las unidades.<br>4.-Identificar la clasificación PCI. | Excelente<br>Muy Bueno<br>Bueno<br>Regular<br>Malo<br>Muy malo<br>fallado | Es descriptiva cuantitativa porque en la calificación obtenemos un valor de (0 a 100). Tiene un sub diseño longitudinal prospectivo porque se recoge datos que han ocurrido en el pasado. |

Fuente: Elaboración propia

## 4 Procedimiento y resultados de la investigación

A continuación, se muestra la figura 35, donde se esquematiza el procedimiento llevado a cabo en la investigación.

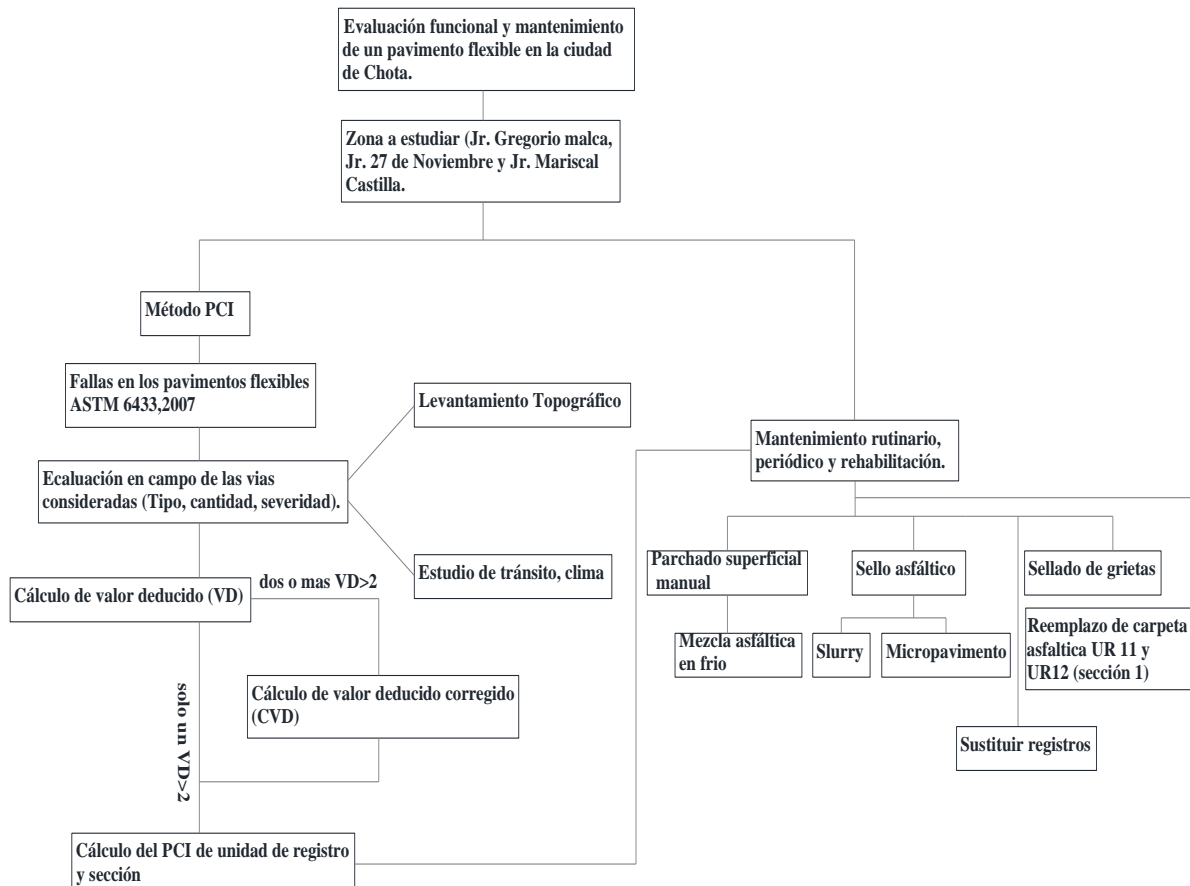


Figura 1: Procedimiento llevado a cabo en la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

### 4.1 Características de las vías en estudio

#### 4.1.1 Antecedentes

Los trabajos realizados por la Municipalidad Provincial de Chota para el mejoramiento de las vías en la ciudad de chota, se realizaron en dos etapas con una inversión en la primera de S./ 1 233 270.38 (Un millón doscientos treinta y tres mil doscientos setenta y 38/100 soles) para el año 2015 y en la segunda de S./ 1 571 052.82 (Un millón quinientos setenta un mil cincuenta y dos y 82/100 soles) en 2016, en el 2018 se realizó un recapeo, el monto gastado por la Municipalidad al 2019 para la ejecución de las dos etapas haciende

a S./ 2 512 868.23 (Dos millones quinientos doce mil ochocientos sesenta y ocho y 23/100 soles) (SOSEM, 2019).

Los proyectos fueron ejecutados por administración directa, salvo la instalación de la mezcla asfáltica que se realizaron procesos de selección, en la primera etapa la empresa Corporación Asfaltos y Pavimentos Castillo SAC con una inversión de S/.704 391.83 (Setecientos cuatro mil trescientos noventa y uno y 83/100 soles) suministro e instaló la mezcla asfáltica y la segunda fue ejecutada por la empresa Pavimento del Norte SAC con una inversión de S/.852 126.00 (Ochocientos cincuenta y dos mil ciento veinte seis soles).

En el año 2018 la empresa Pavimento del Norte SAC realizó un recapeo por notificación de la Municipalidad a cuenta cero.

#### **4.1.2 Historia de construcción**

A continuación, se describe la historia de construcción de los pavimentos considerados para el estudio.

El pavimento flexible del jirón Gregorio Malca a evaluar considera las cuadras 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Las cuadras 2 y 3 se construyeron en los meses de febrero y marzo del año 2016 pero han sufrido un recapeo durante el mes de junio del 2018, las cuadras 4, 5, 6 y 7 se construyeron en el mes de abril del año 2015, la cuadra 8 se construyó en el mes de marzo del año 2016.

El pavimento flexible del jirón 27 de Noviembre a evaluar considera las cuadras 1, 2, 3, 4 y 5, y se construyeron en abril del año 2015.

El pavimento flexible del jirón Mariscal Castilla a evaluar considera las cuadras 1, 2 y 3. Se construyeron durante los meses de febrero y marzo del año 2016, la cuadra 3 de este jirón sufrió recapeo en junio del año 2018.

Los datos de la historia de construcción de los pavimentos flexibles estudiados, han sido recopilados de la Municipalidad Provincial de Chota.

### **4.1.3 Levantamiento topográfico**

Los días 15, 16 y 17 del mes de agosto del 2018, se realizó el levantamiento topográfico a las vías en estudio, el procedimiento llevado a cabo es el siguiente.

El levantamiento topográfico se da inició por el Jr. Gregorio Malca Cuadra 8, para esto se tomó las coordenadas de la primera estación con GPS (E1); se iba registrando los puntos topográficos de la sección de cada una de las vías en estudio, anotando puntos extremos de la calzada (junto a edificaciones), puntos al final de las veredas, puntos fondo de cunetas, puntos de inicio de cunetas, puntos en los ejes de calzada y otros puntos como postes, buzones, etc. El trabajo de levantamiento topográfico continuo por el Jr. Gregorio Malca C7, C6, seguido del Jr. Mariscal Castilla C1, C2, C3; posteriormente se realizó por el Jr. Gregorio Malca C5, C4, C3, C2; para finalmente el Jr. 27 de Noviembre C5, C4, C3, C2 y C1. Durante el levantamiento topográfico se obtuvo catorce cambios de estación, trabajando una poligonal abierta, también se registró y marco en campo los cambios de estación con pintura esmalte blanco, al igual que cuatro benchmark, un total de 679 puntos se registró durante el levantamiento topográfico.

Realizado el levantamiento topográfico, se procedió a realizar el plano a curvas de nivel utilizando el software AutoCAD Civil 3D, a una escala de 1/1500. Para la elaboración de este plano se tomó en cuenta la dirección del norte magnético, la ubicación de las vías en estudio (cuadrícula), las coordenadas de los benchmark que fueron cuatro, las curvas de nivel donde se pueden apreciar la altura a nivel del mar que se encuentra la zona estudiada, las longitudes de cada vía y una leyenda donde se muestra los detalles del plano, a continuación, se muestra las pendientes longitudinales de las vías de estudio.

Tabla 9: Pendientes longitudinales en las vías de estudio.

| Pendientes Longitudinales en las vías de estudio. |       |                            |                             |       |                            |                               |       |                            |
|---|-------|----------------------------|-----------------------------|-------|----------------------------|-------------------------------|-------|----------------------------|
| Sección 1 (Gregorio Malca)                        |       |                            | Sección 2 (27 de Noviembre) |       |                            | Sección 3 (Mariscal Castilla) |       |                            |
| Progresiva  |       | Pendiente longitudinal (%) | Progresiva                  |       | Pendiente longitudinal (%) | Progresiva                    |       | Pendiente longitudinal (%) |
| Inicio  | Fin   |                            | Inicio                      | Fin   |                            | Inicio                        | Fin   |                            |
| 0+000   | 0+071 | -3.9                       | 0+000                       | 0+008 | 2.62                       | 0+000                         | 0+102 | -2.75                      |
| 0+071   | 0+131 | -6.29                      | 0+008                       | 0+146 | -2.82                      | 0+102                         | 0+150 | -4.21                      |
| 0+131   | 0+213 | -11.72                     | 0+146                       | 0+221 | -7.81                      | 0+150                         | 0+202 | -1.26                      |
| 0+213   | 0+285 | -7.15                      | 0+221                       | 0+309 | -11.14                     | 0+202                         | 0+216 | -0.87                      |
| 0+285   | 0+362 | 0.71                       | 0+309                       | 0+362 | -6.53                      |                               |       |                            |
| 0+362   | 0+434 | -3.89                      | 0+362                       | 0+400 | -5.19                      |                               |       |                            |
| 0+434   | 0+503 | -6.13                      |                             |       |                            |                               |       |                            |
| 0+503   | 0+546 | -5.93                      |                             |       |                            |                               |       |                            |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9 muestra las pendientes longitudinales de las vías de estudio, los datos muestran que la sección 3 presenta un terreno con menor pendiente en comparación a las otras dos secciones, las calles estudiadas presentan un terreno ondulado tipo 2 (mayor cantidad de pendientes longitudinales entre 3 % y 6%), las veredas de la vía en estudio cuentan con un ancho variable de 0.85 m a 1.40 m, cunetas de concreto simple de 0.40 m de ancho, ancho de calzada variable de 3.70 m a 7.30 m.

#### 4.1.4 Características del tránsito

El tránsito es uno de los factores que más tiene incidencia en el diseño y evaluación de los pavimentos, tanto por las características de los vehículos que transitan en una vía como por su carga. Por lo tanto, se realizará el conteo vehicular en las vías en estudio, para realizarlo se trabajó en cuatro estaciones, durante los horarios de mayor tránsito vehicular, en la mañana de 7 am – 8 am, al medio día de 1 pm – 2 pm y en la tarde de 6 pm – 7 pm, los resultados se presentan en la tabla 10.

Tabla 1: Estudio de tránsito, vehículos que transitan en las vías de estudio.

| DESCRIPCIÓN  | ESTUDIO DE TRANSITO EN LA ZONA DE ESTUDIO |             |         |             |         |            |         |         |         |         | FECHAS DE ESTUDIO |            |         |         |         |         |         |         |   |       |   |       |  |
|--|---|-------------|---------|-------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|-------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|-------|---|-------|--|
|  | LIVIANO                                   |             |         |             |         | CAMIONETAS |         |         |         |         |                   | CAMIÓN C 2 |         |         |         |         |         |         |   |       |   |       |  |
|  | Mototaxi                                  | Moto lineal | Año     | Suton Wagon | Pick Up | Panel      | Combi   |         |         |         |                   |            |         |         |         |         |         |         |   |       |   |       |  |
| Horario de alto tránsito                                 | 7am-8am                                   | 1pm-2pm     | 6pm-7pm | 7am-8am     | 1pm-2pm | 6pm-7pm    | 7am-8am | 1pm-2pm | 6pm-7pm | 7am-8am | 1pm-2pm           | 6pm-7pm    | 7am-8am | 1pm-2pm | 6pm-7pm | 7am-8am | 1pm-2pm | 6pm-7pm |   |       |   |       |  |
| <b>Sección 02</b><br>Jr. 27 de Noviembre C. 04<br>UR 02  | 238                                       | 211         | 195     | 78          | 49      | 115        | 3       | 5       | 2       | 1       | 2                 | 10         | 11      | 5       | 3       | 3       | 3       | 1       | 2 | 1     | 1 | 2     |  |
| Promedio Vehículos/hora<br>% de veh. que transitan       | 215                                       | 68.44%      | 81      | 25.72%      | 3       | 1.06%      | 1       | 0.32%   | 9       | 0.96%   | 2                 | 0.64%      | 2       | 0.64%   | 2       | 0.64%   | 2       | 0.64%   | 2 | 0.43% | 1 | 0.43% |  |
| <b>Sección 01</b><br>Jr. Gregorio Mala C. 08<br>UR 13    | 118                                       | 78          | 72      | 15          | 54      | 37         | 1       | 2       | 1       | 5       | 5                 | 7          | 4       | 5       | 2       | 5       | 2       | 1       | 2 | 1     | 2 | 1     |  |
| Promedio Vehículos/hora<br>% de veh. que transitan       | 89  | 65.37%      | 35      | 25.85%      | 1       | 0.73%      | 0       | 0.24%   | 6       | 4.17%   | 3                 | 2.20%      | 1       | 0.73%   | 3       | 2.20%   | 1       | 0.73%   | 2 | 1.54% | 1 | 0.73% |  |
| <b>Sección 01</b><br>Jr. Gregorio Mala C. 02<br>UR 01    | 178                                       | 216         | 230     | 17          | 66      | 54         | 1       | 1       | 2       | 8       | 9                 | 4          | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 2 | 3     | 2 | 1     |  |
| Promedio Vehículos/hora<br>% de veh. que transitan       | 208                                       | 78.10%      | 46      | 17.15%      | 1       | 0.50%      | 1       | 0.25%   | 7       | 2.63%   | 1                 | 0.25%      | 2       | 0.73%   | 2       | 0.73%   | 2       | 0.73%   | 2 | 0.50% | 3 | 1.15% |  |
| <b>Sección 03</b><br>Jr. Mansuel Castilla C. 01<br>UR 01 | 255                                       | 192         | 157     | 38          | 27      | 53         | 2       | 4       | 2       | 3       | 2                 | 2          | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1 | 3     | 1 | 1     |  |
| Promedio Vehículos/hora<br>% de veh. que transitan       | 201                                       | 81.18%      | 39      | 15.86%      | 2       | 0.81%      | 1       | 0.27%   | 2       | 0.94%   | 1                 | 0.27%      | 2       | 0.94%   | 1       | 0.27%   | 1       | 0.54%   | 1 | 0.39% | 3 | 1.15% |  |
| <b>ESTACIÓN 4</b>  |   |             |         |             |         |            |         |         |         |         |                   |            |         |         |         |         |         |         |   |       |   |       |  |
| <b>ESTACIÓN 3</b>  |   |             |         |             |         |            |         |         |         |         |                   |            |         |         |         |         |         |         |   |       |   |       |  |
| <b>ESTACIÓN 2</b>  |   |             |         |             |         |            |         |         |         |         |                   |            |         |         |         |         |         |         |   |       |   |       |  |
| <b>ESTACIÓN 1</b>  |   |             |         |             |         |            |         |         |         |         |                   |            |         |         |         |         |         |         |   |       |   |       |  |

Fuente: Elaboración propia.

Realizado el conteo vehicular, podemos encontrar el índice medio diario, que se define como la sumatoria de vehículos que transitan en la vía en un día, realizaremos el cálculo del índice medio diario sin contar las mototaxis y motos lineales, por ser vehículos livianos. En la primera estación se tiene la sumatoria de 18 vehículos por hora, que multiplicando por las 24 horas se tiene 440 vehículos por día, de igual manera en la segunda estación se tiene 288 vehículos por día, en la tercera 304 vehículos por día, en la cuarta 176 vehículos por día. Por tanto, el índice medio diario, será el promedio de las cuatro estaciones, y es igual a 302 vehículos por día.

De la tabla 09 podemos concluir que más del 91.21% en todas las secciones de estudio corresponden a mototaxis y moto lineal, siendo estos los vehículos de mayor tránsito.

A continuación, se va a realizar una descripción de los trabajos en campo, para el estudio de tráfico, analizando los datos de la tabla 10.

Se inició por la primera estación, ubicada en el Jr. 27 de noviembre cuadra 04 (sección 02 unidad de registro 02), se registró el número de vehículos que transitan durante una hora por la mañana, el medio día y la tarde, los vehículos que mayor transitan son las mototaxis con un 68.44% del total de vehículos, los que menos transitan son los station wagon con un 0.32% del total, las mototaxis son medios de transporte que se utiliza con mayor frecuencia por los pobladores de la ciudad, el vehículo de mayor carga que se ha registrado en esta estación es el camión de tipo C 2, que como máximo ha llegado a 2 vehículos/hora.

Para la toma de datos en la segunda estación, ubicada en el Jr. Gregorio Malca cuadra 08 (sección 01, unidad de registro 13), se registró el número de vehículos que transitan durante una hora por la mañana, el medio día y la tarde, los vehículos que mayor transitan son las mototaxis con un 65.37% del total de vehículos, los que menos transitan son los station wagon con un 0.24% del total, el vehículo de mayor carga que se ha registrado en esta estación es el camión de tipo C 2, que como máximo ha llegado a 2 vehículos/hora.

Para la toma de datos en la tercera estación, ubicada en el Jr. Gregorio Malca cuadra 02 (sección 01, unidad de registro 01), se registró el número de vehículos que transitan durante una hora por la mañana, el medio día y la tarde, los vehículos que mayor transitan son las mototaxis con un 78.10% del total de vehículos, los que menos transitan son los station wagon 0.25% del total y camionetas tipo panel (cerradas) con 0.25% del total, el vehículo de mayor carga que se ha registrado en esta estación es el camión de tipo C 2, que como máximo ha llegado a 2 vehículos/hora.

Para la toma de datos en la cuarta estación, ubicada en el Jr. Mariscal Castilla cuadra 01 (sección 03, unidad de registro 01), se registró el número de vehículos que transitan durante una hora por la mañana, el medio día y la tarde, los vehículos que mayor transitan son las mototaxis con un 81.18% del total de vehículos, los que menos transitan son el camión tipo C 2 con un 0.13% del total, el vehículo de mayor carga que



se ha registrado en esta estación es el camión de tipo C 2, que como máximo ha llegado a 1 vehículos/hora.

El vehículo de mayor carga que transita en las vías de estudio es el Camión tipo C 2, donde la carga máxima permitida para este vehículo en el eje delantero es de 7 toneladas y en el eje posterior es de 11 toneladas, el índice medio diario promedio registrado en las estaciones es 302 vehículos/día (sin contar mototaxis y moto lineal), de los cuales 48 vehículos corresponde al camión C 2, calificando la vía como de tercera clase, del estudio de tráfico confirmamos que las cargas actuantes en el pavimento asfáltico son bajas, por tal motivo el tránsito no ha repercutido en la degradación del pavimento.

#### **4.1.5 Clima**

Las temperaturas en la ciudad de Chota varían, siendo los meses de enero- abril los más lluviosos, los meses mayo - septiembre más secos, el mes con temperatura más alta en 2018 es noviembre (26.6°C); la temperatura más baja en 2018 se dio en el mes de julio (12.6°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de abril (115.05 mm/mes), por lo que el clima es templado cálido (Senamhi, 2019).

### **4.2 Procedimiento**

#### **4.2.1 Identificación de la red, rama y sección del pavimento**

Obtenido el plano a curvas de nivel y con la ayuda de la metodología del PCI, se procedió a dividir la zona de estudio por red de pavimento, ramas del pavimento, secciones del pavimento, de la siguiente manera.

La zona de estudio corresponde a calles donde transitan vehículos por lo que se considera como una sola red de pavimento y una sola rama de pavimento, para las secciones se consideró como sigue.

- ✓ La sección 1, se consideró al pavimento que corresponde al Jr. Gregorio Malca cuadras 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

- ✓ La sección 02, se consideró al pavimento que corresponde al Jr. 27 de noviembre cuadras 1, 2, 3, 4 y 5.
- ✓ La sección 3, se consideró al pavimento que corresponde al Jr. Mariscal Castilla cuadras 1, 2, 3.

#### **4.2.1.1 Cálculo de la unidad de análisis**

Realizando la división del pavimento en secciones, se procedió a la división en unidades de muestreo, para ello se utilizó la metodología del PCI, el que indica, las divisiones en unidades de muestra vienen dadas por  $230 \text{ m}^2 \pm 92 \text{ m}^2$  de área de estudio.

Para calcular la unidad de análisis, se dividió el área del Jr. Gregorio Malca cuadra 02 ( $600.97 \text{ m}^2$ ) entre 3, por lo que se tiene  $600.97 \text{ m}^2/3$ , obteniéndose  $200.32 \text{ m}^2$ , este valor está comprendido entre  $230 \text{ m}^2 \pm 92 \text{ m}^2$  y satisface las condiciones del método PCI para unidad de registro, esta área se utilizara como unidad de análisis o patrón de medición en las tres secciones del pavimento, he pretendido que sea la misma para todas las secciones con la finalidad de poder comparar los resultados encontrados.

#### **4.2.1.2 Cálculo de las unidades de registro**

##### **En la sección 01**

La sección 01 que comprende el Jr. Gregorio Malca cuadra 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, cuenta con un área de  $2721.50 \text{ m}^2$ , dividido entre la unidad de análisis ( $200.32 \text{ m}^2$ ) tenemos, trece unidades de análisis con área de  $200.32 \text{ m}^2$  mas una unidad de análisis de  $117.34 \text{ m}^2$ , por lo que se tiene catorce unidades de análisis en la sección 01.

##### **En la sección 02**

La sección 02 que comprende el Jr. 27 de Noviembre cuadra 1, 2, 3, 4, 5, cuenta con un área de  $1818.44 \text{ m}^2$ , dividido entre la unidad de análisis ( $200.32 \text{ m}^2$ ) tenemos, nueve unidades de análisis con área de  $200.32 \text{ m}^2$  mas una unidad de análisis de  $15.56 \text{ m}^2$ , por lo que se tiene diez unidades de análisis en la sección 02.

### En la sección 03

La sección 03 que comprende el Jr. Mariscal Castilla cuadra 1, 2, 3, cuenta con un área de 1170.80 m<sup>2</sup>, dividido entre la unidad de análisis (200.32 m<sup>2</sup>) tenemos, cinco unidades de análisis con área de 200.32 m<sup>2</sup> mas una unidad de análisis de 169.2 m<sup>2</sup>, por lo que se tiene seis unidades de análisis en la sección 03.

Resumiendo, se tiene la siguiente tabla.

Tabla 11: Resumen de unidades de registro para evaluación.

| Ítem         | Descripción | Unidades de registro | Jirones considerados                           | Área ( m <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------|----------------------|--|-------------------------|
| 1            | Sección 1   | 14                   | Jr. Gregorio Malca cdra. 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. | 2721.50                 |
| 2            | Sección 2   | 10                   | Jr. 27 de Noviembre cdra. 1, 2, 3, 4 y 5.      | 1818.44                 |
| 3            | Sección 3   | 06                   | Jr. Mariscal Castilla cdra. 1, 2 y 3.          | 1170.80                 |
| <b>Total</b> |             | <b>30</b>            | <b>Área Total</b>                              | <b>5710.74</b>          |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1.3 Tamaño de muestra, unidades de registro para evaluación

El número de unidades de registro para evaluación puede variar desde todas las unidades de registro, hasta el número de unidades de registro que permita un nivel de confianza del 95%, utilizaremos la ecuación 2 en las tres secciones del pavimento de estudio.

### En la sección 1

Que comprende el Jr. Gregorio Malca cuerdas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, los datos para ser utilizados en la ecuación 2 son: número total de muestras =14, desviación estándar =10 y error admisible =5, reemplazando en la ecuación 2, tenemos.

$$n = \frac{14 * 10^2}{\frac{(5)^2 * (14-1)}{4} + 10^2} = \frac{1400}{181.25} = 7.72 \cong 8$$

Donde n es el número mínimo de muestras, a continuación, calculamos el intervalo de espaciamiento mediante la ecuación 4.

$$i = \frac{14}{8} = 1.75 \cong 2$$

Debemos evaluar ocho de las catorce unidades de muestra a intervalos de dos, es decir las unidades de muestreo 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 y 12.



### En la sección 2

Que comprende el Jr. 27 de Noviembre cuadras 1, 2, 3, 4 y 5, los datos para ser utilizados en la ecuación 2 son: número total de muestras =10, desviación estándar =10 y error admisible =5, remplazando en la ecuación 2, tenemos.

$$n = \frac{10 * 10^2}{\frac{(5)^2 * (10-1)}{4} + 10^2} = \frac{1000}{156.25} = 6.4 \cong 6$$

Donde n es el número mínimo de muestras, a continuación, calculamos el intervalo de espaciamiento mediante la ecuación 4.

$$i = \frac{10}{6} = 1.66 \cong 2$$

Debemos evaluar seis de las diez unidades de muestra a intervalos de dos, es decir las unidades de muestreo 1, 3, 5, 7, 9, y 2.



### En la sección 3

Que comprende el Jr. Mariscal Castilla cuadras 1, 2 y 3, los datos para ser utilizados en la ecuación 2 son: número total de muestras =6, desviación estándar =10 y error admisible =5, remplazando en la ecuación 2, tenemos.

$$n = \frac{6 * 10^2}{\frac{(5)^2 * (6-1)}{4} + 10^2} = \frac{600}{131.25} = 4.57 \cong 5$$

Donde n es el número mínimo de muestras, a continuación, calculamos el intervalo de espaciamento mediante la ecuación 4.

$$i = \frac{6}{5} = 1.2 \cong 1$$

Debemos evaluar las cinco unidades de muestra a intervalo de uno, es decir las unidades de muestreo 1, 2, 3, 4 y 5.



#### 4.2.2 Recolección de datos

Para la recolección de datos se contó además del tesista con un asistente de campo y se realizó de la siguiente manera.

Se da inicio con el marcado de calles en campo con pintura esmalte blanco y wincha de 50 metros, de acuerdo a las medidas calculadas para cada unidad de registro y para cada sección.

Se utilizó durante el trabajo de campo, el formato para recolección de datos (tabla 3), donde se registró las fallas presentes en el pavimento, el área de sección, el área de falla, el nombre del inspector, las unidades de medida, grafico de fallas; se revisó además el concepto de cada una de los daños o angustias consideradas por la metodología PCI.

Desde el día sábado 27 de julio del 2019 al miércoles 31 de julio del 2018, se realizó el inventario de las fallas en las unidades seleccionadas para evaluación, el procedimiento se realizó de la siguiente manera:

Se ubicó primeramente los conos de seguridad en cada unidad de registro estudiada, seguido de un recorrido por las mismas, a continuación se procedió a tomar las medidas en cada uno de los daños presentes en el pavimento con wincha metálica de tres metros, regla de aluminio de tres metros, regla milimetrada, cámara fotográfica, y los EPPS (Chaleco reflector, casco de seguridad, etc.), estos datos se registraron en el formato de campo para recolección de datos; se muestra el procedimiento de toma de datos en campo y el cálculo del PCI para una unidad de muestreo.

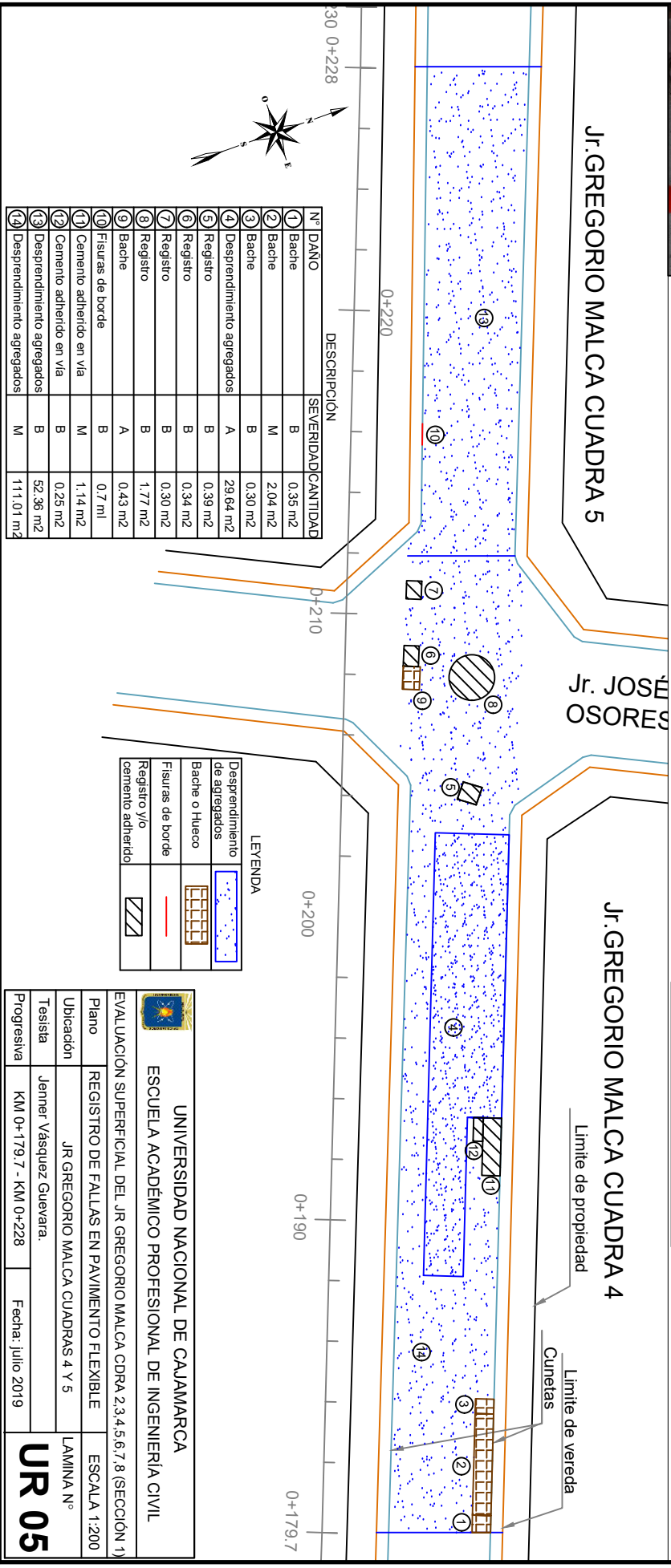
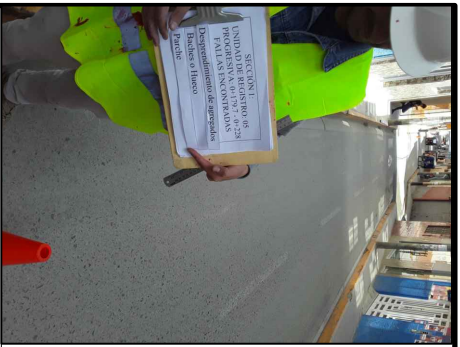
#### 4.2.2.1 Modelo para calcular el PCI de una unidad de registro

Para describir el procedimiento utilizaremos la unidad de registro 05 de la sección 1 (Tabla 12 y UR 05), como se mencionó anteriormente, se da inicio con la toma de datos en campo, las fallas encontradas en esta unidad de registro fueron desprendimiento de agregados, baches y fisuras de borde.

Tabla 12: Cálculo del PCI en la unidad de registro 05, sección 1.

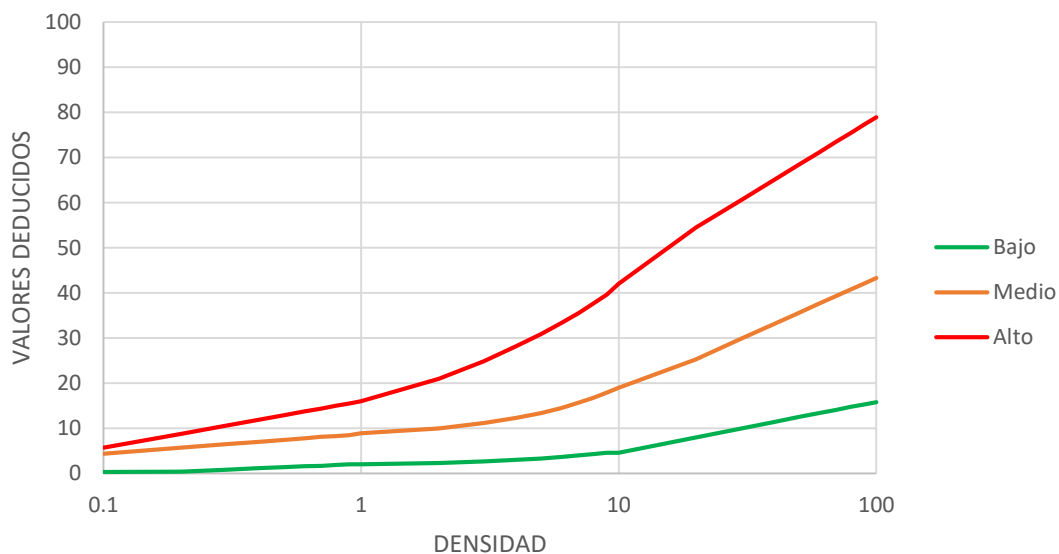
| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---|------|------|--------|---------------|----------------|-----|
| Nombre de Via:                               | Jr. Gregorio Malca C. 4 y C. 5        |                                 | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCI |      |      |        |               |                |     |
| Inspector:                                   | Jenner Vásquez Guevara                |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
| Sección:                                     | 1                                     |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
| Unidad de muestra:                           | 05                                    |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
| Progresiva:                                  | 0+179.7-0+228                         |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
| Fecha:                                       | 28/07/2019                            |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
| Area:  | 200.32                                | m <sup>2</sup>                  |   |      |      |        |               |                |     |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  | 15. Exudación (EX)              |   |      |      |        |               |                |     |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     | 16. Baches o Hueco (BCH)        |   |      |      |        |               |                |     |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               | 17. Parche (PCH)                |   |      |      |        |               |                |     |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |   |      |      |        |               |                |     |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |   |      |      |        |               |                |     |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                                 |   |      |      |        |               |                |     |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad                        |   |      |      | Total  | Densidad      | Valor Deducido |     |
| 16   | B                                     | 0.35                            | 0.3   |      |      | 0.65   | 0.32%         | 7.6            |     |
| 16   | M                                     | 2.04                            |   |      |      | 2.04   | 1.02%         | 36             |     |
| 13   | A                                     | 29.64                           |   |      |      | 29.64  | 14.80%        | 45             |     |
| registro                                     | B                                     | 0.39                            | 0.34  | 0.3  | 1.77 |        |               |                |     |
|  |                                       | 0.25                            |   |      |      |        |               |                |     |
| 16   | A                                     | 0.43                            |   |      |      | 0.43   | 0.21%         | 27.4           |     |
| 3  | B                                     | 0.7                             |   |      |      | 0.7    | 0.35%         | 0              |     |
| registro                                     | M                                     | 1.14                            |   |      |      |        |               |                |     |
| 13   | B                                     | 52.36                           |   |      |      | 52.36  | 26.14%        | 9              |     |
| 13   | M                                     | 111.01                          |   |      |      | 111.01 | 55.42%        | 36.6           |     |
| #  |                                       | valor deducido                  |   |      | m=   | 6.05   | Total         | q              | VDC |
| 1  | 45                                    | 36.6                            | 36  | 27.4 | 9    |        |               |                |     |
|  | 7.6                                   |                                 |   |      |      | 161.6  | 6             | 77             |     |
| 2  | 45                                    | 36.6                            | 36  | 27.4 | 9    |        |               |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 156.0  | 5             | 78             |     |
| 3  | 45                                    | 36.6                            | 36  | 27.4 | 2    |        |               |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 149.0  | 4             | 81             |     |
| 4  | 45                                    | 36.6                            | 36  | 2    | 2    |        |               |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 123.6  | 3             | 75.5           |     |
| 5  | 45                                    | 36.6                            | 2   | 2    | 2    |        |               |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 89.6   | 2             | 64             |     |
| 6  | 45                                    | 2                               | 2   | 2    | 2    |        |               |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 55.0   | 1             | 55             |     |
|  |                                       |                                 |   |      |      |        | Max VDC=      | 81             |     |
|  |                                       |                                 |   |      |      |        | PCI=          | 19             |     |
|  |                                       |                                 |   |      |      |        | Calificación= | MUY MALO       |     |

Fuente: Elaboración propia.



Para la obtención del PCI de la sección se procedió de la siguiente manera, en la unidad de registro 05 de la sección 01, ubicamos en la columna total la sumatoria de cada falla registrada,  $0.65 \text{ m}^2$  para la falla tipo 16 (baches de severidad baja),  $2.04 \text{ m}^2$  para baches de severidad media y así sucesivamente hasta  $111.01 \text{ m}^2$  para desprendimiento de severidad media; en la siguiente columna densidad (%), se obtiene de la división del total de cada falla y el área de la unidad de muestreo, para la falla desprendimiento de agregados de severidad media se tiene  $111.01 \text{ m}^2 / 200.32 \text{ m}^2$  arroja un valor de 55.42%; en la columna Valor deducido se obtiene de tomar el valor en el eje de ordenadas en la figura 36, ingresando con el dato densidad de falla en el eje de abscisas (55.42%) y la severidad de falla (media), se obtuvo 36.6 para la falla tipo 13 de severidad media, se realiza este procedimiento de forma repetitiva hasta encontrar el valor deducido de las fallas encontradas.

**Curva de Valores Deducidos - Peladura y Efecto Interperie Desprendimiento de Agregados.**



*Figura 36: Curva de valores deducidos para desprendimiento de agregados*

*Fuente: Leguía y Pacheco, 2016.*

A continuación calculamos el valor de  $m$ , a través de la ecuación 5, tomando como dato el valor máximo del valor deducido (45) para la unidad de registro 05 en la sección 01 y reemplazando en la ecuación 5 se tiene  $m = 6.05$ , trabajamos con los 6 valores deducidos encontrados, ordenamos en forma descendente los seis valores, si hubiésemos



encontrado siete valores deducidos el séptimo sería el producto de la fracción decimal de m y el séptimo valor deducido menor; en la columna total ingresamos la sumatoria de los valores deducidos, la primera sumatoria es 161.6,  $q=6$  (valores mayores a 2); con estos valores ingresamos en la figura 37, y obtenemos en el eje de ordenadas un valor de 77 como valor deducido corregido, para la segunda iteración remplazamos el valor 7.6 por 2 y procedemos de la misma forma, esta vez encontramos un valor deducido de 78, se repite el procedimiento remplazando el ultimo valor deducido mayor a 2 a 2 y que q sea igual a 1. El máximo valor deducido corregido para este caso 81 será utilizado en la determinación del PCI, el PCI de la unidad de registro será la diferencia de 100 y el máximo valor deducido corregido,  $PCI=100 - 81 = 19$  de calificación muy malo, color rojo oscuro.

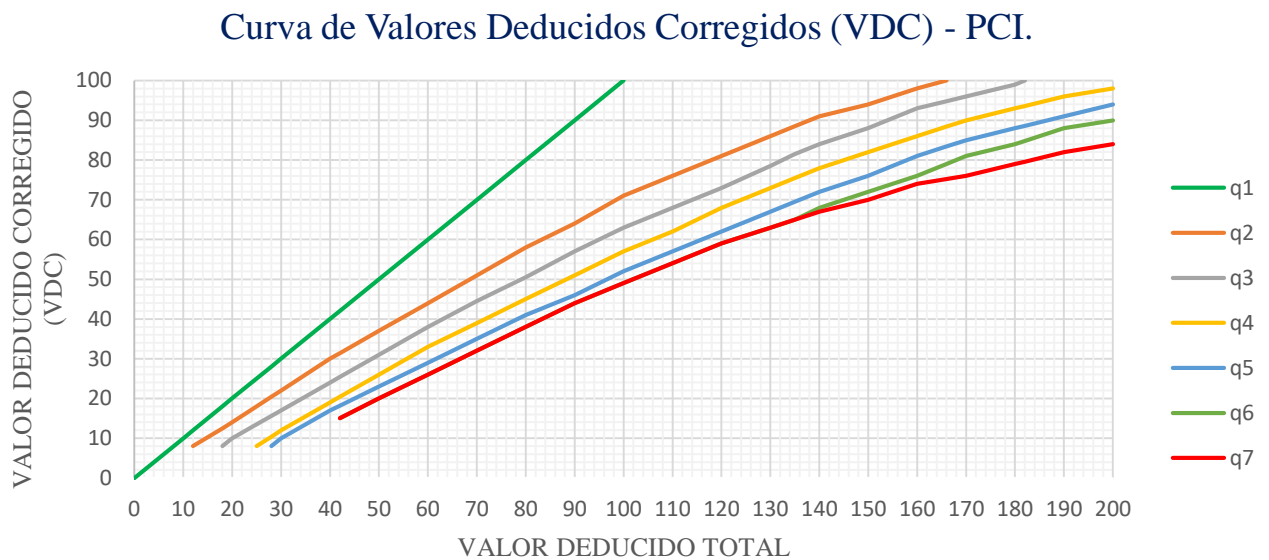


Figura 37: Curvas de valores deducidos corregidos para pavimentos de asfalto

Fuente: Leguía y Pacheco, 2016.

Obtenidos estos datos, se utilizó el software AutoCAD para representar los daños en un plano (Anexo 05), donde se puede diferenciar cada tipo de falla con un achurado particular, la ubicación de las fallas, una leyenda que es común en la elaboración de planos; la toma de datos se hizo manualmente, luego se utilizó Excel para el almacenamiento de la información y AutoCAD para el dibujo.

Las unidades de registro evaluadas en campo se presentan en el Anexo 01, tanto para la sección 1, sección 2 y sección 3.

### 4.3 Presentación de resultados

#### 4.3.1 Fallas presentes en el pavimento de estudio

A continuación, se muestra un resumen de las fallas, encontradas en cada uno de las secciones de pavimento estudiadas.

##### 4.3.1.1 Sección 1

Esta sección corresponde el Jr. Gregorio Malca cdra. 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 con área 2721.50 m<sup>2</sup>, las fallas más frecuentes encontradas son los baches con 43 fallas registradas las cuales representan el (54.43%) respecto del total de las fallas en esta sección, de otro lado, la falla registrada que ha presentado menor cantidad, ha sido la falla tipo depresión con una falla registrada que representa el (1.27%) respecto del total, la figura 38 muestra la distribución de fallas en la sección 1.

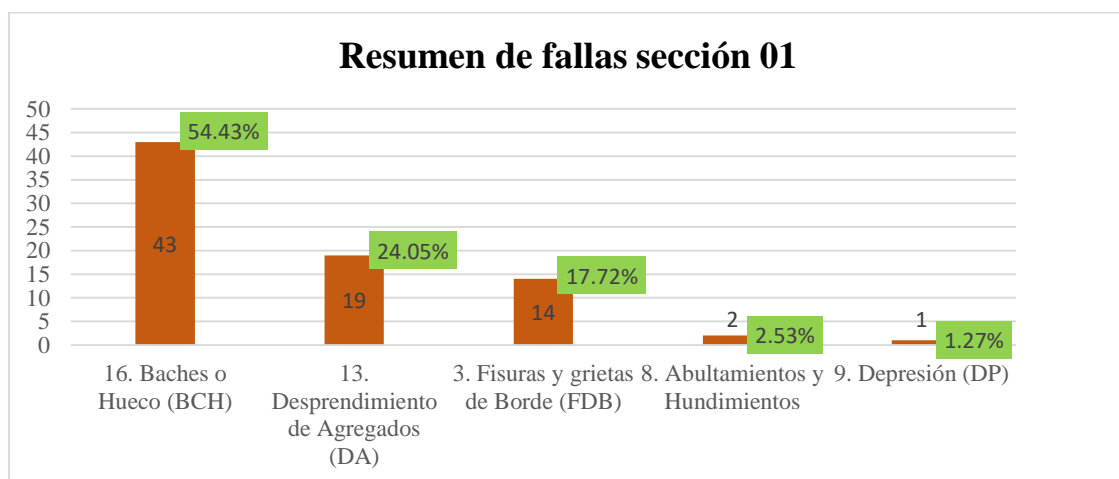


Figura 38: Resumen de fallas en la sección 1

Fuente: Elaboración propia.

##### 4.3.1.2 Sección 2.

Esta sección comprende el Jr. 27 de Noviembre cdra. 1, 2, 3, 4 y 5, con área 1818.44 m<sup>2</sup>, los baches son las fallas más frecuentes con 22 fallas, la falla registrada con

menores cantidades es desnivel carril berma con dos fallas registradas, la figura 39 muestra el resumen de fallas en la sección 2.

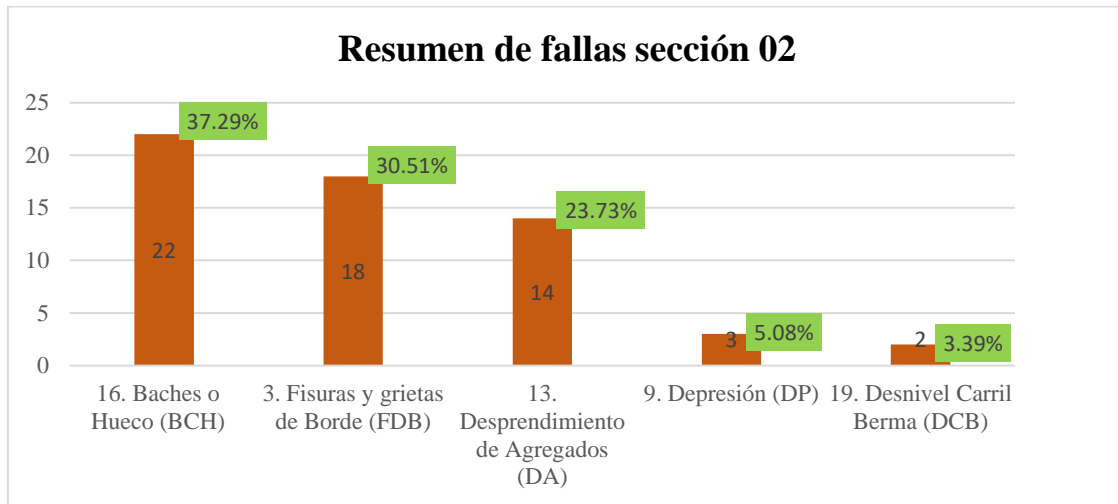


Figura 39: Resumen de fallas en la sección 2.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.1.3 Sección 3.

Esta sección comprende el Jr. Mariscal Castilla cdra. 1, 2 y 3, con área 1170.80 m<sup>2</sup>, el desprendimiento de agregados es la falla más representativa con una incidencia del 47.83%, respecto del total de fallas, las fallas que se presentan con menor frecuencia son los abultamientos y desplazamientos con un daño registrado por cada falla, la figura 40 muestra el resumen de fallas para la sección 3.

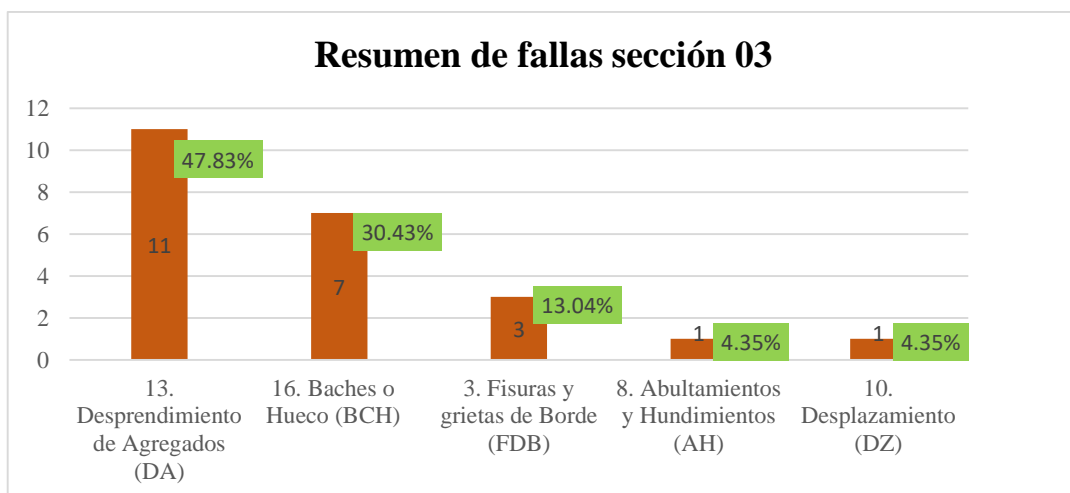


Figura 40: Resumen de fallas en la sección 3.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos que muestran las figuras 38, 39 y 40; hacen notar que la sección 1 ha sido la sección con mayor cantidad de baches 54.43% respecto del total de fallas registradas, reduciendo significativamente el PCI consecuencia de ello resulta ser la sección con menor PCI, por otra parte, la sección 2 muestra a los baches como la falla más representativa en esta sección con una incidencia del 37.29%, en la sección 3 los baches han disminuido considerablemente, por lo que, es razonable pensar que para esta sección la influencia en la reducción del PCI sea menor en comparación con las otras dos secciones del pavimento.

La figura 41, muestra el resumen de fallas encontradas en el pavimento de estudio, identificándose 161 fallas, distribuidas en siete tipos de daño, los cuales son: baches (44.72%), desprendimiento de agregados (27.33%), fisuras y grietas de borde (21.74%), depresión (2.48%), abultamientos (1.86%), desnivel carril berma (1.24%) y desplazamiento (0.62%).

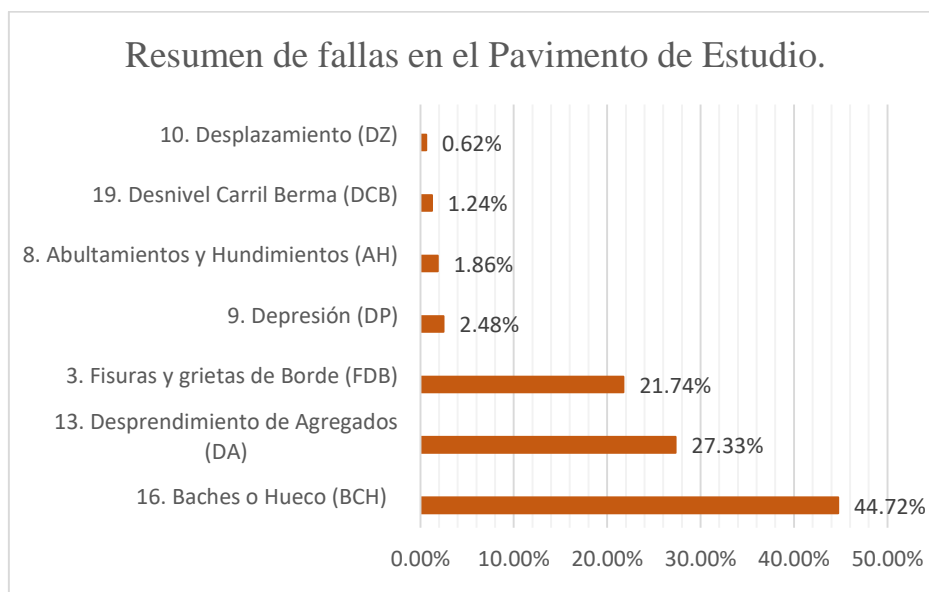


Figura 41: Resumen de fallas en el pavimento de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan, las figuras 42, 43 y 44, para las fallas registradas en el estudio, organizándolas de acuerdo a su nivel de severidad.

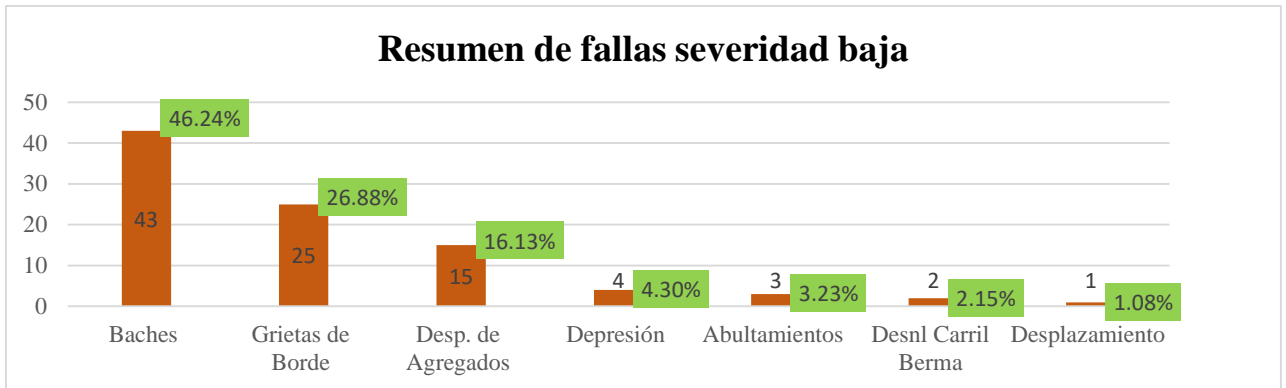


Figura 42: Fallas en el pavimento de estudio de severidad baja

Fuente: Elaboración propia.

La figura 42 muestra las fallas registradas con grado de severidad baja, los datos muestran que existen mayores fallas de severidad baja en la falla tipo bache (46.24%), se puede observar siete fallas diferentes, la que coincide con las fallas identificadas en el estudio.

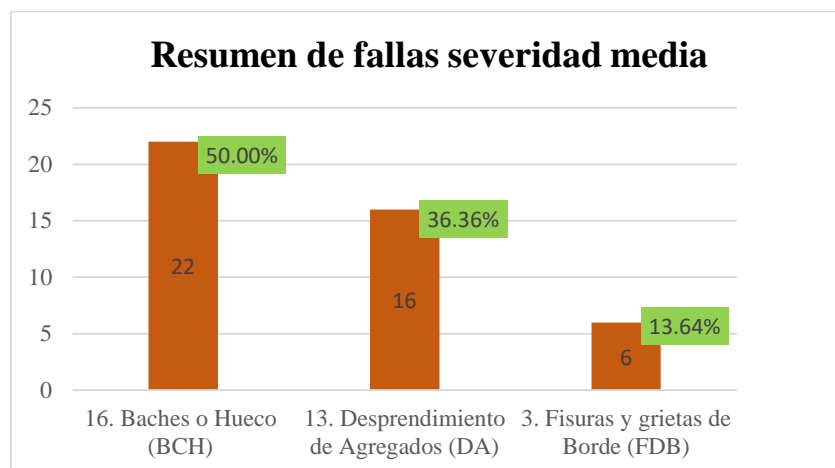


Figura 43: Fallas en el pavimento de estudio de severidad media

Fuente: Elaboración propia.

La figura 43, muestra las fallas registradas con grado de severidad media, los datos muestran que existen mayores fallas tipo bache (50%), se puede observar que los baches, desprendimiento de agregados y las grietas de borde, se han desarrollado más en comparación con las otras fallas.

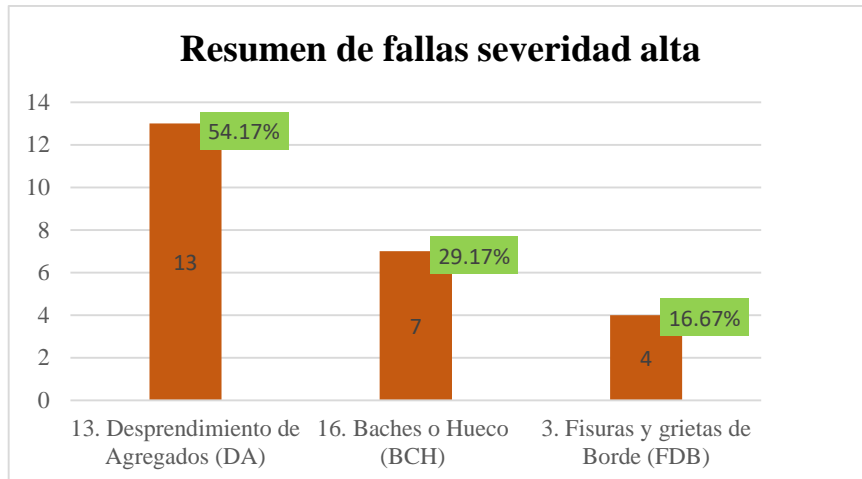


Figura 44: Fallas en el pavimento de estudio de severidad alta

Fuente: Elaboración propia.

La figura 44, muestra similar correspondencia de las fallas de severidad media, mostrando que los desprendimientos de agregados han evolucionado a una mayor severidad, los baches se mantienen de una severidad baja a media, volviendo a disminuir cuando su severidad es alta, las grietas de borde han disminuido cuando pasan de severidad baja a media y se han mantenido cuando llegan a una severidad alta.

#### 4.3.2 Determinación del PCI en las unidades de registro y secciones del pavimento

La tabla 13, muestra los valores calculados (PCI) para cada unidad de registro siguiendo la metodología del índice de condición de pavimento. Para el cálculo del PCI en las secciones del pavimento se utilizó la ecuación 6.

Tabla 13: Valores del PCI, para unidades de registro y secciones del pavimento evaluado.

| Resumen cálculo PCI en unidades de registro y secciones de pavimento. |                      |            |         |               |              |                      |                   |              |
|---|----------------------|------------|---------|---------------|--------------|----------------------|-------------------|--------------|
|   | Unidades de Registro | Progresiva |         | Valor del PCI | Calificación | Area de muestra (m2) | PCI de la sección | Calificación |
|   |                      | Inicio     | Fin     |               |              |                      |                   |              |
| Sección 1   | UR 01                | 0+00       | 0+041.9 | 89.5          | Excelente    | 200.32               | 37.80             | MALO         |
|   | UR 03                | 0+085.6    | 0+134.5 | 69.9          | Bueno        | 200.32               |                   |              |
|   | UR 05                | 0+179.7    | 0+228   | 19            | Muy Malo     | 200.32               |                   |              |
|   | UR 07                | 0+272.2    | 0+312.3 | 24            | Muy Malo     | 200.32               |                   |              |
|   | UR 09                | 0+354      | 0+388.2 | 76            | Muy Bueno    | 200.32               |                   |              |
|   | UR 11                | 0+423.6    | 0+460   | 0             | Fallado      | 200.32               |                   |              |
|   | UR 12                | 0+460      | 0+496.3 | 4             | Fallado      | 200.32               |                   |              |
|   | UR 13                | 0+496.3    | 0+528.8 | 20            | Muy Malo     | 200.32               |                   |              |
| Sección 2   | UR 01                | 0+00       | 0+46.5  | 19.5          | Muy Malo     | 200.32               | 38.57             | MALO         |
|   | UR 02                | 0+46.5     | 0+92.6  | 19.3          | Muy Malo     | 200.32               |                   |              |
|   | UR 03                | 0+92.6     | 0+143.5 | 29            | Malo         | 200.32               |                   |              |
|   | UR 05                | 0+194.1    | 0+239.4 | 27.1          | Malo         | 200.32               |                   |              |
|   | UR 07                | 0+285.8    | 0+322.4 | 62.1          | Bueno        | 200.32               |                   |              |
|   | UR 09                | 0+353.7    | 0+378.6 | 74.4          | Muy Bueno    | 200.32               |                   |              |
| Sección 3   | UR 01                | 0+00       | 0+32.90 | 52            | Regular      | 200.32               | 66.78             | Bueno        |
|   | UR 02                | 0+32.9     | 0+68.9  | 82            | Muy Bueno    | 200.32               |                   |              |
|   | UR 03                | 0+68.9     | 0+105.9 | 89.4          | Excelente    | 200.32               |                   |              |
|   | UR 04                | 0+105.9    | 0+146.1 | 82.5          | Muy Bueno    | 200.32               |                   |              |
|   | UR 05                | 0+146.1    | 0+185.3 | 28            | Malo         | 200.32               |                   |              |

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados contemplados en la tabla 13 muestran que, la sección 01 de estudio presenta un PCI de 37.80 con una calificación Malo, la sección 02 presenta un PCI de 38.57 con una calificación Malo, la sección 03 presenta un PCI de 66.78 con calificación Bueno; además, la sección que está en mejores condiciones de serviciabilidad es la sección 03 con un PCI de 66.78 (Bueno) que comprende el Jirón Mariscal Castilla, la sección con menor PCI es la 01 con PCI 37.80 (Malo) la que corresponde al Jirón Gregorio Malca.

Evaluadas las unidades de registro de las secciones del pavimento en estudio, se obtuvieron escalas de clasificaciones desde: fallado, muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno y excelente.

La tabla 13 muestra que la unidad de pavimento que está mejor conservada, que guarda mejores condiciones de serviciabilidad y que tiene mayor PCI es la unidad de registro 01 en la sección 1, ubicada en el Jr. Gregorio Malca cuadra 2 con un PCI de 89.5 (excelente); por el contrario, la unidad de menor registro de índice de condición de

pavimento es la 11 en la sección 01, ubicada en el Jr. Gregorio Malca cuadra 8, con un PCI de 0 (fallado).

Para la presente investigación se partió primeramente por estudiar los pavimentos flexibles en forma ordenada, considerando los jirones en forma individual y aplicando la metodología PCI, por lo que no será necesario calcular el PCI del pavimento en general.

#### **4.4 Contrastación de Hipótesis**

La hipótesis planteada es verdadera para las secciones 1 y 2 del pavimento de estudio, porque el estado de condición de los pavimentos flexibles, para los jirones Gregorio Malca y 27 de Noviembre de la ciudad de Chota aplicando el método PCI es Malo, como se planteó al inicio de la investigación.

La hipótesis planteada es falsa para la sección 3 del pavimento de estudio, porque el estado de condición del pavimento flexible, del Jr. Mariscal Castilla en la ciudad de Chota aplicando el método PCI es Bueno, y no malo como se planteó al inicio de la investigación.

#### **4.5 Mantenimiento en el pavimento de estudio**

Estudiadas las unidades de registro en el pavimento de estudio, las acciones de mantenimiento se realizarán a las unidades cuya calificación estén dentro de fallado, muy malo, malo, regular, y bueno, como se mencionó en el ciclo de vida de los pavimentos, la tabla 14 muestra las unidades consideradas para mantenimiento.



Tabla 14: Unidades de registro para mantenimiento y rehabilitación.

| <b>Unidades de registro para Mantenimiento y Rehabilitación</b> |                      |            |         |               |              |                      |
|---|----------------------|------------|---------|---------------|--------------|----------------------|
| Sección   | Unidades de Registro | Progresiva |         | Valor del PCI | Calificación | Área de muestra (m2) |
|   |                      | Inicio     | Fin     |               |              |                      |
| <b>Sección 1</b>  | UR 03                | 0+085.6    | 0+134.5 | 69.9          | Bueno        | 200.32               |
|   | UR 05                | 0+179.7    | 0+228   | 19            | Muy malo     | 200.32               |
|   | UR 07                | 0+272.2    | 0+312.3 | 24            | Muy malo     | 200.32               |
|   | UR 11                | 0+423.6    | 0+460   | 0             | Fallado      | 200.32               |
|   | UR 12                | 0+460      | 0+496.3 | 4             | Fallado      | 200.32               |
|   | UR 13                | 0+496.3    | 0+528.8 | 20            | Muy malo     | 200.32               |
| <b>Sección 2</b>  | UR 01                | 0+00       | 0+46.5  | 19.5          | Muy malo     | 200.32               |
|   | UR 02                | 0+46.5     | 0+92.6  | 19.3          | Muy malo     | 200.32               |
|   | UR 03                | 0+92.6     | 0+143.5 | 29            | Malo         | 200.32               |
|   | UR 05                | 0+194.1    | 0+239.4 | 27.1          | Malo         | 200.32               |
|   | UR 07                | 0+285.8    | 0+322.4 | 62.1          | Bueno        | 200.32               |
|   | UR 09                | 0+353.7    | 0+378.6 | 74.4          | Bueno        | 200.32               |
| <b>Sección 3</b>  | UR 01                | 0+00       | 0+32.9  | 52            | Regular      | 200.32               |
|   | UR 05                | 0+146.1    | 0+185.3 | 28            | Malo         | 200.32               |
| Total   |                      |            |         |               |              | 2804.48              |

Fuente: Elaboración propia.

Obtenidas las unidades de registro para mantenimiento, se realizará una descripción de las acciones de mantenimiento y rehabilitación para cada unidad de registro, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 15: Acciones de mantenimiento y rehabilitación en el pavimento de estudio primera parte.

| ACCIONES DE MANTENIMIENTO (RUTINARIO Y PERIÓDICO) Y REHABILITACIÓN EN EL PAVIMENTO DE ESTUDIO |                      |            |         |                 |               |                          |                          |           |  |  |
|---|----------------------|------------|---------|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------------|-----------|--|--|
| Sección   | Unidades de Registro | Progresiva |         | Área de UR (m2) | Valor del PCI | Calificación             | Tipos de fallas en UR    | Severidad | Área afectada (m2)                           | Acción de M&R                                |
|   |                      | Inicio     | Fin     |                 |               |                          |                          |           |  |  |
| Sección 1   | UR 03                | 0+085.6    | 0+134.5 | 200.32          | 69.9          | Bueno                    | 13                       | M         | 17.14  | Sello asfáltico                              |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | A         | 1.26   | Sello asfáltico                              |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 8                        | B         | 7.8  | Nada   |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | registro y/o acumulación | B         | 0.15   | Nada   |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | B         | 173.97                                       | Nada   |
|   | UR 05                | 0+179.7    | 0+228   | 200.32          | 19            | Muy malo                 | 16                       | B         | 0.65   | Parchado superficial                         |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | M         | 2.04   | Parchado superficial                         |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | A         | 29.64  | Sello asfáltico                              |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | registro y/o acumulación | B         | 3.05   | Nada   |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | A         | 0.43   | Parchado superficial                         |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 3                        | B         | 0.7  | Sellado de grietas                           |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | registro y/o acumulación | M         | 1.14   | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | B         | 52.36  | Nada   |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | M         | 111.01                                       | Sello asfáltico                              |
|   | UR 07                | 0+272.2    | 0+312.3 | 200.32          | 24            | Muy malo                 | registro y/o acumulación | M         | 0.62   | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | registro y/o acumulación | B         | 4.59   | Nada   |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | B         | 0.18   | Parchado superficial                         |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | M         | 35.73  | Sello asfáltico                              |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | M         | 3.26   | Parchado superficial                         |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | A         | 5.72   | Sello asfáltico                              |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | A         | 1.46   | Parchado superficial                         |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | B         | 148.76                                       | Nada   |
|   | UR 11                | 0+423.6    | 0+460   | 200.32          | 0             | Fallado                  | 16                       | M         | 9.58   | Reemplazo de la carpeta asfáltica            |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | A         | 2.94   |  |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | registro y/o acumulación | B         | 5.78   |  |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | B         | 1.85   |  |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | M         | 34.91  |  |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 13                       | A         | 145.26                                       |  |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | M         | 3.44   |  |
|   | UR 12                | 0+460      | 0+496.3 | 200.32          | 4             | Fallado                  | 16                       | B         | 8.41   | Reemplazo de la carpeta asfáltica            |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | registro y/o acumulación | B         | 8.75   |  |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | 16                       | A         | 1.6  |  |
|   |                      |            |         |                 |               |                          | registro y/o acumulación | M         | 0.08   |  |
| 3   |                      |            |         |                 |               |                          | A                        | 9         |  |  |
| 13  |                      |            |         |                 |               |                          | M                        | 3.23      |  |  |
| 13  |                      |            |         |                 |               |                          | A                        | 165.81    |  |  |
| UR 13   | 0+496.3              | 0+528.8    | 200.32  | 20              | Muy malo      | 16                       | M                        | 1.68      | Parchado superficial                         |  |
|   |                      |            |         |                 |               | 16                       | A                        | 1.08      | Parchado superficial                         |  |
|   |                      |            |         |                 |               | 3                        | B                        | 4.96      | Sellado de grietas                           |  |
|   |                      |            |         |                 |               | 8                        | B                        | 4.49      | Nada   |  |
|   |                      |            |         |                 |               | 13                       | A                        | 11.1      | Sello asfáltico                              |  |
|   |                      |            |         |                 |               | 16                       | B                        | 0.95      | Parchado superficial                         |  |
|   |                      |            |         |                 |               | registro y/o acumulación | M                        | 0.74      | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |  |
|   |                      |            |         |                 |               | 13                       | M                        | 180.28    | Sello asfáltico                              |  |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16: Acciones de mantenimiento y rehabilitación en el pavimento de estudio segunda parte.

| ACCIONES DE MANTENIMIENTO (RUTINARIO Y PERIÓDICO) Y REHABILITACIÓN EN EL PAVIMENTO DE ESTUDIO |                      |            |                 |                 |               |                          |                          |           |  |  |    |         |                          |   |      |  |
|---|----------------------|------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------------|-----------|--|--|----|---------|--------------------------|---|------|--|
| Sección   | Unidades de Registro | Progresiva |                 | Área de UR (m2) | Valor del PCI | Calificación             | Tipos de fallas en UR    | Severidad | Área afectada (m2)                           | Acción de M&R                                |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      | Inicio     | Fin             |                 |               |                          |                          |           |  |  |    |         |                          |   |      |  |
| Sección 2   | UR 01                | 0+00       | 0+46.5          | 200.32          | 19.5          | Muy malo                 | registro y/o acumulacion | B         | 0.22   | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | registro y/o acumulacion | M         | 0.32   | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | registro y/o acumulacion | A         | 2.7  | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 16                       | B         | 0.82   | Parchado superficial                         |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 3                        | B         | 11.9   | Sellado de grietas                           |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 3                        | A         | 0.45   | Sellado de grietas                           |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 16                       | M         | 0.25   | Parchado superficial                         |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 19                       | B         | 2.4  | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | B         | 43.23  | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | A         | 152.78                                       | Sello asfáltico                              |    |         |                          |   |      |  |
|   | UR 02                | 0+46.5     | 0+92.6          | 200.32          | 19.3          | Muy malo                 | registro y/o acumulacion | B         | 2.24   | Parchado superficial                         |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | registro y/o acumulacion | B         | 4.85   | Sellado de grietas                           |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | registro y/o acumulacion | B         | 0.4  | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 16                       | M         | 0.49   | Parchado superficial                         |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | M         | 8  | Sello asfáltico                              |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | B         | 35.22  | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | A         | 152.6  | Sello asfáltico                              |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | registro y/o acumulacion | B         | 1.77   | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 16                       | M         | 0.78   | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 16                       | M         | 0.36   | Parchado superficial                         |    |         |                          |   |      |  |
|   | UR 03                | 0+92.6     | 0+143.5         | 200.32          | 29            | Malo                     | registro y/o acumulacion | B         | 1.83   | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | registro y/o acumulacion | B         | 5.98   | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 3                        | B         | 4.4  | Sellado de grietas                           |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | registro y/o acumulacion | A         | 0.46   | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | B         | 54.74  | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | M         | 60.33  | Sello asfáltico                              |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | A         | 75.84  | Sello asfáltico                              |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 3                        | M         | 5  | Sellado de grietas                           |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 3                        | B         | 7.5  | Sellado de grietas                           |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 16                       | B         | 0.2  | Parchado superficial                         |    |         |                          |   |      |  |
|   | UR 05                | 0+194.1    | 0+239.4         | 200.32          | 27.1          | Malo                     | registro y/o acumulacion | B         | 5.33   | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | registro y/o acumulacion | A         | 0.2  | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 16                       | M         | 1.2  | Parchado superficial                         |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | A         | 89.27  | Sello asfáltico                              |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | B         | 104.12                                       | Nada   |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 3                        | B         | 1.7  | Sellado de grietas                           |    |         |                          |   |      |  |
| 3   |                      |            |                 |                 |               |                          | M                        | 1.1       | Sellado de grietas                           |  |    |         |                          |   |      |  |
| registro y/o acumulacion  |                      |            |                 |                 |               |                          | B                        | 8.55      | Nada   |  |    |         |                          |   |      |  |
| registro y/o acumulacion  |                      |            |                 |                 |               |                          | M                        | 1.77      | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |  |    |         |                          |   |      |  |
| 13  |                      |            |                 |                 |               |                          | A                        | 10.84     | Sello asfáltico                              |  |    |         |                          |   |      |  |
| UR 07   | 0+285.8              | 0+322.4    | 200.32          | 62.1            | Bueno         | registro y/o acumulacion | B                        | 179.16    | Nada   |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | registro y/o acumulacion | B                        | 2.6       | Sellado de grietas                           |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | registro y/o acumulacion | B                        | 5.72      | Nada   |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 3                        | A                        | 2.44      | Sellado de grietas                           |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 16                       | M                        | 0.21      | Parchado superficial                         |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 16                       | B                        | 0.32      | Parchado superficial                         |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 3                        | M                        | 2.3       | Sellado de grietas                           |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 13                       | B                        | 194.07    | Nada   |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 16                       | M                        | 0.29      | Parchado superficial                         |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 13                       | A                        | 1.31      | Sello asfáltico                              |  |    |         |                          |   |      |  |
| UR 09   | 0+353.7              | 0+378.6    | 200.32          | 74.4            | Bueno         | registro y/o acumulacion | M                        | 3.96      | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | registro y/o acumulacion | B                        | 0.13      | Nada   |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 16                       | B                        | 2.06      | Parchado superficial                         |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 13                       | A                        | 48.6      | Sello asfáltico                              |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | 13                       | M                        | 149.53    | Sello asfáltico                              |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               | Sección 3                | UR 01                    | 0+00      | 0+32.9                                       | 200.32                                       | 52 | Regular | registro y/o acumulacion | M | 3.96 | Sustituir registro y/o limpieza de desmonte. |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          |                          |           |  |  |    |         | registro y/o acumulacion | B | 0.13 | Nada   |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          |                          |           |  |  |    |         | 16                       | B | 2.06 | Parchado superficial                         |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | UR 05                    | 0+146.1   | 0+185.3                                      | 200.32                                       | 28 | Malo    | registro y/o acumulacion | B | 0.13 | Nada   |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          |                          |           |  |  |    |         | 16                       | B | 2.06 | Parchado superficial                         |
| 13  | A                    | 48.6       | Sello asfáltico |                 |               |                          |                          |           |  |  |    |         |                          |   |      |  |
|   |                      |            |                 |                 |               |                          | 13                       | M         | 149.53                                       | Sello asfáltico                              |    |         |                          |   |      |  |

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para las acciones de intervención en las unidades de registro, a través del mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico, la rehabilitación que corresponde al remplazo de la carpeta asfáltica no se tratara aquí por estar fuera de los objetivos del estudio.

#### **4.5.1 Mantenimiento rutinario**

Estas actividades de mantenimiento tienen la finalidad de reponer la capa superficial del pavimento construido aplicando un parchado superficial manual, mediante la aplicación de una mezcla asfáltica en frío, serán aplicadas a las unidades de muestra que presenten fallas tipo bache (severidad B, M, A), fisuras y grietas de borde (severidad B, M, A) serán tratadas mediante el sellado de grietas.

##### **4.5.1.1 Para baches de severidad baja, media y alta**

Se optó por aplicar una mezcla en frío porque en la ciudad de Chota y alrededores no se cuenta con una planta de asfalto en caliente, el procedimiento para la aplicación de la mezcla en frío es el siguiente: Se debe cortar 30 cm paralelo y perpendicular a la zona aparentemente buena adyacente al bache, se elimina el material excedente en lugares autorizados, se realiza una limpieza profunda, aplicar un riego de liga con emulsión asfáltica CSS1 a razón de  $0.6 \text{ lit}/\text{m}^2$ , seguido se elabora la mezcla asfáltica en frío in situ (Emulsión asfáltica CSS1 (12%) + agua (8%) + agregados densos de TMN (1/2") + cemento portland al 2%) homogenizada la mezcla se esparcirá con rastrillos dejando sobresalir 6 mm sobre el pavimento existente, a continuación se compactará usando una plancha compactadora finalmente transcurrido 24 horas se realizará un barrido para eliminar partículas sueltas.

Se aplicará un sello para impermeabilizar el parche utilizando una mezcla de emulsión asfáltica (CSS1) (75%) diluida en agua (25%) seguido de arena para no levantar el sello.

#### **4.5.1.2 Para fisuras y grietas de borde de severidad baja, media y alta**

Las fisuras y grietas de severidad baja y media, deben ser tratadas con el procedimiento para sellado de grietas de ancho comprendido entre 6mm y 20mm, de la siguiente manera, tomar las medidas preventivas, a continuación la limpieza de las grietas con aire comprimido, seguido de un riego de liga utilizando emulsión asfáltica tipo CSS-1 esta permite una mejor unión entre materiales de la carpeta asfáltica con el sellante, para este caso el sellante utilizado será slurry tipo I o sellantes modificados con polímeros.

Las fisuras y grietas de severidad alta, deben ser tratadas con el procedimiento para el sellado de grietas de ancho comprendido entre 20mm y 70mm, de la siguiente manera, tomar las medidas preventivas, a continuación, la limpieza mecánica de las grietas, a continuación, se utiliza un riego de liga de emulsión asfáltica CSS-1, para luego emplear un sellador, la que puede ser un slurry tipo II o asfaltos modificados con polímeros y caucho.

#### **4.5.1.3 Sustituir registro y/o limpieza de desmante**

Se refiere a las deficiencias encontradas en la calzada, que han sido inventariados en el trabajo de campo; se han encontrado registros en mal estado, estos han sido utilizados para dar operatividad al sistema de aguas de lluvia y en otros casos se han encontrado acumulación de materiales de construcción en la calzada (residuos de concreto adherido al asfalto), por tanto, en el caso del registro será remplazado por otro de material de asfalto y en el caso de los residuos de concreto serán desprendidos de la calzada.

#### **4.5.2 Mantenimiento periódico**

Estas actividades de mantenimiento tienen la finalidad de mejorar la superficie del pavimento construido aplicando un sello asfáltico, mediante la aplicación de slurry o micropavimento, serán aplicadas a las unidades de muestra que presenten fallas tipo desprendimiento de agregados de severidad media y alta.

#### **4.5.2.1 Para desprendimiento de agregados de severidad media**

Para realizar actividades como el sello asfáltico, primeramente, debemos tener una superficie libre de irregularidades por lo que el parchado superficial, el sellado de fisuras y grietas son actividades que se deben desarrollar antes de aplicar el sello.

Una opción es aplicar una capa de slurry tipo II, se debe realizar el diseño y los ensayos de laboratorio pertinentes para el slurry, el equipo para la aplicación debe ser una planta móvil montada en camión, que tenga una tolva para los agregados, que son ingresados a una banda transportadora, un depósito para el abastecimiento de agua, aditivos y emulsión, que finalmente son ingresados a una caja esparcidora que contenga un anillo sin fin, la mezcla compuesta por (emulsión asfáltica (CSS1) + agua + cemento + agregado mineral de piedra triturada), la dotación se hará de acuerdo al diseño tanto para la muestra líquida y los agregados, se utilizará solo vibrador neumático para la compactación, luego de instalada el slurry.

La otra opción es aplicar un micropavimento de tipo II, a diferencia del slurry, en la emulsión debe adicionarse polímeros que mejoran la calidad de la mezcla, los equipos necesarios para la preparación y extendido, pueden ser los mismos equipos descritos antes.

#### **4.5.2.2 Para desprendimiento de agregados de severidad alta**

Para corregir estas deficiencias podemos utilizar un slurry o micropavimento del tipo III, se debe realizar el diseño y los ensayos de laboratorio pertinentes para el slurry o para el micropavimento, la mezcla estará compuesta por (emulsión asfáltica de rotura lenta + agua + cemento) para el slurry y adicionar polímeros si se opta por aplicar micropavimento, la mezcla será elaborada y extendida en una planta móvil montada en camión capaz de mezclar todos los ingredientes antes de ser instalada la mezcla, se realizará la compactación solo con rodillo neumático.

#### **4.5.3 Rehabilitación**

Las unidades de registro 11 y 12 de la sección 1, que comprende las progresivas 0+423.6 hasta 0+496.3 (72.7 ml de calzada), presentan una calificación de fallado por lo que la mejor opción es el remplazo de la mezcla asfáltica.

A continuación, se muestra la figura 45 que corresponde al porcentaje de incidencia en actividades de mantenimiento, para las unidades de registro consideradas. La figura muestra que las actividades parchado superficial (mezcla en frío) tiene una incidencia de (32.79%), el sello asfáltico (slurry seal o micropavimento) un (29.51%), el sellado de grietas un (21.31%), se ha añadido la actividad de sustitución de parches y/o limpieza de desmonte con 10 intervenciones que representan un 16.39%.

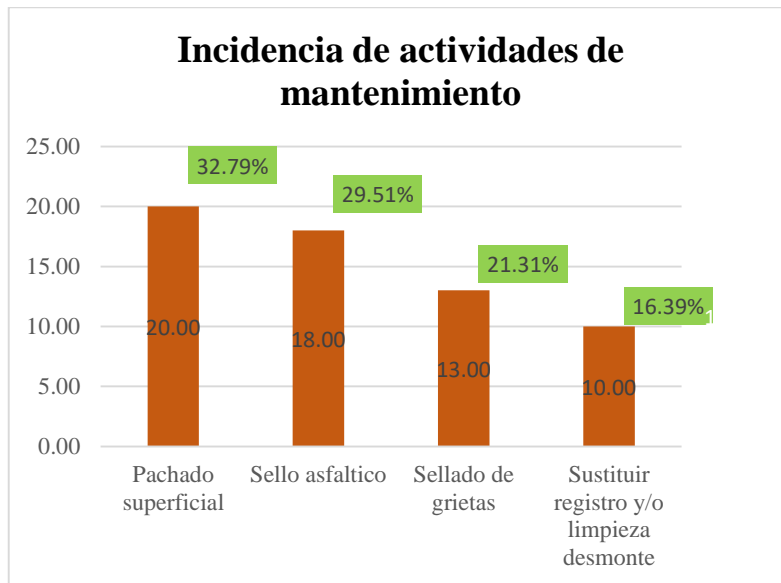


Figura 45: Porcentaje de incidencia en actividades de mantenimiento rutinario y periódico.

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 1 Análisis de resultados

#### 1.1 Fallas

La metodología del índice de condición de pavimento (PCI) considera 19 fallas o angustias presentes en los pavimentos flexibles; realizado el estudio específico para los pavimentos flexibles en los jirones Gregorio Malca, 27 de Noviembre y Mariscal Castilla, de la ciudad de Chota, solo siete fallas han sido registradas las cuales son: Baches, desprendimiento de agregados, fisuras y grietas de borde, depresión, abultamientos y hundimientos, desnivel carril berma y desplazamiento enumeradas de mayor a menor porcentaje de incidencia.

Los resultados obtenidos en este estudio nos permiten identificar las características de las fallas presentes; las fallas encontradas han sido en la carpeta de rodadura, el registro de fallas muestra que el 93.79% de las fallas lo representa los baches, desprendimiento de agregados y grietas de borde; es decir podemos esperar que estas fallas se presenten con mayor probabilidad en el tiempo, de otra parte, el 6.21% lo representa las fallas restantes que se presume que ocurriesen con menor probabilidad en el tiempo.

Se ha visto en las figuras 42, 43 y 44 que, las fallas tipo desprendimiento de agregados, baches y grietas de borde presentan diversidad de severidades, por tanto, se muestra a continuación cómo ha evolucionado cada una de estas fallas.

La falla tipo desprendimiento de agregados va aumentando el porcentaje de representatividad cuando su severidad va cambiando de baja, media y hasta llegar a alta severidad.

La falla tipo bache mantiene el porcentaje de incidencia cuando pasa de severidad baja a severidad media y disminuye cuando cambia a severidad alta.

Las fallas tipo fisuras y grietas de borde se han disminuido su incidencia cuando cambia de severidad baja a media y se mantiene cuando alcanza la severidad alta.



## **1.2 Factores que han intervenido**

Como primer factor a considerar en la reducción del PCI es el tráfico siempre que las cargas actuantes sean significativas, para ello se realizó el estudio de tráfico en las vías de estudio, los datos muestran al camión (Tipo C 2) como el vehículo de mayor carga registrado, es de esperar que bajas aplicaciones de carga en las vías de estudio, no reduzcan el PCI de las vías.

La pequeña variación de la temperatura de la ciudad, que no pasa de 30°C y que no disminuye a temperaturas menores de 5° C, no representa un factor a considerar en la reducción del PCI. A diferencia de las lluvias que en los meses de enero, febrero, marzo y abril se presentan con mayor frecuencia (abril (115.05 mm/mes)) pueden influir en la presencia de fallas tipo desprendimiento de agregados, baches y grietas.

Realizada la topografía en las vías en estudio, se muestra un terreno ondulado (tipo 2), por lo que las precipitaciones pluviales pueden escurrir hacia las cunetas y posteriormente a los canales de evacuación de la ciudad. Dado el tipo de evacuación de aguas de lluvia que tienen las viviendas en la ciudad, ha sido de los factores en la reducción del PCI.

Si consideramos que en la ciudad de Chiclayo se elaboró la mezcla asfáltica en caliente y luego se realizó el traslado de la misma a la ciudad de Chota, en este lapso de tiempo de 6 horas, la mezcla en caliente puede haber sido modificada en cuanto a la cantidad del ligante, que sumado a la deficiente evacuación de aguas de lluvia, ha ocasionado la presencia de fallas como desprendimiento de agregados y baches, por lo que se presume que el factor constructivo tenga incidencia en la reducción del PCI.

## **1.3 Causas**

En el trabajo de campo se ha visto que la mayoría de las edificaciones (3 pisos o más) en la ciudad de Chota, tienen techos a dos aguas típico techo de la sierra del Perú, estos techos evacuan directamente el agua de las lluvias hacia la calle, mediante la evacuación directa o a través de un tubo conductor, estos al acumular agua en el techo en cantidad y forma permanente, el agua cae y crea un impacto en el pavimento flexible rompiendo la adherencia entre los elementos constituyentes del asfalto; el producto es la formación de

baches, desprendimiento de agregados que van iniciando con severidad baja, luego media y se transforman en baches de alta severidad en la calzada.

Las fallas tipo desprendimiento de agregados, se han incrementado cuando su severidad aumenta, estas fallas de severidad baja se deben a las permanentes lluvias sobre todo entre los meses enero – abril, los desprendimientos de agregados de severidad media y alta se deben a la combinación de una deficiente evacuación de aguas de lluvia y la débil adherencia entre el ligante y los agregados de la mezcla asfáltica.

Los baches se han presentado por una deficiente evacuación de aguas de lluvia, iniciando como fallas tipo desprendimiento de agregados y evolucionando a baches, la acción del agua en la mezcla asfáltica en combinación con las cargas de tráfico aunque menores en este estudio favorece a la separación de los elementos constituyentes de la mezcla, al inicio se han presentado como áreas localizadas de tamaño pequeño, y finalmente se han convertido en baches, se ha visto (UR 11 y UR 12) que solo la evacuación de aguas de lluvia a través de un tubo conductor han propiciado la formación de baches de alta severidad.

Se ha visto en campo, como los registros de concreto, construidos para dar operatividad al sistema de aguas de lluvia, pueden dar un aspecto distinto al que debe tener una calzada, al igual que la acumulación de material en la vía cuando se elabora concreto en la calle para un determinado fin.

Las grietas de borde, han sido identificadas entre la unión de la mezcla asfáltica y la cuneta de concreto, se presume, que han sido ocasionadas por deficiencias en la instalación de la mezcla asfáltica (compactación insuficiente en el borde de la calzada), puesto que la calzada cuenta con una cuneta de concreto que confina la mezcla asfáltica.

La utilización de materiales de una granulometría adecuada para la elaboración de la mezcla asfáltica es importante, durante el trabajo de campo se ha podido medir en la superficie el agregado grueso utilizado en la mezcla, llegando en algunos casos a medir 2.5 centímetros, aunque, no se ha realizado un análisis granulométrico de la mezcla, se debe hacer uno para determinar si la granulometría empleada es la adecuada o califica como causa de presencia de fallas.

## **1.4 Mantenimiento de las vías en estudio**

Las actividades de mantenimiento demandadas para este estudio fueron el parchado superficial manual ejecutada a través de una mezcla en frío, el sello asfáltico ejecutada a través de un slurry seal o micropavimento, el sellado de grietas y la sustitución de registros, el parchado superficial manual y el sello asfáltico son las actividades de mantenimiento de mayor demanda que va a permitir corregir fallas tipo baches y desprendimiento de agregados.

Las unidades de registro 11 y 12 de la sección 1, que comprende las progresivas 0+423.6 hasta 0+496.3, presentan una calificación de fallado, realizar un mantenimiento sería obtener una calzada con parches y deficiencias, se opta por el remplazo de la mezcla asfáltica.

Para recuperar las condiciones de serviciabilidad, confort y seguridad en los pavimentos flexible, es necesario aceptar las prácticas de mantenimiento; estas prácticas recuperan y elevan nuevamente el índice de condición de pavimento (PCI) hasta llegar a una calificación Excelente, entonces en el presente estudio, se hubieran considerado los trabajos de mantenimiento en unidades de registro con calificación Muy Buena ¿Por qué no?, la respuesta no es técnica más bien lo es económica, si contamos con los suficientes recursos sí podemos incluirla, he querido no incluirla por ser más económica y por estar de acuerdo con la figura 6 (ciclo de vida de los pavimentos), donde nos muestra que más económico es actuar cuando las unidades de registro sean de calificación Buena o menor.

## **2 Discusión de resultados**

### **2.1 Método PCI**

El procedimiento para la evaluación de campo mediante la metodología del PCI, al ser subjetivo, admite ciertamente una diferencia entre los resultados de un evaluador y otro en una misma sección, para realizar una buena evaluación de las unidades de registro es siempre importante conocer y recibir cierta capacitación con respecto a la identificación de las fallas, estudios como Loprencipe y Pantuso en 2017, mencionan que ciertos tipos de fallas como los que se presentan en calzadas con árboles, no pueden ser clasificadas

en los tipos de fallas consideradas en el PCI, llegando a considerar la opción de una disminución de la variedad de fallas para que el método sea más asequible. La metodología del PCI a la actualidad, sigue siendo utilizada por la mayoría de software que utilizan los sistemas de gestión de pavimentos, en tal caso utilizar el método PCI para la evaluación de un pavimento dependerá de las condiciones de la vía a estudiar.

## **2.2 Fallas**

Las fallas encontradas en el pavimento de estudio se diferencian a otros estudios teóricos (antecedentes teóricos); porque sus causas de ocurrencia son diferentes, en el caso de los pavimentos de la ciudad de Chota ha tenido incidencia la evacuación deficiente de las aguas de lluvia sumada a la poca adherencia del ligante y agregados, en cambio en otros como el de Leguía y Pacheco en 2016, las causas de ocurrencia se debieron a la falta de drenaje, la instalación de conexiones domiciliarias de agua y desagüe.

A la falla tipo bache o hueco, la metodología PCI le ha asignado como la de mayor incidencia en la reducción del PCI, razón por lo que alguna unidad de registro que contenga este tipo de fallas su PCI se verá disminuido y por consiguiente las actividades de mantenimiento deben ser oportunas, por el contrario, las fallas tipo abultamientos y hundimientos de severidad baja influyen menos en la reducción del PCI. El método PCI trata a ciertos tipos de fallas de forma diferente, llegando a pensar que solo la identificación de los baches pueda dar representatividad a la evaluación del PCI cosa que no es cierto.

La antigüedad del pavimento evaluado (4 años), la pequeña variación de la temperatura en la ciudad, las bajas cargas vehiculares. Pudieran hacernos pensar que el deterioro del pavimento evaluado sea menor, esperando que los pavimentos flexibles construidos en la ciudad de Chota tengan un buen funcionamiento, la realidad muestra que ciertas acciones combinadas que parecen ser menores como la deficiente evacuación de aguas de lluvia, la adherencia entre los materiales de la mezcla, tienen una gran influencia en el deterioro de los pavimentos construidos en la ciudad de Chota.

Para una falla en particular evaluada en el tiempo hay mayor cantidad de baja severidad y menor cantidad de alta severidad; esta correspondencia muestra que, para

que un pavimento flexible este deteriorado tiene que ir paulatinamente degradando su PCI, es decir debe ir pasando de una calificación Excelente, Muy Buena, Buena, Regular hasta llegar a fallado, y no puede ir de una calificación de bueno a pobre abruptamente.

Cuando se construye un pavimento flexible en las calles de una ciudad, es necesario incorporar elementos de control para aguas pluviales, sistemas de agua y alcantarillado (alcantarillas, buzones, registros, etc.); estos deben ir necesariamente en la misma calle, razón por la cual se reduce el PCI del pavimento, puesto que estos se convierten en una deficiencia de la vía, aun cuando reúnan condiciones favorables, como salvar esta reducción del PCI, una alternativa es instalando estos sistemas fuera de la vía de circulación vehicular por las áreas verdes; cuando no hay otra opción instalarlos en la calzada, con los registros del mismo material de asfalto en la vía.

### **2.3 Eficiencia**

El tiempo empleado para la evaluación de 19 unidades de registro en la ciudad de Chota ha sido de 5 días, a razón de 2.1 horas por unidad de registro; de otra parte cruz en 2018 obtuvo un rendimiento de 50 minutos por unidad de muestra, estos rendimientos son utilizando personal en campo, además cruz realizo una evaluación mediante la utilización de un vehículo aéreo no tripulado (Dron) con un rendimiento 1 minuto por unidad de muestra obteniendo imágenes georreferenciadas, que sirvieron para cuantificar en gabinete el valor del PCI con la ayuda de personal técnico capacitado, en la actualidad estudios como el de Petkova, 2016 buscan mejorar esta eficiencia combinando la utilización de vehículos aéreos no tripulados y software que obtienen las fallas con un margen de error mínimo, mejorando significativamente la evaluación de los pavimentos y disminuyendo los errores que puedan ser cometidos por el personal técnico.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1 Conclusiones

1.- El estado de condición de los pavimentos flexibles mediante la metodología PCI es: Para la sección 1 que comprende el Jr. Gregorio Malca cuadras 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 es Malo con un PCI de 37.80; en la sección 2 que comprende el Jr. 27 de Noviembre cuadras 1, 2, 3, 4 y 5 es Malo con un PCI de 38.57 y en la sección 3 que comprende el Jr. Mariscal Castilla cuadras 1, 2 y 3 es Bueno con un PCI de 66.78, si bien esta calificación en las secciones 1 y 2 no refleja la condición de unidades de registro calificadas como bueno y muy bueno.

2.- La tabla 17 muestra las fallas identificadas en el pavimento de estudio que fueron 161 y la cuantificación de la severidad para cada tipo de falla.

*Tabla 17: Identificación de fallas y cuantificación de su severidad en el pavimento estudiado.*

| RESUMEN DE FALLAS EN EL PAVIMENTO DE ESTUDIO. |                                   |           |    |   |           |   |   |           |   |   |  |   |  |                 |                    |
|---|-----------------------------------|-----------|----|---|-----------|---|---|-----------|---|---|--|---|--|-----------------|--------------------|
| Número<br>identific<br>ador                   | Descripción de Falla.             | SECCIÓN 1 |    |   | SECCIÓN 2 |   |   | SECCIÓN 3 |   |   | Número de<br>fallas de<br>Baja<br>severidad. | Número<br>fallas de<br>Mediana<br>severidad | Número<br>fallas de<br>Alta<br>severidad | Total de fallas | % de<br>Incidencia |
|   |                                   | B         | M  | A | B         | M | A | B         | M | A |  |   |  |                 |                    |
| 16  | Baches o Huevo (BCH)              | 22        | 14 | 7 | 15        | 7 |   | 6         | 1 |   | 43   | 22  | 7  | 72              | 44.72%             |
| 13  | Desprendimiento de Agregados (DA) | 4         | 10 | 5 | 6         | 2 | 6 | 5         | 4 | 2 | 15   | 16  | 13                                       | 44              | 27.33%             |
| 3   | Fisuras y grietas de Borde (FDB)  | 10        | 2  | 2 | 12        | 4 | 2 | 3         |   |   | 25   | 6   | 4  | 35              | 21.74%             |
| 9   | Depresión (DP)                    | 1         |    |   | 3         |   |   |           |   |   | 4  | 0   | 0  | 4               | 2.48%              |
| 8   | Abultamientos y Hundimientos (AH) | 2         |    |   |           |   |   | 1         |   |   | 3  | 0   | 0  | 3               | 1.86%              |
| 19  | Desnivel Carril Berma (DCB)       |           |    |   | 2         |   |   |           |   |   | 2  | 0   | 0  | 2               | 1.24%              |
| 10  | Desplazamiento (DZ)               |           |    |   |           |   |   | 1         |   |   | 1  | 0   | 0  | 1               | 0.62%              |
| <b>Sumatoria</b>                              |                                   |           |    |   |           |   |   |           |   |   |  |   | <b>161</b>                               | <b>100.00%</b>  |                    |

*Fuente: Elaboración propia.*

3.- Se ha realizado el levantamiento topográfico de la zona en estudio, obteniendo 679 puntos topográficos, presentando un terreno ondulado (tipo 2), los anchos de la sección en las calles estudiadas cambian de tal forma que, las veredas varían de 0.85 m a 1.40 m de ancho, la calzada de 3.70 m a 7.30 m de ancho y cunetas de 0.40 m.

4.- Se realizó el conteo de tránsito en cuatro estaciones, en los horarios de mayor tránsito vehicular 7 am - 8 am, 1 pm - 2 pm y 6 pm - 7 pm, el camión C 2 es el vehículo registrado de mayor carga con 48 vehículos por día, también se concluye que más del 91.21 % del flujo vehicular corresponden a mototaxis y motos lineales en todas estaciones de conteo.

5.- La propuesta de mantenimiento para el pavimento evaluado es, implementar acciones de mantenimiento rutinario aplicando una mezcla en frio para corregir fallas tipo baches de severidad B, M, A; el sellado de fisuras y grietas para corregir las fallas tipo grietas de borde de severidad B, M, A; la sustitución de registros; acciones de mantenimiento periódico aplicando un slurry seal o micropavimento para corregir fallas tipo desprendimiento de agregados de severidad M, A. Y el remplazo de la carpeta asfáltica en las unidades de registro 11 y 12 de la sección 1. Las actividades de parchado superficial tienen una incidencia del (32.79 %), el sello asfaltico un (29.51 %), el sellado de grietas un (21.31 %) y la sustitución de registros y/o limpieza de desmonte un (16.39 %).

6.- Las fallas tipo desprendimiento de agregados, se deben a la combinación de una deficiente evacuación de aguas de lluvia y la falta de adherencia entre el ligante y los agregados de la mezcla asfáltica.

7.- Los baches se han presentado por una deficiente evacuación de aguas de lluvia, iniciando como fallas tipo desprendimiento de agregados y evolucionando hasta llegar a baches, la acción del agua en la mezcla asfáltica (procedente de las lluvias) en combinación con las cargas de tráfico, aunque menores en este estudio han favorecido a la separación de los elementos constituyentes de la mezcla.

8.- Las grietas de borde, han sido identificadas entre la unión de la mezcla asfáltica y la cuneta de concreto, se presume, que han sido ocasionadas por deficiencias en la instalación de la mezcla asfáltica (compactación insuficiente en el borde de la calzada).

9.- Si bien las causas identificadas en este estudio, se han debido a una evaluación funcional, es importante mencionar que pueden existir otras, las que puedan ser objeto de investigación.

## **2 Recomendaciones**

- 1.- Para la evaluación de un pavimento se debe tener en cuenta además de las fallas, los elementos de seguridad y visibilidad, en la actualidad la metodología del PCI es ampliamente utilizada pero no lo aplica.
- 2.- Adaptar la norma a la realidad peruana, puesto que fallas tipo cruce ferrocarril no es frecuente en el Perú y la cuantificación de algunas fallas son subjetivas; de tal manera que puedan ser aplicadas para diferentes tipos de pavimentos, para esto se puede tomar como referencia el estudio realizado por Loprencipe y Pantuso, 2017.
- 3.- Se recomienda realizar evaluaciones futuras mediante el método PCI utilizando vehículos aéreos no tripulados, tomando como referencias los estudios de Cruz en 2018 y Petkova en 2016, por ejemplo, para los pavimentos flexibles de la ciudad de Chota.
- 4.- Un estudio faltante por realizar, con la finalidad de mejorar las condiciones superficiales y estructurales de las vías en la ciudad de chota bajo las condiciones de topografía, tránsito y clima consideradas en este estudio, sería determinar el tipo de pavimento a construir de tal forma brinde, seguridad, confort y economía.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aley Hammond, L. 2015. Pavement Condition Index Survey & Evaluation of the City of Veneta's Street Network. Pavement Services, Inc. Project N 14037, Oregon, United States of America, February. p. 96.
- [2] American Society of Testing Materials. 2005. Índice de Condición de Pavimentos en Aeropuertos (PCI). ASTM D 5340. (Traducción española). Sept. p. 21.
- [3] American Society of Testing Materials. 2005. Índice de Condición de Pavimentos en Aeropuertos (PCI): Apéndice x1 Evaluación de Pavimentos de Concreto Asfáltico (AC). ASTM D 5340. (Traducción española). Sept. p. 21.
- [4] American Society of Testing Materials. 2007. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. ASTM D 6433 West Conshohocken, United States of America, Ener. p. 48.
- [5] American Society of Testing Materials. 2016. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. ASTM D 6433 West Conshohocken, United States of America, Oct. p. 48.
- [6] Bolaños Tauma, J.J. 2015. Identificación, diagnóstico y remediación de las patologías del pavimento flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. De los Héroes - Ciudad de Cajamarca-Departamento de Cajamarca. Tesis en Ingeniería Civil. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 198.
- [7] Bulla García, Y. A.; Rodríguez Álvarez, A.T.; Higuera Sandoval, C. H. 2017. Análisis comparativo de una mezcla densa en caliente MDC-19 y una mezcla densa en frío MDF-19. Revista Ingenio Magno. Universidad Santo Tomas Tunja, Boyacá, Colombia ISSN 2422-2399. Vol. 8 No 1: pp. 20-42.
- [8] Cruz Toribio, J.O. 2018. Cálculo del Índice de Condición del Pavimento con Imágenes del Vehículo Aéreo no Tripulado. Tesis en Ingeniería Civil. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería. 116.
- [9] Higuera Sandoval, CH. 2006. Comportamiento de los estados tensionales de una estructura de pavimento flexible. Revista Facultad de Ingeniería Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia ISSN: 0121-1129 vol. 15 (núm. 21): pp. 22-30.

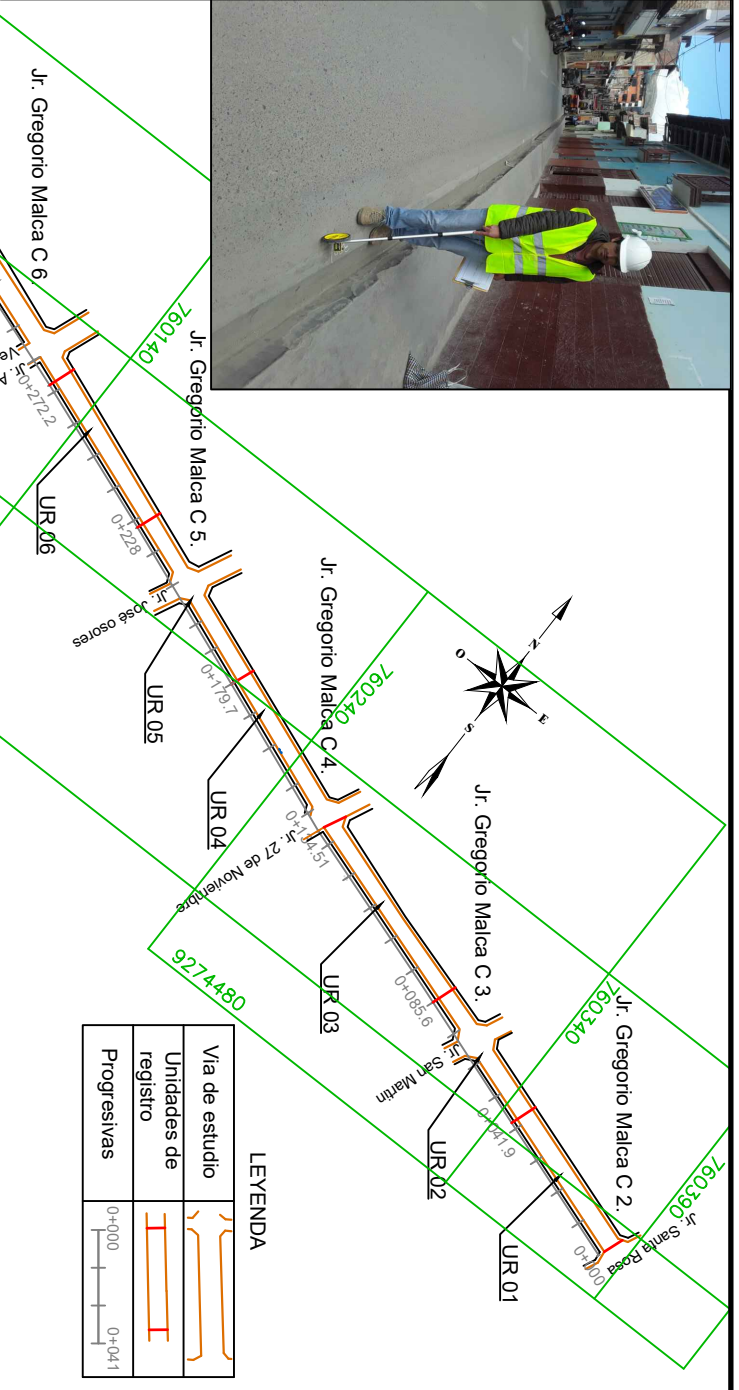
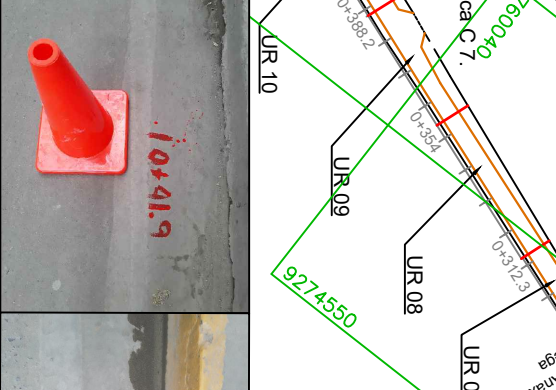
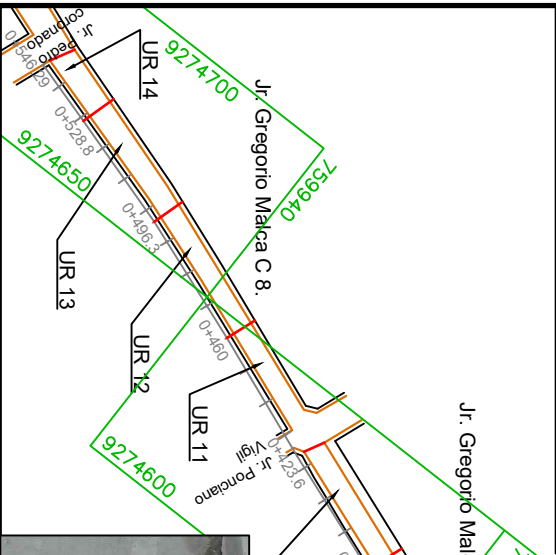
- [10] Humpiri Pineda, K. 2015. Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región de Puno. Maestría en Ingeniería Civil. Juliaca, Perú, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. 145.
- [11] International Slurry Surfacing Association, 2010. Normas de Rendimiento Recomendadas para Slurry Seal de Asfalto Emulsionado A 105, Glen Ellyn, Illinois, Estados Unidos. Febrero. p. 18.
- [12] Karim Fareed, MA.; Haleem Rubasi, KA.; Abdo Saleh, A. 2016. The Road Pavement Condition Index (PCI) Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen. Organization, Technology and Management in Construction vol. 8: pp 1446-1455.
- [13] Kohler, E. 2011. Evaluación y Gestión de Pavimentos de Aeropuertos (Diapositivas). Buenos Aires, Argentina.
- [14] Leguía Loarte, P.; Pacheco Risco, H. 2016. Evaluación Superficial del Pavimento Flexible por el Método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colon y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima). Tesis en Ingeniería civil. Lima, Perú, Universidad de San Martín de Porres. 171.
- [15] Loprencipe, G; Pantuso, A. 2017. A Specified Procedure for Distress Identification and Assessment for Urban Road Surfaces Based on PCI. Journal Coating, Rome, Italy, April. p. 26.
- [16] Medina Palacios, A.; De la Cruz Puma, M. 2015. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del Distrito de Lince aplicando el método del PCI. Tesis en Ingeniería Civil. Lima, Perú, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 134.
- [17] Mia Petkova. 2016. Deploying Drones For Autonomous Detection of Pavement Distress. Master of Science. Massachusetts, Estados Unidos, Massachusetts Institute of Technology. 61.
- [18] Minaya Gonzáles, S.; Ordóñez Huamán, A. 2006. Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición. Lima, Perú, Instituto de la Construcción y Gerencia.
- [19] Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías, 2006. Estudio e Investigación del Estado Actual de las Obras de la Red Nacional de Carreteras: Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles. Bogotá DC, Colombia. Octu. p. 49.

- [20] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013. Manual de Carreteras Conservación Vial. Lima, Perú. 10 junio. p. 1154.
- [21] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG, Lima, Perú. 30 enero. p. 284.
- [22] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018. Boletín Estadístico. Lima, Perú. Septiembre p. 63.
- [23] Ministerio del Ambiente, 2019. Senamhi. Pronostico de tiempo para Chota, Cajamarca. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=06&localidad=0033>.
- [24] Miranda A., Juan C. 2012. Inspección de Pavimentos- Método PCI (Diapositivas). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- [25] Miranda Rebolledo, R.J. 2010. Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos. Tesis en Ingeniería de Construcción. Valdivia. Chile, Universidad Austral de Chile. 85.
- [26] Montejo Fonseca, A. 2010. Ingeniería de Pavimentos: Fundamentos, Estudios Básicos y Diseño. Tercera Edición. Bogotá, Colombia, Universidad Católica de Colombia. ISBN: 958-97840-0-3.
- [27] Osuna Ruiz, R.E. 2008. Propuesta para la Implementación de un Sistema de Administración de Pavimentos para la Red Vial de la Ciudad de Mazatlán, Sin. Maestro en Ingeniería. México, D.F., México, Universidad Nacional Autónoma de México. 197.
- [28] Rondón Quintana, HA; Reyes Lescano, FA. 2015. Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño. Primera Edición. Lima, Perú, Macro. 605. ISBN: 978-958-771-175-2.
- [29] Sargand, Shad M; Vega-Posada, Carlos A; Arboleda-Monsalve, Luis G. 2013. Long term performance of existing asphalt concrete pavement sections. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia Colombia ISSN: 0120-6230 núm. 66: pp. 45-56.
- [30] Shahin Mohamed Y. 2005. Pavement Management For Airports, Roads, and Parking Lots. Second Edition. New York, United States of America, Springer. 569. ISBN-10: 0-387-23464-0.

- [31] Smith E. Roger; Freeman J. Thomas; Albitres C. Carlos. 2006. Gestión de Infraestructura Vial. Primera Edición. Lima, Perú, Instituto de la Construcción y Gerencia.
- [32] Tighe, S.; Covalt, M. 2008. Implementation of an Airport Pavement Management System. Transportation Research Board (ISSN 0097-8515) Number E-C 127, Washington DC, United States of America. February. p. 19.
- [33] Vallejo Ramírez, D.C. 2011. Diseño de Mezclas Asfálticas en Frío empleando Emulsión Asfáltica y su Elaboración del Daño por Humedad utilizando Fillers Comerciales. Lima. Perú, Universidad Nacional de Ingeniería. 217.
- [34] Vara Horna, AA. 2015. 7 Pasos para Elaborar una Tesis. Primera Edición. Lima, Perú, Macro. 591. ISBN: 978-612-304-311-7.
- [35] Vásquez Varela, LR. 2002. Pavement Condition Index (PCI): Para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Colombia. Febrero. p. 90.
- [36] Wikipedia (Consultado el 29 de mayo del 2019).

# **ANEXOS**

**ANEXO 01: Datos obtenidos en campo**



LEYENDA

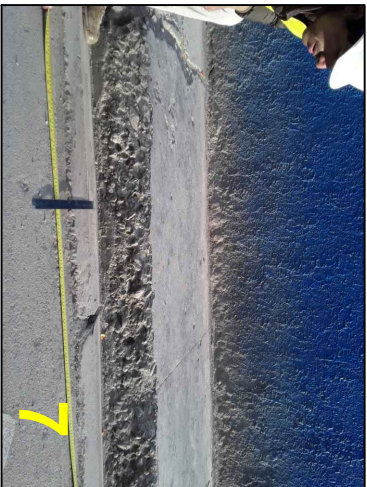
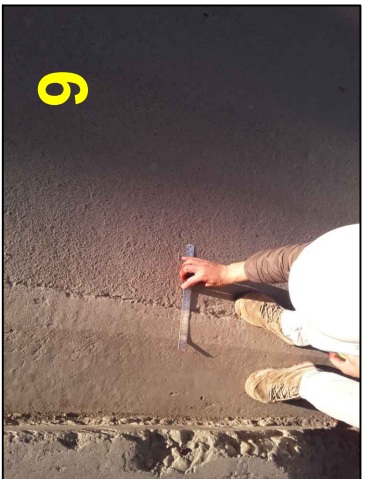
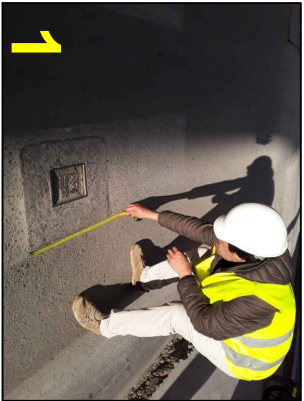
|                      |  |
|----------------------|--|
| Vía de estudio       |  |
| Unidades de registro |  |
| Progresivas          |  |

0+000      0+041

|  |   |                   |
|--|---|-------------------|
| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br><b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> |   |                   |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE   |   |                   |
| Plano  | SECCIÓN 1 DEL PAVIMENTO DE ESTUDIO                      | ESCALA 1:2000     |
| Ubicación  | CIUDAD CHOTA, PROVINCIA CHOTA, DEP. CAJAMARCA LAMINA N° |                   |
| Testista   | Jenner Vásquez Guevara.                                 |                   |
| Tramo de Estudio   | KM 0+000 - KM 0+546.29                                  | Fecha: julio 2019 |
| <b>A-3</b>   |   |                   |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |       |                                 |   |           |                |     |
|--|---------------------------------------|----------------|-------|---------------------------------|---|-----------|----------------|-----|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr Gregorio Malca C. 2                |                |       |                                 | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |           |                |     |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |       |                                 |   |           |                |     |
| <b>Sección:</b>                              | 1                                     |                |       |                                 |   |           |                |     |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 01                                    |                |       |                                 |   |           |                |     |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+000-0+41.90                         |                |       |                                 |   |           |                |     |
| <b>Fecha:</b>                                | 27/07/2019                            |                |       |                                 |   |           |                |     |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |       |                                 |   |           |                |     |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |       |                                 |   |           |                |     |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                |       | 15. Exudación (EX)              |   |           |                |     |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                |       | 16. Baches o Huevo (BCH)        |   |           |                |     |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                |       | 17. Parche (PCH)                |   |           |                |     |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                |       | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |   |           |                |     |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                |       | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |   |           |                |     |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |       |                                 |   |           |                |     |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |       |                                 |   |           |                |     |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |       |                                 | Total   | Densidad  | Valor Deducido |     |
| registro                                     | B                                     | 0.23           | 0.94  |                                 |   |           |                |     |
| 16   | B                                     | 0.03           | 0.004 | 0.03                            | 0.064   | 0.03%     | 0              |     |
| 3  | B                                     | 0.7            | 1.3   | 4.4                             | 6.4   | 3.19%     | 3.5            |     |
| 3  | M                                     | 1.3            |       |                                 | 1.3   | 0.65%     | 4.7            |     |
| 13   | M                                     | 0.627          |       |                                 | 0.627   | 0.31%     | 6.5            |     |
| #  | valor deducido                        |                |       | m=                              | 9.59  | Total     | q              | VDC |
| 1  | 6.5                                   | 4.7            | 3.5   |                                 | 14.7  | 3         | 8              |     |
| 2  | 6.5                                   | 4.7            | 2     |                                 | 13.2  | 2         | 9.5            |     |
| 3  | 6.5                                   | 2              | 2     |                                 | 10.5  | 1         | 10.5           |     |
| Max VDC=                                     |                                       |                |       |                                 |   | 10.5      |                |     |
| PCI=   |                                       |                |       |                                 |   | 89.5      |                |     |
| Calificación=                                |                                       |                |       |                                 |   | EXCELENTE |                |     |

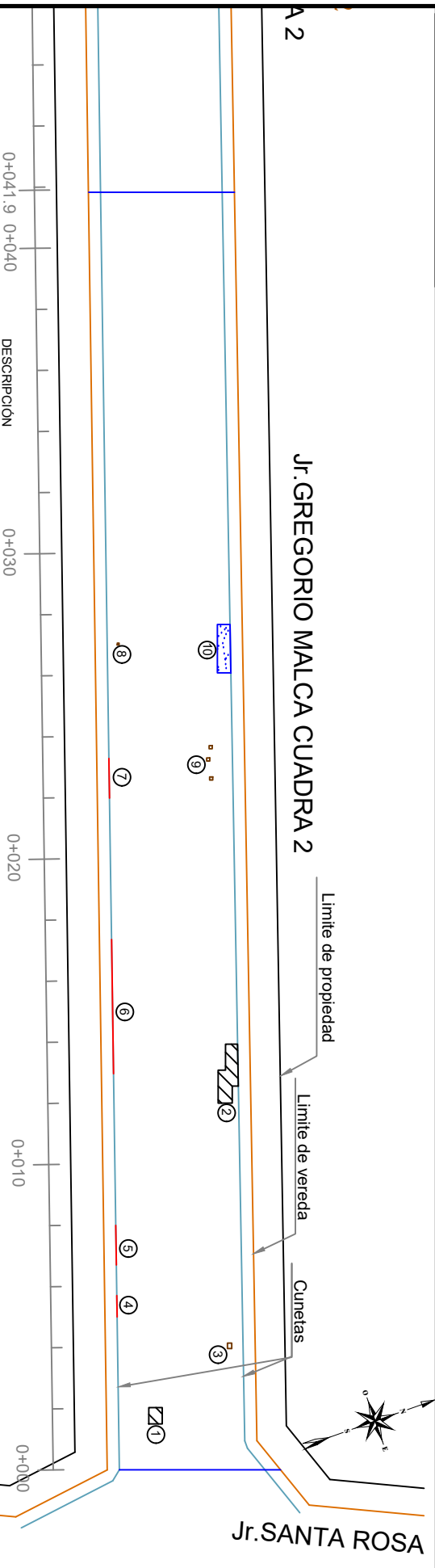




A 2

Jr. GREGORIO MALCA CUADRA 2

Jr. SANTA ROSA

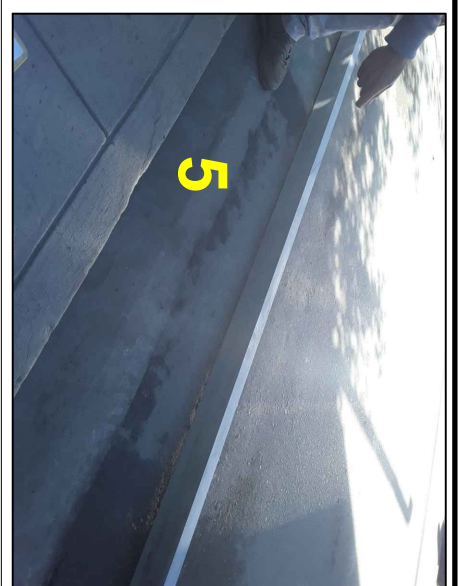


| N° | DAÑO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD             |
|----|---------------------------|-----------|----------------------|
| 1  | Registro                  | B         | 0.23 m <sup>2</sup>  |
| 2  | Cemento adherido en vía   | B         | 0.94 m <sup>2</sup>  |
| 3  | Bachete                   | B         | 0.03 m <sup>2</sup>  |
| 4  | Fisuras de borde          | B         | 0.7 ml               |
| 5  | Fisuras de borde          | B         | 1.3 ml               |
| 6  | Fisuras de borde          | B         | 4.4 ml               |
| 7  | Fisuras de borde          | M         | 1.3 ml               |
| 8  | Bachete                   | B         | 0.004 m <sup>2</sup> |
| 9  | Bachete                   | B         | 0.03 m <sup>2</sup>  |
| 10 | Desprendimiento agregados | B         | 0.67 m <sup>2</sup>  |

| LEYENDA |                               |
|---------|-------------------------------|
|         | Desprendimiento de agregados  |
|         | Bachete o Hueco               |
|         | Fisuras de borde              |
|         | Registro y/o cemento adherido |

|  |  |
|--|--|
| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br><b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> |  |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR GREGORIO MALCA CDRA 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (SECCIÓN 1)                        |  |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación  | JR GREGORIO MALCA CUADRA 2               |
| Tesisista  | Jenner Vásquez Guevara.                  |
| Progresiva   | KM 0+000 - KM 0+041.9                    |
|  | Fecha: julio 2019                        |
| <b>UR 01</b>   |  |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                        |                |                                       |     |  |                                 |          |                |
|--|------------------------|----------------|---------------------------------------|-----|--|---------------------------------|----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr Gregorio Malca C. 2 |                |                                       |     | <b>EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL</b> |                                 |          |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara |                |                                       |     |  |                                 |          |                |
| <b>Sección:</b>                              | 1                      |                |                                       |     |  |                                 |          |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 03                     |                |                                       |     |  |                                 |          |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+085.6-0+134.5        |                |                                       |     |  |                                 |          |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 28/07/2019             |                |                                       |     |  |                                 |          |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                 | m <sup>2</sup> |                                       |     |  |                                 |          |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                        |                |                                       |     |  |                                 |          |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) |                        |                | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |     |  | 15. Exudación (EX)              |          |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  |                        |                | 9. Depresión (DP)                     |     |  | 16. Baches o Hueco (BCH)        |          |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          |                        |                | 10. Desplazamiento (DZ)               |     |  | 17. Parche (PCH)                |          |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          |                        |                | 11. Hinchamiento (HI)                 |     |  | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |          |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    |                        |                | 12. Ahuellamiento (AHU)               |     |  | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |          |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  |                        |                | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |     |  |                                 |          |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        |                        |                | 14. Agregados Pulidos (AP)            |     |  |                                 |          |                |
| Falla  | Severidad              | Cantidad       |                                       |     |  | Total                           | Densidad | Valor Deducido |
| 13   | M                      | 15.25          | 1.89                                  |     |  | 17.14                           | 8.56%    | 17.3           |
| 13   | A                      | 0.01           | 0.95                                  | 0.3 |  | 1.26                            | 0.63%    | 13.9           |
| 8  | B                      | 7.8            |                                       |     |  | 7.8                             | 3.89%    | 4              |
| registro                                     | B                      | 0.15           |                                       |     |  |                                 |          |                |
| 13   | B                      | 173.97         |                                       |     |  | 173.97                          | 86.85%   | 15.1           |
| #  | valor deducido         |                |                                       | m=  | 8.6  | Total                           | q        | VDC            |
| 1  | 17.3                   | 15.1           | 13.9                                  | 4   |  | 50.3                            | 4        | 26             |
| 2  | 17.3                   | 15.1           | 13.9                                  | 2   |  | 48.3                            | 3        | 30.1           |
| 3  | 17.3                   | 15.1           | 2                                     | 2   |  | 36.4                            | 2        | 27             |
| 4  | 17.3                   | 2              | 2                                     | 2   |  | 23.3                            | 1        | 23.3           |
|  |                        |                |                                       |     |  | Max VDC=                        | 30.1     |                |
|  |                        |                |                                       |     |  | PCI=                            | 69.9     |                |
|  |                        |                |                                       |     |  | Calificación=                   | BUENO    |                |



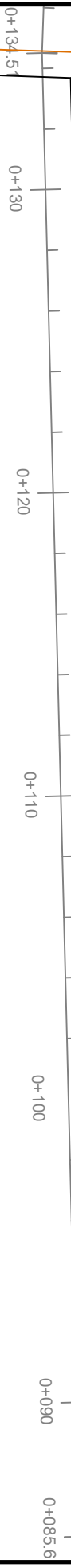
Jr. 27 DE  
NOVIEMBRE

JR. GREGORIO MALCA CUADRA 3

Limite de propiedad

Cunetas

Limite de vereda



| N° | DAÑO                       | SEVERIDAD | CANTIDAD  |
|----|----------------------------|-----------|-----------|
| 1  | Desprendimiento agregados  | A         | 0.30 m2   |
| 2  | Desprendimiento agregados  | A         | 0.01 m2   |
| 3  | Desprendimiento agregados  | M         | 15.25 m2  |
| 4  | Desprendimiento agregados  | A         | 0.95 m2   |
| 5  | Abultamiento y Hundimiento | B         | 7.8 ml    |
| 6  | Desprendimiento agregados  | M         | 1.89 m2   |
| 7  | Registro                   | B         | 0.15 m2   |
| 7  | Desprendimiento agregados  | B         | 173.97 m2 |

| LEYENDA                      |  |
|------------------------------|--|
| Desprendimiento de agregados |  |
| Bache o Hueco                |  |
| Fisuras de borde             |  |
| Registro                     |  |
| Abultamiento y Hundimiento   |  |

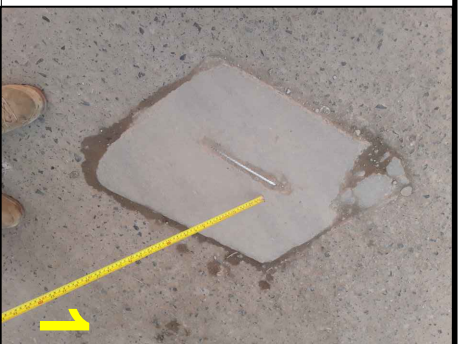
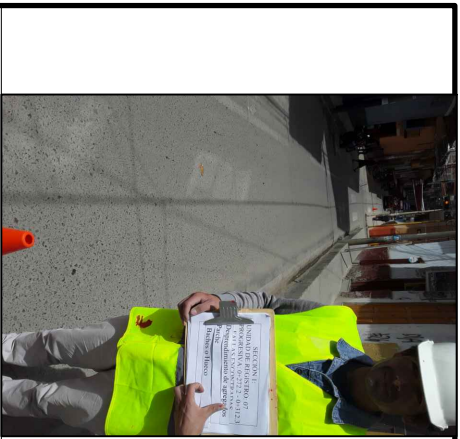


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR GREGORIO MALCA CDRA 2,3,4,5,6,7,8 (SECCIÓN 1) |  | ESCALA 1:200      |
| Plano   | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE | LAMINA N°         |
| Ubicación   | JR GREGORIO MALCA CUADRA 3               |                   |
| Tesisista   | Jenner Vásquez Guevara.                  |                   |
| Progresiva  | KM 0+085.6 - KM 0+134.5                  | Fecha: Julio 2019 |

**UR 03**

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---|------|------|---------------|----------|----------------|-----|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. Gregorio Malca C. 5 y C. 6        |                                 | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |      |      |               |          |                |     |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
| <b>Sección:</b>                              | 1                                     |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 07                                    |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+272.2-0+312.3                       |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
| <b>Fecha:</b>                                | 28/07/2019                            |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup>                  |   |      |      |               |          |                |     |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  | 15. Exudación (EX)              |   |      |      |               |          |                |     |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     | 16. Baches o Hueco (BCH)        |   |      |      |               |          |                |     |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               | 17. Parche (PCH)                |   |      |      |               |          |                |     |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |   |      |      |               |          |                |     |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |   |      |      |               |          |                |     |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                                 |   |      |      |               |          |                |     |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad                        |   |      |      | Total         | Densidad | Valor Deducido |     |
| registro                                     | M                                     | 0.62                            |   |      |      |               |          |                |     |
| registro                                     | B                                     | 0.41                            | 0.05  | 1.77 | 0.05 |               |          |                |     |
|  |                                       | 2.31                            |   |      |      |               |          |                |     |
| 16   | B                                     | 0.18                            |   |      |      | 0.18          | 0.09%    | 3.5            |     |
| 13   | M                                     | 35.73                           |   |      |      | 35.73         | 17.84%   | 23             |     |
| 16   | M                                     | 1.87                            | 1.23  | 0.16 |      | 3.26          | 1.63%    | 39             |     |
| 13   | A                                     | 1.16                            | 3.03  | 1.53 |      | 5.72          | 2.86%    | 24.5           |     |
| 16   | A                                     | 1.46                            |   |      |      | 1.46          | 0.73%    | 46.1           |     |
| 13   | B                                     | 148.76                          |   |      |      | 148.76        | 74.26%   | 14.4           |     |
| #  |                                       | valor deducido                  |   |      | m=   | 5.95          | Total    | q              | VDC |
| 1  | 46.1                                  | 39                              | 24.5  | 23   | 14.4 |               |          |                |     |
|  | 3.33                                  |                                 |   |      |      | 150.3         | 6        | 72             |     |
| 2  | 46.1                                  | 39                              | 24.5  | 23   | 14.4 |               |          |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 149.0         | 5        | 75             |     |
| 3  | 46.1                                  | 39                              | 24.5  | 23   | 2    |               |          |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 136.6         | 4        | 76             |     |
| 4  | 46.1                                  | 39                              | 24.5  | 2    | 2    |               |          |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 115.6         | 3        | 71             |     |
| 5  | 46.1                                  | 39                              | 2   | 2    | 2    |               |          |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 93.1          | 2        | 65             |     |
| 6  | 46.1                                  | 2                               | 2   | 2    | 2    |               |          |                |     |
|  | 2                                     |                                 |   |      |      | 56.1          | 1        | 56.1           |     |
|  |                                       |                                 |   |      |      | Max VDC=      | 76       |                |     |
|  |                                       |                                 |   |      |      | PCI=          | 24       |                |     |
|  |                                       |                                 |   |      |      | Calificación= | MUY MALO |                |     |



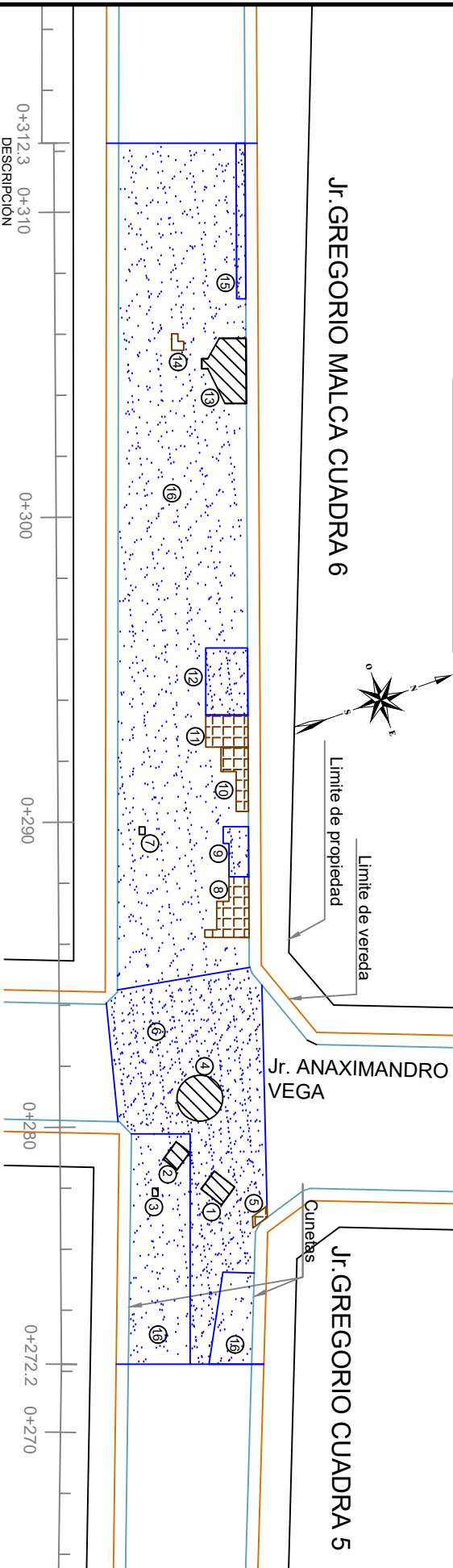
Jr. GREGORIO MALCA CUADRA 6

Jr. GREGORIO CUADRA 5

Jr. ANAXIMANDRO VEGA



Limite de veredada  
Limite de propiedad



| Nº | DANO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD |
|----|---------------------------|-----------|----------|
| 1  | Registro                  | M         | 0.62 m2  |
| 2  | Registro                  | B         | 0.41 m2  |
| 3  | Registro                  | B         | 0.05 m2  |
| 4  | Registro                  | B         | 1.77 m2  |
| 5  | Bache                     | B         | 0.18 m2  |
| 6  | Desprendimiento agregados | M         | 35.73 m2 |
| 7  | Registro                  | B         | 0.05 m2  |

|    |                           |   |           |
|----|---------------------------|---|-----------|
| 8  | Bache                     | M | 1.87 m2   |
| 9  | Desprendimiento agregados | A | 1.16 m2   |
| 10 | Bache                     | M | 1.23 m2   |
| 11 | Bache                     | A | 1.46 m2   |
| 12 | Desprendimiento agregados | A | 3.03 m2   |
| 13 | Cemento adhirido en via   | B | 2.31 m2   |
| 14 | Bache                     | M | 0.16 m2   |
| 15 | Desprendimiento agregados | A | 1.53 m2   |
| 16 | Desprendimiento agregados | B | 148.76 m2 |

LEYENDA

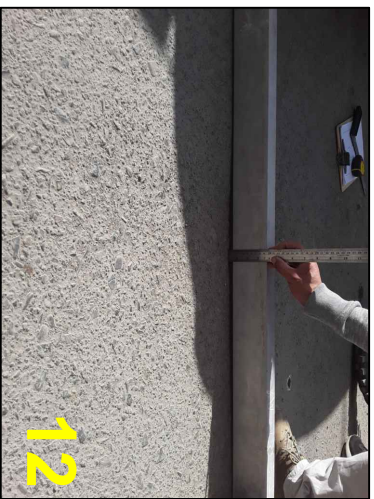
|  |                               |
|--|-------------------------------|
|  | Desprendimiento de agregados  |
|  | Bache o Hueco                 |
|  | Fisuras de borde              |
|  | Registro y/o cemento adhirido |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR GREGORIO MALCA CDRA 2.3.4.5.6.7.8 (SECCIÓN 1) |  |
|---|--|
| Plano   | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación   | JR GREGORIO MALCA CUADRAS 5 Y 6          |
| Tesisista   | Jenner Vásquez Guevara.                  |
| Progresiva  | KM 0+272.2 - KM 0+312.3                  |
| Fecha:  | julio 2019                               |

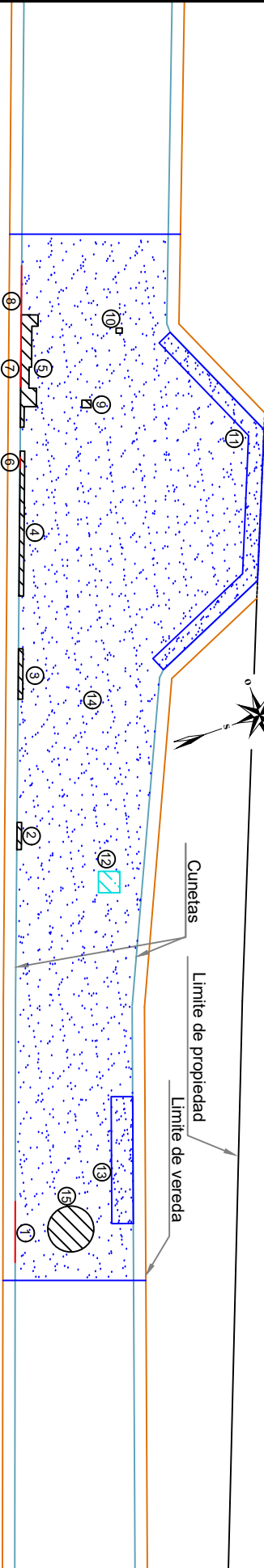
ESCALA 1:200  
LAMINA Nº  
**UR 07**

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                |                |                                       |      |   |                                 |           |                |     |
|--|--------------------------------|----------------|---------------------------------------|------|---|---------------------------------|-----------|----------------|-----|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. Gregorio Malca C. 6 y C. 7 |                |                                       |      | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |                                 |           |                |     |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara         |                |                                       |      |   |                                 |           |                |     |
| <b>Sección:</b>                              | 1                              |                |                                       |      |   |                                 |           |                |     |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 09                             |                |                                       |      |   |                                 |           |                |     |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+354-0+388.2                  |                |                                       |      |   |                                 |           |                |     |
| <b>Fecha:</b>                                | 28/07/2019                     |                |                                       |      |   |                                 |           |                |     |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                         | m <sup>2</sup> |                                       |      |   |                                 |           |                |     |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                |                |                                       |      |   |                                 |           |                |     |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) |                                |                | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |      |   | 15. Exudación (EX)              |           |                |     |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  |                                |                | 9. Depresión (DP)                     |      |   | 16. Baches o Hueco (BCH)        |           |                |     |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          |                                |                | 10. Desplazamiento (DZ)               |      |   | 17. Parche (PCH)                |           |                |     |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          |                                |                | 11. Hinchamiento (HI)                 |      |   | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |           |                |     |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    |                                |                | 12. Ahuellamiento (AHU)               |      |   | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |           |                |     |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  |                                |                | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |      |   |                                 |           |                |     |
| 7. Ondulaciones (OND)                        |                                |                | 14. Agregados Pulidos (AP)            |      |   |                                 |           |                |     |
| Falla  | Severidad                      | Cantidad       |                                       |      |   | Total                           | Densidad  | Valor Deducido |     |
| 3  | B                              | 2              | 0.36                                  | 1.04 |   | 3.4                             | 1.70%     | 3              |     |
| registro                                     | B                              | 0.13           | 0.25                                  | 0.71 | 1.25  |                                 |           |                |     |
|  |                                | 0.08           | 0.03                                  | 1.77 |   |                                 |           |                |     |
| 3  | M                              | 2.92           |                                       |      |   | 2.92                            | 1.46%     | 6.2            |     |
| 13   | M                              | 6.59           | 2.9                                   |      |   | 9.49                            | 4.74%     | 13.1           |     |
| 9  | B                              | 0.49           |                                       |      |   | 0.49                            | 0.24%     | 3.9            |     |
| 13   | B                              | 179.8          |                                       |      |   | 179.8                           | 89.76%    | 15.2           |     |
| #  | valor deducido                 |                |                                       |      | m=  | 8.8                             | Total     | q              | VDC |
| 1  | 15.2                           | 13.1           | 6.2                                   | 3.9  | 3   | 41.4                            | 5         | 17.5           |     |
| 2  | 15.2                           | 13.1           | 6.2                                   | 3.9  | 2   | 40.4                            | 4         | 19             |     |
| 3  | 15.2                           | 13.1           | 6.2                                   | 2    | 2   | 38.5                            | 3         | 23             |     |
| 4  | 15.2                           | 13.1           | 2                                     | 2    | 2   | 34.3                            | 2         | 24             |     |
| 5  | 15.2                           | 2              | 2                                     | 2    | 2   | 23.2                            | 1         | 23.2           |     |
| Max VDC=                                     |                                |                |                                       |      |   |                                 | 24        |                |     |
| PCI=   |                                |                |                                       |      |   |                                 | 76        |                |     |
| Calificación=                                |                                |                |                                       |      |   |                                 | MUY BUENO |                |     |



ENTRADA A EX FRIGORIFICO

JR. GREGORIO MALCA CUADRA 7



0+390 0+388.2

0+380

0+370

0+360

0+354

0+350

LEYENDA

| Nº | DAÑO                    | SEVERIDAD | CANTIDAD            |
|----|-------------------------|-----------|---------------------|
| 1  | Fisuras de borde        | B         | 2.0 ml              |
| 2  | Cemento adherido en vía | B         | 0.13 m <sup>2</sup> |
| 3  | Cemento adherido en vía | B         | 0.25 m <sup>2</sup> |
| 4  | Cemento adherido en vía | B         | 0.71 m <sup>2</sup> |
| 5  | Cemento adherido en vía | B         | 1.25 m <sup>2</sup> |
| 6  | Fisuras de borde        | B         | 0.36 ml             |
| 7  | Fisuras de borde        | B         | 1.04 ml             |
| 8  | Fisuras de borde        | M         | 2.92 ml             |
| 9  | Cemento adherido en vía | B         | 0.08 m <sup>2</sup> |

|    |                           |   |                       |
|----|---------------------------|---|-----------------------|
| 10 | Cemento adherido en vía   | B | 0.03 m <sup>2</sup>   |
| 11 | Desprendimiento agregados | M | 6.59 m <sup>2</sup>   |
| 12 | Depresión                 | B | 0.49 m <sup>2</sup>   |
| 13 | Desprendimiento agregados | M | 2.90 m <sup>2</sup>   |
| 14 | Desprendimiento agregados | B | 179.80 m <sup>2</sup> |
| 15 | Registro                  | B | 1.77 m <sup>2</sup>   |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Desprendimiento de agregados  |  |
| Bache o Hueco                 |  |
| Fisuras de borde              |  |
| Registro y/o cemento adherido |  |
| Depresión                     |  |

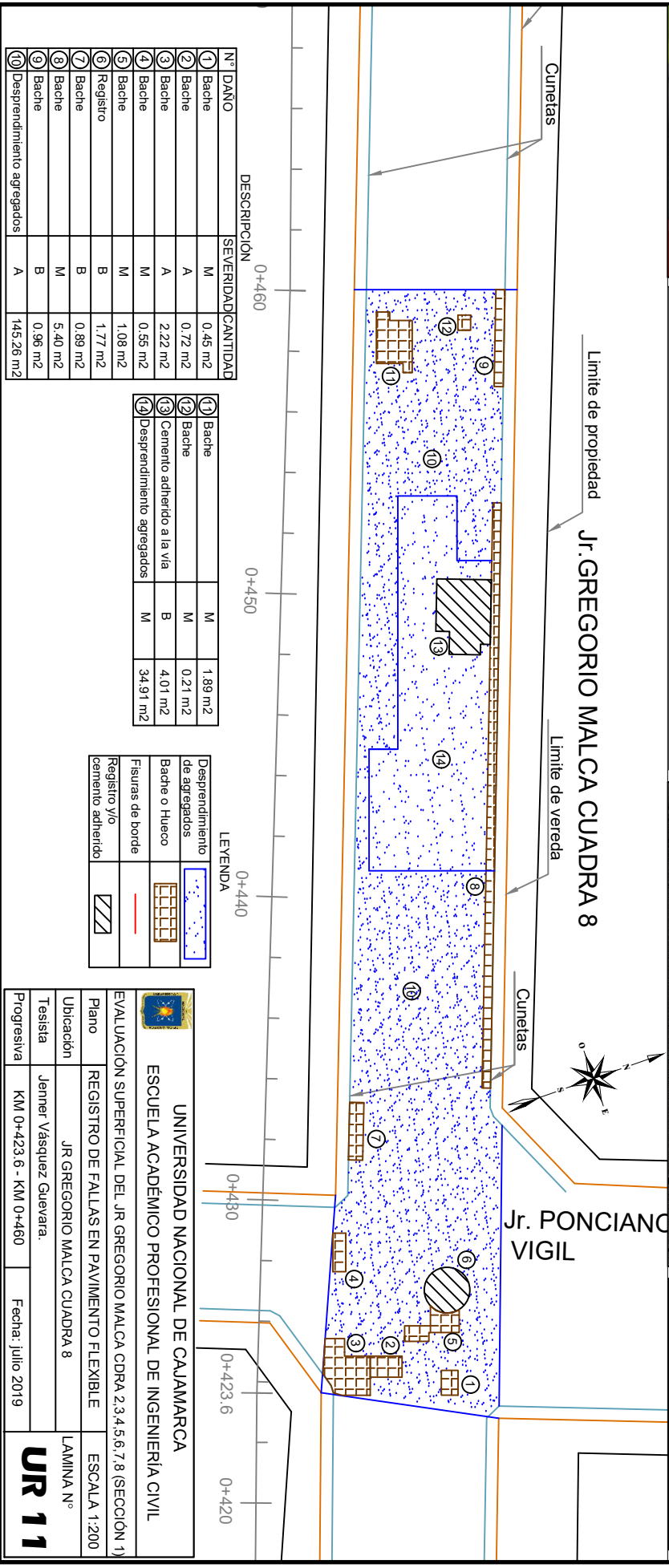
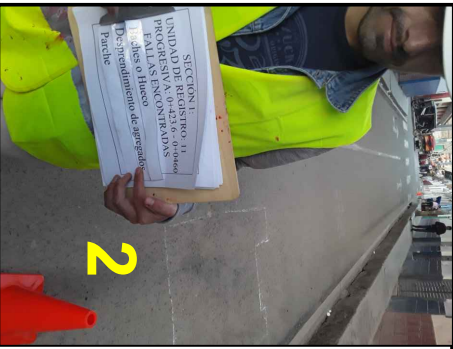
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

|   |  |
|---|--|
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR GREGORIO MALCA CDRA 2,3,4,5,6,7,8 (SECCIÓN 1) |  |
| Plano   | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación   | JR GREGORIO MALCA CUADRA 7               |
| Tesisista   | Jenner Vásquez Guevara.                  |
| Progresiva  | KM 0+354 - KM 0+388.2                    |
|   | Fecha: julio 2019                        |

ESCALA 1:200  
LAMINA Nº  
**UR 09**







| N° | DAMNO                     | SEVERIDAD | CANTIDAD  |
|----|---------------------------|-----------|-----------|
| 1  | Bache                     | M         | 0.45 m2   |
| 2  | Bache                     | A         | 0.72 m2   |
| 3  | Bache                     | A         | 2.22 m2   |
| 4  | Bache                     | M         | 0.55 m2   |
| 5  | Bache                     | M         | 1.08 m2   |
| 6  | Registro                  | B         | 1.77 m2   |
| 7  | Bache                     | B         | 0.89 m2   |
| 8  | Bache                     | M         | 5.40 m2   |
| 9  | Bache                     | B         | 0.96 m2   |
| 10 | Desprendimiento agregados | A         | 145.26 m2 |

|    |                           |   |          |
|----|---------------------------|---|----------|
| 11 | Bache                     | M | 1.89 m2  |
| 12 | Bache                     | M | 0.21 m2  |
| 13 | Cemento adherido a la via | B | 4.01 m2  |
| 14 | Desprendimiento agregados | M | 34.91 m2 |

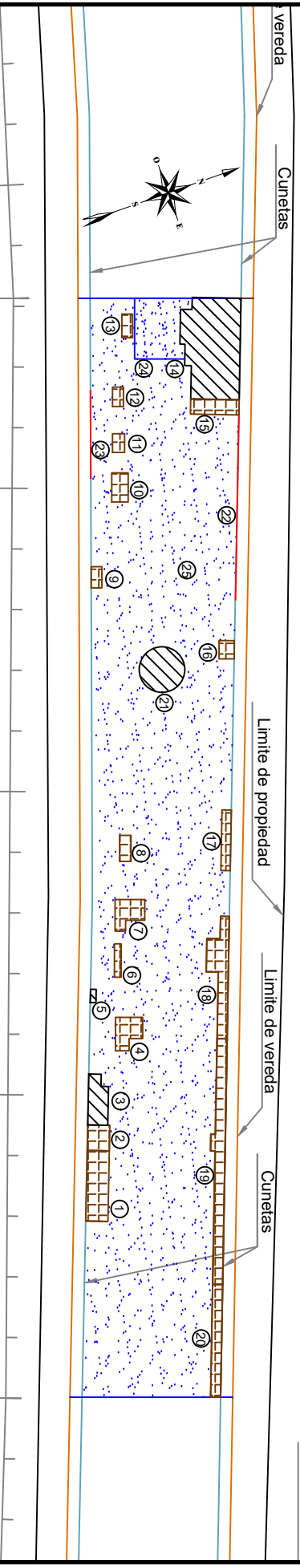
| LEYENDA |                               |
|---------|-------------------------------|
|         | Desprendimiento de agregados  |
|         | Bache o Hueco                 |
|         | Fisuras de borde              |
|         | Registro y/o cemento adherido |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br/> <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> |  |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR GREGORIO MALCA CDRA 2.3.4.5.6.7.8 (SECCIÓN 1)                                   |  |
| Plano   | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación   | JR GREGORIO MALCA CUADRA 8               |
| Tesisista   | Jenner Vásquez Guevara.                  |
| Progresiva  | KM 0+423.6 - KM 0+460                    |
| Fecha: Julio 2019   |  |
| <b>UR 11</b>  |  |





**JR. GREGORIO MALCA CUADRA 8**



| Nº | DAÑO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD            | Nº | DAÑO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD              |
|----|---------------------------|-----------|---------------------|----|---------------------------|-----------|-----------------------|
| 1  | Bache                     | M         | 1.70 m <sup>2</sup> | 13 | Bache                     | B         | 0.27 m <sup>2</sup>   |
| 2  | Bache                     | B         | 0.61 m <sup>2</sup> | 14 | Cemento adherido a la vía | B         | 5.97 m <sup>2</sup>   |
| 3  | Cemento adherido a la vía | B         | 1.01 m <sup>2</sup> | 15 | Bache                     | B         | 0.8 m <sup>2</sup>    |
| 4  | Bache                     | A         | 0.81 m <sup>2</sup> | 16 | Bache                     | B         | 0.3 m <sup>2</sup>    |
| 5  | Cemento adherido a la vía | M         | 0.08 m <sup>2</sup> | 17 | Bache                     | B         | 0.62 m <sup>2</sup>   |
| 6  | Bache                     | B         | 0.24 m <sup>2</sup> | 18 | Bache                     | M         | 1.74 m <sup>2</sup>   |
| 7  | Bache                     | A         | 0.79 m <sup>2</sup> | 19 | Bache                     | B         | 2.76 m <sup>2</sup>   |
| 8  | Bache                     | B         | 0.33 m <sup>2</sup> | 20 | Bache                     | B         | 1.23 m <sup>2</sup>   |
| 9  | Bache                     | B         | 0.25 m <sup>2</sup> | 21 | Registro                  | B         | 1.77 m <sup>2</sup>   |
| 10 | Bache                     | B         | 0.52 m <sup>2</sup> | 22 | Fisuras de borde          | A         | 2.90 ml               |
| 11 | Bache                     | B         | 0.25 m <sup>2</sup> | 23 | Fisuras de borde          | A         | 6.10 ml               |
| 12 | Bache                     | B         | 0.23 m <sup>2</sup> | 24 | Desprendimiento agregados | M         | 3.23 m <sup>2</sup>   |
|    |                           |           |                     | 25 | Desprendimiento agregados | A         | 165.81 m <sup>2</sup> |

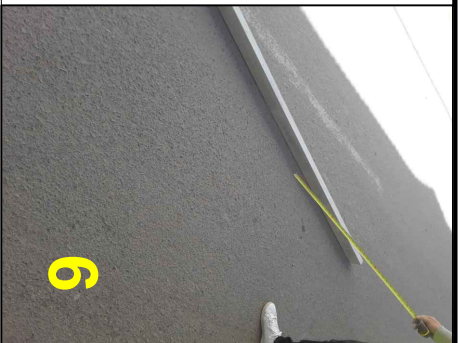
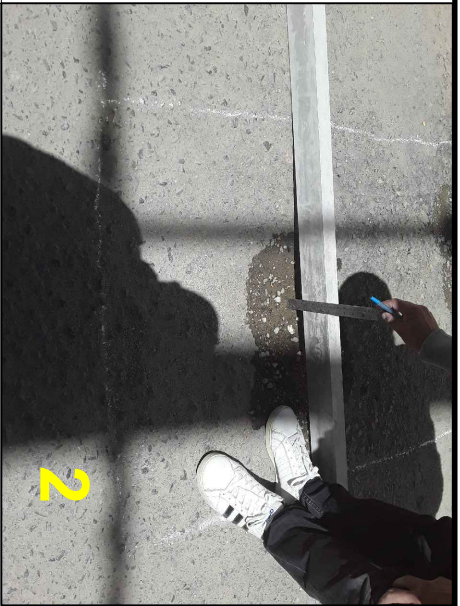
  

| LEYENDA |                               |
|---------|-------------------------------|
|         | Desprendimiento de agregados  |
|         | Bache o Hueco                 |
|         | Fisuras de borde              |
|         | Registro y/o cemento adherido |

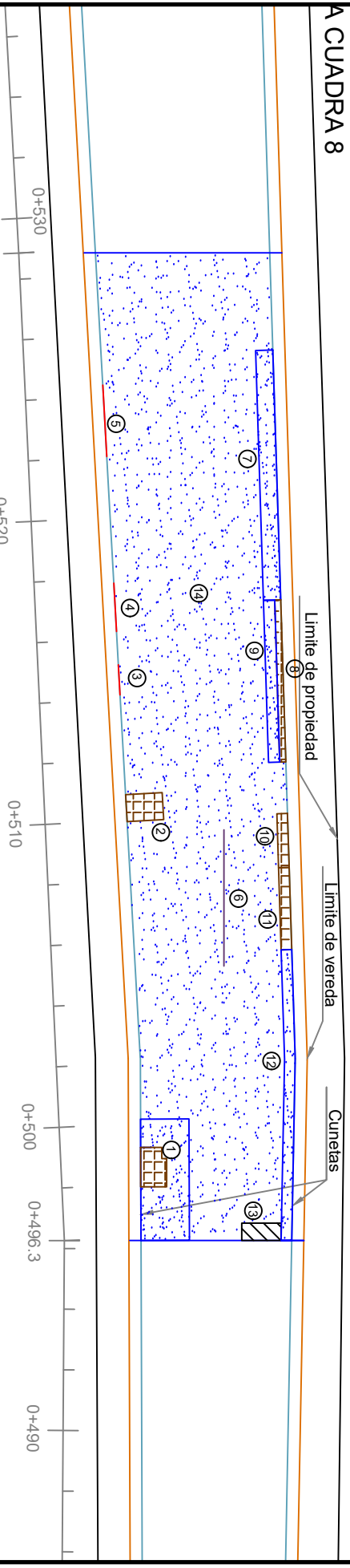
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> |  |
| <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>                           |  |  |  |
| <b>EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR GREGORIO MALCA CDRA 2.3.4.5.6.7.8 (SECCIÓN 1)</b> |  |  |  |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE | ESCALA 1:200                             |  |
| Ubicación  | JR GREGORIO MALCA CUADRA 8               | LAMINA Nº                                |  |
| Testista   | Jenner Vásquez Guevara.                  |  |  |
| Progresiva   | KM 0+460 - KM 0+486.3                    | Fecha: Julio 2019                        |  |
|  |  | <b>UR 12</b>                             |  |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |                                 |      |   |               |          |                |
|--|---------------------------------------|----------------|---------------------------------|------|---|---------------|----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. Gregorio Malca C. 8               |                |                                 |      | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |               |          |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Sección:</b>                              | 1                                     |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 13                                    |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+496.3-0+528.8                       |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 29/07/2019                            |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |                                 |      |   |               |          |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |                                 |      |   |               |          |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                | 15. Exudación (EX)              |      |   |               |          |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                | 16. Baches o Hueco (BCH)        |      |   |               |          |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                | 17. Parche (PCH)                |      |   |               |          |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |      |   |               |          |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |      |   |               |          |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |                                 |      |   |               |          |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |                                 |      |   |               |          |                |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |                                 |      |   | Total         | Densidad | Valor Deducido |
| 16   | M                                     | 1.06           | 0.62                            |      |   | 1.68          | 0.84%    | 28.8           |
| 16   | A                                     | 1.08           |                                 |      |   | 1.08          | 0.54%    | 40.8           |
| 3  | B                                     | 1              | 1.6                             | 2.36 |   | 4.96          | 2.48%    | 3.3            |
| 8  | B                                     | 4.49           |                                 |      |   | 4.49          | 2.24%    | 1.8            |
| 13   | A                                     | 4.7            | 1.07                            | 1.98 | 3.35  | 11.1          | 5.54%    | 32.4           |
| 16   | B                                     | 0.95           |                                 |      |   | 0.95          | 0.47%    | 10.5           |
| registro                                     | M                                     | 0.74           |                                 |      |   |               |          |                |
| 13   | M                                     | 180.28         |                                 |      |   | 180.28        | 90.00%   | 42.1           |
| #  | valor deducido                        |                |                                 | m=   | 6.32  | Total         | q        | VDC            |
| 1  | 42.1                                  | 40.8           | 32.4                            | 28.8 | 10.5  |               |          |                |
|  | 3.3                                   | 0.58           |                                 |      |   | 158.5         | 6        | 75             |
| 2  | 42.1                                  | 40.8           | 32.4                            | 28.8 | 10.5  |               |          |                |
|  | 2                                     | 0.58           |                                 |      |   | 157.2         | 5        | 79             |
| 3  | 42.1                                  | 40.8           | 32.4                            | 28.8 | 2   |               |          |                |
|  | 2                                     | 0.58           |                                 |      |   | 148.7         | 4        | 80.5           |
| 4  | 42.1                                  | 40.8           | 32.4                            | 2    | 2   |               |          |                |
|  | 2                                     | 0.58           |                                 |      |   | 121.9         | 3        | 74             |
| 5  | 42.1                                  | 40.8           | 2                               | 2    | 2   |               |          |                |
|  | 2                                     | 0.58           |                                 |      |   | 91.5          | 2        | 65             |
| 6  | 42.1                                  | 2              | 2                               | 2    | 2   |               |          |                |
|  | 2                                     | 0.58           |                                 |      |   | 52.7          | 1        | 52.7           |
|  |                                       |                |                                 |      |   | Max VDC=      | 80.5     |                |
|  |                                       |                |                                 |      |   | PCI=          | 20       |                |
|  |                                       |                |                                 |      |   | Calificación= | MUY MALO |                |



JR. GREGORIO MALCA CUADRA 8

A CUADRA 8



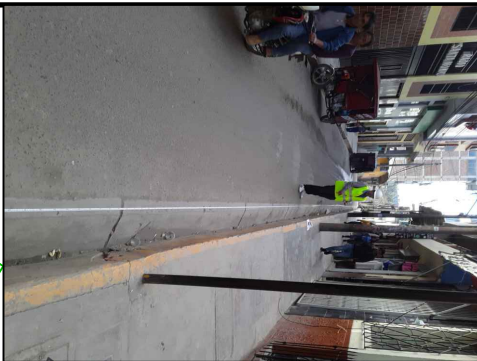
| Nº | DAÑO                       | SEVERIDAD | CANTIDAD |
|----|----------------------------|-----------|----------|
| 1  | Bache                      | M         | 1,06 m2  |
| 2  | Bache                      | A         | 1,08 m2  |
| 3  | Fisuras de borde           | B         | 1,00 mli |
| 4  | Fisuras de borde           | B         | 1,60 mli |
| 5  | Fisuras de borde           | B         | 2,36 mli |
| 6  | Abultamiento y hundimiento | B         | 4,49 mli |
| 7  | Desprendimiento agregados  | A         | 4,70 m2  |
| 8  | Bache                      | B         | 1,07 m2  |
| 9  | Desprendimiento agregados  | A         | 1,98 m2  |

|    |                           |   |           |
|----|---------------------------|---|-----------|
| 10 | Bache                     | M | 0,62 m2   |
| 11 | Bache                     | B | 0,95 m2   |
| 12 | Desprendimiento agregados | A | 3,35 m2   |
| 13 | Cemento adherido a la vía | M | 0,74 m2   |
| 14 | Desprendimiento agregados | M | 184,77 m2 |

| DESCRIPCIÓN                  | SEVERIDAD | CANTIDAD |
|------------------------------|-----------|----------|
| Desprendimiento de agregados |           |          |
| Bache o Hueco                |           |          |
| Fisuras de borde             |           |          |
| Cemento adherido a la vía    |           |          |
| Abultamiento y Hundimiento   |           |          |

LEYENDA

|  |  |
|--|--|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA<br/>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> |  |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR GREGORIO MALCA CDRA 2,3,4,5,6,7,8 (SECCIÓN 1)                    |  |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación  | JR GREGORIO MALCA CUADRA 8               |
| Tesisista  | Jenner Vásquez Guevara.                  |
| Progresiva   | KM 0+496.3 - KM 0+528.8                  |
| Fecha: julio 2019  |  |
| <b>UR 13</b>   |  |
| ESCALA 1:200<br>LAMINA Nº  |  |



LEYENDA

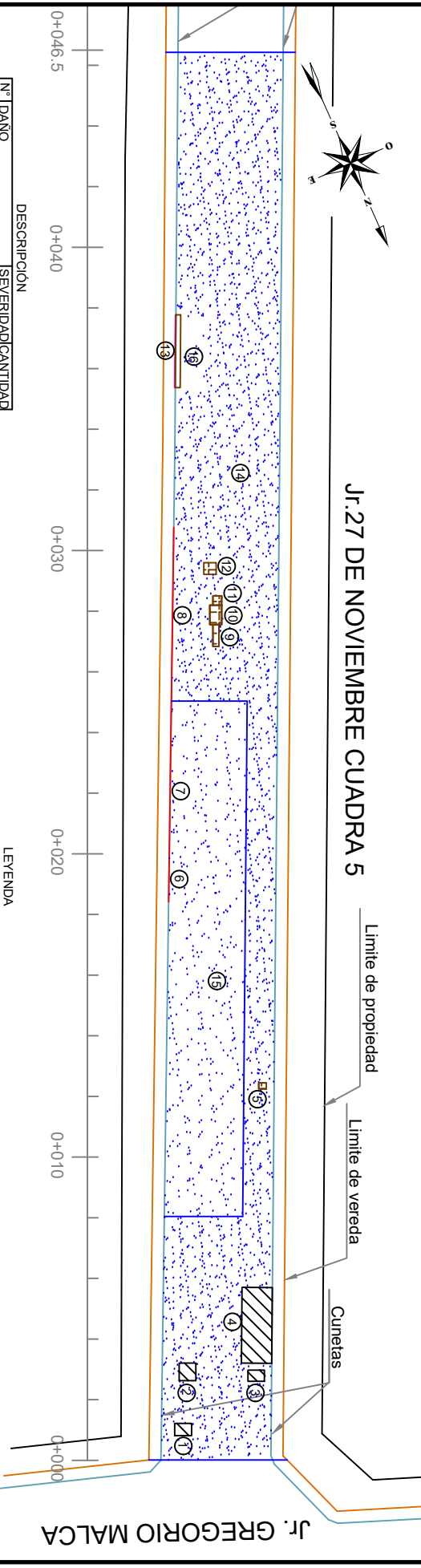
|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| Via de estudio       |                  |
| Unidades de registro |                  |
| Progresivas          |                  |
|                      | 0+000      0+046 |

|  |   |                   |
|--|---|-------------------|
|  |   |                   |
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>                 |   |                   |
| <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> |   |                   |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE             |   |                   |
| Plano  | SECCIÓN 2 DEL PAVIMENTO DE ESTUDIO                      | ESCALA 1:1500     |
| Ubicación  | CIUDAD CHOTA, PROVINCIA CHOTA, DEP. CAJAMARCA LAMINA N° |                   |
| Tesisista  | Jenner Vásquez Guevara.                                 |                   |
| Tramo de Estudio   | KM 0+000 - KM 0+400.92                                  | Fecha: julio 2019 |
| <b>A-4</b>   |   |                   |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                         |                |                                       |      |  |                                 |          |                |
|--|-------------------------|----------------|---------------------------------------|------|--|---------------------------------|----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. 27 de Noviembre C5. |                |                                       |      | <b>EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL</b> |                                 |          |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara  |                |                                       |      |  |                                 |          |                |
| <b>Sección:</b>                              | 2                       |                |                                       |      |  |                                 |          |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 01                      |                |                                       |      |  |                                 |          |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+000-0+46.50           |                |                                       |      |  |                                 |          |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 29/07/2019              |                |                                       |      |  |                                 |          |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                  | m <sup>2</sup> |                                       |      |  |                                 |          |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                         |                |                                       |      |  |                                 |          |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) |                         |                | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |      |  | 15. Exudación (EX)              |          |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  |                         |                | 9. Depresión (DP)                     |      |  | 16. Baches o Hueco (BCH)        |          |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          |                         |                | 10. Desplazamiento (DZ)               |      |  | 17. Parche (PCH)                |          |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          |                         |                | 11. Hinchamiento (HI)                 |      |  | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |          |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    |                         |                | 12. Ahuellamiento (AHU)               |      |  | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |          |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  |                         |                | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |      |  |                                 |          |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        |                         |                | 14. Agregados Pulidos (AP)            |      |  |                                 |          |                |
| Falla  | Severidad               | Cantidad       |                                       |      |  | Total                           | Densidad | Valor Deducido |
| registro                                     | B                       | 0.22           |                                       |      |  |                                 |          |                |
| registro                                     | M                       | 0.32           |                                       |      |  |                                 |          |                |
| registro                                     | A                       | 0.2            | 2.5                                   |      |  |                                 |          |                |
| 16   | B                       | 0.05           | 0.14                                  | 0.09 | 0.16   | 0.82                            | 0.41%    | 9.2            |
|  |                         | 0.38           |                                       |      |  |                                 |          |                |
| 3  | B                       | 3.7            | 8.2                                   |      |  | 11.9                            | 5.94%    | 4              |
| 3  | A                       | 0.45           |                                       |      |  | 0.45                            | 0.22%    | 0              |
| 16   | M                       | 0.25           |                                       |      |  | 0.25                            | 0.12%    | 6              |
| 19   | B                       | 2.4            |                                       |      |  | 2.4                             | 1.20%    | 0              |
| 13   | B                       | 43.23          |                                       |      |  | 43.23                           | 21.58%   | 8.1            |
| 13   | A                       | 152.78         |                                       |      |  | 152.78                          | 76.27%   | 74.5           |
| #  | valor deducido          |                |                                       | m=   | 3.34   | Total                           | q        | VDC            |
| 1  | 74.5                    | 9.2            | 8.1                                   | 2.04 |  | 93.8                            | 4        | 54             |
| 2  | 74.5                    | 9.2            | 8.1                                   | 2.00 |  | 93.8                            | 3        | 60             |
| 3  | 74.5                    | 9.2            | 2                                     | 2.00 |  | 87.7                            | 2        | 63             |
| 4  | 74.5                    | 2              | 2                                     | 2.00 |  | 80.5                            | 1        | 80.5           |
| Max VDC=                                     |                         |                |                                       |      |  |                                 | 80.5     |                |
| PCI=   |                         |                |                                       |      |  |                                 | 19.5     |                |
| Calificación=                                |                         |                |                                       |      |  |                                 | MUY MALO |                |



JR:27 DE NOVIEMBRE CUADRA 5



| N° | DAÑO                    | SEVERIDAD | CANTIDAD            |
|----|-------------------------|-----------|---------------------|
| 1  | Registro                | B         | 0.22 m <sup>2</sup> |
| 2  | Registro                | M         | 0.32 m <sup>2</sup> |
| 3  | Registro                | A         | 0.20 m <sup>2</sup> |
| 4  | Acumulación de material | A         | 2.50 m <sup>2</sup> |
| 5  | Bache                   | B         | 0.05 m <sup>2</sup> |
| 6  | Fisuras de borde        | B         | 3.70 ml             |
| 7  | Fisuras de borde        | A         | 0.45 ml             |
| 8  | Fisuras de borde        | B         | 8.20 ml             |
| 9  | Bache                   | B         | 0.14 m <sup>2</sup> |
| 10 | Bache                   | M         | 0.25 m <sup>2</sup> |

|    |                           |   |                       |
|----|---------------------------|---|-----------------------|
| 11 | Bache                     | B | 0.09 m <sup>2</sup>   |
| 12 | Bache                     | B | 0.16 m <sup>2</sup>   |
| 13 | Desnivel carril berma     | B | 2.40 ml               |
| 14 | Desprendimiento agregados | A | 152.78 m <sup>2</sup> |
| 15 | Desprendimiento agregados | B | 43.23 m <sup>2</sup>  |
| 16 | Bache                     | B | 0.38 m <sup>2</sup>   |

| DESCRIPCIÓN                         | SEVERIDAD | CANTIDAD              |
|-------------------------------------|-----------|-----------------------|
| Desprendimiento de agregados        | B         | 0.09 m <sup>2</sup>   |
| Bache o Hueco                       | B         | 0.16 m <sup>2</sup>   |
| Fisuras de borde                    | A         | 152.78 m <sup>2</sup> |
| Registro v/o acumulación mat. berma | B         | 43.23 m <sup>2</sup>  |
| Desnivel carril                     | B         | 0.38 m <sup>2</sup>   |

LEYENDA

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
|  | Desprendimiento de agregados        |
|  | Bache o Hueco                       |
|  | Fisuras de borde                    |
|  | Registro v/o acumulación mat. berma |
|  | Desnivel carril                     |

|  |  |              |            |
|--|--|--------------|------------|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA<br/>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> |  |              |            |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR 27 DE NOVIEMBRE CDRA 1,2,3,4,5 (SECCIÓN 2)                       |  |              |            |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE | ESCALA 1:200 |            |
| Ubicación  | JR 27 DE NOVIEMBRE CUADRA 5              | LAMINA N°    |            |
| Teodista   | Janner Vasquez Guevara                   |              |            |
| Progresiva   | KM 0+000 - KM 0+046.5                    | Fecha:       | julio 2019 |

**UR 01**



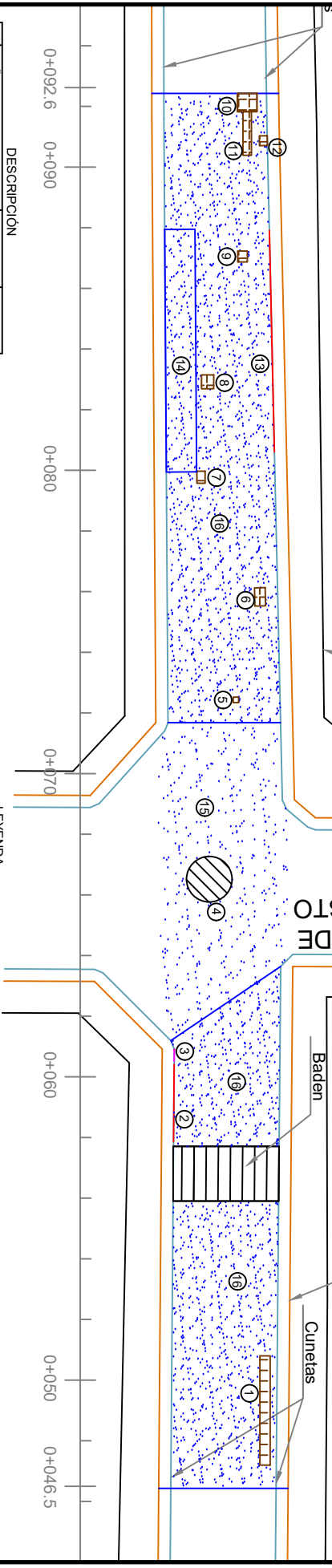
| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |                                 |      |   |               |          |                |
|--|---------------------------------------|----------------|---------------------------------|------|---|---------------|----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. 27 de Noviembre C.5 Y C.4.        |                |                                 |      | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |               |          |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Sección:</b>                              | 2                                     |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 02                                    |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+46.5-0+92.60                        |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 29/07/2019                            |                |                                 |      |   |               |          |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |                                 |      |   |               |          |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |                                 |      |   |               |          |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                | 15. Exudación (EX)              |      |   |               |          |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                | 16. Baches o Hueco (BCH)        |      |   |               |          |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                | 17. Parche (PCH)                |      |   |               |          |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |      |   |               |          |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |      |   |               |          |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |                                 |      |   |               |          |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |                                 |      |   |               |          |                |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |                                 |      |   | Total         | Densidad | Valor Deducido |
| 16   | B                                     | 1.22           | 0.03                            | 0.21 | 0.18  | 2.24          | 1.12%    | 30             |
|  |                                       | 0.12           | 0.4                             | 0.08 |   |               |          |                |
| 3  | B                                     | 2.55           | 2.3                             |      |   | 4.85          | 2.42%    | 3.3            |
| 19   | B                                     | 0.4            |                                 |      |   | 0.4           | 0.20%    | 0              |
| registro                                     | B                                     | 1.77           |                                 |      |   |               |          |                |
| 16   | M                                     | 0.11           | 0.38                            |      |   | 0.49          | 0.24%    | 11.4           |
| 13   | M                                     | 8              |                                 |      |   | 8             | 3.99%    | 12.3           |
| 13   | B                                     | 35.22          |                                 |      |   | 35.22         | 17.58%   | 7.5            |
| 13   | A                                     | 152.6          |                                 |      |   | 152.6         | 76.18%   | 74.7           |
| #  | valor deducido                        |                |                                 | m=   | 3.32  | Total         | q        | VDC            |
| 1  | 74.7                                  | 30             | 12.3                            | 3.65 |   | 120.6         | 4        | 68             |
| 2  | 74.7                                  | 30             | 12.3                            | 2.00 |   | 119.0         | 3        | 80             |
| 3  | 74.7                                  | 30             | 2                               | 2.00 |   | 108.7         | 2        | 75             |
| 4  | 74.7                                  | 2              | 2                               | 2.00 |   | 80.7          | 1        | 80.7           |
|  |                                       |                |                                 |      |   | Max VDC=      | 80.7     |                |
|  |                                       |                |                                 |      |   | PCI=          | 19.3     |                |
|  |                                       |                |                                 |      |   | Calificación= | MUY MALO |                |



JR.27 DE NOVIEMBRE CUADRA 4

Jr. 30 DE AGOSTO

JR.27 DE NOVIEMBRE CUADRA 5



| Nº | DAÑO                 | SEVERIDAD | CANTIDAD |
|----|----------------------|-----------|----------|
| 1  | Bache                | B         | 1,22 m2  |
| 2  | Fisuras de borde     | B         | 2,55 ml  |
| 3  | Desnivel canil berma | B         | 0,40 ml  |
| 4  | Registro             | B         | 1,77 ml  |
| 5  | Bache                | B         | 0,03 m2  |
| 6  | Bache                | B         | 0,21 m2  |
| 7  | Bache                | M         | 0,11 m2  |
| 8  | Bache                | B         | 0,18 m2  |
| 9  | Bache                | B         | 0,12 m2  |
| 10 | Bache                | M         | 0,38 m2  |

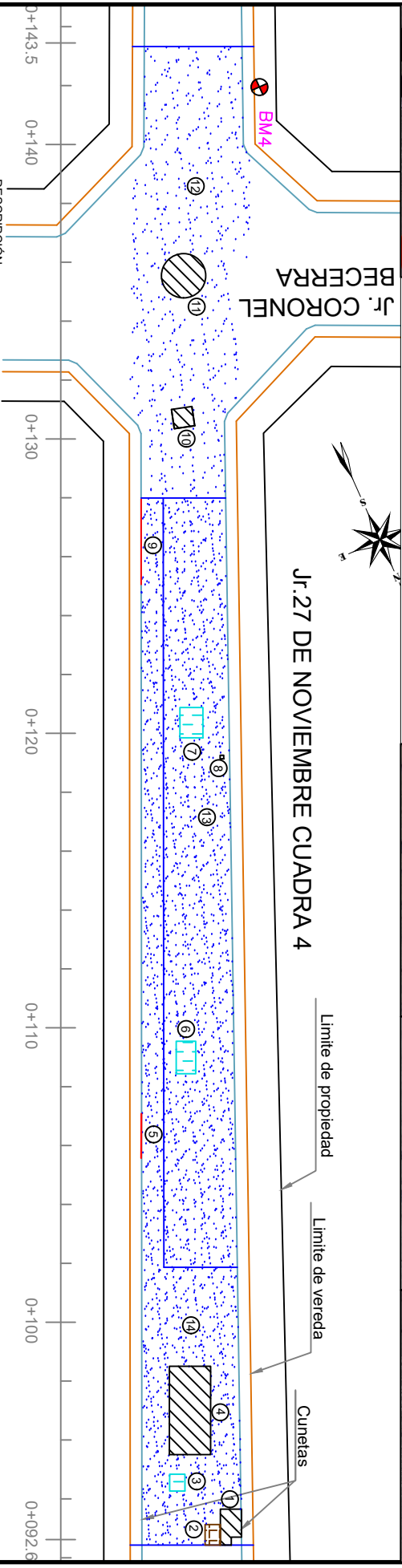
|    |                           |   |          |
|----|---------------------------|---|----------|
| 11 | Bache                     | B | 0,40 m2  |
| 12 | Bache                     | B | 0,08 m2  |
| 13 | Fisuras de borde          | B | 7,30 ml  |
| 14 | Desprendimiento agregados | M | 8,00 m2  |
| 15 | Desprendimiento agregados | B | 35,22 m2 |
| 16 | Desprendimiento agregados | A | 152,6 m2 |

| Desprendimiento de agregados | Bache o Hueco | Fisuras de borde | Registro | Desnivel canil berma |
|------------------------------|---------------|------------------|----------|----------------------|
|                              |               |                  |          |                      |

LEYENDA

|  |  |
|--|--|
| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br><b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR 27 DE NOVIEMBRE CDRA 1, 2, 3, 4, 5 (SECCIÓN 2)                             |  |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación  | JR 27 DE NOVIEMBRE CUADRA 5              |
| Tesista  | Jenner Vásquez Guevara                   |
| Progresiva   | KM 0+46.5 - KM 0+092.6                   |
| Fecha: julio 2019  |  |
| <b>UR 02</b>   |  |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |   |      |      |               |          |                |
|--|---------------------------------------|----------------|---|------|------|---------------|----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. 27 de Noviembre C.5 Y C.4.        |                | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |      |      |               |          |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |   |      |      |               |          |                |
| <b>Sección:</b>                              | 2                                     |                |   |      |      |               |          |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 03                                    |                |   |      |      |               |          |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+92.6-0+143.5                        |                |   |      |      |               |          |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 30/07/2019                            |                |   |      |      |               |          |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |   |      |      |               |          |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |   |      |      |               |          |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                | 15. Exudación (EX)  |      |      |               |          |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                | 16. Baches o Hueco (BCH)  |      |      |               |          |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                | 17. Parche (PCH)  |      |      |               |          |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                | 18. Cruce Ferrocarril (CF)  |      |      |               |          |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                | 19. Desnivel Carril Berma (DCB)   |      |      |               |          |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |   |      |      |               |          |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |   |      |      |               |          |                |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |   |      |      | Total         | Densidad | Valor Deducido |
| registro                                     | M                                     | 0.78           |   |      |      |               |          |                |
| 16   | M                                     | 0.36           |   |      |      | 0.36          | 0.18%    | 8.1            |
| 9  | B                                     | 0.3            | 0.73  | 0.8  |      | 1.83          | 0.91%    | 4              |
| registro                                     | B                                     | 4.2            | 0.01  | 1.77 |      |               |          |                |
| 3  | B                                     | 1.5            | 2.9   |      |      | 4.4           | 2.20%    | 3.2            |
| registro                                     | A                                     | 0.46           |   |      |      |               |          |                |
| 13   | B                                     | 54.74          |   |      |      | 54.74         | 27.33%   | 9              |
| 13   | M                                     | 60.33          |   |      |      | 60.33         | 30.12%   | 29.9           |
| 13   | A                                     | 75.84          |   |      |      | 75.84         | 37.86%   | 64             |
| #  | valor deducido                        |                |   | m=   | 4.31 | Total         | q        | VDC            |
| 1  | 64                                    | 29.9           | 9   | 8.1  | 1.2  | 112.2         | 4        | 63             |
| 2  | 64                                    | 29.9           | 9   | 2    | 1.2  | 106.1         | 3        | 65.3           |
| 3  | 64                                    | 29.9           | 2   | 2    | 1.2  | 99.1          | 2        | 70             |
| 4  | 64                                    | 2              | 2   | 2    | 1.2  | 71.2          | 1        | 71.2           |
|  |                                       |                |   |      |      | Max VDC=      | 71.2     |                |
|  |                                       |                |   |      |      | PCI=          | 29       |                |
|  |                                       |                |   |      |      | Calificación= | MALO     |                |



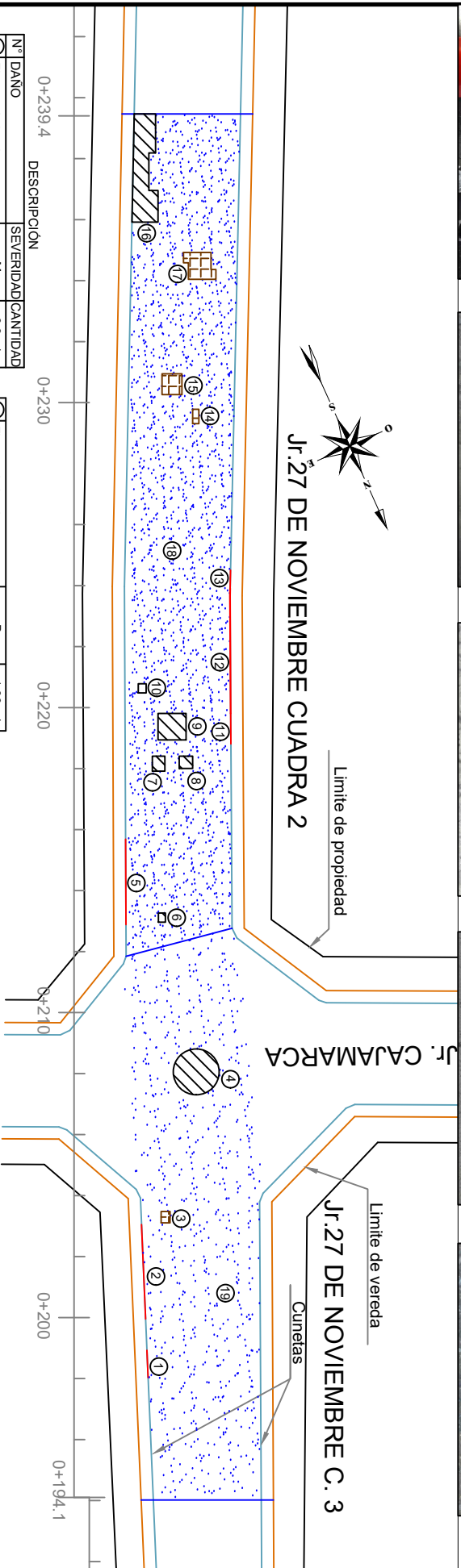
| N° | DAÑO                    | SEVERIDAD | CANTIDAD |
|----|-------------------------|-----------|----------|
| 1  | Cemento adherido en via | M         | 0.78 m2  |
| 2  | Bache                   | M         | 0.36 m2  |
| 3  | Depresión               | B         | 0.30 m2  |
| 4  | Cemento adherido en via | B         | 4.20 m2  |
| 5  | Fisuras de borde        | B         | 1.50 ml  |
| 6  | Depresión               | B         | 0.73 m2  |
| 7  | Depresión               | B         | 0.80 m2  |
| 8  | Cemento adherido en via | B         | 0.01 m2  |
| 9  | Fisuras de borde        | B         | 2.90 ml  |
| 10 | Registro                | A         | 0.46 m2  |
| 11 | Registro                | B         | 1.77 m2  |

| N° | DAÑO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD |
|----|---------------------------|-----------|----------|
| 12 | Desprendimiento agregados | B         | 54.74 m2 |
| 13 | Desprendimiento agregados | M         | 60.33 m2 |
| 14 | Desprendimiento agregados | A         | 60.33 m2 |

| LEYENDA | DESCRIPCIÓN                   |
|---------|-------------------------------|
|         | Desprendimiento de agregados  |
|         | Bache o Hueco                 |
|         | Fisuras de borde              |
|         | Registro y/o cemento adherido |
|         | Depresión                     |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br/> <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> |  |
| <p><b>EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR 27 DE NOVIEMBRE CDRA 1,2,3,4,5 (SECCIÓN 2)</b></p>                        |  |
| Plano   | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación   | JR 27 DE NOVIEMBRE CUADRA 3 Y 4          |
| Tesisista   | Janner Vásquez Guevara                   |
| Progresiva  | KM 0+092.6 - KM 0+143.5                  |
|   | Fecha: julio 2019                        |
| <p>ESCALA N°<br/>LÁMINA N°<br/><b>UR 03</b></p>   |  |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |                                 |      |  |        |          |                |
|--|---------------------------------------|----------------|---------------------------------|------|--|--------|----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. 27 de Noviembre C 3 y C 2.        |                |                                 |      | <b>EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL</b> |        |          |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |                                 |      |  |        |          |                |
| <b>Sección:</b>                              | 2                                     |                |                                 |      |  |        |          |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 05                                    |                |                                 |      |  |        |          |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+194.1-0+239.4                       |                |                                 |      |  |        |          |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 30/07/2019                            |                |                                 |      |  |        |          |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |                                 |      |  |        |          |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |                                 |      |  |        |          |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                | 15. Exudación (EX)              |      |  |        |          |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                | 16. Baches o Hueco (BCH)        |      |  |        |          |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                | 17. Parche (PCH)                |      |  |        |          |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |      |  |        |          |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |      |  |        |          |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |                                 |      |  |        |          |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |                                 |      |  |        |          |                |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |                                 |      |  | Total  | Densidad | Valor Deducido |
| 3  | M                                     | 0.9            | 4.1                             |      |  | 5      | 2.50%    | 7.7            |
| 3  | B                                     | 3.1            | 2.8                             | 1    | 0.6  | 7.5    | 3.74%    | 3.5            |
| 16   | B                                     | 0.11           | 0.09                            |      |  | 0.2    | 0.10%    | 3.5            |
| registro                                     | B                                     | 1.77           | 0.07                            | 0.18 | 0.8  |        |          |                |
|  |                                       | 0.08           | 2.43                            |      |  |        |          |                |
| registro                                     | A                                     | 0.2            |                                 |      |  |        |          |                |
| 16   | M                                     | 0.44           | 0.76                            |      |  | 1.2    | 0.60%    | 23.9           |
| 13   | A                                     | 89.27          |                                 |      |  | 89.27  | 44.56%   | 66.7           |
| 13   | B                                     | 104.12         |                                 |      |  | 104.12 | 51.98%   | 12.7           |
| #  | valor deducido                        |                |                                 | m=   | 4.06   | Total  | q        | VDC            |
| 1  | 66.7                                  | 23.9           | 12.7                            | 7.7  | 0.21   | 111.2  | 4        | 62.5           |
| 2  | 66.7                                  | 23.9           | 12.7                            | 2    | 0.21   | 105.5  | 3        | 65.5           |
| 3  | 66.7                                  | 23.9           | 2                               | 2    | 0.21   | 94.8   | 2        | 67             |
| 4  | 66.7                                  | 2              | 2                               | 2    | 0.21   | 72.9   | 1        | 72.9           |
| Max VDC=                                     |                                       |                |                                 |      |  |        | 72.9     |                |
| PCI=   |                                       |                |                                 |      |  |        | 27.1     |                |
| Calificación=                                |                                       |                |                                 |      |  |        | MALO     |                |



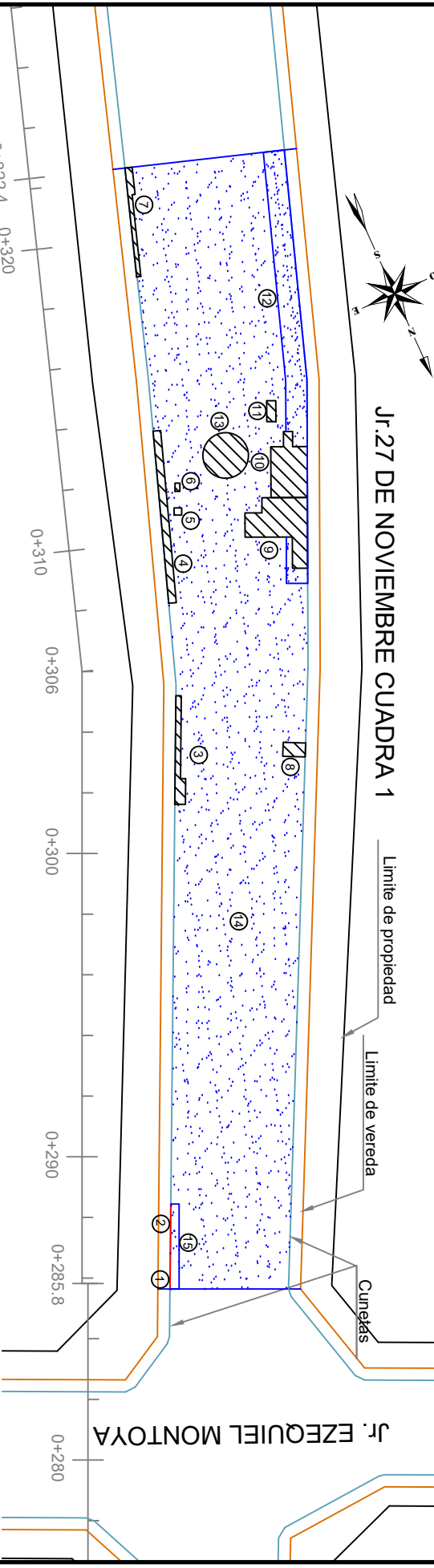
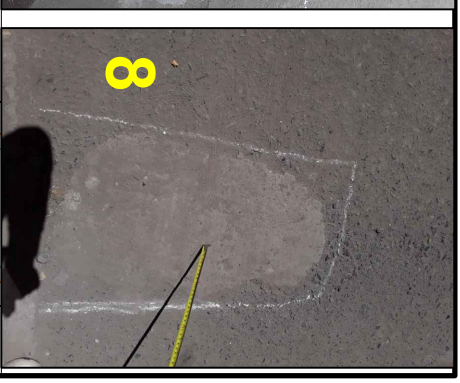
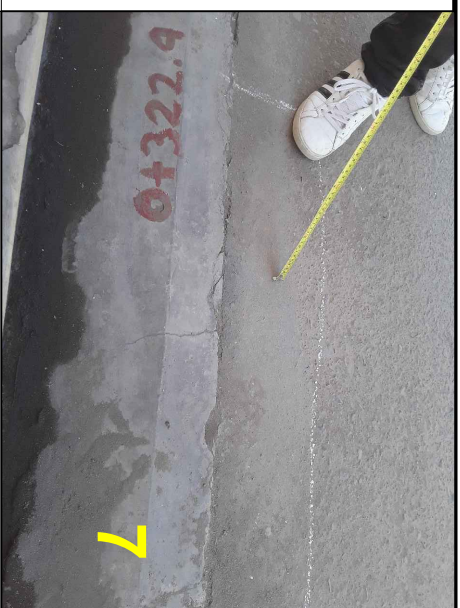
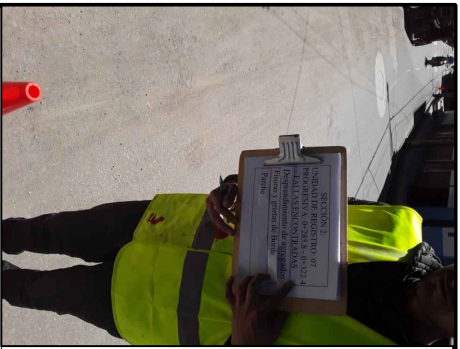
| N° | DANO                    | SEVERIDAD | CANTIDAD |
|----|-------------------------|-----------|----------|
| 1  | Fisuras de borde        | M         | 0.9 ml   |
| 2  | Fisuras de borde        | B         | 3.10 ml  |
| 3  | Bache                   | B         | 0.11 m2  |
| 4  | Registro                | B         | 1.77 m2  |
| 5  | Fisuras de borde        | B         | 2.80 ml  |
| 6  | Registro                | B         | 0.07 m2  |
| 7  | Cemento adherido en via | A         | 0.20 m2  |
| 8  | Cemento adherido en via | B         | 0.18 m2  |
| 9  | Cemento adherido en via | B         | 0.80 m2  |
| 10 | Cemento adherido en via | B         | 0.08 m2  |

|    |                           |   |           |
|----|---------------------------|---|-----------|
| 11 | Fisuras de borde          | B | 1.00 ml   |
| 12 | Fisuras de borde          | M | 4.10 ml   |
| 13 | Fisuras de borde          | B | 0.60 ml   |
| 14 | Bache                     | B | 0.09 m2   |
| 15 | Bache                     | M | 0.44 m2   |
| 16 | Cemento adherido en via   | B | 2.43 m2   |
| 17 | Bache                     | M | 0.76 m2   |
| 18 | Desprendimiento agregados | A | 89.27 m2  |
| 19 | Desprendimiento agregados | M | 104.12 m2 |

| LEYENDA |                               |
|---------|-------------------------------|
|         | Desprendimiento de agregados  |
|         | Bache o Huelco                |
|         | Fisuras de borde              |
|         | Registro y/o cemento adherido |
|         |                               |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br><b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR 27 DE NOVIEMBRE CDRA 1,2,3,4,5 (SECCIÓN 2)                             |  |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación  | JR 27 DE NOVIEMBRE CUADRA 2 Y 3          |
| Tesisista  | Janner Vásquez Guevara                   |
| Progresiva   | KM 0+194.1 - KM 0+239.4                  |
|  | Fecha: julio 2019                        |
| <b>UR 05</b>   |  |
| ESCALA 1:200<br>LAMINA N°  |  |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |      |                                 |   |               |          |                |
|--|---------------------------------------|----------------|------|---------------------------------|---|---------------|----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. 27 de Noviembre C 1.              |                |      |                                 | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |               |          |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |      |                                 |   |               |          |                |
| <b>Sección:</b>                              | 2                                     |                |      |                                 |   |               |          |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 07                                    |                |      |                                 |   |               |          |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+285.8-0+322.4                       |                |      |                                 |   |               |          |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 30/07/2019                            |                |      |                                 |   |               |          |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |      |                                 |   |               |          |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |      |                                 |   |               |          |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                |      | 15. Exudación (EX)              |   |               |          |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                |      | 16. Baches o Hueco (BCH)        |   |               |          |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                |      | 17. Parche (PCH)                |   |               |          |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                |      | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |   |               |          |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                |      | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |   |               |          |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |      |                                 |   |               |          |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |      |                                 |   |               |          |                |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |      |                                 |   | Total         | Densidad | Valor Deducido |
| 3  | B                                     | 1.7            |      |                                 |   | 1.7           | 0.85%    | 1.5            |
| 3  | M                                     | 1.1            |      |                                 |   | 1.1           | 0.55%    | 4.5            |
| registro                                     | B                                     | 0.79           | 0.06 | 0.04                            | 0.6   |               |          |                |
|  |                                       | 2.91           | 2.17 | 0.21                            | 1.77  |               |          |                |
| registro                                     | M                                     | 1.43           | 0.34 |                                 |   |               |          |                |
| 13   | A                                     | 10             | 0.84 |                                 |   | 10.84         | 5.41%    | 32.4           |
| 13   | B                                     | 179.16         |      |                                 |   | 179.16        | 89.44%   | 15.3           |
| #  |                                       | valor deducido |      | m=                              | 7.21  | Total         | q        | VDC            |
| 1  | 32.4                                  | 15.3           | 4.5  | 1.5                             |   | 53.7          | 3        | 34             |
| 2  | 32.4                                  | 15.3           | 2    | 1.5                             |   | 51.2          | 2        | 38             |
| 2  | 32.4                                  | 2              | 2    | 1.5                             |   | 37.9          | 1        | 37.9           |
|  |                                       |                |      |                                 |   | Max VDC=      | 37.9     |                |
|  |                                       |                |      |                                 |   | PCI=          | 62.1     |                |
|  |                                       |                |      |                                 |   | Calificación= | BUENO    |                |



| N° | DANO                    | SEVERIDAD | CANTIDAD            |
|----|-------------------------|-----------|---------------------|
| 1  | Fisuras de borde        | B         | 1.7 ml              |
| 2  | Fisuras de borde        | M         | 1.1 ml              |
| 3  | Cemento adhirido en via | B         | 0.79 m <sup>2</sup> |
| 4  | Cemento adhirido en via | M         | 1.43 m <sup>2</sup> |
| 5  | Cemento adhirido en via | B         | 0.06 m <sup>2</sup> |
| 6  | Cemento adhirido en via | B         | 0.04 m <sup>2</sup> |
| 7  | Cemento adhirido en via | B         | 0.60 m <sup>2</sup> |
| 8  | Cemento adhirido en via | M         | 0.34 m <sup>2</sup> |

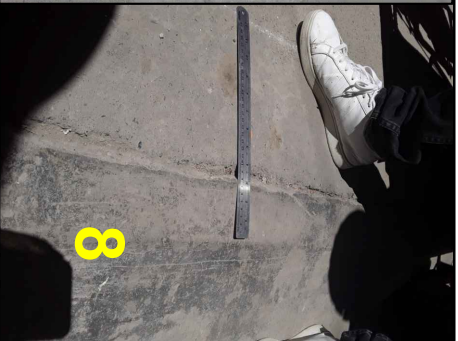
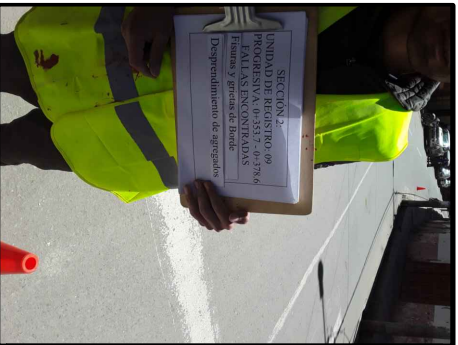
|    |                           |   |                       |
|----|---------------------------|---|-----------------------|
| 9  | Cemento adhirido en via   | B | 2.91 m <sup>2</sup>   |
| 10 | Cemento adhirido en via   | B | 2.17 m <sup>2</sup>   |
| 11 | Cemento adhirido en via   | B | 0.21 m <sup>2</sup>   |
| 12 | Desprendimiento agregados | A | 10.00 m <sup>2</sup>  |
| 13 | Registro                  | B | 1.77 m <sup>2</sup>   |
| 14 | Desprendimiento agregados | B | 181.87 m <sup>2</sup> |
| 15 | Desprendimiento agregados | A | 0.84 m <sup>2</sup>   |

| LEVENDA                       |  |
|-------------------------------|--|
| Desprendimiento de agregados  |  |
| Bache o Hueco                 |  |
| Fisuras de borde              |  |
| Registro y/o cemento adhirido |  |

|  |  |
|--|--|
| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br><b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |
| <b>EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR 27 DE NOVIEMBRE CDRA 1.2.3.4.5 (SECCION 2)</b>                          |  |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación  | JR 27 DE NOVIEMBRE CUADRA 1              |
| Tesisista  | Jenner Vásquez Guevara                   |
| Progresiva   | KM 0+285.8 - KM 0+322.4                  |
|  | Fecha: julio 2019                        |
|  |  |



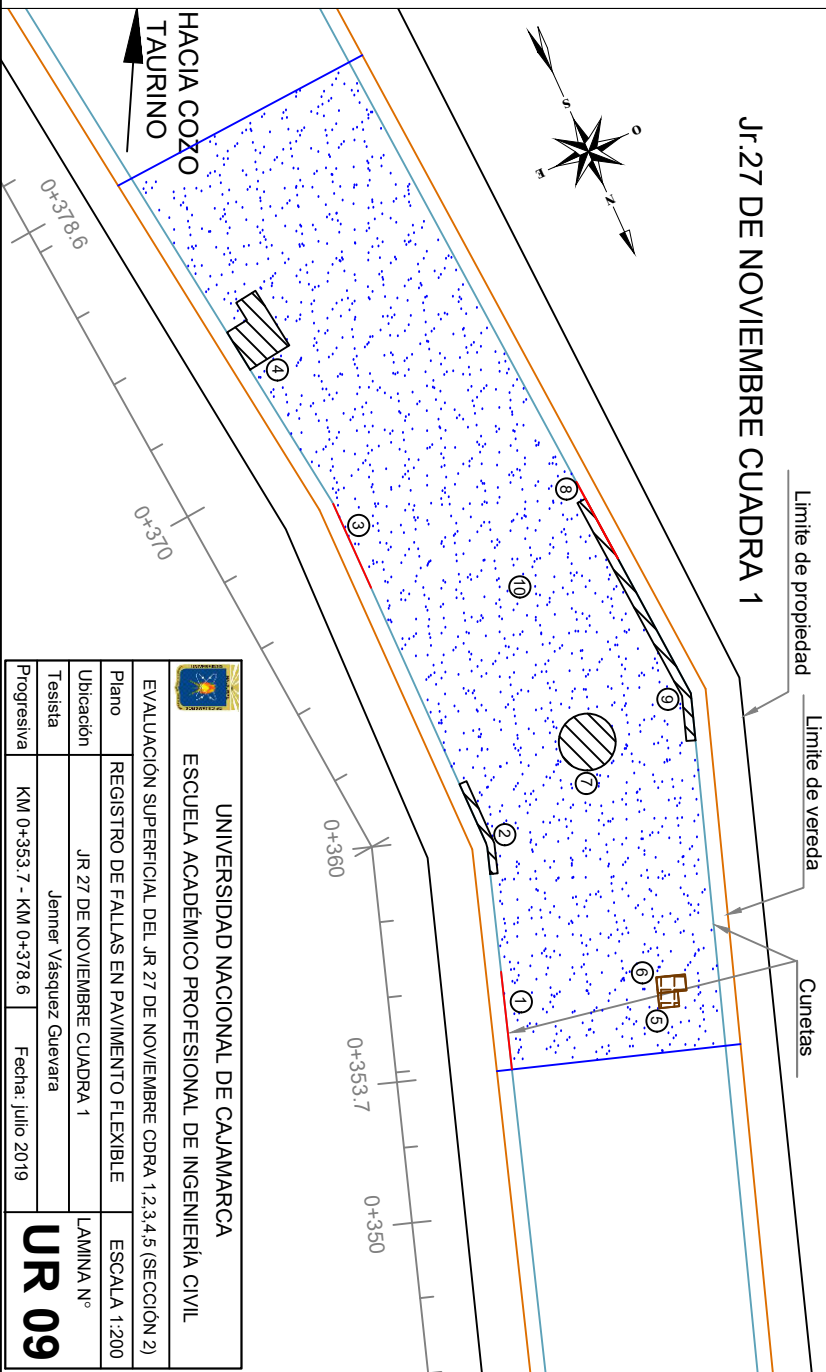
| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |   |      |      |               |           |                |
|--|---------------------------------------|----------------|---|------|------|---------------|-----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. 27 de Noviembre C 1.              |                | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |      |      |               |           |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |   |      |      |               |           |                |
| <b>Sección:</b>                              | 2                                     |                |   |      |      |               |           |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 09                                    |                |   |      |      |               |           |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+353.7-0+378.6                       |                |   |      |      |               |           |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 30/07/2019                            |                |   |      |      |               |           |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |   |      |      |               |           |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |   |      |      |               |           |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                | 15. Exudación (EX)  |      |      |               |           |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                | 16. Baches o Hueco (BCH)  |      |      |               |           |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                | 17. Parche (PCH)  |      |      |               |           |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                | 18. Cruce Ferrocarril (CF)  |      |      |               |           |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                | 19. Desnivel Carril Berma (DCB)   |      |      |               |           |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |   |      |      |               |           |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |   |      |      |               |           |                |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |   |      |      | Total         | Densidad  | Valor Deducido |
| 3  | B                                     | 2.6            |   |      |      | 2.6           | 1.30%     | 2.2            |
| registro                                     | B                                     | 0.52           | 1.74  | 1.77 | 1.69 |               |           |                |
| 3  | A                                     | 2.44           |   |      |      | 2.44          | 1.22%     | 9.5            |
| 16   | M                                     | 0.21           |   |      |      | 0.21          | 0.10%     | 5.2            |
| 16   | B                                     | 0.32           |   |      |      | 0.32          | 0.16%     | 4.5            |
| 3  | M                                     | 2.3            |   |      |      | 2.3           | 1.15%     | 5.7            |
| 13   | B                                     | 194.07         |   |      |      | 194.07        | 96.88%    | 15.6           |
| #  | valor deducido                        |                |   | m=   | 8.75 | Total         | q         | VDC            |
| 1  | 15.6                                  | 9.5            | 5.7   | 5.2  | 4.5  |               |           |                |
|  | 2.2                                   |                |   |      |      | 42.7          | 6         | 15             |
| 2  | 15.6                                  | 9.5            | 5.7   | 5.2  | 4.5  |               |           |                |
|  | 2                                     |                |   |      |      | 42.5          | 5         | 18.5           |
| 3  | 15.6                                  | 9.5            | 5.7   | 5.2  | 2    |               |           |                |
|  | 2                                     |                |   |      |      | 40            | 4         | 19             |
| 4  | 15.6                                  | 9.5            | 5.7   | 2    | 2    |               |           |                |
|  | 2                                     |                |   |      |      | 36.8          | 3         | 22.5           |
| 5  | 15.6                                  | 9.5            | 2   | 2    | 2    |               |           |                |
|  | 2                                     |                |   |      |      | 33.1          | 2         | 23.5           |
| 6  | 15.6                                  | 2              | 2   | 2    | 2    |               |           |                |
|  | 2                                     |                |   |      |      | 25.6          | 1         | 25.6           |
|  |                                       |                |   |      |      | Max VDC=      | 25.6      |                |
|  |                                       |                |   |      |      | PCI=          | 74.4      |                |
|  |                                       |                |   |      |      | Calificación= | MUY BUENO |                |



| N° | DAÑO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD            |
|----|---------------------------|-----------|---------------------|
| 1  | Fisuras de borde          | B         | 2,60 ml             |
| 2  | Cemento adherido en vía   | B         | 0,52 m <sup>2</sup> |
| 3  | Fisuras de borde          | A         | 2,44 ml             |
| 4  | Cemento adherido en vía   | B         | 1,74 m <sup>2</sup> |
| 5  | Bache                     | M         | 0,21 m <sup>2</sup> |
| 6  | Bache                     | B         | 0,32 m <sup>2</sup> |
| 7  | Registro                  | B         | 1,77 m <sup>2</sup> |
| 8  | Fisuras de borde          | M         | 2,30 ml             |
| 9  | Cemento adherido en vía   | B         | 1,69 m <sup>2</sup> |
| 10 | Desprendimiento agregados | B         | 1,69 m <sup>2</sup> |

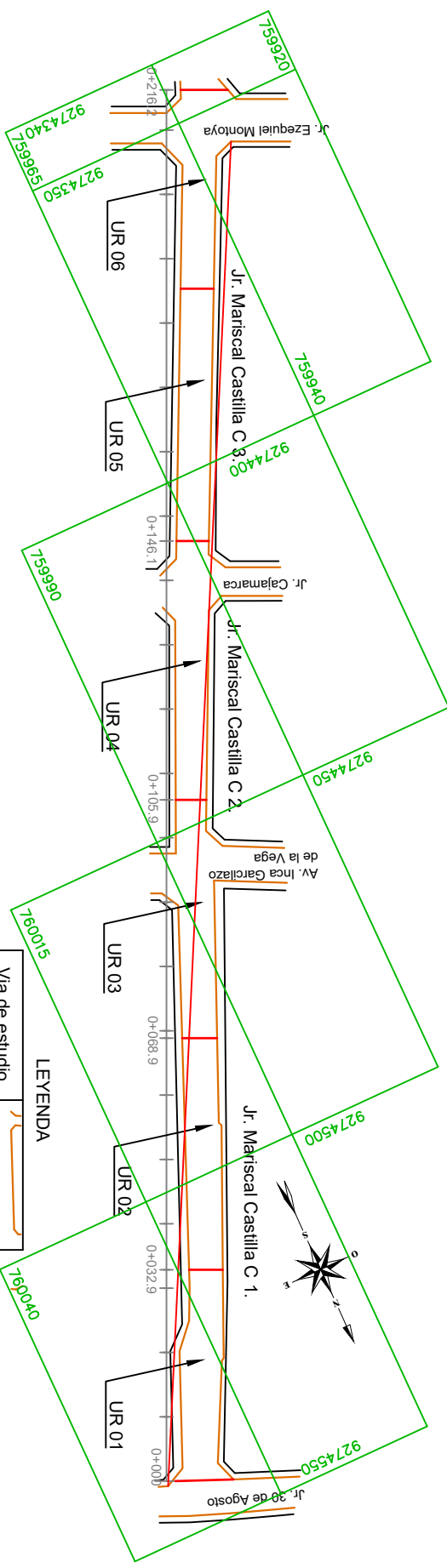
DESCRIPCIÓN

| LEYENDA | DESCRIPCIÓN                   |
|---------|-------------------------------|
|         | Desprendimiento de agregados  |
|         | Bache o Hueco                 |
|         | Fisuras de borde              |
|         | Registro y/o cemento adherido |



JR 27 DE NOVIEMBRE CUADRA 1

|  |  |   |            |
|--|--|---|------------|
|  |  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>          |            |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR 27 DE NOVIEMBRE CDRA 1.2,3,4,5 (SECCIÓN 2) |  | ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |            |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE | ESCALA 1:200                                      |            |
| Ubicación  | JR 27 DE NOVIEMBRE CUADRA 1              | LAMINA N°   |            |
| Tesisista  | Jenner Vásquez Guevara                   |   |            |
| Progresiva   | KM 0+353.7 - KM 0+378.6                  | Fecha:  | julio 2019 |
| <b>UR 09</b>   |  |   |            |



**LEYENDA**

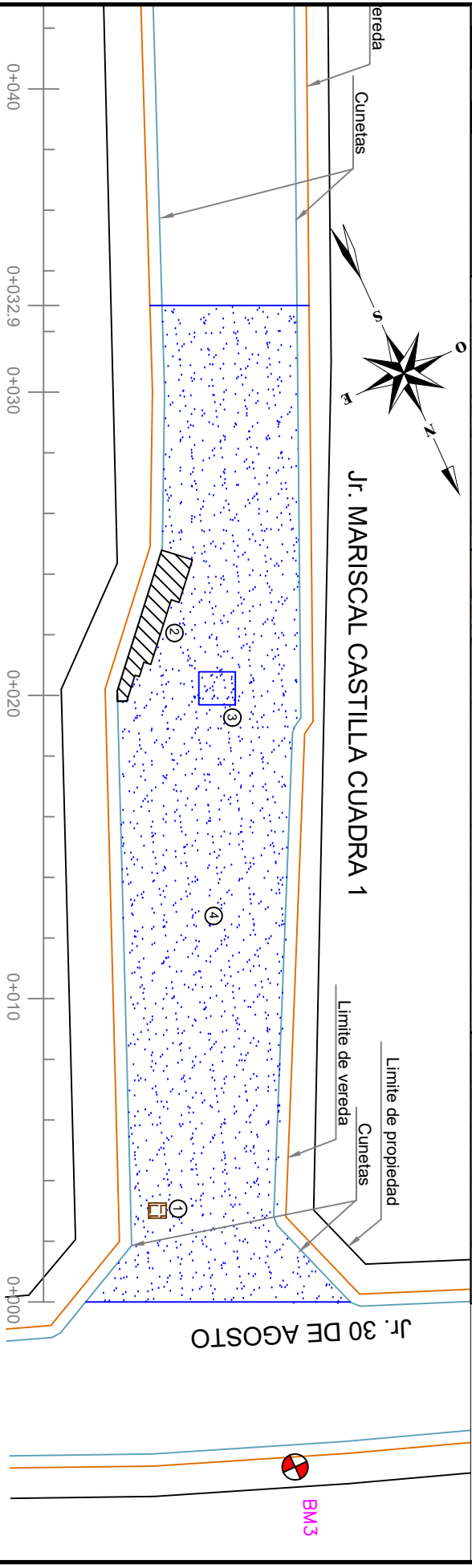
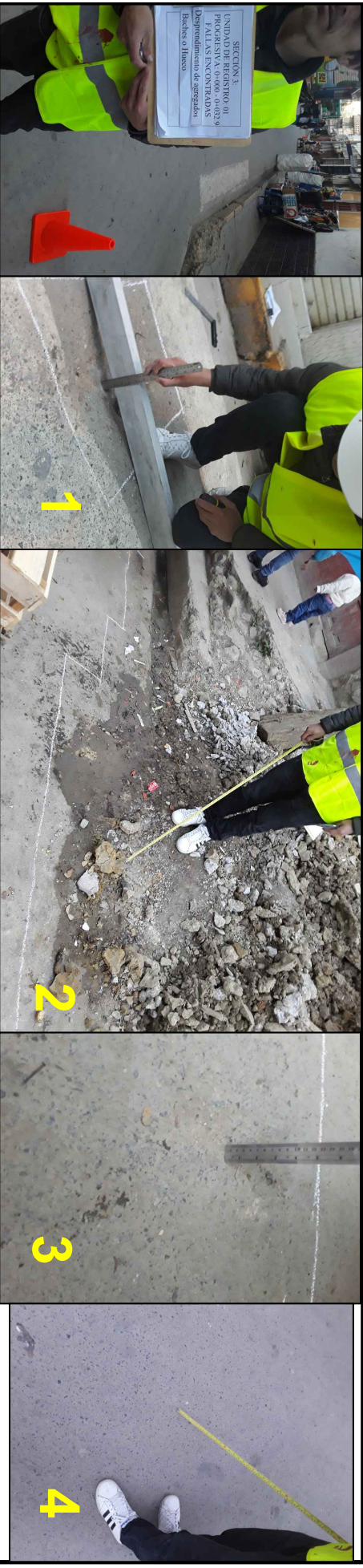
|                      |  |
|----------------------|--|
| Via de estudio       |  |
| Unidades de registro |  |
| Progresivas          |  |

0+000      0+032



|   |   |  |            |
|---|---|--|------------|
|   |   | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>     |            |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |   | EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE |            |
| Plano   | SECCIÓN 3 DEL PAVIMENTO DE ESTUDIO            | ESCALA 1:1000                                | LAMINA N°  |
| Ubicación   | CIUDAD CHOTA, PROVINCIA CHOTA, DEP. CAJAMARCA |  | <b>A-5</b> |
| Tesisista   | Jenner Vásquez Guevara.                       |  |            |
| Tramo de Estudio                                  | KM 0+000 - KM 0+216.24                        | Fecha:                                       | julio 2019 |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                            |                                       |   |                                 |        |               |                |     |
|--|----------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------|--------|---------------|----------------|-----|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. Mariscal Castilla C 1. |                                       | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |                                 |        |               |                |     |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara     |                                       |   |                                 |        |               |                |     |
| <b>Sección:</b>                              | 3                          |                                       |   |                                 |        |               |                |     |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 01                         |                                       |   |                                 |        |               |                |     |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+000-0+32.9               |                                       |   |                                 |        |               |                |     |
| <b>Fecha:</b>                                | 31/07/2019                 |                                       |   |                                 |        |               |                |     |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                     | m <sup>2</sup>                        |   |                                 |        |               |                |     |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                            |                                       |   |                                 |        |               |                |     |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) |                            | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |   | 15. Exudación (EX)              |        |               |                |     |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  |                            | 9. Depresión (DP)                     |   | 16. Baches o Hueco (BCH)        |        |               |                |     |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          |                            | 10. Desplazamiento (DZ)               |   | 17. Parche (PCH)                |        |               |                |     |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          |                            | 11. Hinchamiento (HI)                 |   | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |        |               |                |     |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    |                            | 12. Ahuellamiento (AHU)               |   | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |        |               |                |     |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  |                            | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |   |                                 |        |               |                |     |
| 7. Ondulaciones (OND)                        |                            | 14. Agregados Pulidos (AP)            |   |                                 |        |               |                |     |
| Falla  | Severidad                  | Cantidad                              |   |                                 | Total  | Densidad      | Valor Deducido |     |
| 16   | M                          | 0.29                                  |   |                                 | 0.29   | 0.14%         | 7.3            |     |
| registro                                     | M                          | 3.96                                  |   |                                 |        |               |                |     |
| 13   | A                          | 1.31                                  |   |                                 | 1.31   | 0.65%         | 44             |     |
| 13   | B                          | 194.76                                |   |                                 | 194.76 | 97.22%        | 15.6           |     |
| #  |                            | valor deducido                        |   | m=                              | 6.14   | Total         | q              | VDC |
| 1  | 44                         | 15.6                                  | 7.3   |                                 |        | 66.9          | 3              | 43  |
| 2  | 44                         | 15.6                                  | 2   |                                 |        | 61.6          | 2              | 45  |
| 3  | 44                         | 2                                     | 2   |                                 |        | 48            | 1              | 48  |
|  |                            |                                       |   |                                 |        | Max VDC=      | 48             |     |
|  |                            |                                       |   |                                 |        | PCI=          | 52             |     |
|  |                            |                                       |   |                                 |        | Calificación= | REGULAR        |     |



DESCRIPCIÓN

| Nº | DAÑO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD  |
|----|---------------------------|-----------|-----------|
| 1  | Bache                     | M         | 0.29 m2   |
| 2  | Acumulación desmonte      | M         | 3.96 m2   |
| 3  | Desprendimiento agregados | A         | 1.31 m2   |
| 4  | Desprendimiento agregados | B         | 194.76 m2 |

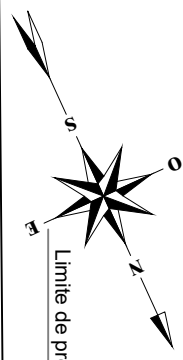
LEYENDA

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Desprendimiento de agregados |  |
| Bache o Hueco                |  |
| Fisuras de borde             |  |
| Acumulación de desmonte      |  |

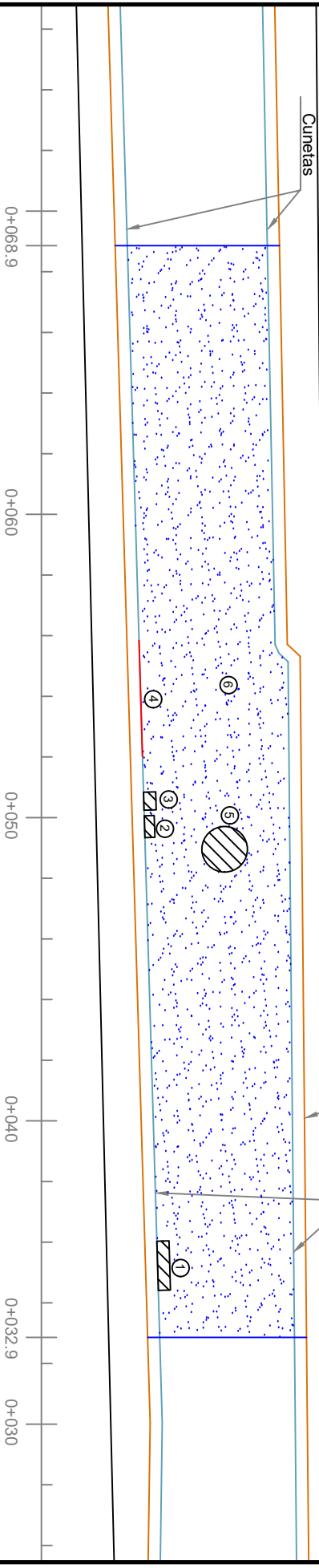
|  |  |  |            |
|--|--|--|------------|
|  |  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>                 |            |
| <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>                       |  | <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> |            |
| <b>EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR. MARISCAL CASTILLA CDRA 1.2.3 (SECCIÓN 3)</b> |  |  |            |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE | ESCALA 1:200   |            |
| Ubicación  | JR MARISCAL CASTILLA CUADRA 1            | LAMINA Nº  |            |
| Tesisista  | Jenner Vásquez Guevara                   |  |            |
| Progresiva   | KM 0+000 - KM 0+032.9                    | Fecha:   | Julio 2019 |

**UR 01**

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |                                 |   |        |           |                |  |
|--|---------------------------------------|----------------|---------------------------------|---|--------|-----------|----------------|--|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. Mariscal Castilla C 1.            |                |                                 | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |        |           |                |  |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |                                 |   |        |           |                |  |
| <b>Sección:</b>                              | 3                                     |                |                                 |   |        |           |                |  |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 02                                    |                |                                 |   |        |           |                |  |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+32.9-0+068.9                        |                |                                 |   |        |           |                |  |
| <b>Fecha:</b>                                | 31/07/2019                            |                |                                 |   |        |           |                |  |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |                                 |   |        |           |                |  |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |                                 |   |        |           |                |  |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                | 15. Exudación (EX)              |   |        |           |                |  |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                | 16. Baches o Hueco (BCH)        |   |        |           |                |  |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                | 17. Parche (PCH)                |   |        |           |                |  |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |   |        |           |                |  |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |   |        |           |                |  |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |                                 |   |        |           |                |  |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |                                 |   |        |           |                |  |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |                                 |   | Total  | Densidad  | Valor Deducido |  |
| registro                                     | A                                     | 0.65           |                                 |   |        |           |                |  |
| registro                                     | B                                     | 0.24           | 0.24                            | 1.77  |        |           |                |  |
| 3  | B                                     | 3.83           |                                 |   | 3.83   | 1.91%     | 3.2            |  |
| 13   | B                                     | 195.36         |                                 |   | 195.36 | 97.52%    | 15.7           |  |
| #  | valor deducido                        |                | m=                              | 8.74  | Total  | q         | VDC            |  |
| 1  | 15.7                                  | 3.2            |                                 |   | 18.9   | 2         | 13             |  |
| 2  | 15.7                                  | 2              |                                 |   | 17.7   | 1         | 17.7           |  |
| Max VDC=                                     |                                       |                |                                 |   |        | 17.7      |                |  |
| PCI=   |                                       |                |                                 |   |        | 82        |                |  |
| Calificación=                                |                                       |                |                                 |   |        | MUY BUENO |                |  |



**JR. MARISCAL CASTILLA CUADRA 1**



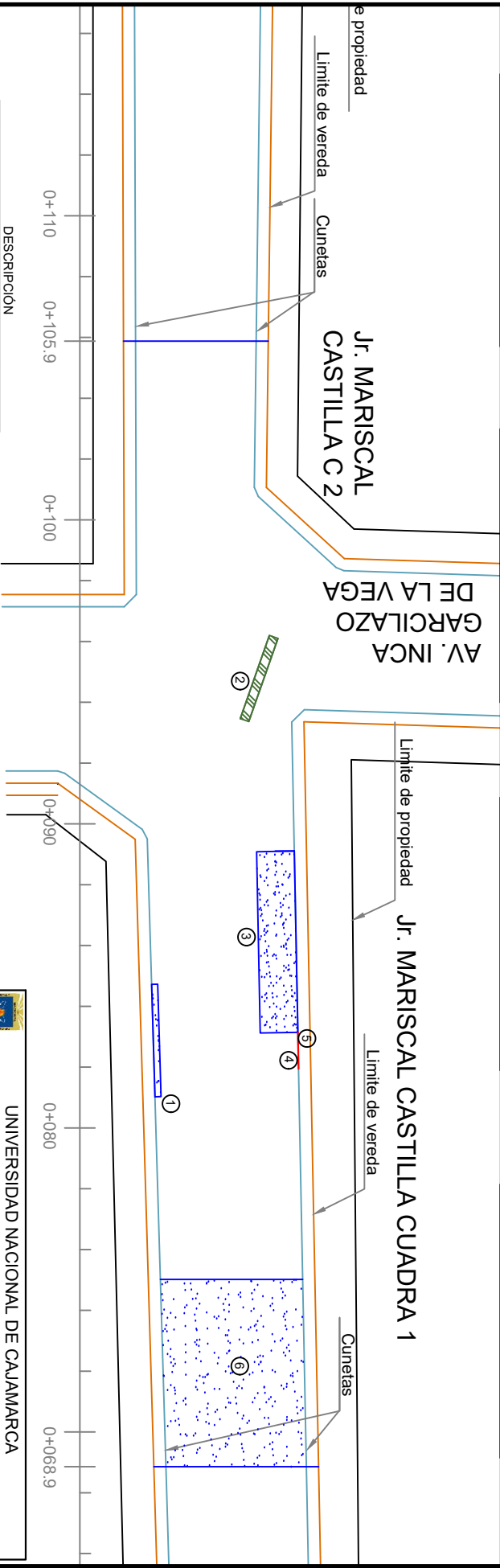
| Nº | DANO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD              |
|----|---------------------------|-----------|-----------------------|
| 1  | Acumulación de desmonte   | A         | 0,65 m <sup>2</sup>   |
| 2  | Acumulación de desmonte   | B         | 0,24 m <sup>2</sup>   |
| 3  | Acumulación de desmonte   | B         | 0,24 m <sup>2</sup>   |
| 4  | Fisuras de borde          | B         | 3,83 ml               |
| 5  | Registro                  | B         | 3,83 ml               |
| 6  | Desprendimiento agregados | B         | 195,36 m <sup>2</sup> |

| LEYENDA | DESCRIPCIÓN                  |
|---------|------------------------------|
|         | Desprendimiento de agregados |
|         | Bache o Hueco                |
|         | Fisuras de borde             |
|         | Registro y/o acumulacion des |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br/>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> |  |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR MARISCAL CASTILLA CDRA 1.2.3 (SECCION 3)                                |  |
| Plano   | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación   | JR MARISCAL CASTILLA CUADRA 1            |
| Tesisista   | Janner Vásquez Guevara                   |
| Progresiva  | KM 0+032.9 - KM 0+068.9                  |
|   | Fecha: julio 2019                        |
| UR 02   |  |

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |     |                                 |   |       |           |                |
|--|---------------------------------------|----------------|-----|---------------------------------|---|-------|-----------|----------------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. Mariscal Castilla C 2 y C 1.      |                |     |                                 | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |       |           |                |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |     |                                 |   |       |           |                |
| <b>Sección:</b>                              | 3                                     |                |     |                                 |   |       |           |                |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 03                                    |                |     |                                 |   |       |           |                |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+68.9-0+105.9                        |                |     |                                 |   |       |           |                |
| <b>Fecha:</b>                                | 31/07/2019                            |                |     |                                 |   |       |           |                |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |     |                                 |   |       |           |                |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |     |                                 |   |       |           |                |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                |     | 15. Exudación (EX)              |   |       |           |                |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                |     | 16. Baches o Hueco (BCH)        |   |       |           |                |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                |     | 17. Parche (PCH)                |   |       |           |                |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                |     | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |   |       |           |                |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                |     | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |   |       |           |                |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |     |                                 |   |       |           |                |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |     |                                 |   |       |           |                |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |     |                                 |   | Total | Densidad  | Valor Deducido |
| 13   | M                                     | 0.74           | 0.2 |                                 |   | 0.94  | 0.47%     | 7.3            |
| 10   | B                                     | 0.87           |     |                                 |   | 0.87  | 0.43%     | 0              |
| 3  | B                                     | 1.2            |     |                                 |   | 1.2   | 0.60%     | 1.3            |
| 13   | B                                     | 28.6           |     |                                 |   | 28.6  | 14.28%    | 6.7            |
| #  | valor deducido                        |                |     | m=                              | 9.51  | Total | q         | VDC            |
| 1  | 7.3                                   | 6.7            | 1.3 |                                 |   | 15.3  | 2         | 10.25          |
| 2  | 7.3                                   | 2              | 1.3 |                                 |   | 10.6  | 1         | 10.6           |
| Max VDC=                                     |                                       |                |     |                                 |   |       | 10.6      |                |
| PCI=   |                                       |                |     |                                 |   |       | 89.4      |                |
| Calificación=                                |                                       |                |     |                                 |   |       | EXCELENTE |                |





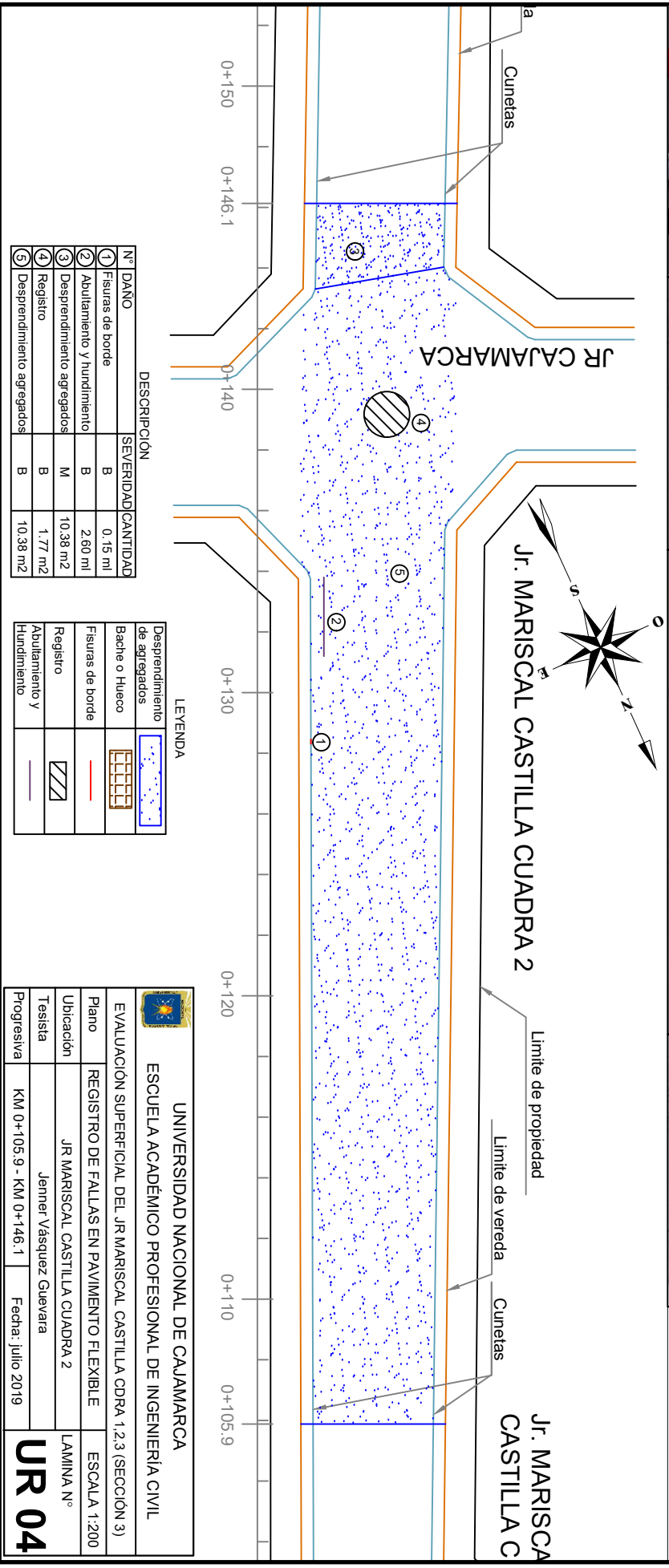
| Nº | DAÑO                      | SEVERIDAD | CANTIDAD             |
|----|---------------------------|-----------|----------------------|
| 1  | Desprendimiento agregados | M         | 0,74 m <sup>2</sup>  |
| 2  | Desplazamiento            | B         | 0,87 m <sup>2</sup>  |
| 3  | Desprendimiento agregados | M         | 7,40 m <sup>2</sup>  |
| 4  | Fisuras de borde          | B         | 1,2 ml               |
| 5  | Fisuras de borde          | M         | 0,2 ml               |
| 6  | Desprendimiento agregados | B         | 28,80 m <sup>2</sup> |

| LEYENDA                      |  |
|------------------------------|--|
| Desprendimiento de agregados |  |
| Desplazamiento               |  |
| Fisuras de borde             |  |

|  |  |
|--|--|
| <br><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b><br><b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> |  |
| EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR MARISCAL CASTILLA CDRA 1.2.3 (SECCION 3)                                   |  |
| Plano  | REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE |
| Ubicación  | JR MARISCAL CASTILLA CUADRAS 1 Y 2       |
| Tesisista  | Janner Vásquez Guevara                   |
| Progresiva   | KM 0+068.9 - KM 0+105.9                  |
|  | Fecha: julio 2019                        |


**UR 03**

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |  |                                 |   |           |                |     |
|--|---------------------------------------|----------------|--|---------------------------------|---|-----------|----------------|-----|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. Mariscal Castilla C 2 y C 3.      |                |  |                                 | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |           |                |     |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |  |                                 |   |           |                |     |
| <b>Sección:</b>                              | 3                                     |                |  |                                 |   |           |                |     |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 04                                    |                |  |                                 |   |           |                |     |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+105.9-0+146.1                       |                |  |                                 |   |           |                |     |
| <b>Fecha:</b>                                | 30/07/2019                            |                |  |                                 |   |           |                |     |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |  |                                 |   |           |                |     |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |  |                                 |   |           |                |     |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                |  | 15. Exudación (EX)              |   |           |                |     |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                |  | 16. Baches o Hueco (BCH)        |   |           |                |     |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                |  | 17. Parche (PCH)                |   |           |                |     |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                |  | 18. Cruce Ferrocarril (CF)      |   |           |                |     |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                |  | 19. Desnivel Carril Berma (DCB) |   |           |                |     |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |  |                                 |   |           |                |     |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |  |                                 |   |           |                |     |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |  |                                 | Total   | Densidad  | Valor Deducido |     |
| 3  | B                                     | 0.15           |  |                                 | 0.15  | 0.07%     | 0              |     |
| 8  | B                                     | 2.6            |  |                                 | 2.6   | 1.30%     | 0              |     |
| 13   | M                                     | 10.38          |  |                                 | 10.38   | 5.18%     | 13.6           |     |
| registro                                     | B                                     | 1.77           |  |                                 |   |           |                |     |
| 13   | B                                     | 185.57         |  |                                 | 185.57  | 92.64%    | 15.5           |     |
| #  | valor deducido                        |                |  | m=                              | 8.76  | Total     | q              | VDC |
| 1  | 15.5                                  | 13.6           |  |                                 | 29.1  | 3         | 16             |     |
| 2  | 15.5                                  | 2              |  |                                 | 17.5  | 1         | 17.5           |     |
| Max VDC=                                     |                                       |                |  |                                 |   | 17.5      |                |     |
| PCI=   |                                       |                |  |                                 |   | 82.5      |                |     |
| Calificación=                                |                                       |                |  |                                 |   | MUY BUENO |                |     |



| N° | DAÑO                       | SEVERIDAD | CANTIDAD             |
|----|----------------------------|-----------|----------------------|
| ①  | Fisuras de borde           | B         | 0,15 ml              |
| ②  | Abultamiento y hundimiento | B         | 2,60 ml              |
| ③  | Desprendimiento agregados  | M         | 10,38 m <sup>2</sup> |
| ④  | Registro                   | B         | 1,77 m <sup>2</sup>  |
| ⑤  | Desprendimiento agregados  | B         | 10,38 m <sup>2</sup> |

| DESCRIPCIÓN                  | SEVERIDAD | CANTIDAD             |
|------------------------------|-----------|----------------------|
| Desprendimiento de agregados | B         | 10,38 m <sup>2</sup> |
| Bache o Hueco                | B         | 0,15 ml              |
| Fisuras de borde             | B         | 2,60 ml              |
| Registro                     | B         | 1,77 m <sup>2</sup>  |
| Abultamiento y Hundimiento   | B         | 10,38 m <sup>2</sup> |



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL JR MARISCAL CASTILLA CDRA 1,2,3 (SECCION 3)**

REGISTRO DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE

Ubicación: JR MARISCAL CASTILLA CUADRA 2

Tesis: Jenner Vásquez Guevara

Progresiva: KM 0+105.9 - KM 0+146.1

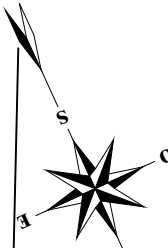
Fecha: julio 2019

ESCALA 1:200

LAMINA N°

**UR 04**

| FORMATO DE CAMPO PARA RECOLECCION DE DATOS   |                                       |                |      |   |       |               |                |      |
|--|---------------------------------------|----------------|------|---|-------|---------------|----------------|------|
| <b>Nombre de Via:</b>                        | Jr. Mariscal Castilla C 3.            |                |      | EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR. GREGORIO MALCA, JR. 27 DE NOVIEMBRE Y JR. MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCL |       |               |                |      |
| <b>Inspector:</b>                            | Jenner Vásquez Guevara                |                |      |   |       |               |                |      |
| <b>Sección:</b>                              | 3                                     |                |      |   |       |               |                |      |
| <b>Unidad de muestra:</b>                    | 05                                    |                |      |   |       |               |                |      |
| <b>Progresiva:</b>                           | 0+146.1-0+185.3                       |                |      |   |       |               |                |      |
| <b>Fecha:</b>                                | 30/07/2019                            |                |      |   |       |               |                |      |
| <b>Area:</b>                                 | 200.32                                | m <sup>2</sup> |      |   |       |               |                |      |
| Fallas en pavimentos flexibles               |                                       |                |      |   |       |               |                |      |
| 1. Fisuras y grietas Long. y Transv. (FL,FT) | 8. Abultamientos y Hundimientos (AH)  |                |      | 15. Exudación (EX)  |       |               |                |      |
| 2. Reflexión de Juntas (RJ)                  | 9. Depresión (DP)                     |                |      | 16. Baches o Hueco (BCH)  |       |               |                |      |
| 3. Fisuras y grietas de Borde (FDB)          | 10. Desplazamiento (DZ)               |                |      | 17. Parche (PCH)  |       |               |                |      |
| 4. Fisuras y grietas en Bloque (FB)          | 11. Hinchamiento (HI)                 |                |      | 18. Cruce Ferrocarril (CF)  |       |               |                |      |
| 5. Piel de Cocodrilo (PC)                    | 12. Ahuellamiento (AHU)               |                |      | 19. Desnivel Carril Berma (DCB)   |       |               |                |      |
| 6. Fisuras Parabólicas (FP)                  | 13. Desprendimiento de Agregados (DA) |                |      |   |       |               |                |      |
| 7. Ondulaciones (OND)                        | 14. Agregados Pulidos (AP)            |                |      |   |       |               |                |      |
| Falla  | Severidad                             | Cantidad       |      |   | Total | Densidad      | Valor Deducido |      |
| registro                                     | B                                     | 0.04           | 0.09 |   |       |               |                |      |
| 16   | B                                     | 0.16           | 0.1  | 0.97  | 0.25  | 2.06          | 1.03%          | 19.4 |
|  |                                       | 0.27           | 0.31 |   |       |               |                |      |
| 13   | A                                     | 48.6           |      |   |       | 48.6          | 24.26%         | 57   |
| 13   | M                                     | 149.53         |      |   |       | 149.53        | 74.65%         | 40.4 |
| #  | valor deducido                        |                |      | m=  | 4.95  | Total         | q              | VDC  |
| 1  | 57                                    | 40.4           | 19.4 |   |       | 116.8         | 3              | 72   |
| 2  | 57                                    | 40.4           | 2    |   |       | 99.4          | 2              | 71   |
| 3  | 57                                    | 2              | 2    |   |       | 61            | 1              | 61   |
|  |                                       |                |      |   |       | Max VDC=      | 72             |      |
|  |                                       |                |      |   |       | PCI=          | 28             |      |
|  |                                       |                |      |   |       | Calificación= | MALO           |      |



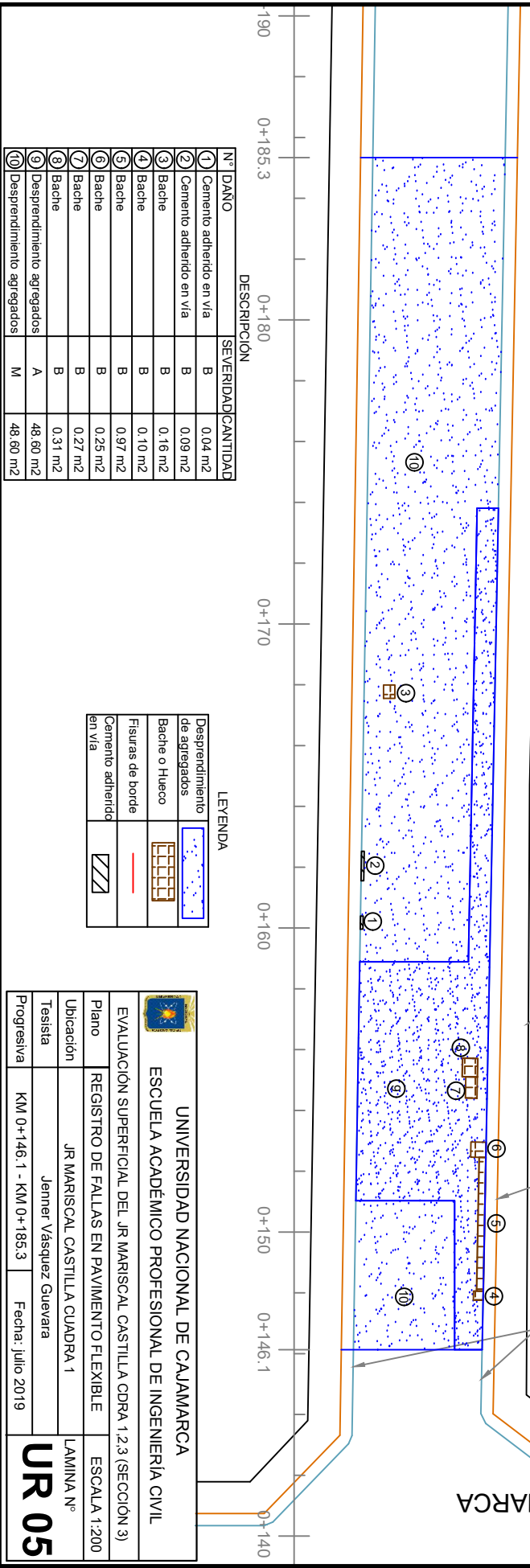
JR. MARISCAL CASTILLA CUADRA 3

Limite de propiedad

Limite de vereda

Cunetas

JR CAJAMARCA

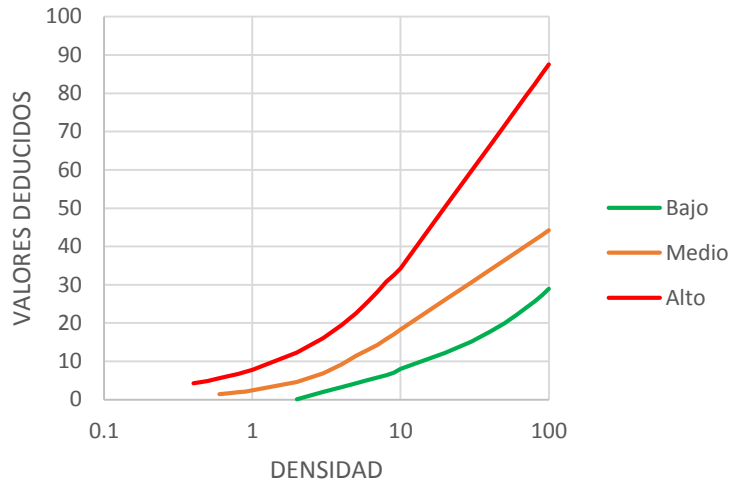


**ANEXO 02: Curvas de valor deducido para pavimentos flexibles**

## Fisuras

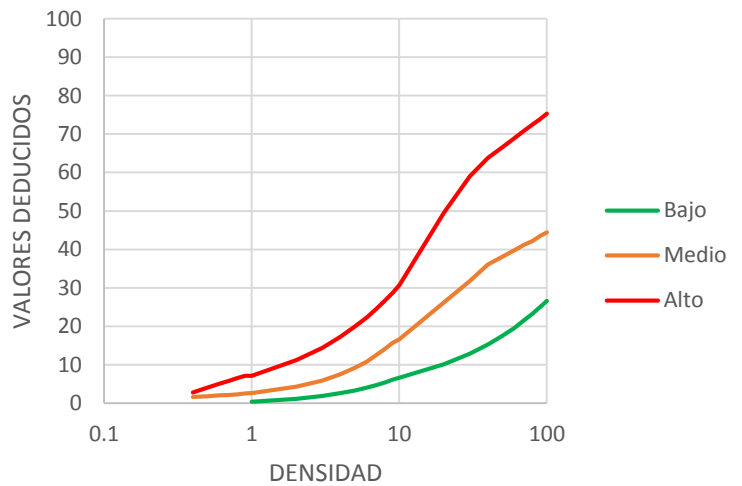
| FISURAS Y GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES |                |       |      |
|--|----------------|-------|------|
| DENSIDAD   | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|  | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1  |                |       |      |
| 0.2  |                |       |      |
| 0.3  |                |       |      |
| 0.4  |                |       | 4.3  |
| 0.5  |                |       | 4.9  |
| 0.6  |                | 1.4   | 5.6  |
| 0.7  |                | 1.7   | 6.2  |
| 0.8  |                | 1.9   | 6.7  |
| 0.9  |                | 2.1   | 7.3  |
| 1  |                | 2.4   | 7.8  |
| 2  | 0.1            | 4.6   | 12.3 |
| 3  | 2              | 6.9   | 16.1 |
| 4  | 3.3            | 9.2   | 19.5 |
| 5  | 4.3            | 11.5  | 22.6 |
| 6  | 5.1            | 13    | 25.5 |
| 7  | 5.8            | 14.3  | 28.2 |
| 8  | 6.4            | 15.8  | 30.8 |
| 9  | 7              | 17.1  | 32.5 |
| 10   | 8              | 18.3  | 34.3 |
| 20   | 12.2           | 26.1  | 50.3 |
| 30   | 15.1           | 30.6  | 59.7 |
| 40   | 17.7           | 33.9  | 66.3 |
| 50   | 19.9           | 36.4  | 71.5 |
| 60   | 22             | 38.4  | 75.7 |
| 70   | 23.9           | 40.1  | 79.3 |
| 80   | 25.6           | 41.6  | 82.3 |
| 90   | 27.3           | 43    | 85.1 |
| 100  | 28.9           | 44.2  | 87.5 |

Curva de Valores Deducidos- Fisuras Longitudinales y Transversales



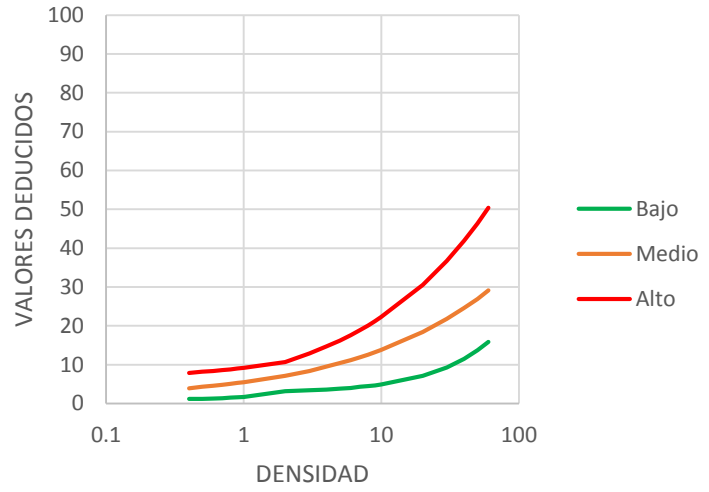
| REFLEXION DE JUNTAS |                |       |      |
|---------------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD            | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|                     | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1                 |                |       |      |
| 0.2                 |                |       |      |
| 0.3                 |                |       |      |
| 0.4                 |                | 1.6   | 2.8  |
| 0.5                 |                | 1.8   | 4    |
| 0.6                 |                | 2     | 5    |
| 0.7                 |                | 2.1   | 5.8  |
| 0.8                 |                | 2.3   | 6.5  |
| 0.9                 |                | 2.5   | 7.1  |
| 1                   | 0.4            | 2.6   | 7.1  |
| 2                   | 1.1            | 4.3   | 11.2 |
| 3                   | 1.9            | 5.9   | 14.4 |
| 4                   | 2.6            | 7.5   | 17.3 |
| 5                   | 3.3            | 9.2   | 19.9 |
| 6                   | 4              | 10.8  | 22.3 |
| 7                   | 4.7            | 12.5  | 24.5 |
| 8                   | 5.4            | 14.1  | 26.7 |
| 9                   | 6.1            | 15.7  | 28.7 |
| 10                  | 6.6            | 16.6  | 30.7 |
| 20                  | 10.1           | 26.2  | 49.5 |
| 30                  | 12.9           | 31.8  | 59   |
| 40                  | 15.3           | 36.1  | 63.8 |
| 50                  | 17.5           | 38.1  | 66.6 |
| 60                  | 19.5           | 39.8  | 68.9 |
| 70                  | 21.5           | 41.2  | 70.8 |
| 80                  | 23.3           | 42.2  | 72.5 |
| 90                  | 25             | 43.5  | 73.9 |
| 100                 | 26.6           | 44.4  | 75.3 |

Curva de Valores Deducidos - Reflexión de Juntas.



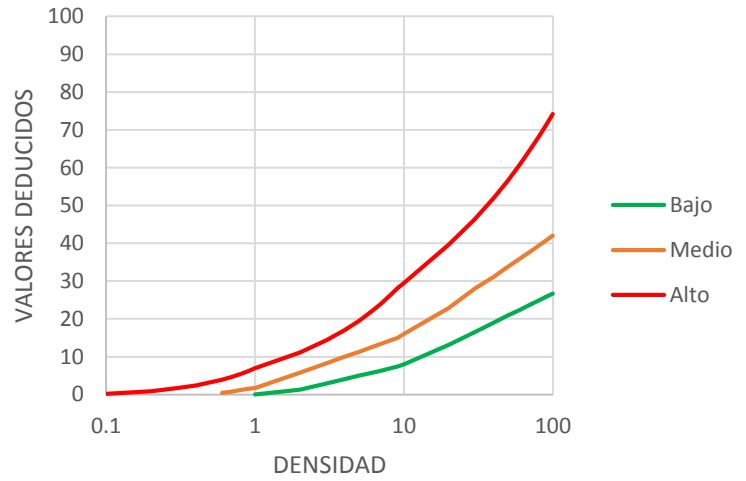
| FISURAS Y GRIETAS DE BORDE |                |       |      |
|----------------------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD                   | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|                            | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1                        |                |       |      |
| 0.2                        |                |       |      |
| 0.3                        |                |       |      |
| 0.4                        | 1.2            | 3.9   | 7.9  |
| 0.5                        | 1.2            | 4.3   | 8.2  |
| 0.6                        | 1.3            | 4.6   | 8.4  |
| 0.7                        | 1.4            | 4.8   | 8.6  |
| 0.8                        | 1.5            | 5.1   | 8.8  |
| 0.9                        | 1.6            | 5.3   | 9    |
| 1                          | 1.7            | 5.5   | 9.2  |
| 2                          | 3.2            | 7.1   | 10.7 |
| 3                          | 3.4            | 8.4   | 12.9 |
| 4                          | 3.6            | 9.5   | 14.7 |
| 5                          | 3.8            | 10.4  | 16.2 |
| 6                          | 4              | 11.2  | 17.6 |
| 7                          | 4.3            | 11.9  | 18.9 |
| 8                          | 4.5            | 12.6  | 20.1 |
| 9                          | 4.7            | 13.2  | 21.2 |
| 10                         | 4.9            | 13.8  | 22.3 |
| 20                         | 7.1            | 18.4  | 30.5 |
| 30                         | 9.3            | 21.8  | 36.7 |
| 40                         | 11.5           | 24.6  | 41.9 |
| 50                         | 13.7           | 26.9  | 46.4 |
| 60                         | 15.9           | 29.1  | 50.4 |
| 70                         |                |       |      |
| 80                         |                |       |      |
| 90                         |                |       |      |
| 100                        |                |       |      |

Curva de Valores Deducidos - Fisuras y grietas de Borde.



| FISURAS Y GRIETAS EN BLOQUE |                |       |      |
|-----------------------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD                    | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|                             | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1                         |                |       | 0.2  |
| 0.2                         |                |       | 0.9  |
| 0.3                         |                |       | 1.7  |
| 0.4                         |                |       | 2.4  |
| 0.5                         |                |       | 3.2  |
| 0.6                         |                | 0.4   | 3.9  |
| 0.7                         |                | 0.8   | 4.7  |
| 0.8                         |                | 1.2   | 5.4  |
| 0.9                         |                | 1.5   | 6.2  |
| 1                           | 0              | 1.7   | 7    |
| 2                           | 1.3            | 5.8   | 11.1 |
| 3                           | 2.9            | 8.2   | 14.3 |
| 4                           | 4.1            | 10    | 17   |
| 5                           | 5              | 11.3  | 19.5 |
| 6                           | 5.7            | 12.5  | 21.9 |
| 7                           | 6.3            | 13.4  | 24   |
| 8                           | 6.9            | 14.2  | 26.1 |
| 9                           | 7.4            | 14.9  | 28   |
| 10                          | 8              | 16    | 29.5 |
| 20                          | 13.1           | 22.9  | 39.6 |
| 30                          | 16.5           | 28    | 46.4 |
| 40                          | 19             | 31.1  | 51.9 |
| 50                          | 20.9           | 33.8  | 56.6 |
| 60                          | 22.4           | 35.9  | 60.8 |
| 70                          | 23.7           | 37.7  | 64.6 |
| 80                          | 24.8           | 39.3  | 68   |
| 90                          | 25.8           | 40.7  | 71.2 |
| 100                         | 26.7           | 42    | 74.2 |

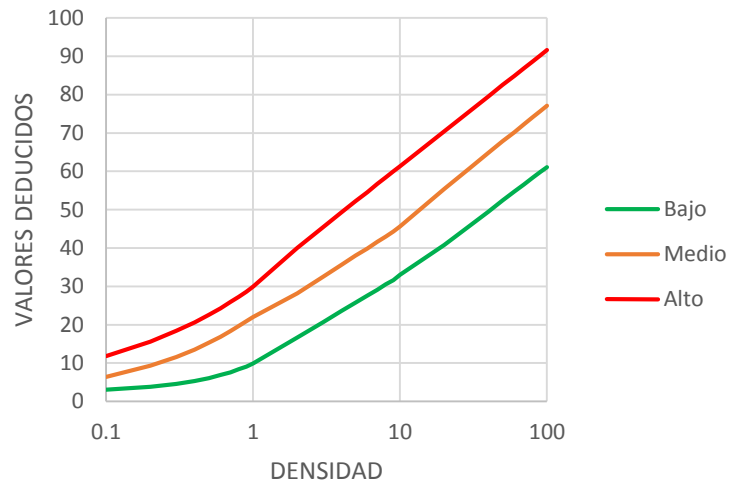
Curva de Valores Deducidos - Fisuras en Bloque.





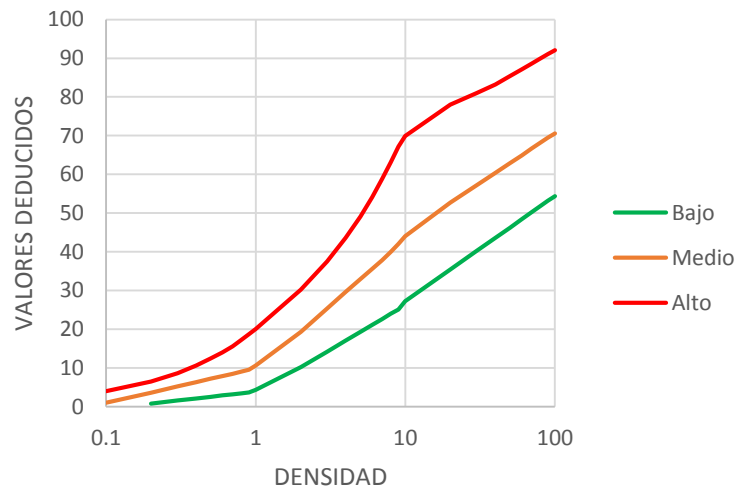
| PIEL DE COCODRILO |                |       |       |
|-------------------|----------------|-------|-------|
| DENSIDAD          | VALOR DEDUCIDO |       |       |
|                   | BAJO           | MEDIO | ALTO  |
| 0.1               | 3.1            | 6.4   | 11.8  |
| 0.2               | 3.8            | 9.3   | 15.6  |
| 0.3               | 4.6            | 11.6  | 18.4  |
| 0.4               | 5.3            | 13.5  | 20.6  |
| 0.5               | 6.1            | 15.3  | 22.6  |
| 0.6               | 6.9            | 16.8  | 24.3  |
| 0.7               | 7.6            | 18.3  | 25.9  |
| 0.8               | 8.4            | 19.7  | 27.3  |
| 0.9               | 9.1            | 20.9  | 28.6  |
| 1                 | 9.9            | 22    | 29.9  |
| 2                 | 16.7           | 28.2  | 40.05 |
| 3                 | 20.7           | 32.5  | 45.5  |
| 4                 | 23.6           | 35.6  | 49.3  |
| 5                 | 25.8           | 38    | 52.2  |
| 6                 | 27.6           | 39.9  | 54.6  |
| 7                 | 29.1           | 41.6  | 56.7  |
| 8                 | 30.5           | 43    | 58.4  |
| 9                 | 31.6           | 44.3  | 60    |
| 10                | 33             | 45.6  | 61.3  |
| 20                | 40.8           | 55.4  | 70.4  |
| 30                | 45.9           | 60.9  | 75.8  |
| 40                | 49.5           | 64.8  | 79.5  |
| 50                | 52.4           | 67.8  | 82.5  |
| 60                | 54.7           | 70.2  | 84.9  |
| 70                | 56.6           | 72.3  | 86.9  |
| 80                | 58.3           | 74.1  | 88.6  |
| 90                | 59.8           | 75.7  | 90.2  |
| 100               | 61.1           | 77.1  | 91.6  |

Curva de Valores Deducidos- Piel de Cocodrilo



| FISURAS PARABOLICAS |                |       |      |
|---------------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD            | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|                     | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1                 |                | 1     | 4    |
| 0.2                 | 0.8            | 3.6   | 6.5  |
| 0.3                 | 1.6            | 5.2   | 8.6  |
| 0.4                 | 2.1            | 6.3   | 10.6 |
| 0.5                 | 2.5            | 7.2   | 12.4 |
| 0.6                 | 2.9            | 7.9   | 14   |
| 0.7                 | 3.2            | 8.5   | 15.6 |
| 0.8                 | 3.4            | 9     | 17.2 |
| 0.9                 | 3.7            | 9.5   | 18.7 |
| 1                   | 4.3            | 10.6  | 20   |
| 2                   | 10.2           | 19.3  | 30.2 |
| 3                   | 14.2           | 25.3  | 37.5 |
| 4                   | 17.1           | 29.6  | 43.6 |
| 5                   | 19.3           | 32.9  | 49.1 |
| 6                   | 21.1           | 35.6  | 54.1 |
| 7                   | 22.6           | 37.8  | 58.8 |
| 8                   | 24             | 40    | 63.1 |
| 9                   | 25.1           | 42    | 67.2 |
| 10                  | 27.2           | 44    | 69.9 |
| 20                  | 35.4           | 52.7  | 78   |
| 30                  | 40.2           | 57.2  | 81   |
| 40                  | 43.6           | 60.4  | 83.2 |
| 50                  | 46.2           | 62.9  | 85.4 |
| 60                  | 48.4           | 64.9  | 87.1 |
| 70                  | 50.2           | 66.7  | 88.6 |
| 80                  | 51.8           | 68.2  | 89.9 |
| 90                  | 53.2           | 69.5  | 91.1 |
| 100                 | 54.4           | 70.6  | 92.1 |

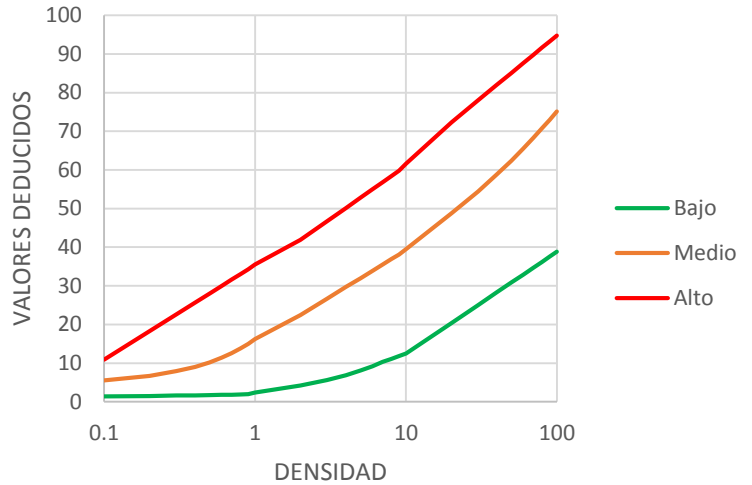
Curva de Valores Deducidos - Fisuras Parabólicas.



## Deformaciones

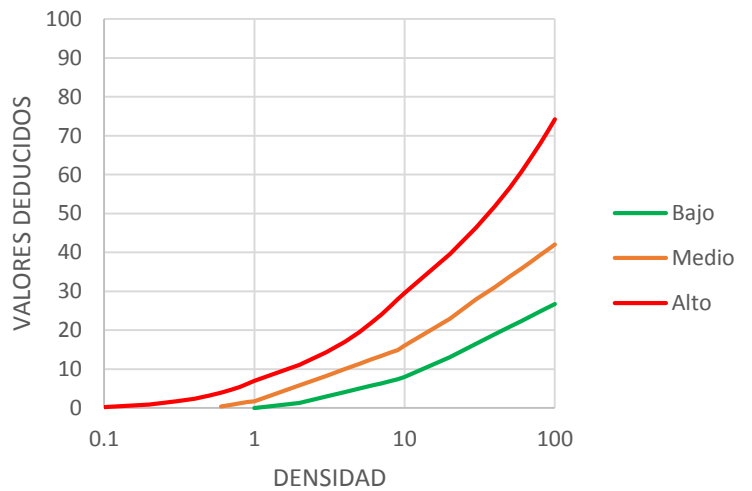
| DENSIDAD | ONDULACIONES   |       |      |
|----------|----------------|-------|------|
|          | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|          | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1      | 1.4            | 5.5   | 10.9 |
| 0.2      | 1.5            | 6.7   | 18.3 |
| 0.3      | 1.6            | 7.9   | 22.6 |
| 0.4      | 1.6            | 9     | 25.7 |
| 0.5      | 1.7            | 10.2  | 28   |
| 0.6      | 1.8            | 11.4  | 30   |
| 0.7      | 1.8            | 12.6  | 31.6 |
| 0.8      | 1.9            | 13.8  | 33   |
| 0.9      | 2              | 15    | 34.3 |
| 1        | 2.4            | 16.2  | 35.5 |
| 2        | 4.2            | 22.4  | 41.9 |
| 3        | 5.6            | 26.7  | 46.7 |
| 4        | 6.9            | 29.7  | 50.1 |
| 5        | 8.1            | 32    | 52.8 |
| 6        | 9.2            | 33.9  | 55   |
| 7        | 10.3           | 35.5  | 56.8 |
| 8        | 11.1           | 36.9  | 58.4 |
| 9        | 11.8           | 38.1  | 59.8 |
| 10       | 12.5           | 39.5  | 61.6 |
| 20       | 20.4           | 48.8  | 72.3 |
| 30       | 25             | 54.4  | 78   |
| 40       | 28.3           | 58.8  | 82   |
| 50       | 30.9           | 62.4  | 85.1 |
| 60       | 32.9           | 65.5  | 87.6 |
| 70       | 34.7           | 68.3  | 89.8 |
| 80       | 36.2           | 70.8  | 91.7 |
| 90       | 37.6           | 73    | 93.3 |
| 100      | 38.8           | 75.1  | 94.8 |

Curva de Valores Deducidos - Ondulaciones.



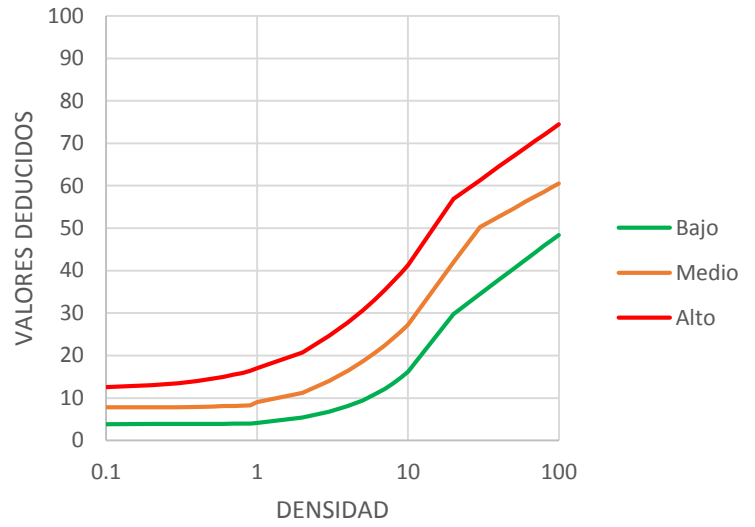
| DENSIDAD | ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTOS |       |      |
|----------|-----------------------------|-------|------|
|          | VALOR DEDUCIDO              |       |      |
|          | BAJO                        | MEDIO | ALTO |
| 0.1      |                             |       | 0.2  |
| 0.2      |                             |       | 0.9  |
| 0.3      |                             |       | 1.7  |
| 0.4      |                             |       | 2.4  |
| 0.5      |                             |       | 3.2  |
| 0.6      |                             | 0.4   | 3.9  |
| 0.7      |                             | 0.8   | 4.7  |
| 0.8      |                             | 1.2   | 5.4  |
| 0.9      |                             | 1.5   | 6.2  |
| 1        | 0                           | 1.7   | 7    |
| 2        | 1.3                         | 5.8   | 11.1 |
| 3        | 2.9                         | 8.2   | 14.3 |
| 4        | 4.1                         | 10    | 17   |
| 5        | 5                           | 11.3  | 19.5 |
| 6        | 5.7                         | 12.5  | 21.9 |
| 7        | 6.3                         | 13.4  | 24   |
| 8        | 6.9                         | 14.2  | 26.1 |
| 9        | 7.4                         | 14.9  | 28   |
| 10       | 8                           | 16    | 29.5 |
| 20       | 13.1                        | 22.9  | 39.6 |
| 30       | 16.5                        | 28    | 46.4 |
| 40       | 19                          | 31.1  | 51.9 |
| 50       | 20.9                        | 33.8  | 56.6 |
| 60       | 22.4                        | 35.9  | 60.8 |
| 70       | 23.7                        | 37.7  | 64.6 |
| 80       | 24.8                        | 39.3  | 68   |
| 90       | 25.8                        | 40.7  | 71.2 |
| 100      | 26.7                        | 42    | 74.2 |

Curva de Valores Deducidos - Abultamiento y Hundimientos.



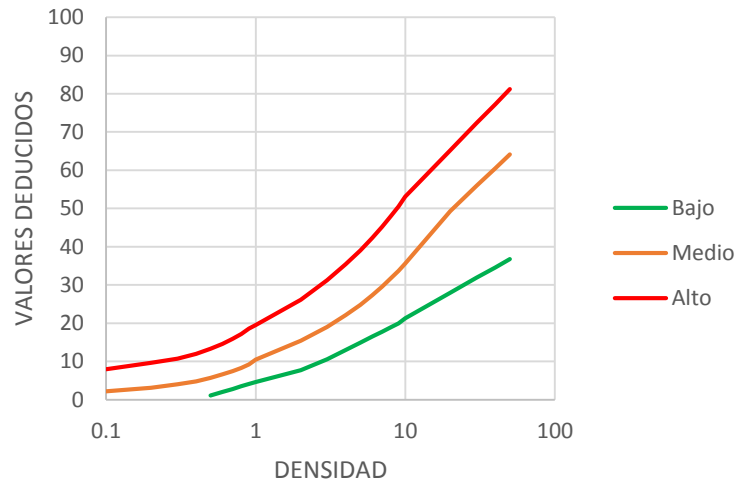
| DEPRESION |                |       |      |
|-----------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD  | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|           | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1       | 3.8            | 7.8   | 12.6 |
| 0.2       | 3.9            | 7.8   | 13   |
| 0.3       | 3.9            | 7.8   | 13.5 |
| 0.4       | 3.9            | 7.9   | 14   |
| 0.5       | 3.9            | 8     | 14.5 |
| 0.6       | 3.9            | 8.1   | 15   |
| 0.7       | 4              | 8.1   | 15.5 |
| 0.8       | 4              | 8.2   | 15.9 |
| 0.9       | 4              | 8.3   | 16.4 |
| 1         | 4.1            | 9     | 17   |
| 2         | 5.4            | 11.2  | 20.7 |
| 3         | 6.8            | 14    | 24.6 |
| 4         | 8.1            | 16.4  | 27.8 |
| 5         | 9.4            | 18.6  | 30.6 |
| 6         | 10.8           | 20.6  | 33.1 |
| 7         | 12.1           | 22.4  | 35.4 |
| 8         | 13.5           | 24.1  | 37.5 |
| 9         | 14.8           | 25.7  | 39.4 |
| 10        | 16.2           | 27.3  | 41.3 |
| 20        | 29.8           | 42    | 56.9 |
| 30        | 34.5           | 50.3  | 61.3 |
| 40        | 37.8           | 52.7  | 64.5 |
| 50        | 40.4           | 54.6  | 66.9 |
| 60        | 42.5           | 56.2  | 68.9 |
| 70        | 44.3           | 57.5  | 70.6 |
| 80        | 45.9           | 58.6  | 72   |
| 90        | 47.2           | 59.6  | 73.3 |
| 100       | 48.4           | 60.5  | 74.5 |

Curva de Valores Deducidos- Depresión.



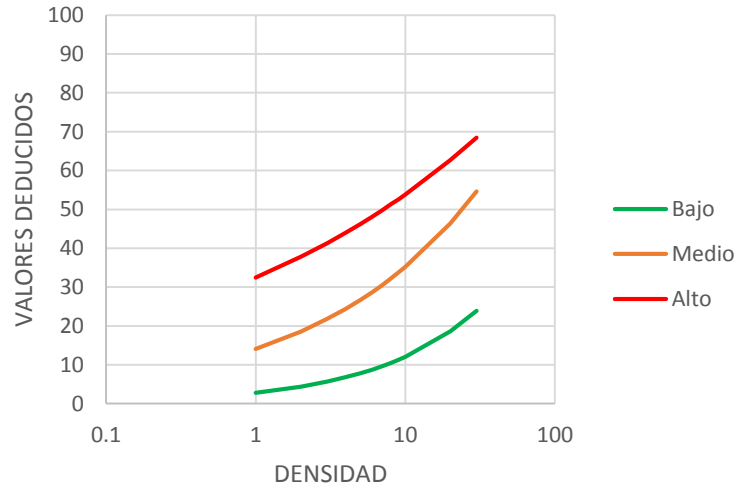
| DESPLAZAMIENTO |                |       |      |
|----------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD       | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|                | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1            |                | 2.2   | 8    |
| 0.2            |                | 3.1   | 9.63 |
| 0.3            |                | 4     | 10.7 |
| 0.4            |                | 4.8   | 12   |
| 0.5            | 1.1            | 5.7   | 13.3 |
| 0.6            | 2              | 6.6   | 14.6 |
| 0.7            | 2.8            | 7.5   | 15.9 |
| 0.8            | 3.5            | 8.3   | 17.2 |
| 0.9            | 4.1            | 9.2   | 18.6 |
| 1              | 4.6            | 10.5  | 19.5 |
| 2              | 7.7            | 15.4  | 26.1 |
| 3              | 10.6           | 19    | 31.2 |
| 4              | 13             | 22.1  | 35.4 |
| 5              | 14.9           | 24.8  | 39   |
| 6              | 16.5           | 27.3  | 42.3 |
| 7              | 17.8           | 29.6  | 45.2 |
| 8              | 18.9           | 31.7  | 48   |
| 9              | 19.9           | 33.7  | 50.5 |
| 10             | 21.3           | 35.6  | 53.1 |
| 20             | 28             | 49.3  | 65.2 |
| 30             | 31.9           | 55.9  | 72.3 |
| 40             | 34.6           | 60.5  | 77.3 |
| 50             | 36.8           | 64.1  | 81.2 |
| 60             |                |       |      |
| 70             |                |       |      |
| 80             |                |       |      |
| 90             |                |       |      |
| 100            |                |       |      |

Curva de Valores Deducidos- Desplazamiento.



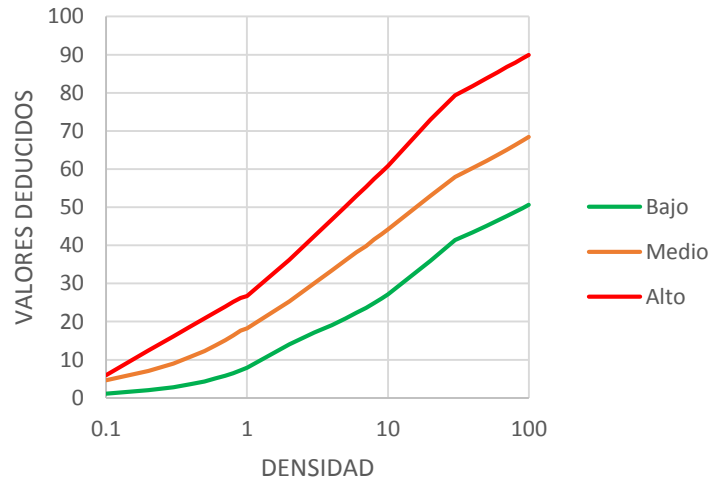
| HINCHAMIENTO |                |       |      |
|--------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD     | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|              | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1          |                |       |      |
| 0.2          |                |       |      |
| 0.3          |                |       |      |
| 0.4          |                |       |      |
| 0.5          |                |       |      |
| 0.6          |                |       |      |
| 0.7          |                |       |      |
| 0.8          |                |       |      |
| 0.9          |                |       |      |
| 1            | 2.8            | 14.1  | 32.5 |
| 2            | 4.4            | 18.5  | 37.8 |
| 3            | 5.7            | 21.8  | 41.3 |
| 4            | 6.8            | 24.4  | 44   |
| 5            | 7.8            | 26.7  | 46.2 |
| 6            | 8.7            | 28.7  | 48.1 |
| 7            | 9.6            | 30.5  | 49.8 |
| 8            | 10.5           | 32.2  | 51.3 |
| 9            | 11.3           | 33.8  | 52.6 |
| 10           | 12             | 35.2  | 53.8 |
| 20           | 18.6           | 46.4  | 62.7 |
| 30           | 23.9           | 54.6  | 68.5 |
| 40           |                |       |      |
| 50           |                |       |      |
| 60           |                |       |      |
| 70           |                |       |      |
| 80           |                |       |      |
| 90           |                |       |      |
| 100          |                |       |      |

Curva de Valores Deducidos-Hinchamiento.



| AHUELLAMIENTO |                |       |      |
|---------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD      | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|               | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1           | 1.1            | 4.6   | 6    |
| 0.2           | 2              | 7.1   | 12.4 |
| 0.3           | 2.8            | 9     | 16.1 |
| 0.4           | 3.6            | 10.8  | 18.8 |
| 0.5           | 4.3            | 12.3  | 20.8 |
| 0.6           | 5.1            | 13.8  | 22.5 |
| 0.7           | 5.8            | 15.1  | 23.9 |
| 0.8           | 6.5            | 16.4  | 25.2 |
| 0.9           | 7.2            | 17.6  | 26.2 |
| 1             | 7.9            | 18.2  | 26.7 |
| 2             | 14             | 25.3  | 36.2 |
| 3             | 17.1           | 30.1  | 42.4 |
| 4             | 19.1           | 33.4  | 46.8 |
| 5             | 20.8           | 36.1  | 50.2 |
| 6             | 22.3           | 38.2  | 53   |
| 7             | 23.6           | 39.8  | 55.3 |
| 8             | 24.9           | 41.6  | 57.4 |
| 9             | 26             | 42.9  | 59.2 |
| 10            | 27.1           | 44.2  | 60.8 |
| 20            | 35.9           | 53    | 73   |
| 30            | 41.4           | 57.9  | 79.3 |
| 40            | 43.4           | 60.3  | 81.8 |
| 50            | 45.1           | 62.1  | 83.8 |
| 60            | 46.5           | 63.7  | 85.4 |
| 70            | 47.7           | 65.1  | 86.8 |
| 80            | 48.8           | 66.3  | 87.9 |
| 90            | 49.7           | 67.4  | 89   |
| 100           | 50.6           | 68.4  | 89.9 |

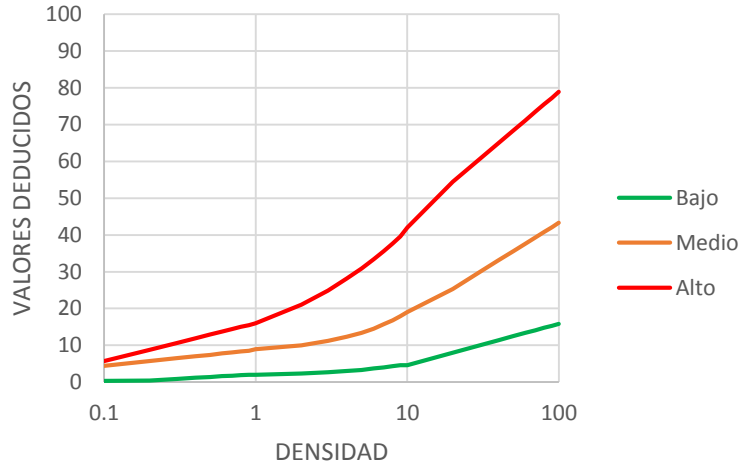
Curva de Valores Deducidos-Ahuellamiento.



## Daños superficiales

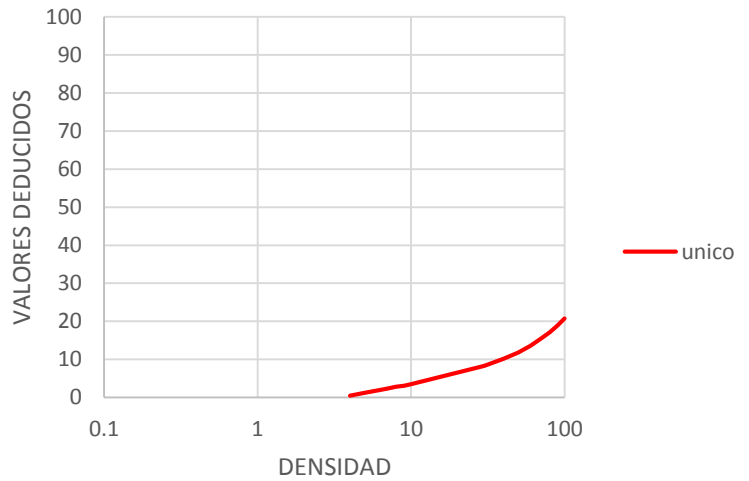
| DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS |                |       |      |
|------------------------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD                     | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|                              | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1                          | 0.3            | 4.4   | 5.7  |
| 0.2                          | 0.4            | 5.7   | 8.8  |
| 0.3                          | 0.8            | 6.5   | 10.6 |
| 0.4                          | 1.2            | 7     | 11.9 |
| 0.5                          | 1.4            | 7.4   | 12.9 |
| 0.6                          | 1.6            | 7.8   | 13.7 |
| 0.7                          | 1.7            | 8.1   | 14.4 |
| 0.8                          | 1.9            | 8.3   | 15   |
| 0.9                          | 2              | 8.5   | 15.5 |
| 1                            | 2              | 8.9   | 16   |
| 2                            | 2.3            | 10    | 21   |
| 3                            | 2.7            | 11.2  | 24.9 |
| 4                            | 3              | 12.3  | 28.2 |
| 5                            | 3.3            | 13.4  | 30.9 |
| 6                            | 3.7            | 14.5  | 33.4 |
| 7                            | 4              | 15.7  | 35.6 |
| 8                            | 4.3            | 16.8  | 37.7 |
| 9                            | 4.6            | 17.9  | 39.6 |
| 10                           | 4.6            | 19    | 42   |
| 20                           | 8              | 25.3  | 54.5 |
| 30                           | 10             | 29.9  | 60.6 |
| 40                           | 11.4           | 33.1  | 65   |
| 50                           | 12.5           | 35.6  | 68.4 |
| 60                           | 13.4           | 37.6  | 71.1 |
| 70                           | 14.1           | 39.3  | 73.5 |
| 80                           | 14.8           | 40.8  | 75.5 |
| 90                           | 15.3           | 42.1  | 77.3 |
| 100                          | 15.8           | 43.3  | 78.9 |

Curva de Valores Deducidos - Peladura y Efecto Interperie Desprendimiento de Agregados.



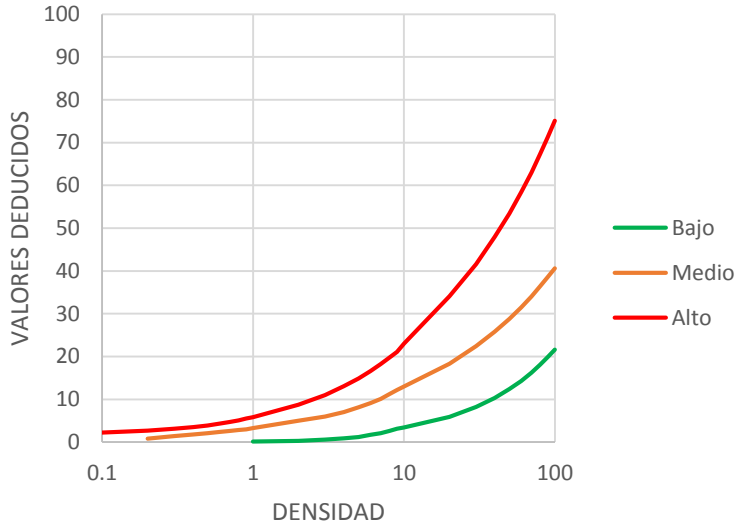
| AGREGADOS PULIDOS |                |  |  |
|-------------------|----------------|--|--|
| DENSIDAD          | VALOR DEDUCIDO |  |  |
|                   | UNICO          |  |  |
| 0.1               |                |  |  |
| 0.2               |                |  |  |
| 0.3               |                |  |  |
| 0.4               |                |  |  |
| 0.5               |                |  |  |
| 0.6               |                |  |  |
| 0.7               |                |  |  |
| 0.8               |                |  |  |
| 0.9               |                |  |  |
| 1                 |                |  |  |
| 2                 |                |  |  |
| 3                 |                |  |  |
| 4                 | 0.5            |  |  |
| 5                 | 1.2            |  |  |
| 6                 | 1.8            |  |  |
| 7                 | 2.3            |  |  |
| 8                 | 2.8            |  |  |
| 9                 | 3.1            |  |  |
| 10                | 3.5            |  |  |
| 20                | 6.5            |  |  |
| 30                | 8.3            |  |  |
| 40                | 10.1           |  |  |
| 50                | 11.8           |  |  |
| 60                | 13.6           |  |  |
| 70                | 15.4           |  |  |
| 80                | 17.1           |  |  |
| 90                | 18.9           |  |  |
| 100               | 20.7           |  |  |

Curva de Valores Deducidos - Agregados Pulidos.



| EXUDACIÓN |                |       |      |
|-----------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD  | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|           | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1       |                |       | 2.2  |
| 0.2       |                | 0.8   | 2.7  |
| 0.3       |                | 1.4   | 3.1  |
| 0.4       |                | 1.8   | 3.5  |
| 0.5       |                | 2.1   | 3.9  |
| 0.6       |                | 2.4   | 4.3  |
| 0.7       |                | 2.6   | 4.7  |
| 0.8       |                | 2.8   | 5.1  |
| 0.9       |                | 2.95  | 5.5  |
| 1         | 0.1            | 3.3   | 5.8  |
| 2         | 0.3            | 5     | 8.7  |
| 3         | 0.6            | 6     | 11   |
| 4         | 0.9            | 7     | 13.1 |
| 5         | 1.2            | 8.1   | 14.9 |
| 6         | 1.7            | 9.1   | 16.6 |
| 7         | 2.1            | 10.1  | 18.2 |
| 8         | 2.6            | 11.2  | 19.7 |
| 9         | 3.1            | 12.2  | 21.1 |
| 10        | 3.4            | 13    | 23   |
| 20        | 5.9            | 18.3  | 34.1 |
| 30        | 8.2            | 22.4  | 41.6 |
| 40        | 10.3           | 25.8  | 47.9 |
| 50        | 12.4           | 28.8  | 53.4 |
| 60        | 14.3           | 31.5  | 58.4 |
| 70        | 16.2           | 34    | 63   |
| 80        | 18.1           | 36.4  | 67.3 |
| 90        | 19.9           | 38.6  | 71.3 |
| 100       | 21.6           | 40.6  | 75.1 |

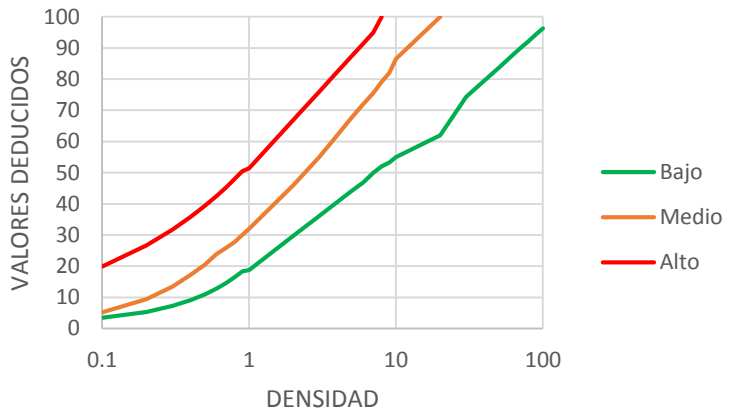
Curva de Valores Deducidos - Exudación



Deterioro de capas estructurales

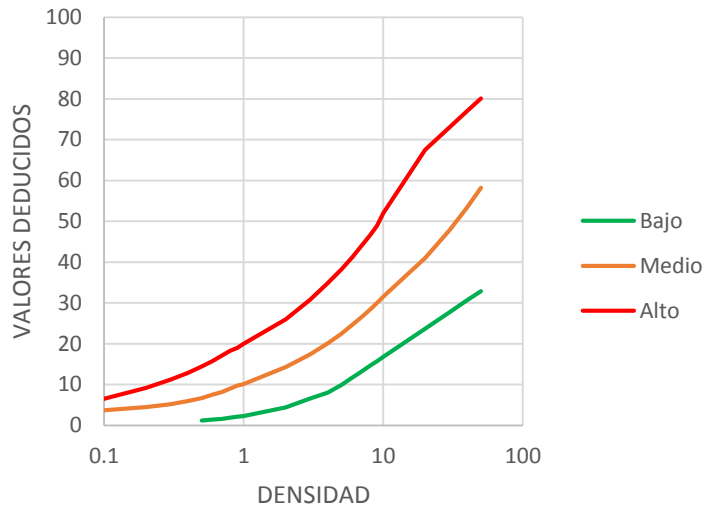
| BACHE O HUECO |                |       |      |
|---------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD      | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|               | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1           | 3.5            | 5.2   | 19.9 |
| 0.2           | 5.3            | 9.4   | 26.7 |
| 0.3           | 7.2            | 13.4  | 31.7 |
| 0.4           | 9.1            | 17.2  | 35.8 |
| 0.5           | 10.9           | 20.5  | 39.4 |
| 0.6           | 12.8           | 23.9  | 42.5 |
| 0.7           | 14.6           | 25.9  | 45.4 |
| 0.8           | 16.5           | 27.8  | 48   |
| 0.9           | 18.3           | 30    | 50.5 |
| 1             | 18.8           | 32    | 51.4 |
| 2             | 29.7           | 46    | 66.9 |
| 3             | 36.1           | 55    | 76   |
| 4             | 40.6           | 62.1  | 82.4 |
| 5             | 44.1           | 67.6  | 87.4 |
| 6             | 46.9           | 72.1  | 91.5 |
| 7             | 50             | 75.5  | 95   |
| 8             | 52             | 79.1  | 100  |
| 9             | 53.3           | 82    |      |
| 10            | 55             | 86.5  |      |
| 20            | 62             | 100   |      |
| 30            | 74.3           |       |      |
| 40            | 79.5           |       |      |
| 50            | 83.6           |       |      |
| 60            | 87             |       |      |
| 70            | 89.8           |       |      |
| 80            | 92.2           |       |      |
| 90            | 94.4           |       |      |
| 100           | 96.3           |       |      |

Curva de Valores Deducidos- Bache o Hueco



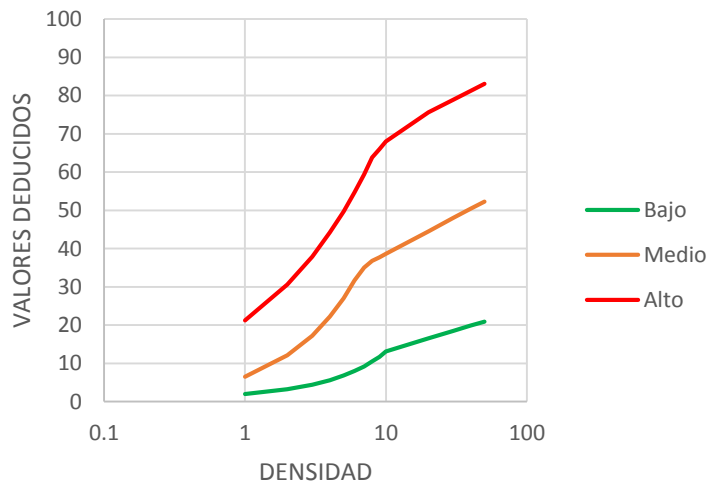
| PARCHEO  |                |       |      |
|----------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|          | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1      |                | 3.7   | 6.5  |
| 0.2      |                | 4.5   | 9.2  |
| 0.3      |                | 5.2   | 11.2 |
| 0.4      |                | 6     | 12.9 |
| 0.5      | 1.2            | 6.7   | 14.4 |
| 0.6      | 1.4            | 7.5   | 15.8 |
| 0.7      | 1.6            | 8.2   | 17.1 |
| 0.8      | 1.9            | 9     | 18.3 |
| 0.9      | 2.1            | 9.7   | 19   |
| 1        | 2.3            | 10.1  | 20   |
| 2        | 4.4            | 14.3  | 26   |
| 3        | 6.6            | 17.4  | 30.8 |
| 4        | 8              | 20.1  | 34.8 |
| 5        | 9.9            | 22.4  | 38.2 |
| 6        | 11.7           | 24.6  | 41.2 |
| 7        | 13.2           | 26.5  | 44   |
| 8        | 14.6           | 28.3  | 46.5 |
| 9        | 15.7           | 30    | 48.9 |
| 10       | 16.8           | 31.5  | 52   |
| 20       | 23.7           | 41    | 67.5 |
| 30       | 27.8           | 47.9  | 73.1 |
| 40       | 30.7           | 53.4  | 77   |
| 50       | 32.9           | 58.2  | 80.1 |
| 60       |                |       |      |
| 70       |                |       |      |
| 80       |                |       |      |
| 90       |                |       |      |

Curva de Valores Deducidos- Parcheo



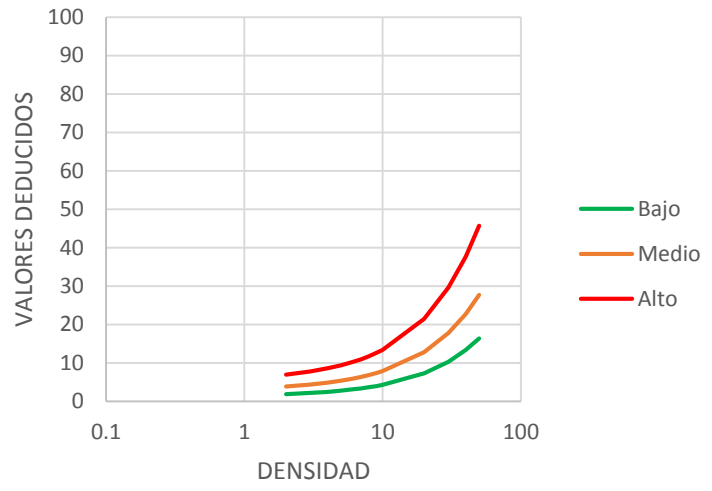
| CRUCE DE FERROCARRIL |                |       |      |
|----------------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD             | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|                      | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1                  |                |       |      |
| 0.2                  |                |       |      |
| 0.3                  |                |       |      |
| 0.4                  |                |       |      |
| 0.5                  |                |       |      |
| 0.6                  |                |       |      |
| 0.7                  |                |       |      |
| 0.8                  |                |       |      |
| 0.9                  |                |       |      |
| 1                    | 2              | 6.5   | 21.2 |
| 2                    | 3.2            | 12.1  | 30.6 |
| 3                    | 4.4            | 17.2  | 37.9 |
| 4                    | 5.6            | 22.2  | 44.2 |
| 5                    | 6.8            | 27    | 49.7 |
| 6                    | 8              | 31.7  | 54.7 |
| 7                    | 9.2            | 35    | 59.4 |
| 8                    | 10.5           | 36.8  | 63.8 |
| 9                    | 11.7           | 37.7  | 66   |
| 10                   | 13.1           | 38.6  | 68   |
| 20                   | 16.5           | 44.5  | 75.6 |
| 30                   | 18.5           | 48    | 78.9 |
| 40                   | 19.9           | 50.4  | 81.2 |
| 50                   | 20.9           | 52.3  | 83.1 |
| 60                   |                |       |      |
| 70                   |                |       |      |
| 80                   |                |       |      |
| 90                   |                |       |      |
| 100                  |                |       |      |

Curva de Valores Deducidos- Cruce de Ferrocarril



| DESNIVEL CARRIL BERMA |                |       |      |
|-----------------------|----------------|-------|------|
| DENSIDAD              | VALOR DEDUCIDO |       |      |
|                       | BAJO           | MEDIO | ALTO |
| 0.1                   |                |       |      |
| 0.2                   |                |       |      |
| 0.3                   |                |       |      |
| 0.4                   |                |       |      |
| 0.5                   |                |       |      |
| 0.6                   |                |       |      |
| 0.7                   |                |       |      |
| 0.8                   |                |       |      |
| 0.9                   |                |       |      |
| 1                     |                |       |      |
| 2                     | 1.9            | 3.9   | 7    |
| 3                     | 2.2            | 4.4   | 7.8  |
| 4                     | 2.5            | 4.9   | 8.6  |
| 5                     | 2.8            | 5.4   | 9.4  |
| 6                     | 3.1            | 5.9   | 10.2 |
| 7                     | 3.4            | 6.4   | 11   |
| 8                     | 3.7            | 6.9   | 11.8 |
| 9                     | 4              | 7.4   | 12.6 |
| 10                    | 4.3            | 7.9   | 13.4 |
| 20                    | 7.3            | 12.8  | 21.5 |
| 30                    | 10.3           | 17.8  | 29.6 |
| 40                    | 13.4           | 22.7  | 37.6 |
| 50                    | 16.4           | 27.7  | 45.7 |
| 60                    |                |       |      |
| 70                    |                |       |      |
| 80                    |                |       |      |
| 90                    |                |       |      |
| 100                   |                |       |      |

Curva de Valores Deducidos -  
Desnivel Carril Berma.

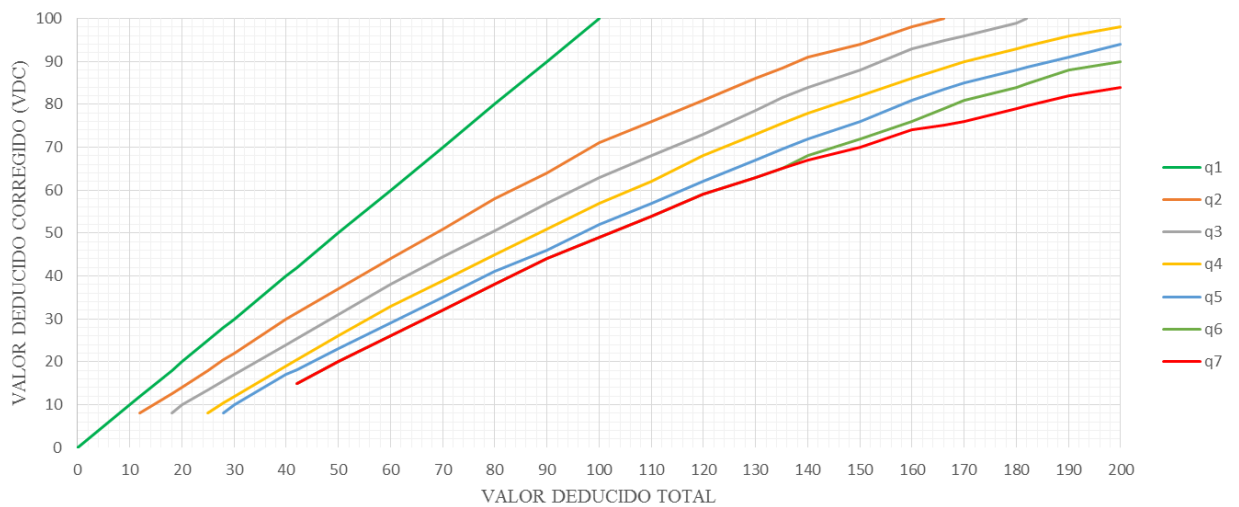




## Curva de valores deducidos corregidos

| CURVA DE VALORES DEDUCIDOS CORREGIDOS (VDC)-PCI. |                          |      |      |      |      |      |      |
|--|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| VDT  | VALOR DEDUCIDO CORREGIDO |      |      |      |      |      |      |
|  | q1                       | q2   | q3   | q4   | q5   | q6   | q7   |
| 0  | 0                        |      |      |      |      |      |      |
| 10   | 10                       |      |      |      |      |      |      |
| 12   | 12                       | 8    |      |      |      |      |      |
| 18   | 18                       | 12.5 | 8    |      |      |      |      |
| 20   | 20                       | 14   | 10   |      |      |      |      |
| 25   | 25                       | 18   | 13.5 | 8    |      |      |      |
| 28   | 28                       | 20.4 | 15.6 | 10.4 | 8    |      |      |
| 30   | 30                       | 22   | 17   | 12   | 10   |      |      |
| 40   | 40                       | 30   | 24   | 19   | 17   |      |      |
| 42   | 42                       | 31.4 | 25.4 | 20.4 | 18.2 | 15   | 15   |
| 50   | 50                       | 37   | 31   | 26   | 23   | 20   | 20   |
| 60   | 60                       | 44   | 38   | 33   | 29   | 26   | 26   |
| 70   | 70                       | 51   | 44.5 | 39   | 35   | 32   | 32   |
| 80   | 80                       | 58   | 50.5 | 45   | 41   | 38   | 38   |
| 90   | 90                       | 64   | 57   | 51   | 46   | 44   | 44   |
| 100  | 100                      | 71   | 63   | 57   | 52   | 49   | 49   |
| 110  |                          | 76   | 68   | 62   | 57   | 54   | 54   |
| 120  |                          | 81   | 73   | 68   | 62   | 59   | 59   |
| 130  |                          | 86   | 78.5 | 73   | 67   | 63   | 63   |
| 135  |                          | 88.5 | 81.5 | 75.5 | 69.5 | 65   | 65   |
| 140  |                          | 91   | 84   | 78   | 72   | 68   | 67   |
| 150  |                          | 94   | 88   | 82   | 76   | 72   | 70   |
| 160  |                          | 98   | 93   | 86   | 81   | 76   | 74   |
| 166  |                          | 100  | 94.8 | 88.4 | 83.4 | 79   | 75.2 |
| 170  |                          |      | 96   | 90   | 85   | 81   | 76   |
| 180  |                          |      | 99   | 93   | 88   | 84   | 79   |
| 182  |                          |      | 100  | 93.6 | 88.6 | 84.8 | 79.6 |
| 190  |                          |      |      | 96   | 91   | 88   | 82   |
| 200  |                          |      |      | 98   | 94   | 90   | 84   |

Curva de Valores Deducidos Corregidos (VDC) - PCI.



**ANEXO 03: Puntos durante el levantamiento topográfico**

|    |            |            |           |               |     |
|----|------------|------------|-----------|---------------|-----|
| 1  | 9274672    | 759872     | 2400      | E1            | est |
| 2  | 9274668    | 759910     | 2402      | R1            |     |
| 3  | 9274672.43 | 759869.196 | 2399.75   | ESQ           |     |
| 4  | 9274673.32 | 759869.574 | 2399.7706 | VEREDA        |     |
| 5  | 9274673.38 | 759869.586 | 2399.5975 | FONDO CUNETA  |     |
| 6  | 9274673.6  | 759869.669 | 2399.7145 | CALLE         |     |
| 7  | 9274676.49 | 759871.058 | 2399.7341 | CALLE         |     |
| 8  | 9274679.53 | 759871.931 | 2399.7238 | CALLE         |     |
| 9  | 9274679.83 | 759872.012 | 2399.5598 | FONDO CUNETA  |     |
| 10 | 9274679.86 | 759872.032 | 2399.7277 | VEREDA        |     |
| 11 | 9274680.94 | 759872.427 | 2399.7597 | LIM PROPIEDAD |     |
| 12 | 9274673.63 | 759868.694 | 2399.6511 | VER-ESQ       |     |
| 13 | 9274672.78 | 759868.374 | 2399.6753 | VEREDA        |     |
| 14 | 9274675.31 | 759860.726 | 2399.1935 | VEREDA        |     |
| 15 | 9274676.21 | 759861.06  | 2399.1851 | VER-ESQ       |     |
| 16 | 9274675.65 | 759859.851 | 2399.1674 | ESQ           |     |
| 17 | 9274679.18 | 759849.595 | 2398.6778 | LIM PROPIEDAD |     |
| 18 | 9274677.76 | 759856.668 | 2398.9798 | VEREDA        |     |
| 19 | 9274685.66 | 759859.727 | 2398.961  | LIM PROPIEDAD |     |
| 20 | 9274684.47 | 759860.129 | 2398.9565 | VEREDA        |     |
| 21 | 9274677.64 | 759876.78  | 2400.2195 | POSTE LUZ     |     |
| 22 | 9274668.31 | 759883.501 | 2401.1244 | POSTE LUZ     |     |
| 23 | 9274670.17 | 759897.801 | 2401.9372 | POSTE LUZ     |     |
| 24 | 9274670.17 | 759897.817 | 2401.9386 | POSTE LUZ     |     |
| 25 | 9274664.74 | 759912.617 | 2402.7543 | POSTE LUZ     |     |
| 26 | 9274677.72 | 759877.696 | 2400.4124 | POSTE LUZ     |     |
| 27 | 9274660.03 | 759911.34  | 2402.4367 | LIM PROPIEDAD |     |
| 28 | 9274661.04 | 759911.736 | 2402.4005 | VEREDA        |     |
| 29 | 9274661.09 | 759911.798 | 2402.0686 | FONDO CUNETA  |     |
| 30 | 9274661.3  | 759911.868 | 2402.1627 | CALLE         |     |
| 31 | 9274663.89 | 759912.727 | 2402.1814 | CALLE         |     |
| 32 | 9274666.36 | 759913.601 | 2402.113  | CALLE         |     |
| 33 | 9274666.56 | 759913.739 | 2402.0154 | FONDO CUNETA  |     |
| 34 | 9274666.61 | 759913.706 | 2402.201  | VEREDA        |     |
| 35 | 9274667.78 | 759914.104 | 2402.2135 | LIM PROPIEDAD |     |
| 36 | 9274637.21 | 759976.762 | 2406.6619 | E2            | E2  |
| 37 | 9274651.57 | 759935.688 | 2403.7469 | LIM PROPIEDAD |     |
| 38 | 9274652.53 | 759936.132 | 2403.7275 | VEREDA        |     |

|    |            |            |           |                |    |
|----|------------|------------|-----------|----------------|----|
| 39 | 9274652.55 | 759936.188 | 2403.4465 | FONDO CUNETETA |    |
| 40 | 9274652.77 | 759936.25  | 2403.5419 | CALLE          |    |
| 41 | 9274655.2  | 759936.519 | 2403.4963 | CALLE          |    |
| 42 | 9274657.49 | 759937.327 | 2403.4384 | CALLE          |    |
| 43 | 9274659.04 | 759937.898 | 2403.4564 | LIM PROPIEDAD  |    |
| 44 | 9274663.85 | 759921.464 | 2402.601  | POSTE LUZ      |    |
| 45 | 9274654.5  | 759930.282 | 2403.3539 | POSTE LUZ      |    |
| 46 | 9274658.6  | 759934.885 | 2403.2547 | POSTE LUZ      |    |
| 47 | 9274657.27 | 759937.966 | 2403.4755 | FONDO CUNETETA |    |
| 48 | 9274657.53 | 759937.95  | 2403.3769 | VEREDA         |    |
| 49 | 9274657.57 | 759937.937 | 2403.5032 | VEREDA         |    |
| 50 | 9274617.92 | 760026.282 | 2408.9813 | E3             | E3 |
| 51 | 9274643.49 | 759978.281 | 2406.4383 | ESQ            |    |
| 52 | 9274642.37 | 759978.554 | 2406.4223 | VER-ESQ        |    |
| 53 | 9274642.3  | 759978.53  | 2406.2603 | FONDO CUNETETA |    |
| 54 | 9274642.07 | 759978.517 | 2406.366  | CALLE          |    |
| 55 | 9274636.61 | 759978.596 | 2406.4474 | CALLE          |    |
| 56 | 9274636.54 | 759978.606 | 2406.8497 | VEREDA         |    |
| 57 | 9274635.65 | 759978.249 | 2406.8787 | ESQ            |    |
| 58 | 9274639.64 | 759978.852 | 2406.4361 | CALLE          |    |
| 59 | 9274650.89 | 759946.852 | 2404.151  | CALLE          |    |
| 60 | 9274647.81 | 759982.82  | 2406.8371 | ESQ            |    |
| 61 | 9274643.78 | 759981.69  | 2406.7614 | VER-ESQ        |    |
| 62 | 9274631.74 | 759983.246 | 2406.8848 | ESQ            |    |
| 63 | 9274632.47 | 759985.686 | 2407.0756 | ESQ            |    |
| 64 | 9274633.61 | 759985.421 | 2407.0205 | VEREDA         |    |
| 65 | 9274633.73 | 759985.399 | 2406.7437 | FONDO CUNETETA |    |
| 66 | 9274633.92 | 759985.444 | 2406.8439 | CALLE          |    |
| 67 | 9274636.37 | 759986.779 | 2406.8534 | CALLE          |    |
| 68 | 9274640.95 | 759990.121 | 2407.1327 | ESQ            |    |
| 69 | 9274641.31 | 759989.093 | 2407.0229 | VEREDA         |    |
| 70 | 9274638.07 | 759990.279 | 2407.1287 | VEREDA         |    |
| 71 | 9274638.01 | 759990.278 | 2406.8639 | FONDO CUNETETA |    |
| 72 | 9274637.87 | 759990.141 | 2406.955  | CALLE          |    |
| 73 | 9274628.08 | 759999.629 | 2407.8128 | POSTE LUZ      |    |
| 74 | 9274641.26 | 759985.437 | 2407.0966 | POSTE LUZ      |    |
| 75 | 9274637.42 | 759992.14  | 2407.2489 | POSTE LUZ      |    |
| 76 | 9274637.7  | 759991.942 | 2407.2279 | POSTE LUZ      |    |

|     |            |            |           |               |    |
|-----|------------|------------|-----------|---------------|----|
| 77  | 9274636.73 | 759994.872 | 2407.387  | POSTE LUZ     |    |
| 78  | 9274649.02 | 759960.853 | 2405.0638 | POSTE LUZ     |    |
| 79  | 9274638.42 | 759973.487 | 2406.4265 | POSTE LUZ     |    |
| 80  | 9274658.56 | 759935.24  | 2403.358  | POSTE LUZ     |    |
| 81  | 9274584.64 | 760137.354 | 2409.839  | E4            | E4 |
| 82  | 9274621.7  | 760034.178 | 2408.8525 | ACCESO        |    |
| 83  | 9274625.19 | 760032.625 | 2408.8441 | ACCESO        |    |
| 84  | 9274625.79 | 760023.317 | 2408.4895 | ACCESO        |    |
| 85  | 9274627.46 | 760026.996 | 2408.5819 | ACCESO        |    |
| 86  | 9274626.63 | 760021.324 | 2408.4409 | POSTE LUZ     |    |
| 87  | 9274628.84 | 760015.419 | 2409.566  | POSTE LUZ     |    |
| 88  | 9274617.28 | 760044.006 | 2409.217  | VEREDA        |    |
| 89  | 9274617.22 | 760044.009 | 2409.0277 | FONDO CUNETA  |    |
| 90  | 9274616.98 | 760043.92  | 2409.1368 | CALLE         |    |
| 91  | 9274615.85 | 760040.761 | 2409.0623 | CALLE         |    |
| 92  | 9274613.26 | 760042.25  | 2409.1539 | CALLE         |    |
| 93  | 9274613.07 | 760042.22  | 2409.0695 | FONDO CUNETA  |    |
| 94  | 9274613.03 | 760042.222 | 2409.2591 | VEREDA        |    |
| 95  | 9274611.91 | 760041.769 | 2409.2811 | LIM PROPIEDAD |    |
| 96  | 9274620.36 | 760044.892 | 2409.2828 | LIM PROPIEDAD |    |
| 97  | 9274585.37 | 760122.035 | 2409.0986 | E6            | E6 |
| 98  | 9274579.86 | 760135.16  | 2409.8977 | E5            | E5 |
| 99  | 9274562.24 | 760182.905 | 2413.9151 | E7            | E7 |
| 100 | 9274590.37 | 760106.115 | 2408.9033 | POSTE LUZ     |    |
| 101 | 9274582.34 | 760130.254 | 2409.6305 | POSTE LUZ     |    |
| 102 | 9274584.45 | 760140.693 | 2410.4252 | LIM PROPIEDAD |    |
| 103 | 9274583.39 | 760140.311 | 2410.403  | VEREDA        |    |
| 104 | 9274583.33 | 760140.323 | 2410.2362 | FONDO CUNETA  |    |
| 105 | 9274583.12 | 760140.28  | 2410.33   | CALLE         |    |
| 106 | 9274581.05 | 760139.896 | 2410.0281 | CALLE         |    |
| 107 | 9274579.32 | 760139.188 | 2410.0324 | CALLE         |    |
| 108 | 9274579.09 | 760139.144 | 2409.9314 | FONDO CUNETA  |    |
| 109 | 9274579.06 | 760139.129 | 2410.1281 | VEREDA        |    |
| 110 | 9274578.14 | 760138.808 | 2410.1567 | VEREDA        |    |
| 111 | 9274583.41 | 760140.337 | 2410.0512 | VOK           |    |
| 112 | 9274583.34 | 760140.304 | 2409.8866 | FOK           |    |
| 113 | 9274583.14 | 760140.216 | 2409.9711 | CALLOK        |    |
| 114 | 9274583.51 | 760140.42  | 2410.0824 | POSTE LUZ     |    |

## **ANEXO 04: Fotográficas de trabajo de campo**



*Figura 1: Levantamiento topográfico en el jirón Gregorio Malca cuadra 7.*



*Figura 2: Materiales y odómetro.*



*Figura 3: Marcado de progresivas en secciones 1 y 2.*



Figura 4: Marcado de progresivas en secciones 2 y 3.



Figura 5: Unidad de muestra 11 en la sección 1.





*Figura 6: Unidad de muestra 12 en la sección 1.*



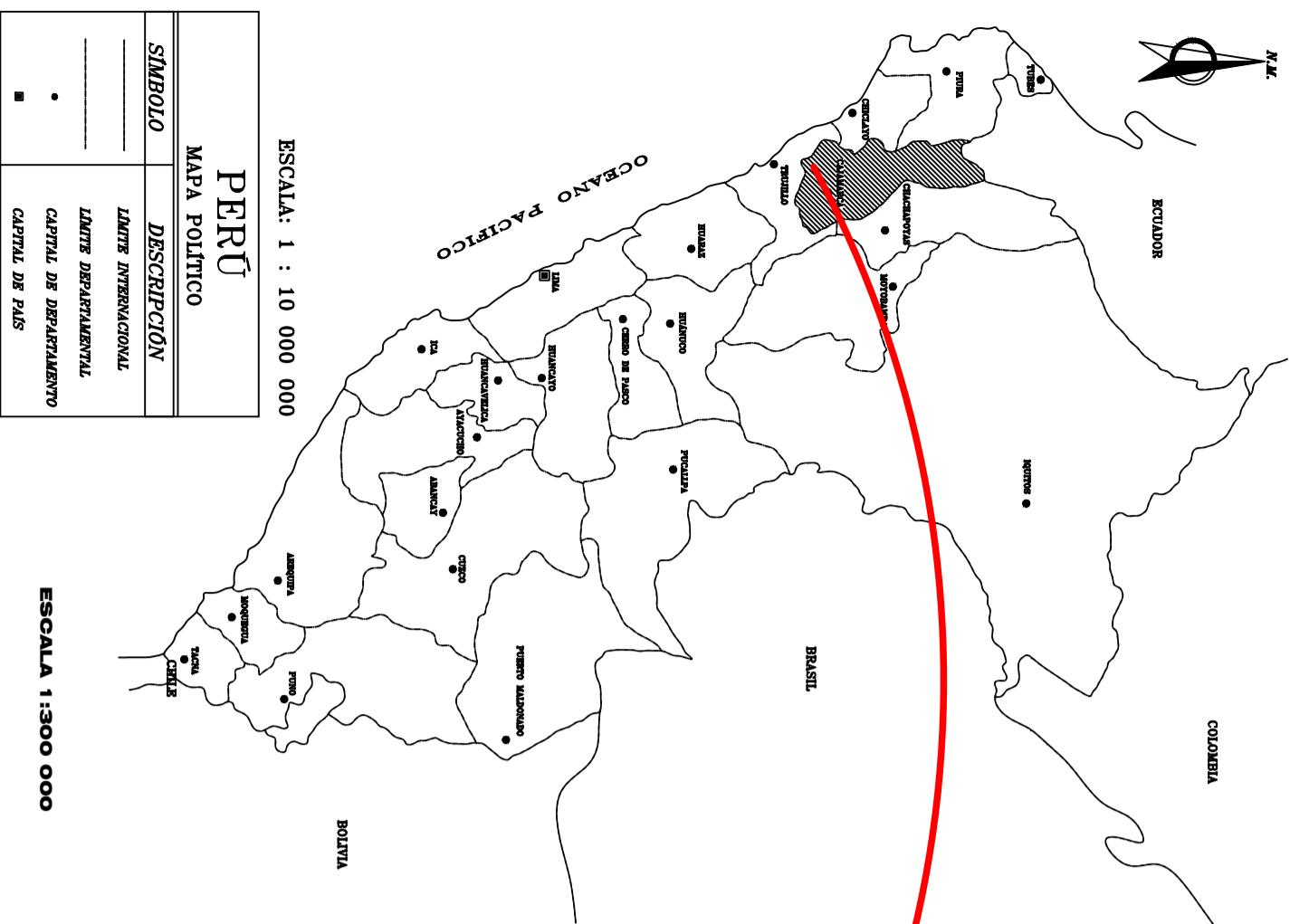
*Figura 7: Unidad de muestra 13 en la sección 1.*



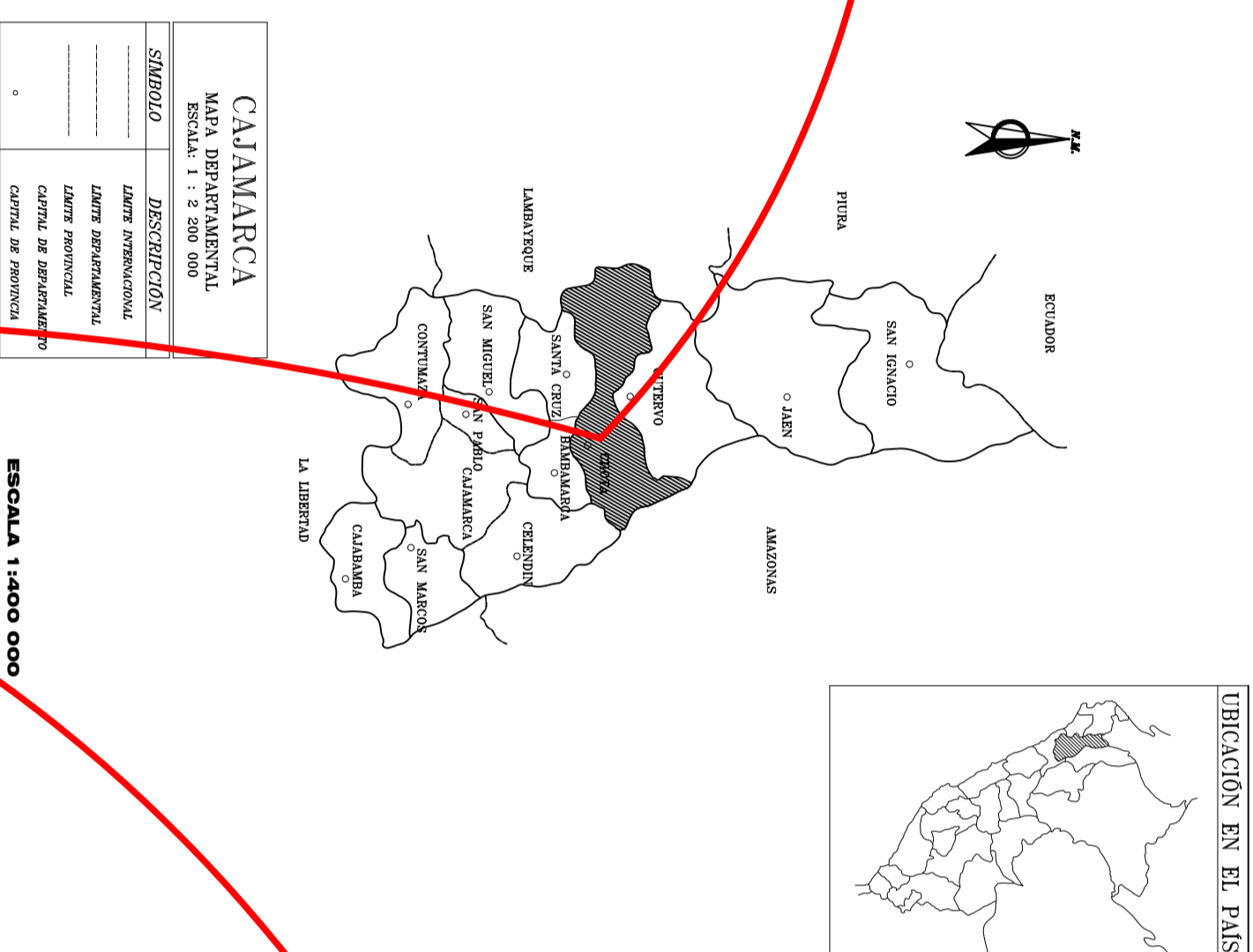
*Figura 8: Trabajo de campo realizado.*

## **ANEXO 05: Planos**

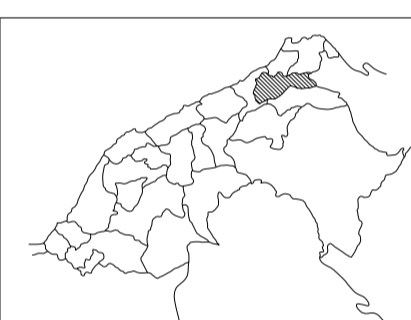
MAPA POLITICO - PERU



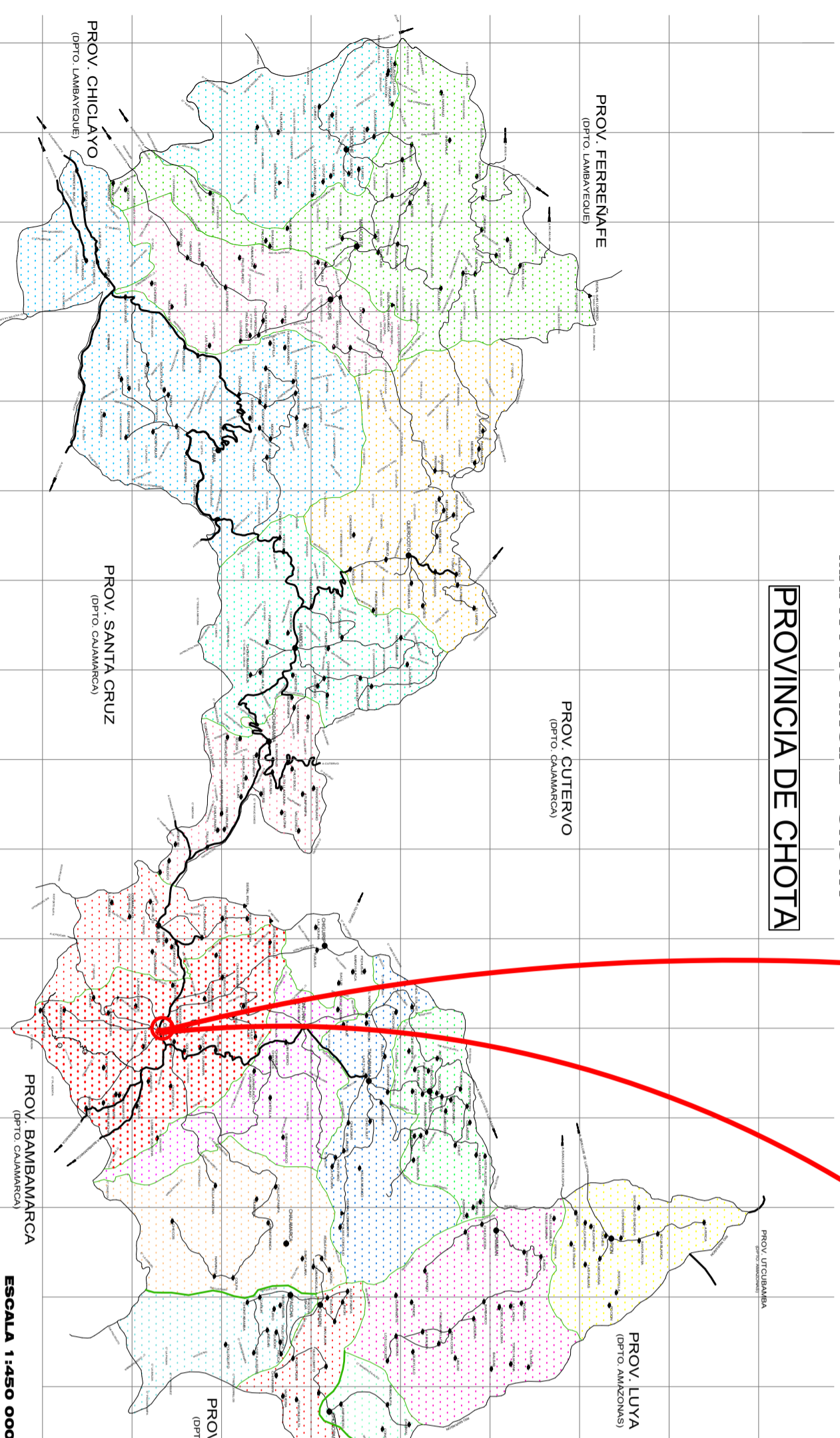
MAPA DEPARTAMENTAL - CAJAMARCA



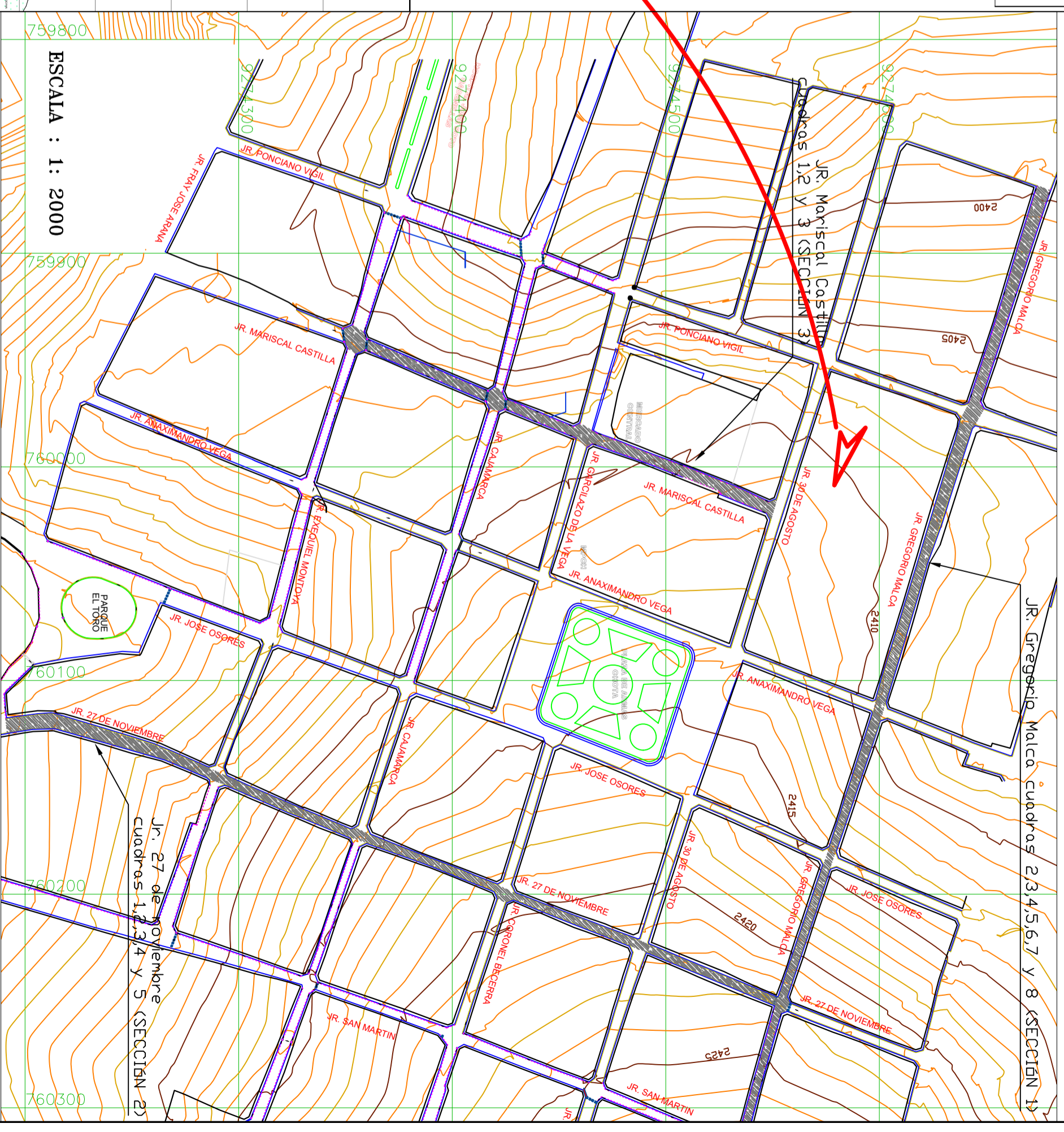
UBICACION EN EL PAIS



MAPA PROVINCIAL - CHOTA

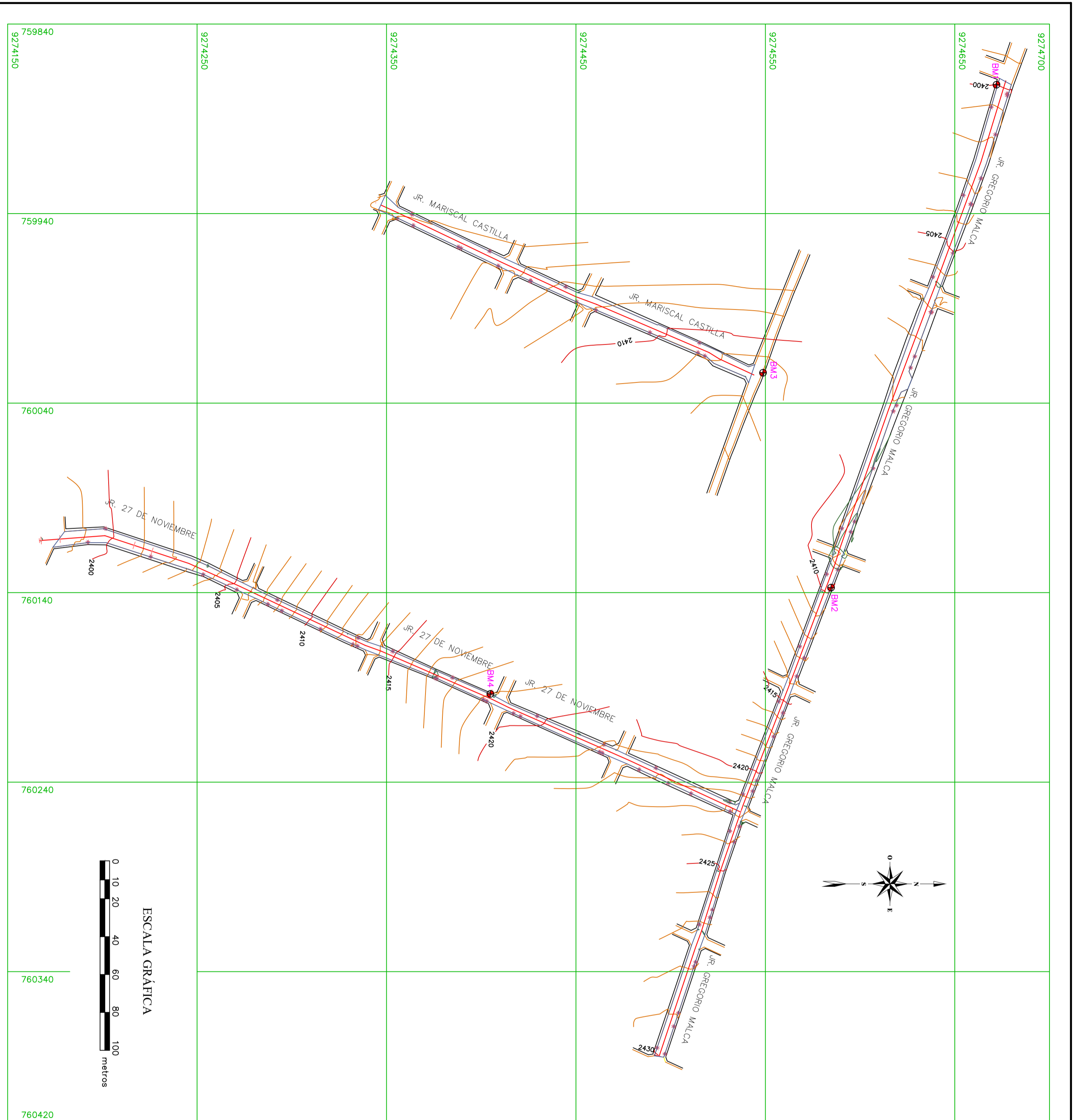


CALLES CONSIDERADAS PARA EVALUACION MEDIANTE METODOLOGIA PCI



**PROYECTO DE TITULACION PROFESIONAL EN INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE TESISISTA**

|           |   |                  |               |
|-----------|---|------------------|---------------|
| TEMA      | EVALUACION ESTADO DE CONDICION DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR GREGORIO MALCA, JR 27 DE NOVIEMBRE Y JR MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL METODO PCI. |                  |               |
| UBICACION | Departamento: CAJAMARCA   | Provincia: CHOTA | Ciudad: CHOTA |
| PLANO     | ALUMINO   |                  |               |
| ASESOR    | Jenner Vasquez Guevara.   |                  |               |
| FECHA     | MCS - Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay  |                  |               |
| ESCALA    | Julio 2019  |                  |               |
| INDICADA  | LAMINA N°   |                  |               |
|           | <b>A-1</b>  |                  |               |



LEYENDA

|  |                          |
|--|--------------------------|
|  | Pavimento flexible       |
|  | Denominación de la Calle |
|  | Limite de propiedad      |
|  | Vereda                   |
|  | Postes de concreto       |
|  | Curvas de nivel          |
|  | Eje de vial              |
|  | Cuadrícula               |
|  | BM                       |

CUADRO DE BMS

| N | DESCRIPCION | ESTE       | NORTE      | COTA msnm |
|---|-------------|------------|------------|-----------|
| 1 | BM1         | 759872     | 9274672    | 2400      |
| 2 | BM2         | 760137.354 | 9274584.64 | 2409.839  |
| 3 | BM3         | 760023.968 | 9274548.75 | 2411.436  |
| 4 | BM4         | 760193.42  | 9274404.80 | 2418.984  |

CUADROS DE DATOS

| N     | DESCRIPCION           | DESDE    | HASTA    | LONGITUD (m) | AREA (m <sup>2</sup> ) | PERIMETRO (m) |
|-------|-----------------------|----------|----------|--------------|------------------------|---------------|
| 1     | Jr. Gregorio malca    | Cuadra 2 | Cuadra 8 | 546.29       | 2721.50                | 1106.67       |
| 2     | Jr. 27 de Noviembre   | Cuadra 1 | Cuadra 5 | 400.92       | 1818.44                | 794.12        |
| 3     | Jr. Mariscal castilla | Cuadra 1 | Cuadra 3 | 216.24       | 1170.80                | 451.96        |
| Total |                       |          |          | 1163.45      | 5710.74                | 2352.75       |

**PROYECTO DE TITULACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TESIS**

TEMA: EVALUACIÓN ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR GREGORIO MALCA, JR 27 DE NOVIEMBRE Y JR MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCI.

UBICACIÓN: Departamento: CAJAMARCA | Provincia: CHOTA | Ciudad: CHOTA

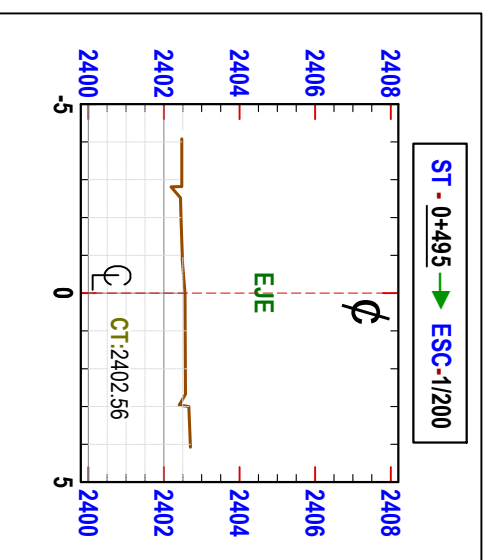
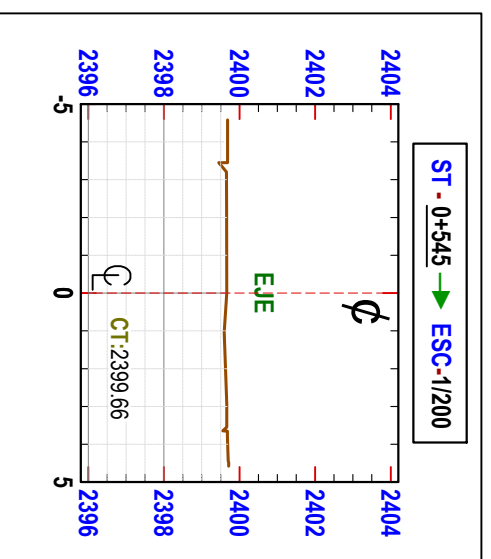
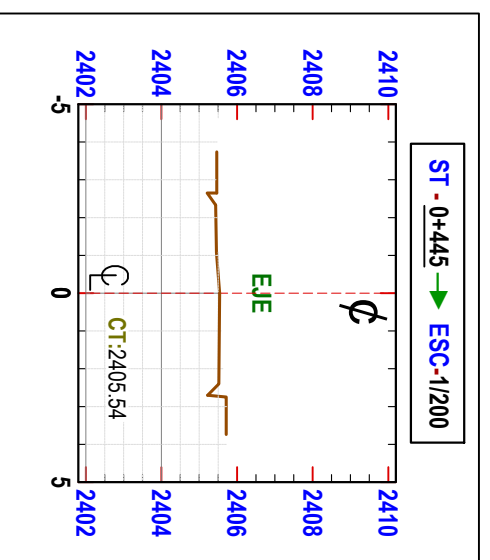
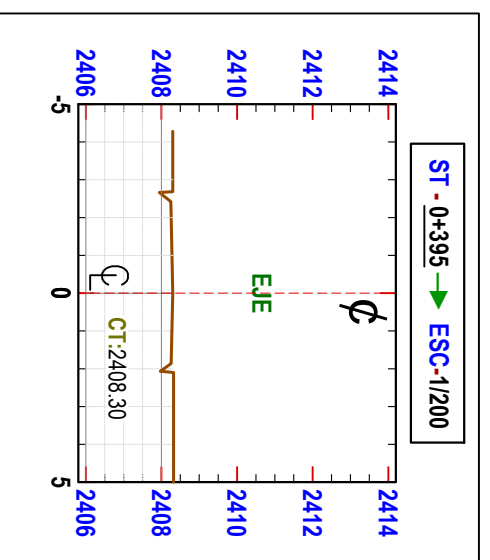
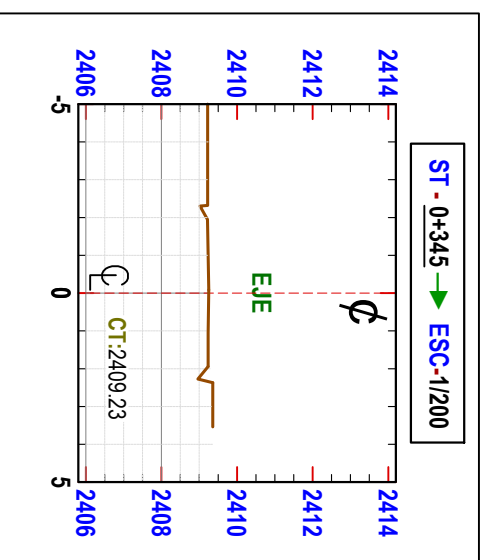
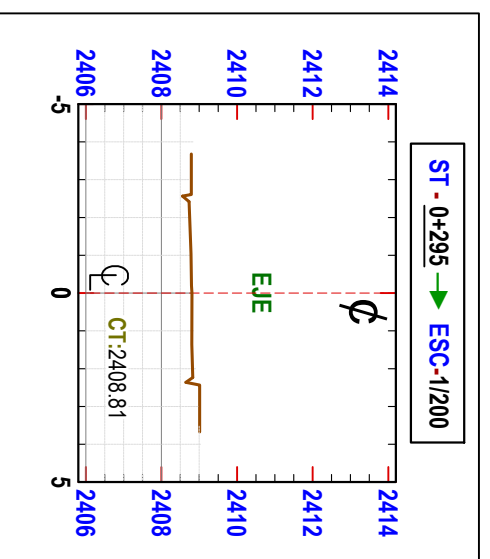
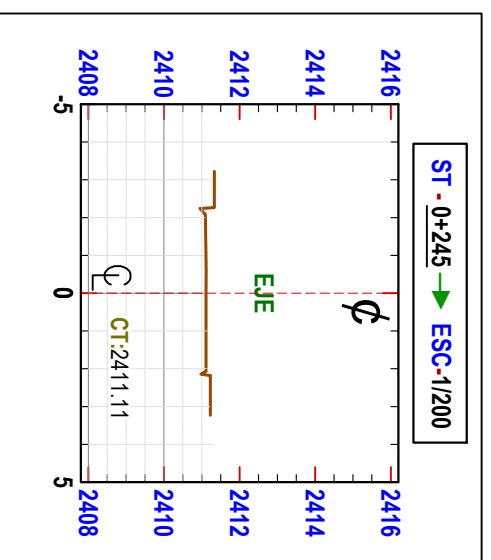
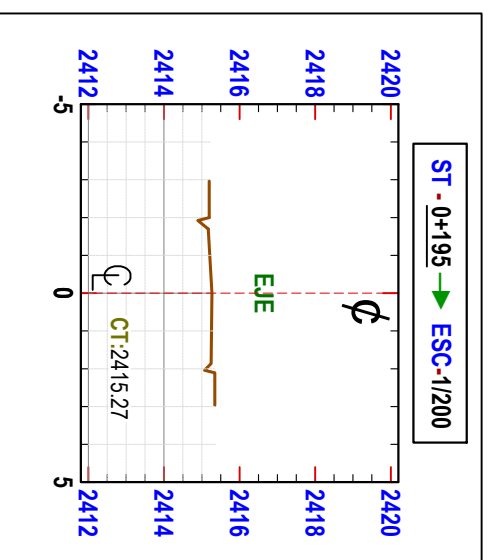
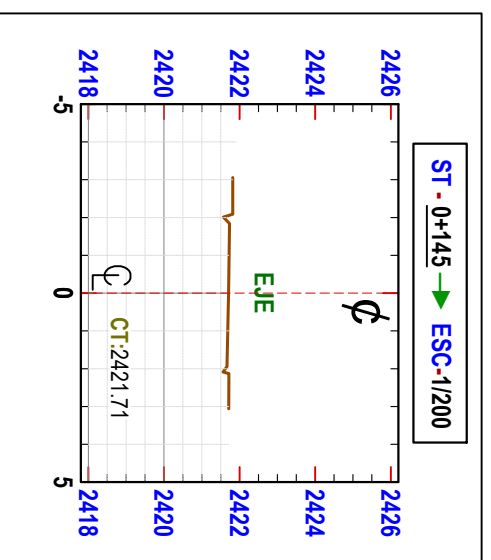
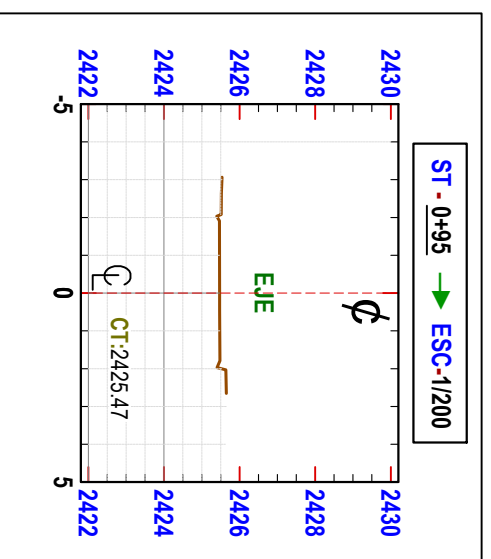
ALUMNO: Jenner Vasquez Guevara.

ASESOR: Mcs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay

FECHA: Julio 2019

ESCALA: 1/1500

**LAMINA N° A-2**



**PROYECTO DE TITULACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TESIS**



TEMA: EVALUACIÓN ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR GREGORIO MALCA, JR 27 DE NOVIEMBRE Y JR MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCI.

UBICACIÓN: Departamento: CAJAMARCA Provincia: CHOTA Ciudad: CHOTA

PLANO: SECCIONES DEL JIRÓN GREGORIO MALCA

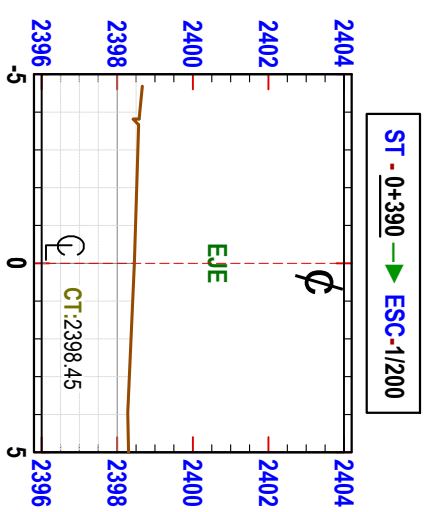
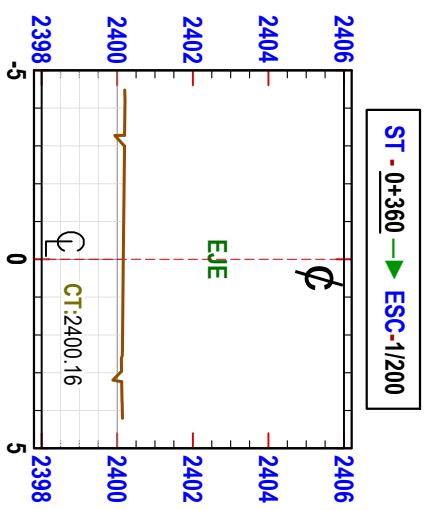
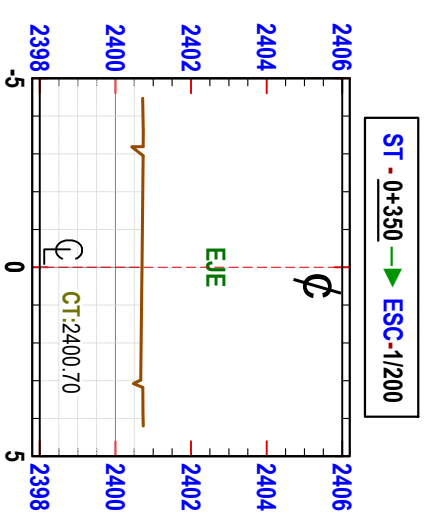
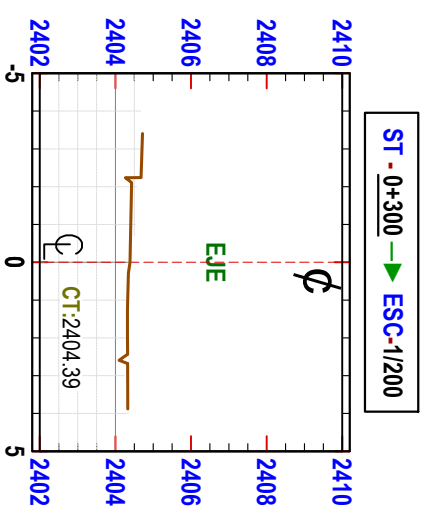
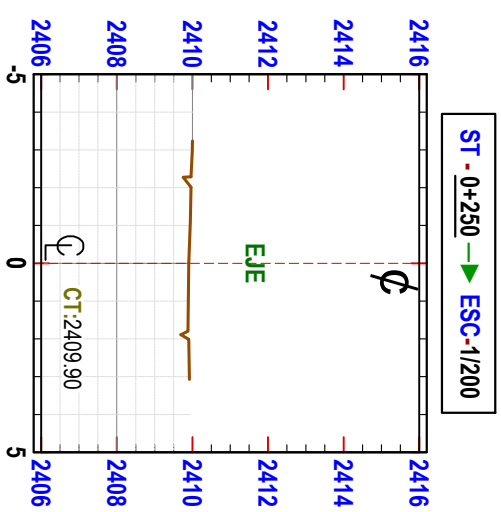
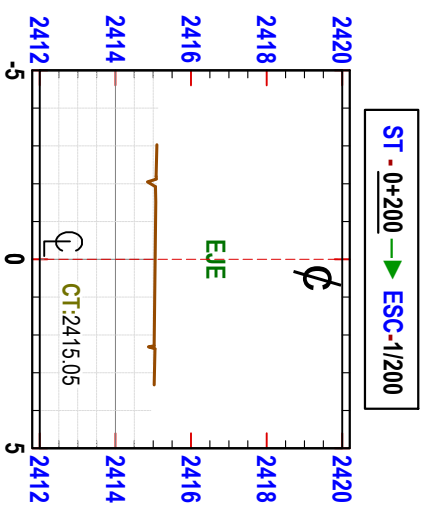
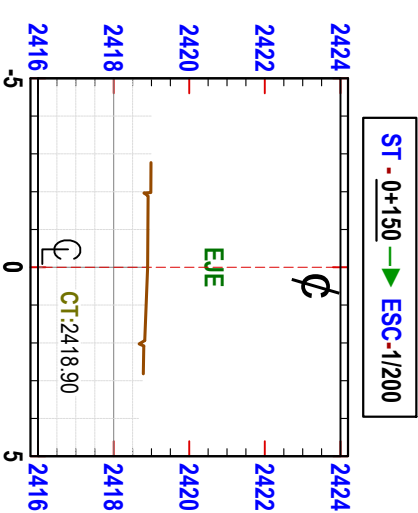
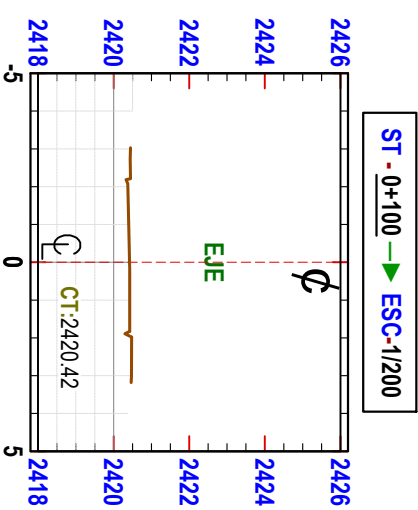
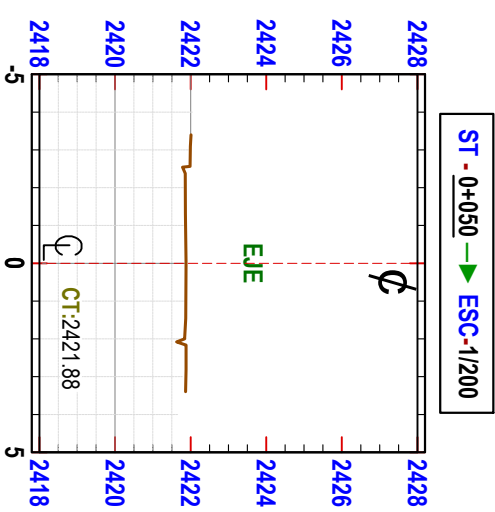
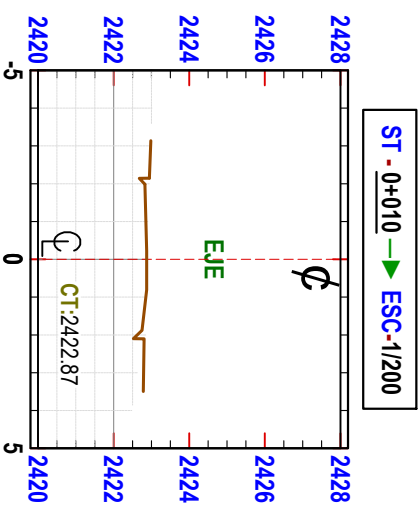
ALUMNO: Jenner Vásquez Guevara.

LAMINA N°

ASESOR: Mcs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay

FECHA: Julio 2019

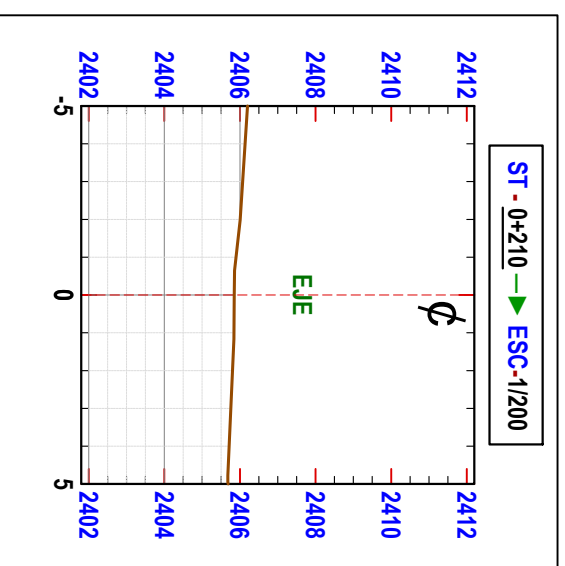
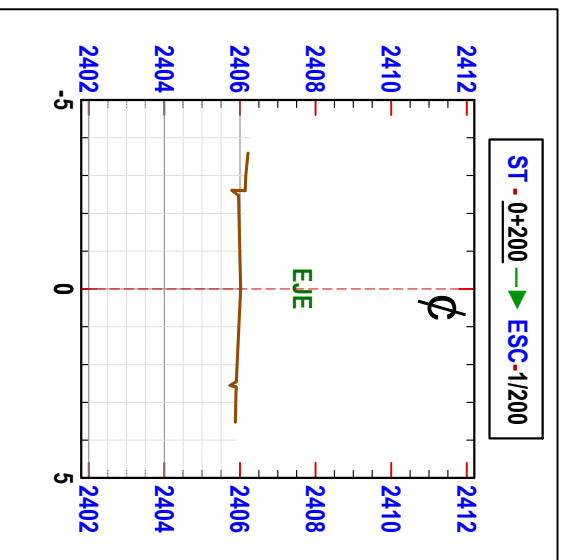
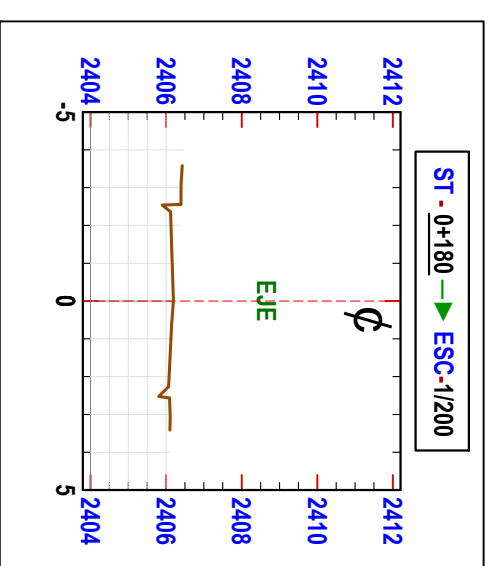
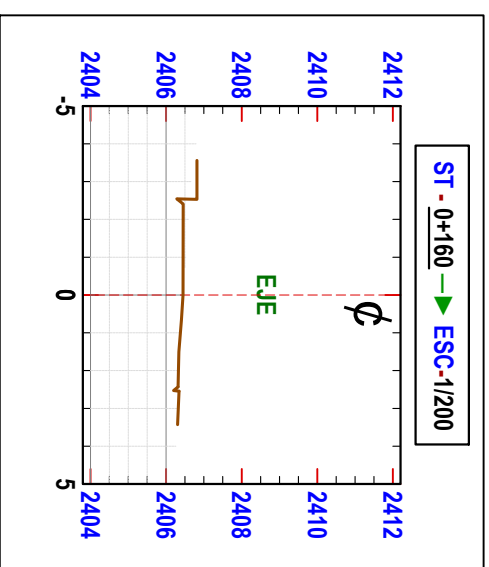
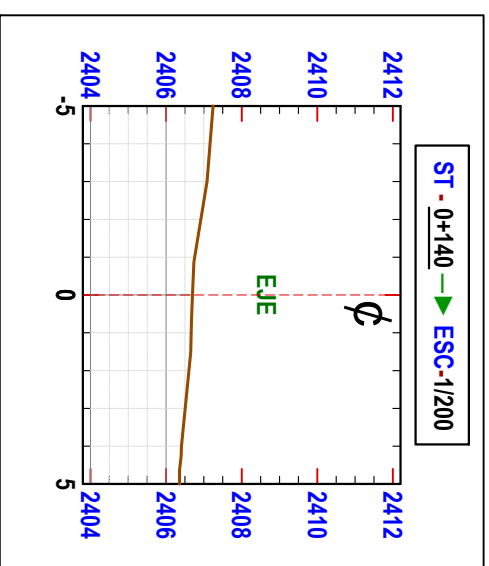
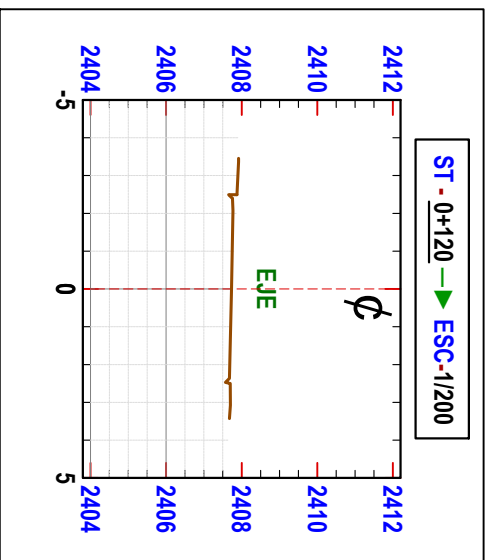
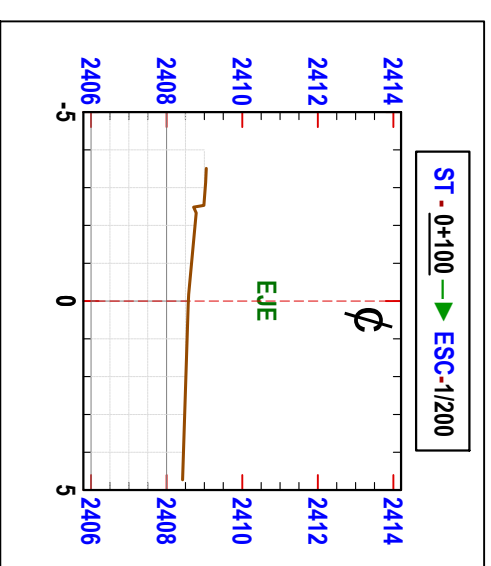
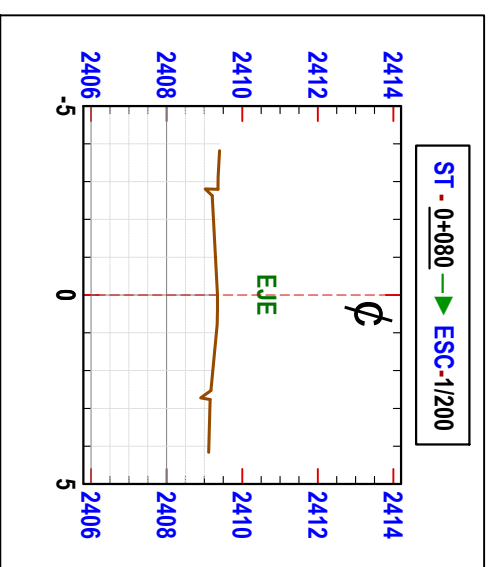
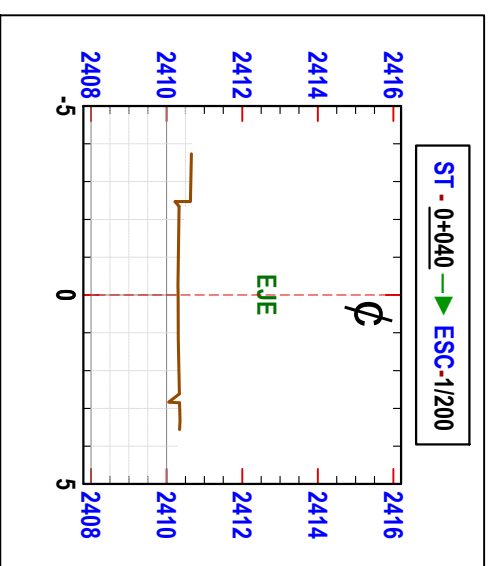
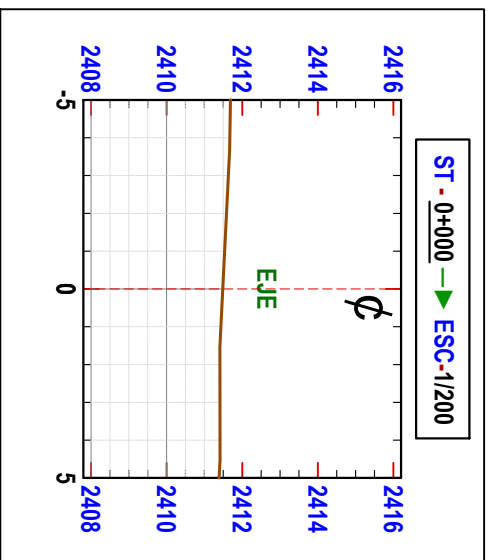
ESCALA: INDICADA



**PROYECTO DE TITULACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TESIS**



|           |  |                  |               |
|-----------|--|------------------|---------------|
| TEMA      | EVALUACIÓN ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JIR GREGORIO MALCA, JR 27 DE NOVIEMBRE Y JR MARISSAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCI. |                  |               |
| UBICACIÓN | Departamento: CAJAMARCA  | Provincia: CHOTA | Ciudad: CHOTA |
| PLANO     | SECCIONES DEL JIRÓN 27 DE NOVIEMBRE  |                  |               |
| ALUMNO    | Jenner Vásquez Guevara.  |                  |               |
| ASESOR    | Mcs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay  |                  |               |
| FECHA     | Julio 2019   |                  |               |
| ESCALA    | INDICADA   |                  |               |



**PROYECTO DE TITULACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TESISISTA**



TEMA: EVALUACIÓN ESTADO DE CONDICIÓN DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DEL JR GREGORIO MALCA, JR 27 DE NOVIEMBRE Y JR MARISCAL CASTILLA DE LA CIUDAD DE CHOTA, MEDIANTE EL MÉTODO PCI.

UBICACIÓN: Departamento: CAJAMARCA | Provincia: CHOTA | Ciudad: CHOTA

PLANO: SECCIONES DEL JIRÓN MARICAL CASTILLA.

ALUMNO: Jenner Vásquez Guevara. | LAMINA N°

ASESOR: Mcs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay

FECHA: Julio 2019

ESCALA: INDICADA