

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



**TESIS:**

**“EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA  
AVENIDA PAKAMUROS CDRA 01 - LA CDRA 10 CON EL ÍNDICE DE  
RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE  
MERLÍN”**

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

Autor:

**ASENJO CAJUSOL JEAN PIEER**

Asesor:

**M en I. Ing. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR**

Jaén – Perú

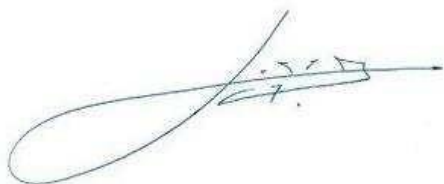
2025

## **CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

### **FACULTAD DE INGENIERÍA**

1. **Investigador:** JEAN PIER ASENJO CAJUSOL  
**DNI:** 72159604  
**Escuela Profesional:** INGENIERÍA CIVIL
2. **Asesor:** M en I. Ing. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR  
**Facultad:** INGENIERÍA
3. **Grado académico o título profesional**  
☐ Bachiller      ☒ Título profesional      ☐ Segunda especialidad  
☐ Maestro      ☐ Doctor
4. **Tipo de Investigación:**  
☒ Tesis      ☐ Trabajo de investigación      ☐ Trabajo de suficiencia profesional  
☐ Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:**  
"EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA  
PAKAMUROS CDRA 01 - LA CDRA 10 CON EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)  
UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN"
6. **Fecha de evaluación:** 12 de agosto del 2025
7. **Software antiplagio:**      ☒ TURNITIN      ☐ URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 16 %
9. **Código Documento:** 3117:482115837
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
☒ APROBADO    ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 12 de agosto del 2025



**FIRMA DEL ASESOR**

**Nombres y Apellidos**  
**M en I. Ing. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR**  
**DNI: 26678955**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
  
Dra. Ing. Laura Sofía Bazán Díaz  
DIRECTORA

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI**



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



### ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA PAKAMUROS CDRA 01 - LA CDRA 10 CON EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN.*

ASESOR : *M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0567-2025-PUB SA-FI-UNC, de fecha 01 de setiembre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **cuatro días del mes de setiembre de 2025**, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.  
Vocal : M.Cs. Ing. María Salomé De la Torre Ramírez.  
Secretario : Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis *EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA PAKAMUROS CDRA 01 - LA CDRA 10 CON EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil *JEAN PIEER ASENJO CAJUSOL*, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén, asesorado por el M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ..... 07 ..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : ..... 11 ..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : ..... 18 ..... PTS. Dieciocho (En letras)

En consecuencia, se lo declara Aprobado con el calificativo de Dieciocho (18) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 12.10 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.  
Presidente

M.Cs. Ing. María Salomé De la Torre Ramírez.  
Vocal

Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.  
Secretario

M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.  
Asesor

COPYRIGHT © 2024 by  
JEAN PIEER ASENJO CAJUSOL  
Todos los derechos reservados

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi señor padre todo poderoso, Dios, por brindarme la fuerza, sabiduría y fe de poder lograr desarrollar mi tesis y permitirme convertirme en un profesional al servicio de la sociedad.

### **A mis padres,**

Por estar apoyándome constantemente durante el desarrollo de mi tesis y ser un ejemplo de profesionalismo que llevare presente en mi nueva etapa profesional.

### **A mis hermanos,**

Por sus consejos de nunca rendirme y ser ejemplo de profesionales con valores y respeto.

## **DEDICATORIA**

Esta ardua elaboración de mi tesis la dedico primeramente a Dios padre todo poderoso por permitirme realizar uno de mis primeros objetivos de vida y carrera profesional que me permitirán crecer y ser mejor día a día en esta nueva etapa de la vida.

### **A mis padres, Josefa Isabel Cajusol Vasquez y Ausberto Asenjo Calderon,**

Por estar siempre conmigo apoyándome y motivándome a ser mejor persona y de permitirme elegir esta grandiosa y prestigiosa carrera profesional de Ingeniería Civil que de ahora en adelante me acompañará en toda mi vida profesional.

### **A mis abuelitos,**

Que desde pequeño me apoyaron y aconsejaron a ser un profesional de bien y al servicio de la sociedad.

### **A mis hermanos, Donald Ernesto Asenjo Cajusol y Jimmy Jean Marco Asenjo Cajusol,**

Que me brindaron su apoyo para poder ejecutar mi tesis y ser inspiración para poder alcanzar este objetivo trazado, puesto que ya son profesionales.

## ÍNDICE

|                                                                                    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....                                                       | iii  |
| <b>DEDICATORIA</b> .....                                                           | iv   |
| <b>ÍNDICE</b> .....                                                                | v    |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....                                                      | ix   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                                                     | xi   |
| <b>ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS</b> .....                                                 | xiii |
| <b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....                                                  | xv   |
| <b>RESUMEN</b> .....                                                               | xvi  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                                              | xvii |
| <b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....                                              | 1    |
| <b>1.1 Planteamiento del Problema</b> .....                                        | 1    |
| <b>1.2 Formulación del Problema</b> .....                                          | 2    |
| <b>1.3 Justificación de la Investigación</b> .....                                 | 2    |
| <b>1.4 Delimitación de la Investigación</b> .....                                  | 2    |
| <b>1.5 Objetivos de la Investigación</b> .....                                     | 3    |
| <b>1.5.1 Objetivo General</b> .....                                                | 3    |
| <b>1.5.2 Objetivos Específicos</b> .....                                           | 3    |
| <b>1.6 Hipótesis de Investigación</b> .....                                        | 3    |
| <b>1.7 Variable de Investigación</b> .....                                         | 3    |
| <b>1.7.1 Variable Dependiente</b> .....                                            | 3    |
| <b>1.7.2 Variable Independiente</b> .....                                          | 3    |
| <b>1.8 Matriz de Operacionalización de Variables y Matriz de Consistencia</b> .... | 3    |
| <b>1.9 Descripción del Contenido de los Capítulos</b> .....                        | 6    |
| <b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....                                            | 7    |

|                |                                                                               |           |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.1</b>     | <b>Antecedentes de la Investigación .....</b>                                 | <b>7</b>  |
| <b>2.1.1</b>   | <b><i>Antecedentes Internacionales</i> .....</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>2.1.2</b>   | <b><i>Antecedentes Nacionales</i> .....</b>                                   | <b>7</b>  |
| <b>2.1.3</b>   | <b><i>Antecedentes Locales</i> .....</b>                                      | <b>8</b>  |
| <b>2.2</b>     | <b>Bases Teóricas .....</b>                                                   | <b>9</b>  |
| <b>2.2.3</b>   | <b><i>Transitabilidad</i> .....</b>                                           | <b>9</b>  |
| <b>2.2.4</b>   | <b><i>Serviciabilidad</i> .....</b>                                           | <b>9</b>  |
| <b>2.2.5</b>   | <b><i>Clasificación de Carretera</i> .....</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>2.2.5.1</b> | <b>Autopistas de Primera Clase .....</b>                                      | <b>10</b> |
| <b>2.2.5.2</b> | <b>Autopistas de Segunda Clase .....</b>                                      | <b>10</b> |
| <b>2.2.5.3</b> | <b>Carretera de Primera Clase .....</b>                                       | <b>10</b> |
| <b>2.2.5.4</b> | <b>Carretera de Segunda Clase .....</b>                                       | <b>11</b> |
| <b>2.2.5.5</b> | <b>Carretera de Tercera Clase .....</b>                                       | <b>11</b> |
| <b>2.2.5.6</b> | <b>Trochas Carrozables .....</b>                                              | <b>11</b> |
| <b>2.2.6</b>   | <b><i>Tipos de Pavimentos</i> .....</b>                                       | <b>12</b> |
| <b>2.2.6.1</b> | <b>Pavimentos Flexibles .....</b>                                             | <b>12</b> |
| <b>2.2.6.2</b> | <b>Pavimentos Semirrígidos .....</b>                                          | <b>12</b> |
| <b>2.2.6.3</b> | <b>Pavimentos Rígidos .....</b>                                               | <b>12</b> |
| <b>2.2.7</b>   | <b><i>Levantamiento Topográfico</i> .....</b>                                 | <b>13</b> |
| <b>2.2.8</b>   | <b><i>Método del Levantamiento Topográfico</i> .....</b>                      | <b>13</b> |
| <b>2.2.8.1</b> | <b>Levantamiento Planimétrico .....</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>2.2.9</b>   | <b><i>Rugosidad</i> .....</b>                                                 | <b>13</b> |
| <b>2.2.9.1</b> | <b>Consideraciones sobre la importancia de Cuantificar la Rugosidad .....</b> | <b>14</b> |
| <b>2.2.9.2</b> | <b>Técnicas y métodos para medir la rugosidad .....</b>                       | <b>14</b> |
| <b>2.2.10</b>  | <b><i>Índice de Rugosidad Internacional (IRI)</i> .....</b>                   | <b>14</b> |

|                                                 |                                                                                    |    |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.11                                          | <i>Escala y Características del IRI</i> .....                                      | 15 |
| 2.2.12                                          | <i>Rugosímetro de Merlín</i> .....                                                 | 17 |
| 2.2.12.1                                        | <i>Ventajas del Uso del Rugosímetro de Merlín</i> .....                            | 18 |
| 2.2.13                                          | <i>Metodología para Determinar la Rugosidad con el Rugosímetro de Merlín</i> ..... | 19 |
| 2.2.13.1                                        | <i>Bases Teóricas</i> .....                                                        | 19 |
| 2.2.14                                          | <i>Cálculo del IRI</i> .....                                                       | 21 |
| 2.3                                             | <b>Definición de Términos Básicos</b> .....                                        | 22 |
| 2.3.1                                           | <i>Rugosidad</i> .....                                                             | 22 |
| 2.3.2                                           | <i>Índice de Rugosidad Internacional (IRI)</i> .....                               | 22 |
| 2.3.3                                           | <i>Rugosímetro de Merlín</i> .....                                                 | 22 |
| <b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b> ..... |                                                                                    | 23 |
| 3.1                                             | <b>Ubicación de la Zona de Estudio</b> .....                                       | 23 |
| 3.1.1                                           | <i>Ubicación Política</i> .....                                                    | 23 |
| 3.1.2                                           | <i>Ubicación Geográfica</i> .....                                                  | 23 |
| 3.2                                             | <b>Metodología</b> .....                                                           | 26 |
| 3.2.1                                           | <i>Población y Muestra</i> .....                                                   | 26 |
| 3.2.2                                           | <i>Unidad de Análisis</i> .....                                                    | 27 |
| 3.2.3                                           | <i>Unidad de Observación</i> .....                                                 | 27 |
| 3.2.4                                           | <i>Tipo y Método de Investigación</i> .....                                        | 27 |
| 3.2.5                                           | <i>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</i> .....                       | 27 |
| 3.2.6                                           | <i>Análisis e Interpretación de Datos</i> .....                                    | 27 |
| 3.3                                             | <b>Procedimiento</b> .....                                                         | 27 |
| 3.3.1                                           | <i>Trabajo en Campo</i> .....                                                      | 27 |
| 3.3.2                                           | <i>Reconocimiento en Campo del Área de Estudio</i> .....                           | 29 |
| 3.3.3                                           | <i>Características de la Vía</i> .....                                             | 29 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.3.1 Singularidades de la Vía.....                              | 29 |
| 3.3.3.2 Patologías Superficiales en la Vía:.....                   | 33 |
| 3.4 Análisis de Datos y Resultados Obtenidos.....                  | 45 |
| 3.4.1 <i>Análisis de las Muestras Tomadas</i> .....                | 45 |
| 3.4.2 <i>Resultados del Análisis de las Muestras Tomadas</i> ..... | 47 |
| CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....               | 74 |
| 4.1. Resultados .....                                              | 74 |
| 4.2. Discusión .....                                               | 75 |
| 4.2.1. Contrastación de Hipótesis .....                            | 76 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                   | 77 |
| 5.1. CONCLUSIONES.....                                             | 77 |
| 5.2. RECOMENDACIONES .....                                         | 77 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                    | 79 |
| ANEXOS .....                                                       | 80 |
| ANEXO 01: PANEL FOTOGRAFICO.....                                   | 81 |
| ANEXO 02: FORMATO DE CONTEO VEHICULAR. ....                        | 94 |
| ANEXO 03: FORMATO DE ANOTACION DE LECTURAS. ....                   | 95 |
| ANEXO 04: FORMATO DEL CALCULO DEL IRI. ....                        | 96 |
| ANEXO 05: PLANOS.....                                              | 97 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Matriz de Operacionalización de Variables</i> .....                                                  | 4  |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Matriz de Consistencia</i> .....                                                                     | 5  |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Estado Vial según la Rugosidad</i> .....                                                             | 15 |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Rugosidad Inicial IRI (m/km). Según Tipo de Carretera con Carpeta Asfáltica en Cliente</i> .....     | 17 |
| <b>Tabla 5.</b> <i>Ubicación del Punto de Inicio y Final de la Vía en Estudio</i> .....                                 | 23 |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Resumen del Conteo Vehicular</i> .....                                                               | 38 |
| <b>Tabla 7.</b> <i>Resumen del Índice Medio Diario Semanal</i> .....                                                    | 39 |
| <b>Tabla 8.</b> <i>Resumen del Índice Medio Diario Anual</i> .....                                                      | 40 |
| <b>Tabla 9.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín</i> .....                                             | 42 |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 01 (M-01): Tramo KM 0+000 – 0+400</i> ..... | 47 |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 02 (M-02): Tramo KM 0+400 – 0+810</i> ..... | 49 |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 03 (M-03): Tramo KM 0+000 – 0+400</i> ..... | 51 |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 04 (M-04): Tramo KM 0+400 – 0+810</i> ..... | 53 |
| <b>Tabla 14.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 05 (M-05): Tramo KM 0+000 – 0+400</i> ..... | 55 |
| <b>Tabla 15.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 06 (M-06): Tramo KM 0+400 – 0+810</i> ..... | 57 |
| <b>Tabla 16.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 07 (M-07): Tramo KM 0+000 – 0+400</i> ..... | 59 |
| <b>Tabla 17.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 08 (M-08): Tramo KM 0+400 – 0+810</i> ..... | 61 |

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 18.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 09 (M-09): Tramo KM 0+000 – 0+400.</i>    | 63 |
| <b>Tabla 19.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 10 (M-10): Tramo KM 0+400 – 0+810.</i>    | 65 |
| <b>Tabla 20.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 11 (M-11): Tramo KM 0+000 – 0+400.</i>    | 67 |
| <b>Tabla 21.</b> <i>Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 12 (M-12): Tramo KM 0+400 – 0+810.</i>    | 69 |
| <b>Tabla 22.</b> <i>Resultados de la rugosidad en unidades IRI del Carril Derecho.</i>                                | 71 |
| <b>Tabla 23.</b> <i>Resumen de la rugosidad en unidades IRI del Carril Derecho</i>                                    | 71 |
| <b>Tabla 24.</b> <i>Resultados de la rugosidad en unidades IRI del Carril Izquierdo Derecho.</i>                      | 72 |
| <b>Tabla 25.</b> <i>Resumen de la Rugosidad en Unidades IRI del Carril Izquierdo</i>                                  | 72 |
| <b>Tabla 26.</b> <i>Resumen Comparativo de la Rugosidad en Unidades IRI de ambos Carriles.</i>                        | 74 |
| <b>Tabla 27.</b> <i>Resumen de la Rugosidad en Unidades IRI de la Avenida Pakamuros de la Cdra. 01 a la Cdra. 10.</i> | 75 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> <i>Escala de Rugosidad (m/km)</i> .....                                                                                          | 16 |
| <b>Figura 2.</b> <i>Representación Gráfica del Rugosímetro de Merlín</i> .....                                                                    | 18 |
| <b>Figura 3.</b> <i>Representación Gráfica de los Detalles del Rugosímetro de Merlín</i> .....                                                    | 19 |
| <b>Figura 4.</b> <i>Representación Gráfica de la Medición de Desviaciones de la Superficie del Pavimento respecto de la Cuerda Promedio</i> ..... | 20 |
| <b>Figura 5.</b> <i>Representación Gráfica del Histograma</i> .....                                                                               | 21 |
| <b>Figura 6.</b> <i>Ubicación del Departamento de Cajamarca en el Mapa del Perú</i> .....                                                         | 23 |
| <b>Figura 7.</b> <i>Ubicación de la Provincia de Jaén en el Mapa de Cajamarca</i> .....                                                           | 25 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Ubicación de la Provincia de Jaén en el Mapa de Cajamarca</i> .....                                                           | 25 |
| <b>Figura 9.</b> <i>Ubicación de la Avenida Pakamuros Cdra. 01 a la Cdra. 10, Km 0+000 – Km 0+810</i> .....                                       | 25 |
| <b>Figura 10.</b> <i>Sección Típica de la Cuadra 02</i> .....                                                                                     | 37 |
| <b>Figura 11.</b> <i>Histograma de las lecturas para medición del IRI</i> .....                                                                   | 43 |
| <b>Figura 12.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 01 (M-01): Tramo KM 0+000 – 0+400</i> .....                  | 48 |
| <b>Figura 13.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 02 (M-02): Tramo KM 0+400 – 0+810</i> .....                  | 50 |
| <b>Figura 14.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 03 (M-03): Tramo 0+000 – 0+400</i> .....                     | 52 |
| <b>Figura 15.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 04 (M-04): Tramo 0+400 – 0+810</i> .....                     | 54 |
| <b>Figura 16.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 05 (M-05): Tramo 0+000 – 0+400</i> .....                     | 56 |
| <b>Figura 17.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 06 (M-06): Tramo KM 0+400 – 0+810</i> .....                  | 58 |

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 18.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 07 (M-07):</i><br><i>Tramo KM 0+000 – 0+400. ....</i> | 60 |
| <b>Figura 19.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 08 (M-08):</i><br><i>Tramo KM 0+400 – 0+810. ....</i> | 62 |
| <b>Figura 20.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 09 (M-09):</i><br><i>Tramo KM 0+000 – 0+400. ....</i> | 64 |
| <b>Figura 21.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 09 (M-09):</i><br><i>Tramo KM 0+400 – 0+810 ....</i>  | 66 |
| <b>Figura 22.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 11 (M-11):</i><br><i>Tramo KM 0+000 – 0+400. ....</i> | 68 |
| <b>Figura 23.</b> <i>Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 12 (M-12):</i><br><i>Tramo KM 0+400 – 0+810 ....</i>  | 70 |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Fotografía 1.</b> <i>Presencia de Gibas en la Vía en Estudio.....</i>                                                        | 30 |
| <b>Fotografía 2.</b> <i>Presencia de Tapas de Alcantarilla en la Vía en Estudio.....</i>                                        | 31 |
| <b>Fotografía 3.</b> <i>Carril Derecho de Asfalto de Vía en Estudio.....</i>                                                    | 32 |
| <b>Fotografía 4.</b> <i>Carril Izquierdo de Concreto de Vía en Estudio.....</i>                                                 | 33 |
| <b>Fotografía 5.</b> <i>Ahuellamiento en pavimento flexible que se extiende todo el carril derecho .....</i>                    | 34 |
| <b>Fotografía 6.</b> <i>Exceso de Mezcla Asfáltica .....</i>                                                                    | 35 |
| <b>Fotografía 7.</b> <i>Desprendimiento de Agregados. ....</i>                                                                  | 36 |
| <b>Fotografía 8.</b> <i>Tesis efectuado el Levantamiento Topográfico de la Av. Pakamuros de la Cdra. 01 a la Cdra. 10 .....</i> | 81 |
| <b>Fotografía 9.</b> <i>Rugosímetro de Merlín utilizado en los ensayos .....</i>                                                | 82 |
| <b>Fotografía 10.</b> <i>Posicionamiento del instrumento de Rugosímetro de Merlín para inicio de ensayo.....</i>                | 82 |
| <b>Fotografía 11.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo de Inicio: KM 0+000, M – 01 (IDA), Carril Derecho. ....</i>          | 83 |
| <b>Fotografía 12.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo de Fin: KM 0+400, M – 01 (IDA), Carril Derecho .....</i>             | 83 |
| <b>Fotografía 13.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo de Inicio: KM 0+000, M – 02 (IDA), Carril Derecho .....</i>          | 84 |
| <b>Fotografía 14.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo de Fin: KM 0+810, M – 02 (IDA), Carril Derecho. ....</i>             | 84 |
| <b>Fotografía 15.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 03 (REGRESO), Carril Derecho.....</i>      | 85 |
| <b>Fotografía 16.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 04 (REGRESO), Carril Derecho.....</i>      | 85 |
| <b>Fotografía 17.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 04 (REGRESO), Carril Derecho.....</i>         | 86 |

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Fotografía 18.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 05 (IDA), Carril Derecho.</i> .....       | 86 |
| <b>Fotografía 19.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 06 (IDA), Carril Derecho.</i> .....       | 87 |
| <b>Fotografía 20.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 06 (IDA), Carril Derecho.</i> .....          | 87 |
| <b>Fotografía 21.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 07 (REGRESO), Carril Izquierdo.</i> ..... | 88 |
| <b>Fotografía 22.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 08 (REGRESO), Carril Izquierdo.</i> ..... | 88 |
| <b>Fotografía 23.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 08 (REGRESO), Carril Izquierdo.</i> .....    | 89 |
| <b>Fotografía 24.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 09 (IDA), Carril Izquierdo</i> .....      | 89 |
| <b>Fotografía 25.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 10 (IDA), Carril Izquierdo.</i> .....     | 90 |
| <b>Fotografía 26.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 10 (IDA), Carril Izquierdo</i> .....         | 90 |
| <b>Fotografía 27.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 11 (REGRESO), Carril Izquierdo.</i> ..... | 91 |
| <b>Fotografía 28.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 12 (REGRESO), Carril Izquierdo.</i> ..... | 91 |
| <b>Fotografía 29.</b> <i>Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 12 (REGRESO), Carril Izquierdo.</i> .....    | 92 |
| <b>Fotografía 30.</b> <i>Tesista usando el Rugosímetro de Merlín con el uso de sus EPP's.</i> .....                            | 92 |
| <b>Fotografía 31.</b> <i>Equipo de trabajo (tesista y un ayudante).</i> .....                                                  | 93 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ecuación 1.</b> <i>Presencia de tapa de buzón de desagüe</i> .....           | 21 |
| <b>Ecuación 2.</b> <i>Presencia de tapa de buzón de desagüe</i> .....           | 21 |
| <b>Ecuación 3.</b> <i>Índice Medio Diario Total (IMD<sub>TOTAL</sub>)</i> ..... | 37 |
| <b>Ecuación 4.</b> <i>Índice Medio Diario Semanal (IMDs)</i> .....              | 37 |
| <b>Ecuación 5.</b> <i>Índice Medio Diario Anual (IMDA)</i> .....                | 37 |
| <b>Ecuación 6.</b> <i>Factor de Corrección (Fc)</i> .....                       | 44 |

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación lleva por título “Evaluación de la condición superficial del pavimento en la avenida Pakamuros cdra. 01 - la cdra. 10 con el índice de rugosidad internacional (IRI) utilizando el rugosímetro de Merlín”, dicha avenida presenta ahuellamientos, exceso de mezcla asfáltica, desprendimiento de agregados y que además, en el año 2022, se realizó la inspección de la entidad fiscalizadora de proyectos que es la Contraloría General de la República, que inspecciono el proyecto de pavimentación del año 2021 de la avenida Pakamuros encontraron fisuras longitudinales, fisuras transversales, fisuras en esquina y despostillamientos en los paños. Debido a estas patologías actuales y determinadas por la Contraloría, se tuvo por objetivo evaluar la condición superficial del pavimento en la avenida Pakamuros cdra. 01 - la cdra. 10 con el índice de rugosidad internacional (IRI) utilizando el Rugosímetro de Merlín. Se dio inicio al estudio con la recopilación de información para determinar las horas adecuadas a realizar los ensayos, posteriormente se realizó un levantamiento topográfico del terreno, obteniendo su topografía de la avenida, sus secciones de las calles y su perfil de la vía. Además, se realizó un estudio del tráfico vehicular. Por último, se procedió a la toma de muestras con el Rugosímetro de Merlín, partiendo desde la Cuadra 01 hasta la Cuadra 10. Se obtuvo un total de 12 muestras evaluadas, 6 de las cuales son del carril derecho y las otras 6 del carril izquierdo de la avenida en estudio. Los resultados revelaron que la rugosidad promedio en unidades IRI del carril derecho es 2.54 m/km y del carril izquierdo es 4.22 m/km, significando que el carril derecho se encuentra en un estado “BUENO” y en carril izquierdo en un estado “MALO”, por lo tanto, se obtuvo que el estado actual de pavimento de la avenida Pakamuros de la Cdra. 01 a la Cdra. 10 es “REGULAR”

***Palabras Claves:*** Rugosidad, toma de muestras, IRI y Rugosímetro de Merlín.

## ABSTRACT

In the present research work entitled "Evaluation of the surface condition of the pavement on Pakamuros Avenue, block 01 - block 10 with the international roughness index (IRI) using the Merlín roughness meter", said avenue presents ruts, excess asphalt mix, detachment of aggregates and in addition, in 2022, the inspection of the project supervisory entity, the Comptroller General of the Republic, was carried out, which inspected the 2021 paving project of Pakamuros Avenue, found longitudinal cracks, transverse cracks, corner cracks and chipping in the panels. Due to these current pathologies and determined by the Comptroller's Office, the objective was to evaluate the surface condition of the pavement on Pakamuros Avenue, block 01 - block 10 with the international roughness index (IRI) using the Merlín Roughness Meter. The study began with the collection of information to determine the appropriate times to conduct the tests. Subsequently, a topographic survey of the land was conducted, obtaining its topography of the avenue, its street sections, and its road profile. In addition, a vehicular traffic study was conducted. Finally, samples were taken with the Merlín Roughness Tester, starting from Block 1 to Block 10. A total of 12 samples were evaluated, 6 of which are from the right lane and the other 6 from the left lane of the avenue under study. The results revealed that the average roughness in IRI units of the right lane is 2.54 m/km and that of the left lane is 4.22 m/km, meaning that the right lane is in a "GOOD" condition and the left lane in a "BAD" condition. Therefore, the current condition of the pavement of Pakamuros Avenue from Block 1 to Block 10 is "REGULAR".

**Keywords:** *Roughness, sampling, IRI and Merlin Roughness Tester.*

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo principal determinar en qué condición se encuentra superficialmente el pavimento de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 con el uso del Rugosímetro de Merlín de la Provincia de Jaén, puesto que por la presencia de ahuellamientos, exceso de mezcla asfáltica, desprendimiento de agregados y que además, al año siguiente de haberse ejecutado un proyecto de pavimentación, en el año 2021, se encontraron falencias en el pavimento como fisuras longitudinales, despostillamientos en los paños, fisuras transversales y fisuras en esquina. Este problema me indujo a preguntarme, ¿Cuál es la rugosidad superficial en unidades IRI de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 con el uso del Rugosímetro de Merlín?; posiblemente presente una condición “Mala”.

El método IRI conocido como Índice de Rugosidad Internacional, es uno de los parámetros más confiables y utilizados en el Perú con respecto a la evaluación del estado en que se encuentran las obras viales ya ejecutadas, en materia de comodidad y confort del usuario. Además, este parámetro es cuantificable permitiendo determinar el estado en que se encuentra la vía, con apoyo del Manual de Carreteras del Perú, cuyos valores establecen desde un estado “Bueno” hasta “Muy malo”.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

En la actualidad, es poco conocida por los usuarios la gran importancia de ejecutar caminos, carreteras o vías de acceso adecuadas, con una estructura idónea y que además cumplan con su vida útil para el beneficio del desarrollo de la sociedad, pero a ello surgen las diferentes problemáticas como ahuellamientos, exceso de mezcla asfáltica, desprendimiento de agregados que impiden que las infraestructuras viales estén muy bien ejecutadas; además, en el año 2021 se realizó el proyecto de “MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR, PEATONAL Y ORNATO PUBLICO DE LA AV PAKAMUROS ENTRE LAS CA. MARIANO MELGAR Y MARIETA, Y LA CUADRA 04 DE LA CALLE 02 DE MAYO, DISTRITO DE JAEN – PROVINCIA DE JAEN – DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”, que posterior a su ejecución surgieron problemáticas en el pavimento como la desintegración de la superficie del pavimento, fisuras

longitudinales, fisuras transversales, fisuras en esquina y despostillamientos en los paños, generando incertidumbre en la población referente a que si se hizo o no una integra obra vial.

Por estas razones, surge la necesidad de evaluar las condiciones superficiales de las vías ya ejecutadas para evitar uno de los principales problemas que se suscita en infraestructuras viales, siendo estos los accidentes de tránsito, los cuales pueden llegar a tal punto de tener pérdidas humanas.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cuál es la rugosidad superficial en unidades IRI de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 con el uso del Rugosímetro de Merlín?

## **1.3 Justificación de la Investigación**

La presente investigación tiene por finalidad determinar el estado actual en que se encuentra el pavimento de la vía Pakamuros, de la cuadra 01 a la cuadra 10, el cual ha presentado falencias en la estructura del pavimento, como ahuellamientos, exceso de mezcla asfáltica, desprendimiento de agregados, generando incomodidad en los usuarios. Afectando principalmente el transporte urbano y por consiguiente a la economía local, siendo este un obstáculo para el desarrollo económico de la región.

Esta evaluación se efectuó con el uso del Rugosímetro de Merlín, siendo este instrumento de medición de la rugosidad el más usado en el ámbito del análisis de los pavimentos en el territorio peruano. Beneficiando a la sociedad en contar con vías en Buen estado a nivel de superficie de rodadura permitiendo tener comodidad del usuario al momento de conducir.

## **1.4 Delimitación de la Investigación**

En esta investigación se evaluará las 10 primeras cuadras de la Avenida Pakamuros, de la provincia de Jaén, departamento Cajamarca, el cual permite determinar el estado actual en que se encuentra la vía en estudio aplicando el Método IRI con el uso del Rugosímetro de Merlín.

## **1.5 Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1 Objetivo General**

Evaluar la condición superficial del pavimento en la avenida Pakamuros cdra. 01 - la cdra. 10 con el índice de rugosidad internacional (IRI) utilizando el Rugosímetro de Merlín.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Realizar y determinar el aforo vehicular de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10.
- Determinar, en unidades IRI, la rugosidad de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10.
- Determinar la rugosidad superficial de ambos carriles de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10.

## **1.6 Hipótesis de Investigación**

La rugosidad superficial según el Método IRI de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 es malo.

## **1.7 Variable de Investigación**

### **1.7.1 Variable Dependiente**

Condición Superficial del Pavimento.

### **1.7.2 Variable Independiente**

Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

## **1.8 Matriz de Operacionalización de Variables y Matriz de Consistencia**

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de Variables.

| HIPOTESIS                                                                                                    | DEFINICIÓN CONCEPTUAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | VARIABLE                                                                                                                                                        | DIMENSIONES        | INDICADORES     | INTRUMENTO DE MEDICIÓN |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| La rugosidad superficial según el Método IRI de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 es malo. | <p>La condición superficial del pavimento nos da a conocer que “Las condiciones superficiales está constituida de una carpeta de rodadura, esta se flexiona de acuerdo a las cargas que se presentan” (Montejo Fonseca, 2002).</p> <p>El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino (Instituto Mexicano del Transporte, 1998, p. 9).</p> | <p><b>Variable Dependiente:</b><br/>Condición Superficial del Pavimento.</p> <p><b>Variable Independiente:</b><br/>Índice de Rugosidad Internacional (IRI).</p> | Fallas de la Vía   | Serviciabilidad | Observar               |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 0 - 2.8: Bueno     |                 |                        |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 2.8 - 4.0: Regular |                 |                        |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | 4 - 5: Malo        |                 |                        |
|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                 | > 5: Muy Malo      | Unidades IRI    | Rugosímetro de Merlín  |

Tabla 2

Matriz de Consistencia.

| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA                                                                                                                       | OBJETIVOS                                                                                                                                                                        | HIPÓTESIS                                                                                                                                 | VARIABLE                                                          | DIMENSIONES        | INDICADORES     | INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN | METODOLOGIA              | POBLACION Y MUESTRA                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Cuál es la rugosidad superficial en unidades IRI de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 con el uso del Rugosímetro de Merlín? | OBJETIVO GENERAL:                                                                                                                                                                |                                                                                                                                           |                                                                   |                    |                 |                            |                          | POBLACIÓN:                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                | Evaluar la condición superficial del pavimento en la avenida Pakamuros cdra. 01 - la cdra. 10 con el índice de rugosidad internacional (IRI) utilizando el Rugosímetro de Merlín | El resultado del análisis de la rugosidad superficial según el Método IRI de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 es malo. | Variable Dependiente: Condición Superficial.                      | Fallas de la Vía   | Serviciabilidad | Observar                   | Aplicada                 | Estuvo conformada por el pavimento las 10 primeras cuadras de la Avenida Pakamuros, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca. |
|                                                                                                                                                | OBJETIVOS ESPECÍFICOS:                                                                                                                                                           |                                                                                                                                           |                                                                   |                    |                 |                            |                          | MUESTRA:                                                                                                                          |
|                                                                                                                                                | Realizar y determinar el aforo vehicular de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10.                                                                                 |                                                                                                                                           | Variables Independiente: Índice de Rugosidad Internacional (IRI). | 0 - 2.8: Bueno     |                 |                            |                          | Estuvo conformada por el pavimento las 10 primeras cuadras de la Avenida Pakamuros, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca. |
|                                                                                                                                                | Determinar, en unidades IRI, la rugosidad de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10.                                                                                |                                                                                                                                           |                                                                   | 2.8 - 4.0: Regular | Unidades IRI    | Rugosímetro de Merlín      | MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: |                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                | Determinar la rugosidad superficial de ambos carriles de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10.                                                                    |                                                                                                                                           |                                                                   | 4 - 5: Malo        |                 |                            | Comparativo              |                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                           |                                                                   | > 5: Muy Malo      |                 |                            |                          |                                                                                                                                   |

## **1.9 Descripción del Contenido de los Capítulos**

Capítulo I: Introducción. En este capítulo contempla la problemática de la investigación, la formulación del problema, justificación de la investigación, delimitaciones de la investigación, objetivos de la investigación, la hipótesis, variables de investigación, matriz de operacionalización de variables y la matriz de consistencia.

Capítulo II: Marco Teórico. En este capítulo se describe los antecedentes internacionales, nacionales y locales que sirven de guía en cuanto a sus procedimientos relacionados al tema de esta investigación; además, de las bases teóricas y la definición de términos básicos.

Capítulo III: Materiales y Métodos. En este capítulo se encuentra el lugar donde se realizó esta investigación, la metodología utilizada, el procedimiento, el análisis de datos y resultados obtenidos de la evaluación superficial del pavimento en estudio.

Capítulo IV: Análisis y Discusión de Resultados. En este capítulo se contempla los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el rugosímetro de merlín y la discusión.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones. En este último capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones; además, se presenta las referencias bibliográficas y anexos.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

En el informe presentado por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional sobre: *“Informe de Evaluación Nacional Pavimentada de Costa Rica”* (2021), tiene por objetivo conocer, evaluar y calificar la condición técnica de su red vial nacional y determinar su cambio respecto del año anterior; se aplicó el Método IRI y otros métodos (FWD y GRIP) permitieran determinar que el 62.8% de la red vial estudiada estuvo en estado Regular, el 25.1% estuvo en esta Bajo y el 12.1% estuvo en estado Malo.

Román Reyes (2020), en su tesis: *“Metodología para el Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y su Aplicación en Pavimentos Flexibles de Guatemala”*, se centró en proponer una metodología para el cálculo del IRI en los pavimentos flexibles de Guatemala; cuyo objetivo fue proponer una metodología para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), la metodología aplicada fue la del Método IRI con el uso de Perfilómetro Inercial (RSP); se registró un rango promedio de 1.41 – 2.73 m/km determinando que la carpeta asfáltica es Buena.

#### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

Chahuares Paucar (2023), en su tesis: *“Evaluación de pavimentos flexibles con el método PCI, VIZIR e IRI en la avenida Unión, distrito de Chaclacayo, ciudad de Lima”*, el problema principal fue determinar el nivel de servicio adecuado del área de estudio; cuyo objetivo fue medir con exactitud las condiciones del pavimento de la vía aplicando los tres métodos (PCI, VIZIR e IRI); se aplicó 03 metodologías distintas que fueron el PCI, VIZIR e IRI, obteniendo como resultados que con la aplicación del PCI de 83 (estado Bueno) e IRI se obtuvo un valor medio para el lado izquierdo de 4.76 del área externa, 3.12 para la interna, para el lado derecho 4.68 para el externo y 3.13 para el interno, y para el método VIZIR 5 tramos un valor de “3” y 8 tramos el mínimo valor de “1”.

Flores Jara y Pilco Galindo (2021), en su tesis: *“Análisis Funcional del Pavimento Flexible para mejorar la Transitabilidad Vehicular, utilizando el Rugosímetro de Merlín en la Av. Gustavo Pinto, Tacna - 2020”*, tuvo como problema general analizar el estado del pavimento flexible con el uso del Rugosímetro de Merlín, cuyo objetivo fue determinar el análisis funcional del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular haciendo uso del Rugosímetro de Merlín. El tramo evaluado tuvo una longitud aproximada de 3 200.00 metros y un ancho de calzada variable de 6.60 a 7.20 metros, obteniendo la rugosidad en el carril derecho IRI igual a 4.38 m/km con una calificación estado de pavimento REGULAR y en el carril izquierdo igual a 5.71 m/km con una calificación del estado de pavimento MALO, por lo que utilizando el ponderado de los resultados se obtiene un IRI igual a 5.05 m/km con lo que calificamos toda la avenida Gustavo Pinto, estado del pavimento “MALO”, permitiendo llegar a concluir que la transitabilidad es “MALA” para de esta manera incentivar a las autoridades a las mejoras pertinentes en beneficio de los usuarios.

Tingal Limay (2021), en su tesis: *“Análisis del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la Superficie del Pavimento Flexible de la Vía Cajamarca – Baños del Inca, utilizando el Rugosímetro de Merlín”*, tuvo como problema el determinar el estado en que se encontraba el pavimento flexible de la vía en estudio, cuyo objetivo fue el analizar la rugosidad superficial mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible, aplicó la metodología IRI con el uso del Rugosímetro de Merlín, los resultados que se obtuvieron fueron que en la calzada 1 (IDA) tuvo un promedio de 1.07 m/km y en la calzada 2 (VUELTA) tuvo un promedio de 1.10 m/km.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

Guerrero Maticorena (2023), en su tesis: *“EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) DE LA CARRETERA SHANANGO - BELLAVISTA - JAÉN - CAJAMARCA”*, tuvo como problema el determinar la condición del pavimento flexible mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) empleando el Rugosímetro de Merlín, cuyo objetivo fue el realizar la evaluación de la condición del pavimento flexible mediante el Índice de Rugosidad Internacional de la Carretera Shanango empleando

el Rugosímetro de Merlín; aplicó la metodología del IRI usando el Rugosímetro de Merlín en 19 muestras evaluadas, obtuvo un IRI máximo de 1.87 m/km y un mínimo de 1.49 m/km, cuyo promedio fue de 1.77 m/km en estado Bueno.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.3 *Transitabilidad***

El término de "transitabilidad" en el Perú define una situación de "disponibilidad de uso". Muestra que una carretera específica está disponible para su uso, o sea, que no fue cerrada al tránsito público por razones de "emergencias viales" que la hubieran cortado en cualquier o en ciertos sitios del recorrido, como resultado de deterioros más grandes provocados por fuerzas de la naturaleza, como por ejemplo deslizamientos de materiales saturados de agua ("huaicos"), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos, caída de puentes, etc. (Pomasonco de la Cadena, 2010).

### **2.2.4 *Serviciabilidad***

La serviciabilidad es la percepción que poseen los usuarios del grado de servicio del pavimento. La medición de la calidad de un pavimento muestra una complejidad conceptual ya que es dependiente de la evaluación que se haga, si lo que interesa es la situación estructural, o bien la condición servible de su superficie. Aun cuando este se tenga resuelto, si no se usan herramientas o metodologías estandarizadas de evaluación, los resultados no van a ser equiparables con las mediciones elaboradas (Pomasonco de la Cadena, 2010).

### **2.2.5 *Clasificación de Carretera***

El MTC en el DG-2018 clasifica las carreteras del Perú en función a la demanda:

- 2.2.5.1 Autopistas de Primera Clase.** Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. Además, la superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- 2.2.5.2 Autopistas de Segunda Clase.** Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. Además, la superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- 2.2.5.3 Carretera de Primera Clase.** Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. Además, la superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- 2.2.5.4 Carretera de Segunda Clase.** Son carreteras con IMDA entre 2000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. Además, la superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- 2.2.5.5 Carretera de Tercera Clase.** Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.
- 2.2.5.6 Trochas Carrozables.** Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. Además, la superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

## **2.2.6 Tipos de Pavimentos**

- 2.2.6.1 Pavimentos Flexibles.** El pavimento flexible está constituido por carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante. Una carpeta constituida por una mezcla asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; que soporta directamente las solicitaciones del tránsito y aporta las características funcionales. Estructuralmente, la carpeta absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales, ya que las cargas de los vehículos se distribuyen hacia las capas inferiores por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa (Miranda Rebolledo, 2010).
- 2.2.6.2 Pavimentos Semirrígidos.** Un pavimento semirrígido es el que se combinan el pavimento flexible y pavimento rígido, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima, presenta superficie de rodadura, base, sub base y sub rasante. Este tipo de pavimento es una alternativa de infraestructura de vial puesto que se podría utilizar en carreteras en donde se espera un tráfico pesado y de mayor durabilidad en comparación con los pavimentos flexibles, pero sin la necesidad de una estructura extremadamente rígida como la que se requiere para los pavimentos rígidos.
- 2.2.6.3 Pavimentos Rígidos.** El pavimento rígido está constituido por la losa de hormigón hidráulico y la subbase, que se construye sobre la capa subrasante. La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas (Miranda Rebolledo, 2010).

### **2.2.7 Levantamiento Topográfico**

El levantamiento Topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera. (El Levantamiento Topográfico: uso del GPS y Estación Total, 2009, p. 30).

### **2.2.8 Método del Levantamiento Topográfico**

**2.2.8.1 Levantamiento Planimétrico.** Este método tiene por objetivo determinar las tres coordenadas de puntos en el espacio, X Y Z, en forma simultánea. Integra los métodos planimétricos y altimétricos. El resultado final es un plano acotado o plano topográfico. Siendo la Estación Total uno de los instrumentos más utilizados en este método de levantamiento topográfico. Las alturas se representan mediante las curvas de nivel. El método de levantamiento planialtimétrico expeditivo se denomina taquimetría. Constituyen el conjunto de operaciones que permiten obtener las coordenadas de puntos característicos del terreno para la representación del relieve a escala y con la precisión adecuada (Métodos de Levantamiento Topográfico Pothenot, Hanse, Poligonación, 2004, p. 2).

### **2.2.9 Rugosidad**

Según ASTM E867-06 (2012), define la rugosidad como la “Desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal”.

La rugosidad es uno de los principales parámetros de daño vial, puesto que depende directamente la calidad de la rodadura, la serviciabilidad, la transitabilidad y el confort de los usuarios, así como también los costos de operación y/o mantenimiento de la superficie de rodadura, es por ello que este proyecto busca obtener dicho parámetro con el fin de determinar en qué condiciones está el área de

estudio. Existen muchos instrumentos de ayuda en la medición de la rugosidad, siendo uno de ellos y el más confiable, a nivel nacional e internacional, el Rugosímetro de Merlín, el mismo que será utilizado en esta presente investigación.

#### **2.2.9.1 Consideraciones sobre la importancia de Cuantificar la Rugosidad**

- En ocasiones es adecuado tener rugosidad “alta” y en otras ocasiones es indeseable.
- En las superficies de rodadura presente una rugosidad mínima puesto que le da una mejor apariencia y disminuye la fricción de la superficie al estar en contacto con otra.
- En superficies de rugosidades mínimas también se evita el desgaste entre las superficies en contacto, así como también evita la erosión de los mismos.

**2.2.9.2 Técnicas y métodos para medir la rugosidad.** Uno de los métodos más usados en la industria para cuantificar la rugosidad sustenta en el registro de perfiles de alturas mediante un perfilómetro o rugosímetro, es donde surge uno de los métodos más confiables y usados a nivel nacional e internacional por su uso no muy complejo y de bajo costo que viene siendo el Método IRI con el uso de Rugosímetro de Merlín.

#### **2.2.10 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**

El IRI es un estándar de medida de rugosidad superficial de las carreteras, el cual permite evaluar con cualquier equipo de medición de la rugosidad de un pavimento e indicar en valores propios del IRI, permitiendo referirse a una sola escala de medición que puede identificar en qué condiciones superficiales se encuentra una superficie de pavimento y detectar anomalías en algunos de sus tramos. El Índice Internacional de Rugosidad permite especificar rangos o niveles de tolerancia para la aceptación de tramos nuevos de autopistas y carreteras, sirviendo como un parámetro de control de calidad superficial. Para carreteras ya en servicio, el Índice

Internacional de Rugosidad es una herramienta para monitorear el comportamiento del camino a través del tiempo y permite fijar umbrales de alerta para proceder a un estudio de los daños o para realizar las labores de mantenimiento de acuerdo a la importancia del camino (Tingal Limay, 2021).

### 2.2.11 Escala y Características del IRI

Según el MTC, en la sección de Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras, clasifica el “estado” en que se encuentra el pavimento en base al valor de la Rugosidad, proporcionándonos la siguiente tabla:

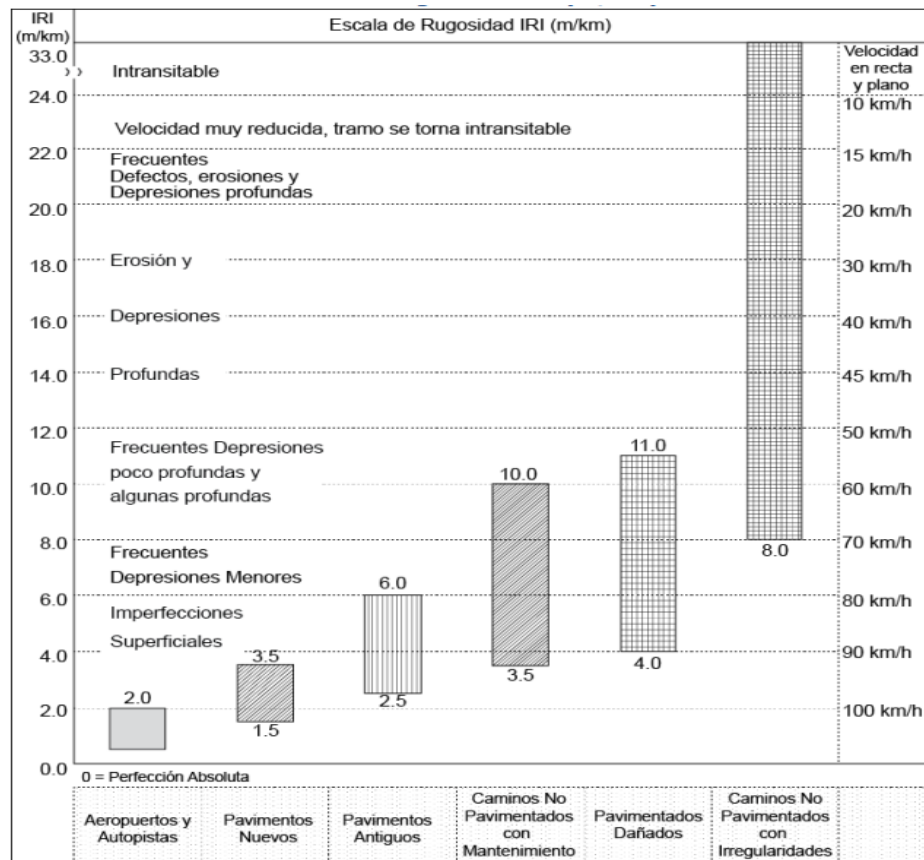
**Tabla 3**

*Estado Vial según la Rugosidad.*

| ESTADO   | PAVIMENTADAS                | NO PAVIMENTADAS          |
|----------|-----------------------------|--------------------------|
|          | Rugosidad                   | Rugosidad                |
| BUENO    | $0 < \text{IRI} \leq 2.8$   | $\text{IRI} \leq 6$      |
| REGULAR  | $2.8 < \text{IRI} \leq 4.0$ | $6 < \text{IRI} \leq 8$  |
| MALO     | $4.0 < \text{IRI} \leq 5.0$ | $8 < \text{IRI} \leq 10$ |
| MUY MALO | $5 < \text{IRI}$            | $10 \leq \text{IRI}$     |

*Nota: MTC. Provías Nacional. Gerencia de Planificación y Presupuesto. Elaboración de Diagnóstico de la Unidad de Gestión de Carreteras e Implementación del Sistema de Gestión de Carreteras de Provías Nacional. Lima, noviembre de 2005.*

El Manual en la Sección de Suelos y Pavimentos del MTC, nos proporciona un gráfico donde muestra escalas de rugosidad para los distintos tipos de pavimentos y sus condiciones, la cual es la siguiente:

**Figura 1***Escala de Rugosidad (m/km)**Nota: MTC – Sección Suelos y Pavimentos, 2014*

Además, el MTC también nos proporciona valores óptimos recomendados de rugosidad para los pavimentos, ya sean nuevos, reforzados y/o durante el periodo de servicio en base a los tipos de carreteras:

**Tabla 4**

*Rugosidad Inicial IRI (m/km). Según Tipo de Carretera con Carpeta Asfáltica en Cliente.*

| TIPO DE CARRETERA                                                                                                             | RUGOSIDAD<br>CARACTERÍSTICA<br>INICIAL | RUGOSIDAD<br>CARACTERÍSTICA<br>INICIAL | RUGOSIDAD<br>CARACTERÍSTICA<br>DURANTE | OBSERVACIÓN                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                                                                                               | Pavimento Nuevo<br>IRI (m/km)          | Pavimento Reforzado<br>IRI (m/km)      | Periodo de Servicio<br>IRI (m/km)      |                                                          |
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.                 | 2.00                                   | 2.50                                   | 3.50                                   | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%. |
| Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más. | 2.00                                   | 2.50                                   | 3.50                                   | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%. |
| Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.                  | 2.50                                   | 3.00                                   | 4.00                                   | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%. |
| Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.                   | 2.50                                   | 3.00                                   | 4.00                                   | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%. |
| Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.                    | 3.00                                   | 3.50                                   | 4.50                                   | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%. |
| Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.                            | 3.00                                   | 3.50                                   | 4.50                                   | Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%. |

*Nota: MTC – Sección Suelos y Pavimentos, 2014.*

### **2.2.12 Rugosímetro de Merlín**

Es uno de los instrumentos de medición, de la rugosidad, más confiable y usado en el territorio peruano para análisis de carreteras nuevas y existentes, la cual mide el desplazamiento vertical de la huella de los carriles que presenta el tipo de carretera en estudio.

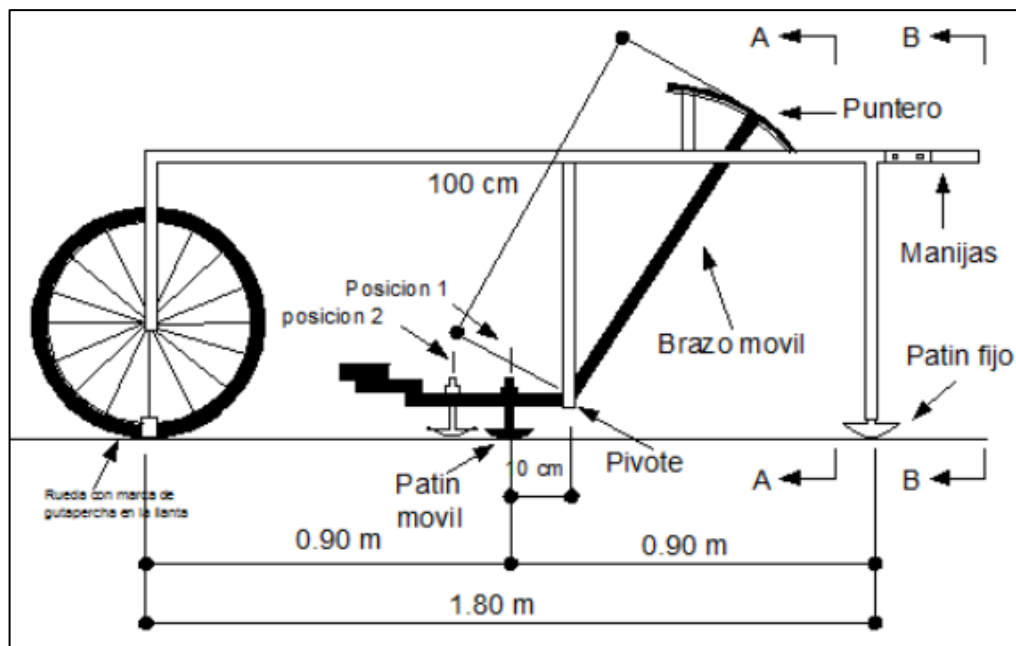
Este instrumento de medición permite obtener valores de la rugosidad y determinar el estado de la zona en estudio, que puede ser: bueno, regular, malo y muy malo.

### 2.2.12.1 Ventajas del Uso del Rugosímetro de Merlín

- ✓ De fácil manipulación.
- ✓ De fácil construcción.
- ✓ Baja complejidad en la ejecución de su procedimiento para la toma de datos.
- ✓ De fácil calibración.
- ✓ Instrumento no muy robusto, puesto que es fácil de trasladar y no requiere un espacio amplio para su reposo.

**Figura 2**

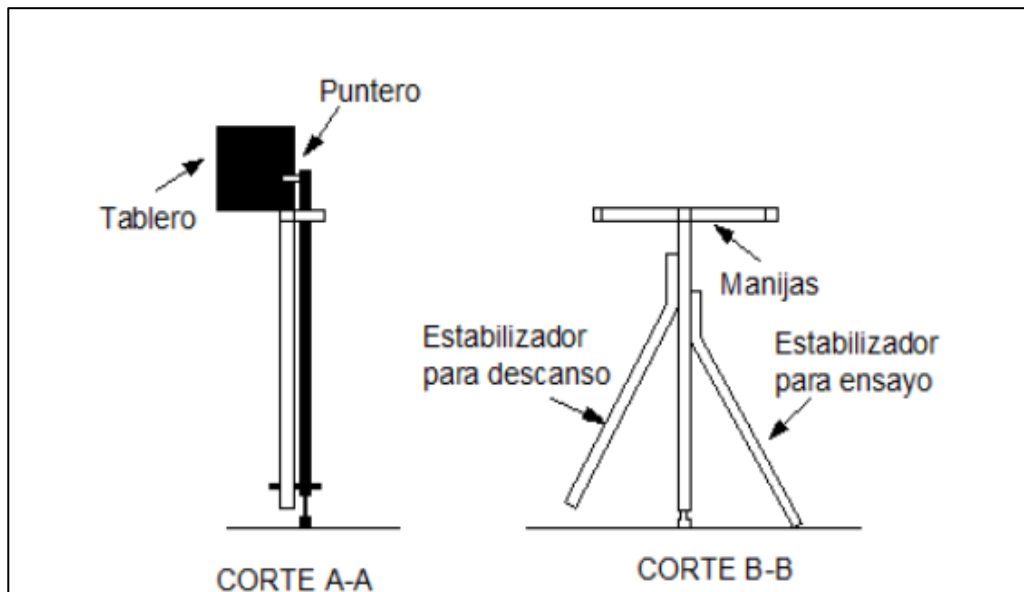
*Representación Gráfica del Rugosímetro de Merlín.*



*Nota: Del Aguila Rodriguez, 1999.*

**Figura 3**

*Representación Gráfica de los Detalles del Rugosímetro de Merlín.*



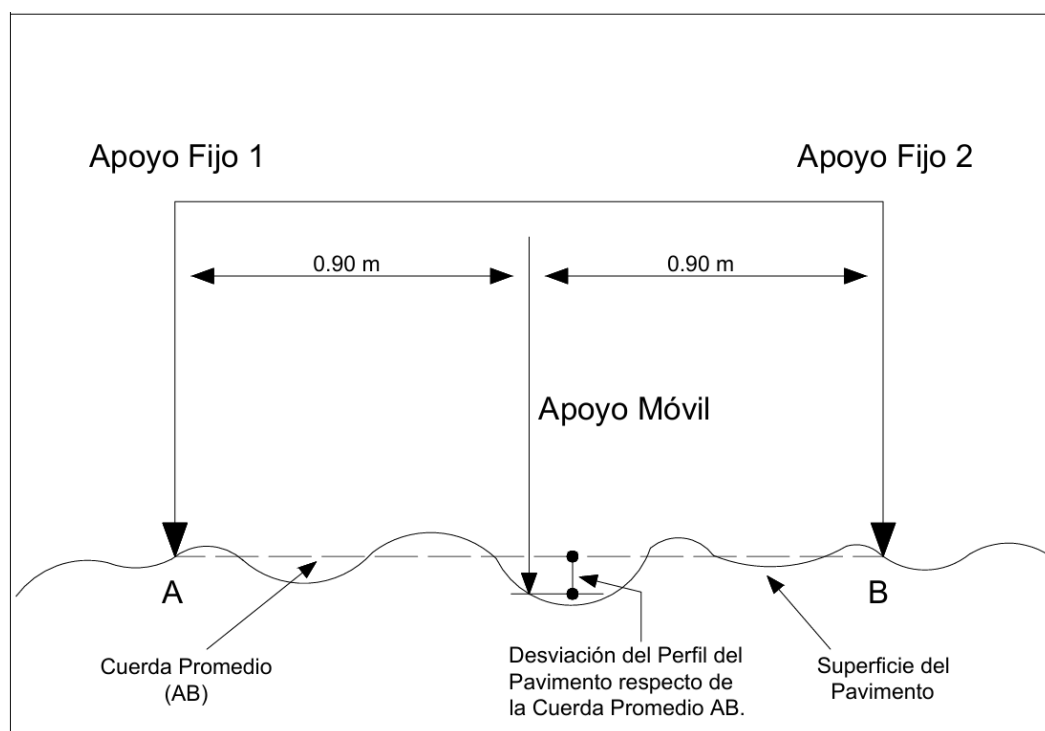
*Nota: Del Aguila Rodriguez, 1999.*

### **2.2.13 Metodología para Determinar la Rugosidad con el Rugosímetro de Merlín**

**2.2.13.1 Bases Teóricas.** La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio de 1.80m. La Figura N° 2; se muestra cómo el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como "la desviación respecto a la cuerda promedio" (Del Águila Rodriguez, 1999).

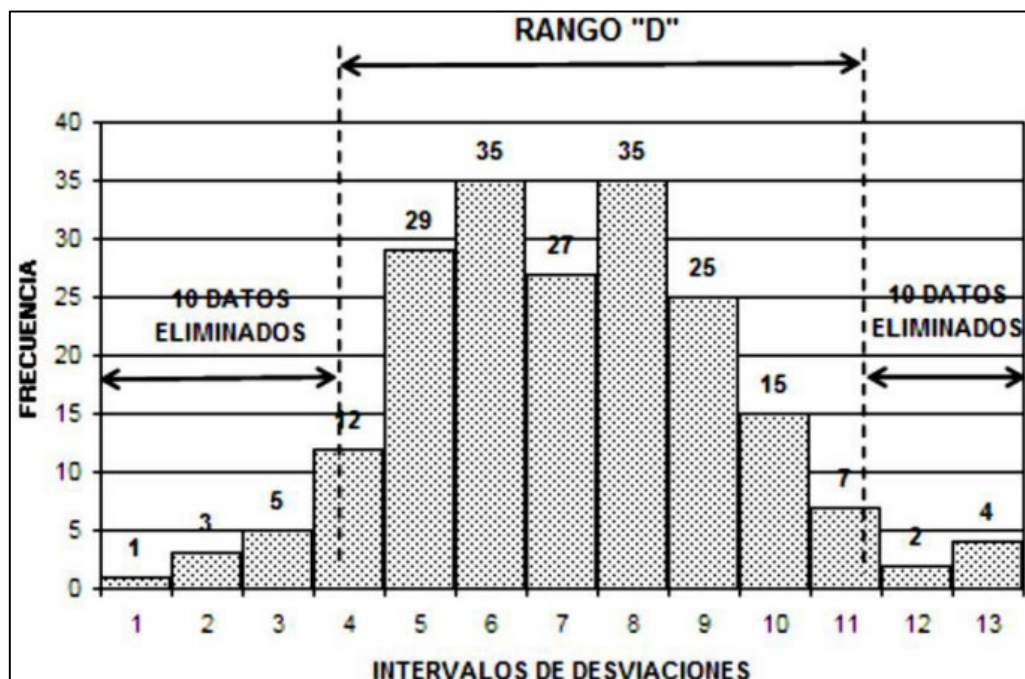
#### Figura 4

*Representación Gráfica de la Medición de Desviaciones de la Superficie del Pavimento respecto de la Cuerda Promedio.*



*Nota: Del Aguila Rodriguez, 1999*

Se define también que en base a la cuerda promedio es necesario realizar 200 mediciones de desviaciones con respecto a la misma y que a través de un histograma de distribuciones de frecuencias se representaría las 200 mediciones realizadas; de los datos efectuados se procede a depurar el 10% de las muestras (10 datos en cada lado del histograma), en donde el intervalo restante se le conoce como Rango de Muestra (D), el cual es el parámetro que establece la magnitud de la dispersión.

**Figura 5***Representación Gráfica del Histograma.**Nota: Del Aguila Rodriguez, 1999.***2.2.14 Cálculo del IRI**

Del Aguila Rodriguez, 1999. Propone expresiones en base a las interpretaciones que le otorga al uso del Rugosímetro de Merlín, las cuales son las siguientes:

✓ Si:  $2.4 < IRI < 15.9$  ó  $D > 50\text{mm}$

$$\therefore IRI = 0.593 + 0.0471(D) \dots\dots\dots \text{Ecuación 01}$$

✓ Si:  $IRI < 2.4$  ó  $D < 50\text{mm}$

$$\therefore IRI = 0.0485(D) \dots\dots\dots \text{Ecuación 02}$$

Nota:

- La Ecuación 01 se utiliza también para la evaluación de pavimentos en servicio.

- La Ecuación 02 se utiliza también para la evaluación de pavimentos nuevos.

## **2.3 Definición de Términos Básicos**

### **2.3.1 Rugosidad**

La rugosidad se define como la “Desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal” (ASTM E867-06, 2012).

### **2.3.2 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**

El IRI es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento; representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta,  $IRI = 0$ ) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida. Las diferencias entre los perfiles (irregularidades) obedecen principalmente al proceso constructivo y a la utilización de la carretera” (Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados, 2006, p. 19).

### **2.3.3 Rugosímetro de Merlín**

El Rugosímetro de Merlín conocido también como el Perfilómetro Estático Merlín, basa su funcionamiento en determinar la desviación del terreno frente a una cuerda definida entre 2 puntos ubicados antes y después del punto de medición. Para ello, el MERLIN utiliza un patín en contacto con el piso en el punto de medición, tal como se muestra en el cual permite encontrar la desviación del terreno respecto a la cuerda, definida por los puntos de apoyo del soporte posterior y la rueda anterior” (Instrumento Electrónico para la estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) con base en el Perfilómetro Estático Merlín, 2012).

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación de la Zona de Estudio

#### 3.1.1 Ubicación Política

La presente investigación se realizó en la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 de la Provincia de Jaén.

País : Perú

Región : Cajamarca

Departamento : Cajamarca

Provincia : Jaén

Distrito : Jaén

#### 3.1.2 Ubicación Geográfica

Las coordenadas del área de estudio corresponden al sistema de referencia WGS84 y Zona 17 M, a continuación, se establece las coordenadas UTM:

**Tabla 5**

*Ubicación del Punto de Inicio y Final de la Vía en Estudio.*

| Punto            | Coordenadas Geográficas |                 | Coordenadas UTM |            | Zona | Elevación (msnm) |
|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|------------|------|------------------|
|                  | Longitud                | Latitud         | Este (m)        | Norte (m)  |      |                  |
| INICIO: Km 0+000 | 78° 48' 16.10" O        | 5° 42' 51.68" S | 743160.78       | 9367907.24 | 17 M | 724.75           |
| FIN: Km 0+810    | 78° 48' 10.87" O        | 5° 42' 26.99" S | 743324.28       | 9368665.60 | 17 M | 715.30           |

**Figura 6**

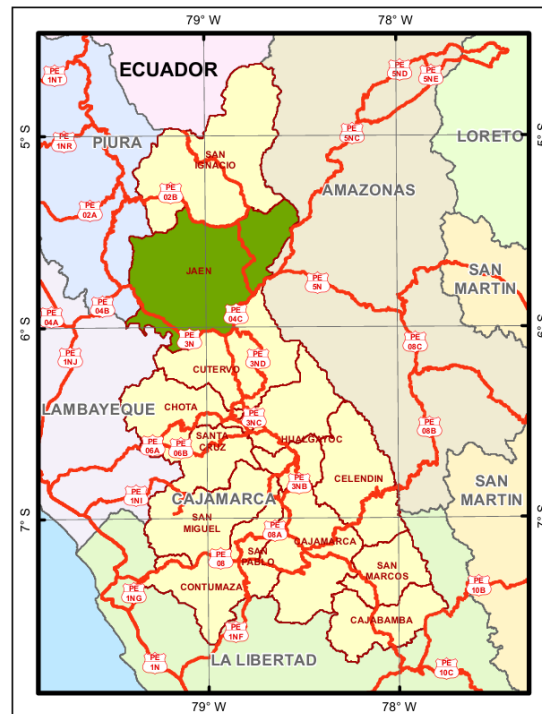
*Ubicación del Departamento de Cajamarca en el Mapa del Perú.*



*Nota: Mapa Vial Departamental, MTC.*

**Figura 7**

*Ubicación de la Provincia de Jaén en el Mapa de Cajamarca.*



*Nota: Mapa Vial Provincial, MTC.*

**Figura 8**

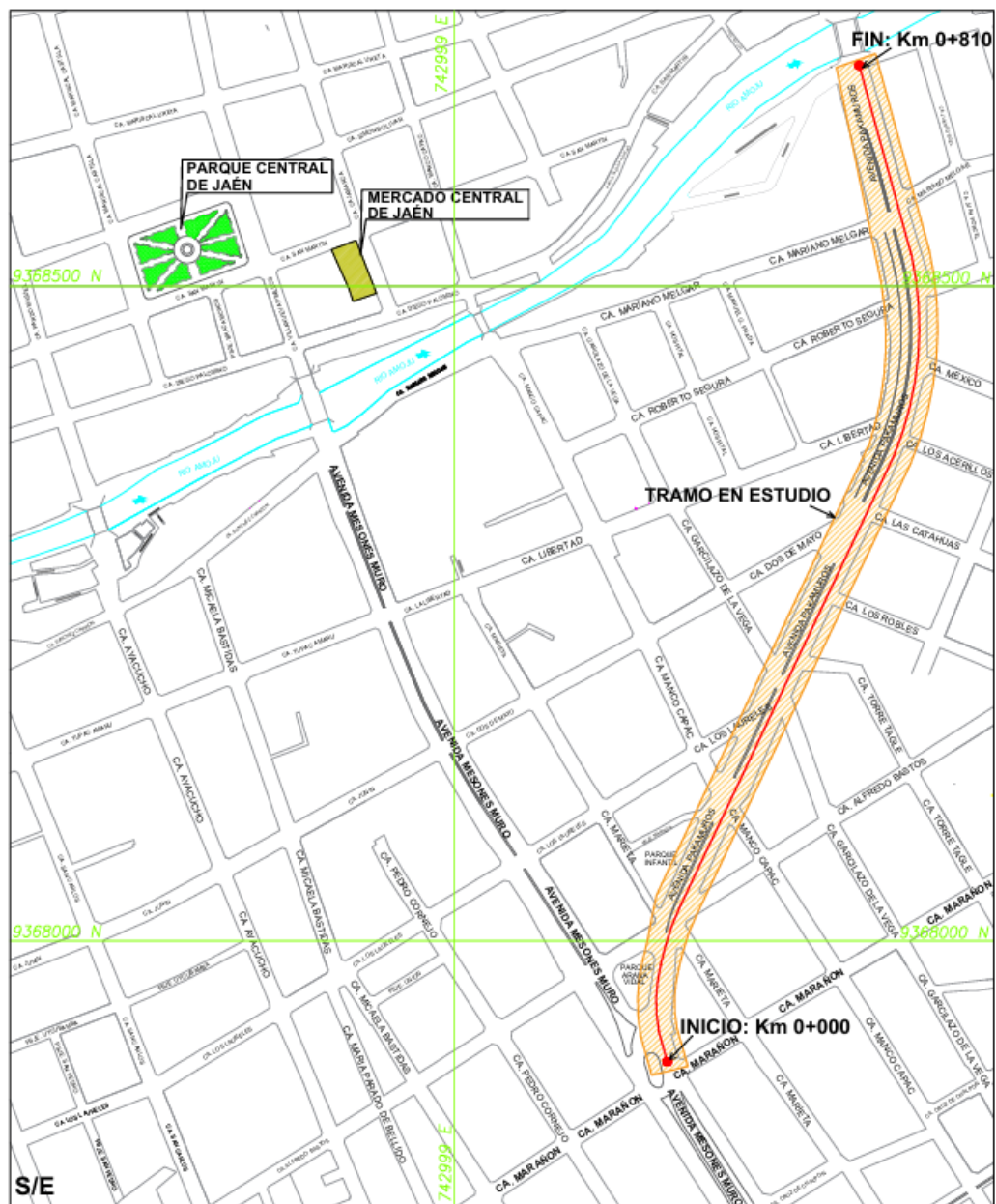
*Ubicación del Distrito de Jaén en el Provincia de Jaén.*



*Nota: Estudio de Diagnóstico y Zonificación para fines de demarcación Territorial de la Provincia de Jaén.*

### Figura 9

*Ubicación de la Avenida Pakamuros Cdra. 01 a la Cdra. 10, Km 0+000 – Km 0+810.*



*Nota: Plano Catastral de la Ciudad de Jaén, 2024.*

### 3.2 Metodología

### 3.2.1 Población y Muestra

- ✓ Población: Estuvo conformada por el pavimento las 10 primeras cuadras de la Avenida Pakamuros, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca.
- ✓ Muestra: Estuvo conformada por el pavimento las 10 primeras cuadras de la Avenida Pakamuros, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca.

### **3.2.2 Unidad de Análisis**

Condición superficial del pavimento en la avenida Pakamuros cdra. 01 - la cdra. 10 con el índice de rugosidad internacional (IRI)

### **3.2.3 Unidad de Observación**

Está conformada por la longitud del tramo en estudio, por el ancho de carril, por el perfil longitudinal de la vía en estudio y por el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

### **3.2.4 Tipo y Método de Investigación**

- ✓ Tipo: Aplicada.
- ✓ Método: Comparativa.

### **3.2.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

- ✓ Técnica: Los datos se recogerán en base a la aplicación de la metodología IRI.
- ✓ Instrumentos: Formatos de aforo vehicular y el uso del instrumento de Rugosímetro de Merlín.

### **3.2.6 Análisis e Interpretación de Datos**

Se hará mediante el uso comparativo de las escalas recomendadas en el MTC para la determinación del Estado en que se encuentra la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10.

## **3.3 Procedimiento**

### **3.3.1 Trabajo en Campo**

Se realizó el recorrido con el fin de determinar los puntos de inicio, referencia para el levantamiento topográfico; además, de establecer un punto estratégico para la toma de datos para determinar el aforo vehicular del área de estudio.

**a) Levantamiento Topográfico:**

Se realizó a lo largo de toda la Avenida Pakamuros de la cuadra 01 hasta la cuadra 10 del Distrito de Jaén, con el uso de la estación total a fin de determinar las características de la vía, como su topografía, perfil longitudinal y las secciones de la vía por cuadras. Se realizó los siguientes pasos del levantamiento topográfico:

- Se realiza un reconocimiento in situ en toda la vía de estudio identificando el eje vial de la Avenida Pakamuros desde la cuadra 01 hasta la cuadra 10 y sus límites del terreno a levantar.
- Se procede a estacionar el equipo topográfico en un punto visible que divise el punto de inicio (Km 0+000) y la mayor cantidad de puntos a tomar lectura a lo largo de la vía de estudio.
- Se hace el marcado de puntos de control (BM's) con la toma de coordenadas y cotas.
- Se procede al traspaso de medidas y datos de los BM's a la estación total para dar inicio con el levantamiento topográfico mediante la toma de puntos hasta el punto de fin (Km 0+810).

De este levantamiento topográfico se obtuvo lo necesario para determinar la composición del terreno del área de estudio, el perfil longitudinal y también las secciones de vía por cuadras.

**b) Estudio de Tráfico Vehicular:**

El estudio se desarrolló mediante un afora vehicular, contempla el conteo directo de vehículos durante siete días seguidos, días laborales y no laborales, con el fin de obtener el movimiento de vehículos en una determinada vía.

Este estudio se efectuó partiendo con ubicar un punto estratégico en el punto intermedio del área de estudio, donde exista mayor visibilidad. Además,

este conteo vehicular tuvo una duración de 16 horas continuas por día (5:00 am hasta las 9:00 pm), teniendo el apoyo de un ayudante que intercalará dejando días para la toma de datos.

La clasificación vehicular empleada fue la recomendada por el MTC en cuanto al estudio de tráfico, el cual agrupa los vehículos en motocicletas, vehículos livianos y pesados.

### **3.3.2 Reconocimiento en Campo del Área de Estudio**

Se realizó el recorrido en toda el área de estudio, de la Cdra. 01 a la Cdra. 10 de la Avenida Pakamuros, con el propósito de saber en qué estado se encuentra la vía y poder identificar los escenarios apropiados para realizar los ensayos. Durante un reconocimiento de día y noche del flujo vehicular, se determinó realizar el ensayo de noche/madrugada puesto que hasta el promediar las 24 horas hasta las 04 horas (12 a.m. – 03 a.m.) el flujo vehicular es mínimo y óptimo para iniciar el los ensayos y evitar accidentes o interrupción en el tráfico vehicular.

### **3.3.3 Características de la Vía**

**3.3.3.1 Singularidades de la Vía.** Las singularidades encontradas en la Avenida Pakamuros desde la cuadra 01 hasta la cuadra 10 son: 03 gibas, 10 tapas de alcantarilla; además, presenta un tramo de asfalto y un tramo de concreto del carril derecho y el carril izquierdo, respectivamente.

## Fotografía 1

*Presencia de Gibas en la Vía en Estudio.*



*Nota: Giba de concreto sin pintar ubicada en la Cdra. 09 de la Avenida Pakamuros.*

**Fotografía 2**

*Presencia de Tapas de Alcantarilla en la Vía en Estudio.*



*Nota: Tapa de alcantarilla desgastada ubicada en la Cdra. 04 de la Avenida Pakamuros.*

### Fotografía 3

*Carril Derecho de Asfalto de Vía en Estudio.*



#### Fotografía 4

*Carril Izquierdo de Concreto de Vía en Estudio.*



#### 3.3.3.2 Patologías Superficiales en la Vía:

##### a) Ahuellamientos:

Es una deformación del pavimento, presente comúnmente en pavimento flexible, en donde los factores que implican este comportamiento inusual de la carpeta asfáltica generan conflictos en el tránsito vehicular, siendo uno de las mayores consecuencias la causa de accidentes vehiculares. Este tipo de falla depende de factores como: la presencia de altas temperaturas, desacertada selección de materiales y/o agregados, mal diseño de cargas a soportar, y/o presencia de altas cargas de diseño.

### Fotografía 5

*Ahuellamiento en pavimento flexible que se extiende todo el carril derecho.*



*Nota: Ahuellamiento ubicada en la intersección de la Calle Mariano Melgar y Avenida Pakamuros, en el carril derecho.*

#### **b) Exceso de mezcla:**

Este es una causa principalmente de factor humano, puesto que no hay un control en cuanto a la mezcla del pavimento ni la supervisión de la misma al momento de ejecutar vaceado de asfalto en la vía, conllevando a que se riegue en exceso la mezcla asfáltica en el pavimento. Este exceso se puede determinar mediante una inspección visual en campo comparando niveles de superficie de rodadura con niveles de exceso de asfalto

**Fotografía 6**

*Exceso de Mezcla Asfáltica.*



*Nota: Exceso de Mezcla Asfáltica ubicada en la Intersección de la Avenida Pakamuros, carril derecho, y la Calle México.*

**c) Desprendimiento de agregados:**

Es el desgaste gradual de la superficie de rodadura en donde se genera el desprendimiento del material fino que conforma el pavimento. Esto es causado por múltiples factores, como el tiempo de vida útil, las constantes lluvias en la zona, el uso de agregado, entre otros.

## Fotografía 7

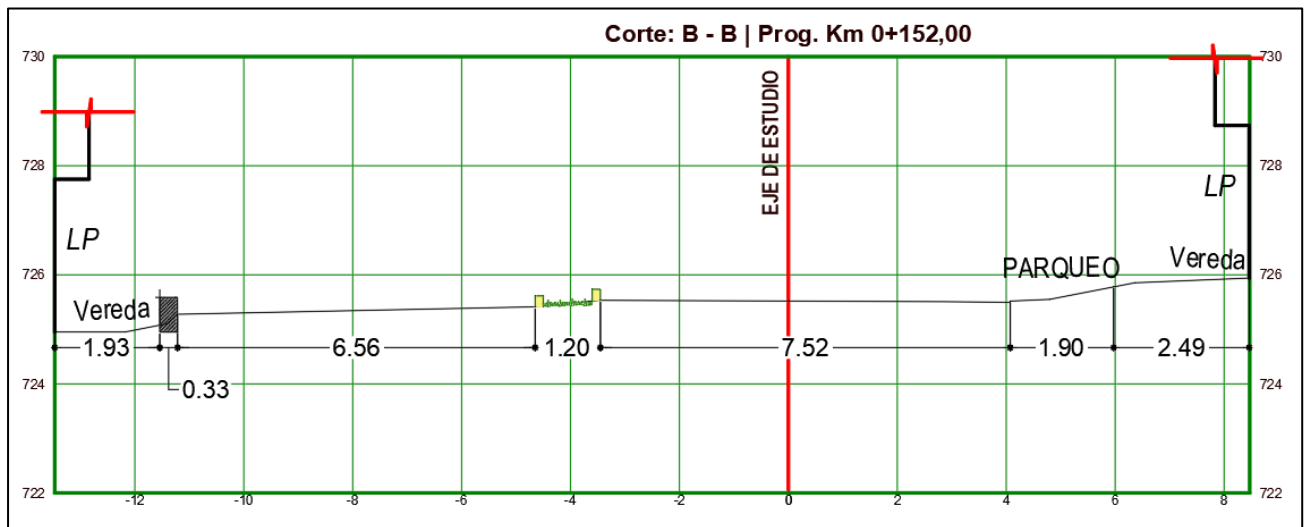
### *Desprendimiento de Agregados.*



*Nota: Desprendimiento de agregado ubicado en la cuadra 02 de la Avenida Pakamuros, en el carril derecho.*

#### **d) Sección Típica de la Vía:**

Las secciones de la vía se realizaron en conjunto con el levantamiento topográfico, obteniendo la situación actual de las secciones del área de estudio mediante la toma por cuadras para determinar su sección.

**Figura 10***Sección Típica de la Cuadra 02.***e) Aforo Vehicular:**

Se realizó el cálculo del Índice Medio Diario Total con la suma del flujo de los vehículos en ambos carriles (carril derecho y carril izquierdo):

$$IMD_{TOTAL} = IMD_{Carril Derecho} + IMD_{Carril Izquierdo} \dots\dots\dots \text{Ecuación 03}$$

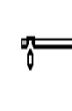
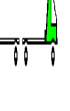
Luego, se calculó el Índice Medio Diario Semanal, el cual es determinada con el índice medio diario total de toda la semana por cada tipo de vehículo dividido entre el número de días que duro el conteo vehicular:

$$IMD_S = \frac{IMD_{TOTAL}}{7} \dots\dots\dots \text{Ecuación 04}$$

Por último, se calculó el IMDA, el cual se determinó multiplicando el IMDs y el Factor de Corrección (el Fc es de la Estación de Peaje: P055 Pomahuaca - Promedio (2010-2020)), para vehículos livianos y pesados:

$$IMDA = IMD_S \times Fc \dots\dots\dots \text{Ecuación 05}$$

**Tabla 6***Resumen del Conteo Vehicular.*

| DÍA       |            | Moto<br>lineal                                                                    | Moto<br>Taxi                                                                      | AUTO                                                                              | STATION<br>WAGON                                                                  | CAMIONETAS                                                                        |                                                                                   |                                                                                   | BUS                                                                               |                                                                                   | CAMION                                                                             |                                                                                     |                                                                                     | SEMI TRAYLER                                                                        |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | TRAYLER                                                                             |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | TOTAL                                                                               |         |
|-----------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|           |            |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | PICK UP                                                                           | Panel                                                                             | RURAL<br>Combi                                                                    | MICRO                                                                             | 2 E                                                                               | >=3 E                                                                              | 2 E                                                                                 | 3 E                                                                                 | 4 E                                                                                 | T2S1/T2S2                                                                           | T2S3                                                                                | T3S1/3S2                                                                            | T3S3                                                                                | 2T2                                                                                 | 2T3                                                                                 | 3T2                                                                                 |                                                                                     | >=3T3   |
|           |            |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |         |
|           |            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |         |
| LUNES     | 10/02/2025 | 7,492                                                                             | 11,548                                                                            | 696                                                                               | 828                                                                               | 1,439                                                                             | 186                                                                               | 299                                                                               | 6                                                                                 | 6                                                                                 | 6                                                                                  | 418                                                                                 | 98                                                                                  | 5                                                                                   | 6                                                                                   | 4                                                                                   | 6                                                                                   | 61                                                                                  | 0                                                                                   | 2                                                                                   | 3                                                                                   | 3                                                                                   | 23,112  |
| MARTES    | 11/02/2025 | 10,737                                                                            | 14,783                                                                            | 631                                                                               | 792                                                                               | 1,306                                                                             | 42                                                                                | 272                                                                               | 2                                                                                 | 5                                                                                 | 9                                                                                  | 429                                                                                 | 90                                                                                  | 10                                                                                  | 4                                                                                   | 4                                                                                   | 8                                                                                   | 62                                                                                  | 2                                                                                   | 1                                                                                   | 4                                                                                   | 1                                                                                   | 29,194  |
| MIERCOLES | 12/02/2025 | 10,732                                                                            | 14,195                                                                            | 599                                                                               | 533                                                                               | 1,201                                                                             | 33                                                                                | 238                                                                               | 3                                                                                 | 4                                                                                 | 2                                                                                  | 314                                                                                 | 46                                                                                  | 11                                                                                  | 1                                                                                   | 2                                                                                   | 3                                                                                   | 32                                                                                  | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 27,949  |
| JUEVES    | 13/02/2025 | 12,031                                                                            | 14,538                                                                            | 577                                                                               | 535                                                                               | 1,306                                                                             | 33                                                                                | 305                                                                               | 2                                                                                 | 3                                                                                 | 1                                                                                  | 405                                                                                 | 66                                                                                  | 15                                                                                  | 1                                                                                   | 2                                                                                   | 0                                                                                   | 40                                                                                  | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 29,860  |
| VIERNES   | 14/02/2025 | 11,844                                                                            | 14,567                                                                            | 549                                                                               | 447                                                                               | 1,375                                                                             | 13                                                                                | 285                                                                               | 1                                                                                 | 4                                                                                 | 1                                                                                  | 425                                                                                 | 68                                                                                  | 1                                                                                   | 0                                                                                   | 1                                                                                   | 1                                                                                   | 36                                                                                  | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 2                                                                                   | 29,620  |
| SABADO    | 15/02/2025 | 12,194                                                                            | 14,998                                                                            | 587                                                                               | 702                                                                               | 1,518                                                                             | 31                                                                                | 296                                                                               | 0                                                                                 | 4                                                                                 | 10                                                                                 | 500                                                                                 | 103                                                                                 | 7                                                                                   | 7                                                                                   | 8                                                                                   | 4                                                                                   | 47                                                                                  | 1                                                                                   | 1                                                                                   | 1                                                                                   | 0                                                                                   | 31,019  |
| DOMINGO   | 16/02/2025 | 9,784                                                                             | 12,268                                                                            | 548                                                                               | 727                                                                               | 1,266                                                                             | 15                                                                                | 295                                                                               | 0                                                                                 | 5                                                                                 | 14                                                                                 | 287                                                                                 | 85                                                                                  | 3                                                                                   | 3                                                                                   | 4                                                                                   | 1                                                                                   | 32                                                                                  | 0                                                                                   | 0                                                                                   | 1                                                                                   | 2                                                                                   | 25,340  |
| TOTAL     |            | 74,814                                                                            | 96,897                                                                            | 4,187                                                                             | 4,564                                                                             | 9,411                                                                             | 353                                                                               | 1,990                                                                             | 14                                                                                | 31                                                                                | 43                                                                                 | 2,778                                                                               | 556                                                                                 | 52                                                                                  | 22                                                                                  | 25                                                                                  | 23                                                                                  | 310                                                                                 | 3                                                                                   | 4                                                                                   | 9                                                                                   | 8                                                                                   | 196,094 |

**Tabla 7***Resumen del Índice Medio Diario Semanal.*

| TIPO DE VEHÍCULOS      | LUNES         | MARTES        | MIÉRCOLES     | JUEVES        | VIERNES       | SABADO        | DOMINGO       | SUMA TOTAL<br>(IMDTOTAL) | IMDs          |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|---------------|
| Moto lineal            | 7,492         | 10,737        | 10,732        | 12,031        | 11,844        | 12,194        | 9,784         | 74,814                   | 10,688        |
| Moto Taxi              | 11,548        | 14,783        | 14,195        | 14,538        | 14,567        | 14,998        | 12,268        | 96,897                   | 13,843        |
| AUTO                   | 696           | 631           | 599           | 577           | 549           | 587           | 548           | 4,187                    | 599           |
| STATION WAGON          | 828           | 792           | 533           | 535           | 447           | 702           | 727           | 4,564                    | 652           |
| PICK UP                | 1,439         | 1,306         | 1,201         | 1,306         | 1,375         | 1,518         | 1,266         | 9,411                    | 1,345         |
| PANEL                  | 186           | 42            | 33            | 33            | 13            | 31            | 15            | 353                      | 51            |
| RURAL                  |               |               |               |               |               |               |               |                          |               |
| Combi                  | 299           | 272           | 238           | 305           | 285           | 296           | 295           | 1,990                    | 285           |
| MICRO                  | 6             | 2             | 3             | 2             | 1             | 0             | 0             | 14                       | 2             |
| BUS 2E                 | 6             | 5             | 4             | 3             | 4             | 4             | 5             | 31                       | 5             |
| BUS >=3 E              | 6             | 9             | 2             | 1             | 1             | 10            | 14            | 43                       | 7             |
| CAMIÓN 2E              | 418           | 429           | 314           | 405           | 425           | 500           | 287           | 2,778                    | 397           |
| CAMIÓN 3E              | 98            | 90            | 46            | 66            | 68            | 103           | 85            | 556                      | 80            |
| CAMIÓN 4E              | 5             | 10            | 11            | 15            | 1             | 7             | 3             | 52                       | 8             |
| SEMI TRAYLER T2S1/T2S2 | 6             | 4             | 1             | 1             | 0             | 7             | 3             | 22                       | 4             |
| SEMI TRAYLER T2S3      | 4             | 4             | 2             | 2             | 1             | 8             | 4             | 25                       | 4             |
| SEMI TRAYLER T3S1/3S2  | 6             | 8             | 3             | 0             | 1             | 4             | 1             | 23                       | 4             |
| SEMI TRAYLER T3S3      | 61            | 62            | 32            | 40            | 36            | 47            | 32            | 310                      | 45            |
| TRAYLER 2T2            | 0             | 2             | 0             | 0             | 0             | 1             | 0             | 3                        | 1             |
| TRAYLER 2T3            | 2             | 1             | 0             | 0             | 0             | 1             | 0             | 4                        | 1             |
| TRAYLER 3T2            | 3             | 4             | 0             | 0             | 0             | 1             | 1             | 9                        | 2             |
| TRAYLER >=3T3          | 3             | 1             | 0             | 0             | 2             | 0             | 2             | 8                        | 2             |
| <b>TOTAL IMD</b>       | <b>23,112</b> | <b>29,194</b> | <b>27,949</b> | <b>29,860</b> | <b>29,620</b> | <b>31,019</b> | <b>25,340</b> | <b>196,094</b>           | <b>28,025</b> |

**Tabla 8***Resumen del Índice Medio Diario Anual.*

| TIPO DE VEHÍCULOS      | IMDs   | FACTOR DE CORRECCIÓN (Fc) | IMDA          |
|------------------------|--------|---------------------------|---------------|
| MOTO LINEAL            | 10,688 |                           | 12,455        |
| MOTO TAXI              | 13,843 |                           | 16,131        |
| AUTO                   | 599    |                           | 698           |
| STATION WAGON          | 652    | 1.1653                    | 760           |
| PICK UP                | 1,345  |                           | 1,567         |
| PANEL                  | 51     |                           | 59            |
| RURAL Combi            | 285    |                           | 332           |
| MICRO                  | 2      |                           | 2             |
| BUS 2E                 | 5      |                           | 6             |
| BUS >=3 E              | 7      |                           | 8             |
| CAMIÓN 2E              | 397    |                           | 443           |
| CAMIÓN 3E              | 80     |                           | 89            |
| CAMIÓN 4E              | 8      |                           | 9             |
| SEMI TRAYLER T2S1/T2S2 | 4      | 1.1158                    | 4             |
| SEMI TRAYLER T2S3      | 4      |                           | 4             |
| SEMI TRAYLER T3S1/3S2  | 4      |                           | 4             |
| SEMI TRAYLER T3S3      | 45     |                           | 50            |
| TRAYLER 2T2            | 1      |                           | 1             |
| TRAYLER 2T3            | 1      |                           | 1             |
| TRAYLER 3T2            | 2      |                           | 2             |
| TRAYLER >=3T3          | 2      |                           | 2             |
| <b>TOTAL IMDA</b>      |        |                           | <b>32,627</b> |

## f) Ejecución de Ensayos:

### - *Procedimiento*

El ensayo se realizó en la Avenida Pakamuros, de la Cdra. 01 a la Cdra. 10, previo reconocimiento de la zona para identificar el horario adecuado a realizar el ensayo, una vez definido el horario a trabajar se comienza a iniciar con el ensayo, a ello se debe de tener un equipo de trabajo que conste de dos personas, uno que sería el operador del instrumento y el otro que tome nota de las lecturas que arroje el instrumento de Rugosímetro de Merlín.

Ahora se procede a estacionar el instrumento desde el punto de partida, teniendo como referencia una marca en la rueda del patín móvil de Merlín en donde esta deberá estar posicionado al ras de la superficie del pavimento, esta marca permite al operador tener referencia del momento en que se deberá estacionar para la toma de lectura según indique el puntero sobre la escala graduada del tablero (lectura entre 1 y 50), es decir cada ensayo se realizará al cabo de una vuelta de la rueda del instrumento de Merlín.

El ayudante deberá apoyar verificando que la marca este al ras del pavimento y anotar la lectura de inmediato en su cuaderno de apuntes para que luego sea transferido a un formato de ensayo tal como el que se muestra en la Tabla 8, este proceso se deberá repetir hasta completar las 200 lecturas y así sucesivamente hasta el punto final del ensayo.

Cabe indicar que para temas de este estudio se realizó tres ensayos por carril para tener mayor efectividad en los resultados sobre el estado real del pavimento y que la toma de la lectura de los 200 puntos dieron

## g) Ejemplo de Cálculo del IRI en base a lo desarrollado en esta Tesis

### l) *Datos:*

Tramo : 01

Carril : Carril Derecho (1er de ida); tomado en sentido de la Cdra. 01 a la Cdra. 10 de la Pakamuros.

Muestra : M-01

Progresiva : 0+000 km – 0+400 km

Longitud : 400 m

**II) Llenado de lecturas en campo en los primeros 400 m:**

**Tabla 9**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín.*

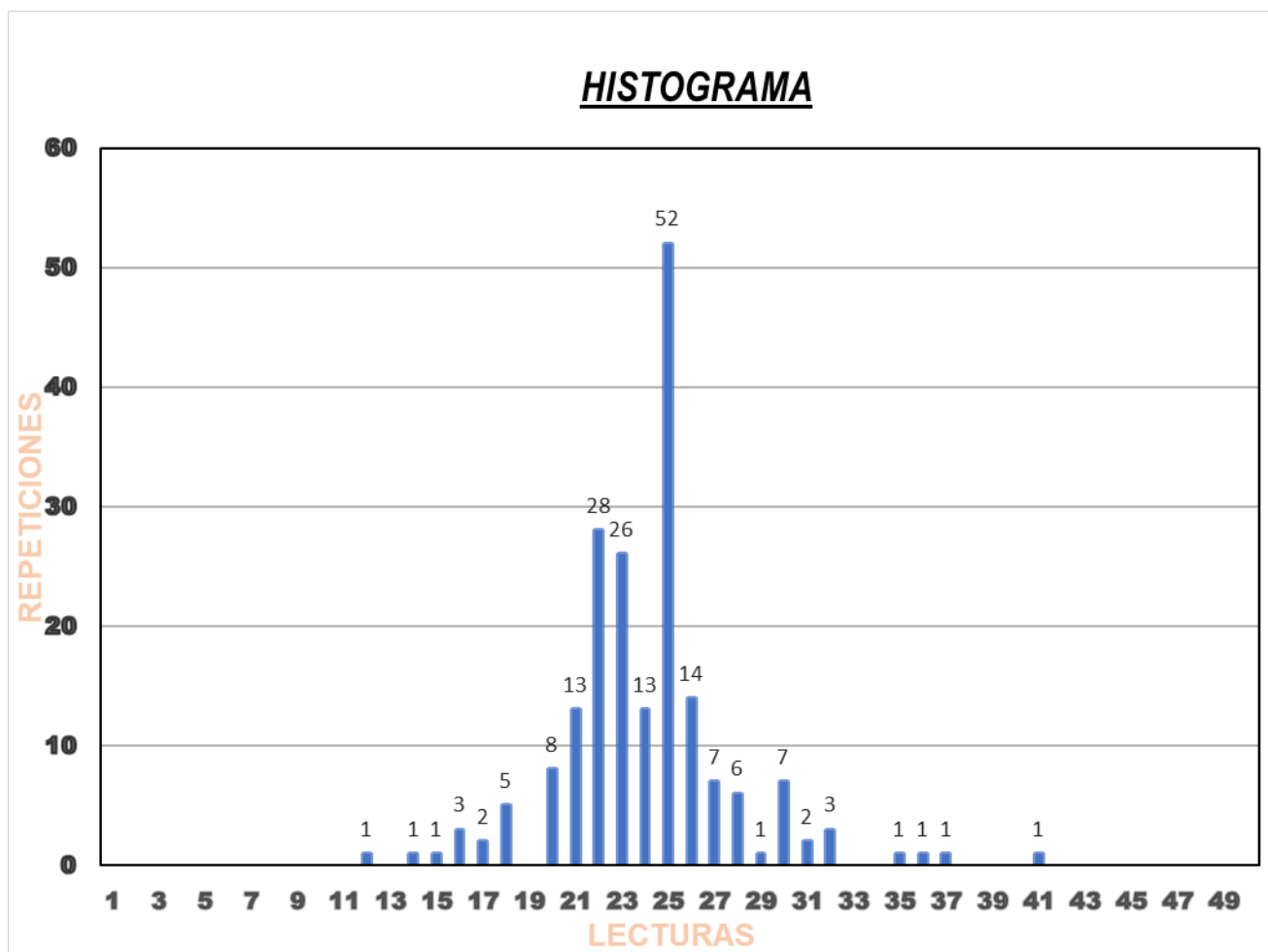
| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |    |    |    |    |               |                 |       |       |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|---------------|-----------------|-------|-------|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |    |    |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |       |       |
| Unidad de Muestra                              | : M - 01                          |    |    |    |    | Provincia     | : Jaén          |       |       |
| Carril                                         | : Derecho                         |    |    |    |    | Distrito      | : Jaén          |       |       |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |    |    |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |       |       |
| 25                                             | 22                                | 37 | 22 | 25 | 25 | 24            | 25              | 26    | 24    |
| 26                                             | 30                                | 26 | 20 | 25 | 25 | 24            | 21              | 22    | 25    |
| 15                                             | 25                                | 25 | 23 | 23 | 22 | 26            | 23              | 25    | 25    |
| 24                                             | 27                                | 25 | 22 | 23 | 23 | 21            | 25              | 23    | 25    |
| 21                                             | 21                                | 22 | 25 | 23 | 24 | 22            | 22              | BUZON | 25    |
| 20                                             | 23                                | 21 | 23 | 26 | 24 | 25            | 27              | 22    | 18    |
| 25                                             | 35                                | 27 | 24 | 22 | 27 | 25            | 23              | 23    | 16    |
| 28                                             | 30                                | 25 | 22 | 18 | 24 | 25            | 26              | 18    | 26    |
| 22                                             | 30                                | 22 | 25 | 28 | 23 | 25            | 21              | 20    | 26    |
| 25                                             | 27                                | 20 | 26 | 25 | 25 | 22            | BUZON           | 18    | 25    |
| 21                                             | 12                                | 31 | 23 | 22 | 22 | 23            | 36              | 28    | 24    |
| 25                                             | 30                                | 14 | 22 | 25 | 25 | 21            | 30              | 23    | BUZON |
| 25                                             | 25                                | 30 | 32 | 25 | 22 | 23            | 25              | 24    | 23    |
| 29                                             | 28                                | 23 | 16 | 25 | 26 | 27            | 21              | 26    | 26    |
| 17                                             | 20                                | 16 | 20 | 21 | 21 | 22            | 22              | 23    | 25    |
| 22                                             | 28                                | 18 | 21 | 28 | 23 | 25            | 25              | 22    | 25    |
| 32                                             | 25                                | 30 | 20 | 25 | 26 | 23            | 25              | 25    | 27    |
| 25                                             | 17                                | 22 | 23 | 25 | 23 | 24            | 25              | 32    | 24    |
| 31                                             | 25                                | 26 | 25 | 25 | 22 | 22            | 25              | 22    | 23    |
| 21                                             | 41                                | 20 | 23 | 25 | 25 | 23            | 22              | 24    | 22    |

**III) Cálculo del Rango D:**

Para este paso se realiza la eliminación de 10 datos del extremo inferior y 10 datos del extremo superior del histograma, como se muestra a continuación:

**Figura 11**

*Histograma de las lecturas para medición del IRI.*



Se eliminarán 10 datos del eje de las “lecturas” del histograma (fig. 12), se eliminan de izquierda a derecha y viceversa, quedando de la siguiente manera:

Lado izquierdo: se eliminan los datos de la lectura 12, 14, 15, 16, 17 y 2 datos de la lectura 18, quedando:  $3/5 = 0.600$

Lado derecho: se eliminan los datos de la lectura 41, 37, 36, 35, 32, 31 y 1 dato de la lectura 30, quedando:  $6/7 = 0.857$

Por lo tanto, los datos restantes serán tomado para la continuación del análisis:

$$\text{Rango} = 3/5 + 10 + 6/7$$

$$\text{Rango} = 0.600 + 10 + 0.857$$

$$\text{Rango} = 11.457 \text{ unidades.}$$

Para el cálculo del Rango “D” se debe tener en cuenta las unidades, el cual está evaluado en milímetros, por el cual se multiplica el rango, calculado previamente, con el valor de una unidad en milímetros, siendo 5mm. En consecuencia, se obtiene lo siguiente:

$$\text{Rango D} = 11.457 \text{ und.} \times \frac{5\text{mm}}{1 \text{ und}}$$

$$\text{Rango D} = 57.286 \text{ mm}$$

#### **IV) Rango D corregido:**

Para el valor de D corregido se deberá efectuar la multiplicación entre el valor D calculado en el ítem III (pag. 41) y el Factor de Corrección del mismo, calculado en el ítem IV (pag. 41):

El valor del Factor de Corrección (Fc):

$$F_c = \frac{(ep \times 10)}{[(P_i - P_f) \times 5]} \dots\dots\dots \text{Ecuación 6}$$

Donde:

ep: Espesor de la pastilla de calibración

Pi: Posición inicial del puntero del Rugosímetro de Merlín

Pf: Posición final del puntero del Rugosímetro de Merlín

Si la posición inicial del puntero del Rugosímetro de Merlín es 25 y la final 14, por lo tanto, el Factor de Corrección es:

$$F_c = (5 \times 10) / [(25 - 14) \times 5]$$

$$F_c = 0.91$$

Por lo tanto, el valor de D corregido es:

$$D_c = (57.286 \text{ mm}) * (0.91 \text{ mm})$$

$$D_c = 52.078$$

Este valor será el condicionante para determinar la rugosidad en unidades IRI.

#### **V) *Cálculo de la Rugosidad en unidades IRI:***

En este paso se procede a determinar el valor de la rugosidad en unidades IRI del tramo trabajado, en donde haremos uso de las ecuaciones 1 o 2 (pag. 19) según sea el caso.

Como el  $D > 50 \text{ mm}$ , se tiene:

$$IRI = 0.593 + 0.0471(D)$$

$$IRI = 0.593 + 0.0471(52.078)$$

$$IRI = 3.05 \text{ m/km}$$

### **3.4 Análisis de Datos y Resultados Obtenidos**

#### **3.4.1 *Análisis de las Muestras Tomadas***

Los datos obtenidos en base al estudio realizado dieron resultados en concordancia con lo analizado, teniendo en cuenta los formatos de la toma de lecturas y los procedimientos establecidos mediante el análisis del rugosímetro de merlín para la obtención del estado del pavimento en estudio, tal como el indicado en el ejemplo de cálculo del IRI (pag. 38), es por ello que se obtiene lo siguiente:

#### **I) Carril Derecho:**

##### **Muestra 01 (M-01): Tramo KM 0+000 – 0+400**

La toma de lecturas se registró en su totalidad con presencia de singularidades (0+000 – 0+070 km es pavimento rígido y 0+070 – 0+400 km pavimento flexible) se encontraron además 03 tapas de buzones que son excluidas del análisis de las lecturas tomadas, registrando 197 lecturas en la toma de la primera muestra, teniendo un pavimento en “Regular” estado. Esta

muestra fue realizada en el sentido de ida (del punto de inicio del estudio hacia el fin del mismo).

### **Muestra 02 (M-02): Tramo KM 0+400 – 0+810**

En la toma de lecturas hubo presencia de singularidades, como la presencia de buzones y de una giba (lecturas 136 y 137), todo el pavimento en este tramo es flexible, de las cuales de las 205 lecturas solo fueron analizadas 201, en la toma de la segunda y última muestra, teniendo un pavimento en “Buen” estado. Esta muestra fue realizada en el sentido de ida (del punto de inicio del estudio hacia el fin del mismo).

Para este estudio de tesis se realizó la toma de muestras tres veces por carril, en donde de todas las singularidades, solo se encuentra las gibas para el carril derecho tanto en el eje del carril y como en el extremo izquierdo del mismo, de las cuales son las M-03, M-04, M-05 y M-06.

## **II) Carril Izquierdo:**

### **Muestra 07 (M-07): Tramo KM 0+000 – 0+400**

En la toma de lecturas hubo presencia de singularidades, como la presencia de una giba (lecturas 60 y 61) en las cuales, de las 200 lecturas solo fueron analizadas 198, en la toma de la primera muestra, teniendo un pavimento en “Regular” estado. Esta muestra fue realizada en el sentido de retorno (del punto final del estudio hacia el inicio del mismo). Además, este análisis fue dado en pavimento rígido.

### **Muestra 08 (M-08): Tramo KM 0+400 – 0+810**

En la toma de lecturas hubo presencia de singularidades, como la presencia de buzones y de dos gibas (lecturas 47 y 48) en las cuales fueron excluidas, quedando 199 lecturas analizadas, en la toma de la segunda y última muestra, teniendo un pavimento en “Buen” estado. Esta muestra fue realizada en el sentido de ida (del punto de inicio del estudio hacia el fin del mismo). Además, este análisis fue dado en pavimento rígido.

Así mismo, se realizó la toma de muestras tres veces del mismo carril, en donde hubo presencia de singularidades y de las cuales fueron analizadas

las lecturas correspondientes para evitar la alteración de las muestras, de las cuales son las M-09, M-10, M-11 y M12.

### 3.4.2 Resultados del Análisis de las Muestras Tomadas

#### 3.4.2.1 Cálculo del IRI de la Av. Pakamuros Cdra. 01 a la Cdra. 10:

##### a) Carril Derecho Unidad de Muestra 01 (IDA):

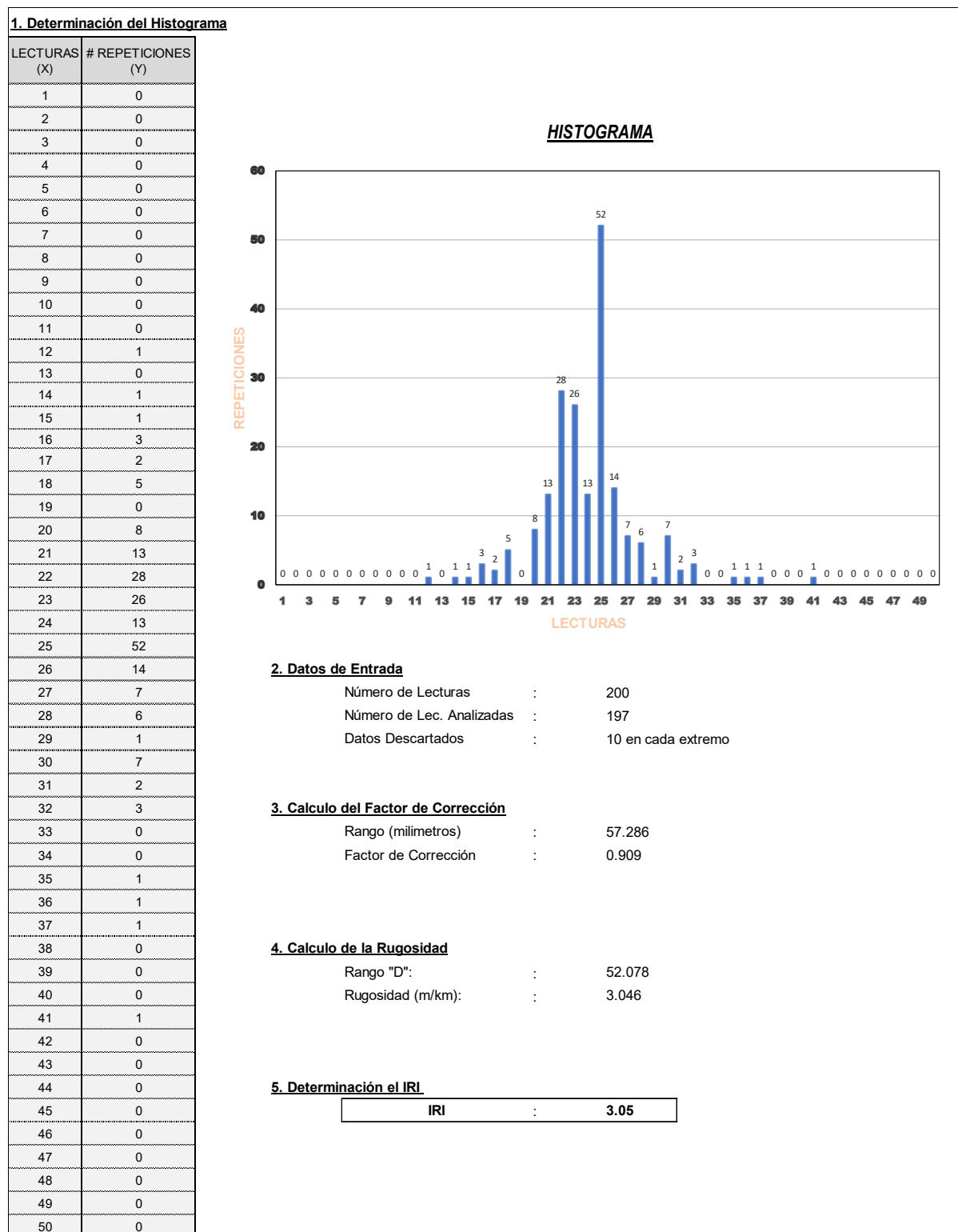
**Tabla 10**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 01 (M-01): Tramo KM 0+000 – 0+400.*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |    |    |    |    |               |                 |       |       |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|---------------|-----------------|-------|-------|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |    |    |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |       |       |
| Unidad de Muestra                              | : M - 01                          |    |    |    |    | Provincia     | : Jaén          |       |       |
| Carril                                         | : Derecho                         |    |    |    |    | Distrito      | : Jaén          |       |       |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |    |    |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |       |       |
| 25                                             | 22                                | 37 | 22 | 25 | 25 | 24            | 25              | 26    | 24    |
| 26                                             | 30                                | 26 | 20 | 25 | 25 | 24            | 21              | 22    | 25    |
| 15                                             | 25                                | 25 | 23 | 23 | 22 | 26            | 23              | 25    | 25    |
| 24                                             | 27                                | 25 | 22 | 23 | 23 | 21            | 25              | 23    | 25    |
| 21                                             | 21                                | 22 | 25 | 23 | 24 | 22            | 22              | BUZON | 25    |
| 20                                             | 23                                | 21 | 23 | 26 | 24 | 25            | 27              | 22    | 18    |
| 25                                             | 35                                | 27 | 24 | 22 | 27 | 25            | 23              | 23    | 16    |
| 28                                             | 30                                | 25 | 22 | 18 | 24 | 25            | 26              | 18    | 26    |
| 22                                             | 30                                | 22 | 25 | 28 | 23 | 25            | 21              | 20    | 26    |
| 25                                             | 27                                | 20 | 26 | 25 | 25 | 22            | BUZON           | 18    | 25    |
| 21                                             | 12                                | 31 | 23 | 22 | 22 | 23            | 36              | 28    | 24    |
| 25                                             | 30                                | 14 | 22 | 25 | 25 | 21            | 30              | 23    | BUZON |
| 25                                             | 25                                | 30 | 32 | 25 | 22 | 23            | 25              | 24    | 23    |
| 29                                             | 28                                | 23 | 16 | 25 | 26 | 27            | 21              | 26    | 26    |
| 17                                             | 20                                | 16 | 20 | 21 | 21 | 22            | 22              | 23    | 25    |
| 22                                             | 28                                | 18 | 21 | 28 | 23 | 25            | 25              | 22    | 25    |
| 32                                             | 25                                | 30 | 20 | 25 | 26 | 23            | 25              | 25    | 27    |
| 25                                             | 17                                | 22 | 23 | 25 | 23 | 24            | 25              | 32    | 24    |
| 31                                             | 25                                | 26 | 25 | 25 | 22 | 22            | 25              | 22    | 23    |
| 21                                             | 41                                | 20 | 23 | 25 | 25 | 23            | 22              | 24    | 22    |

**Figura 12**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 01 (M-01): Tramo KM 0+000 – 0+400*



**b) Carril Derecho Unidad de Muestra 02 (IDA):**

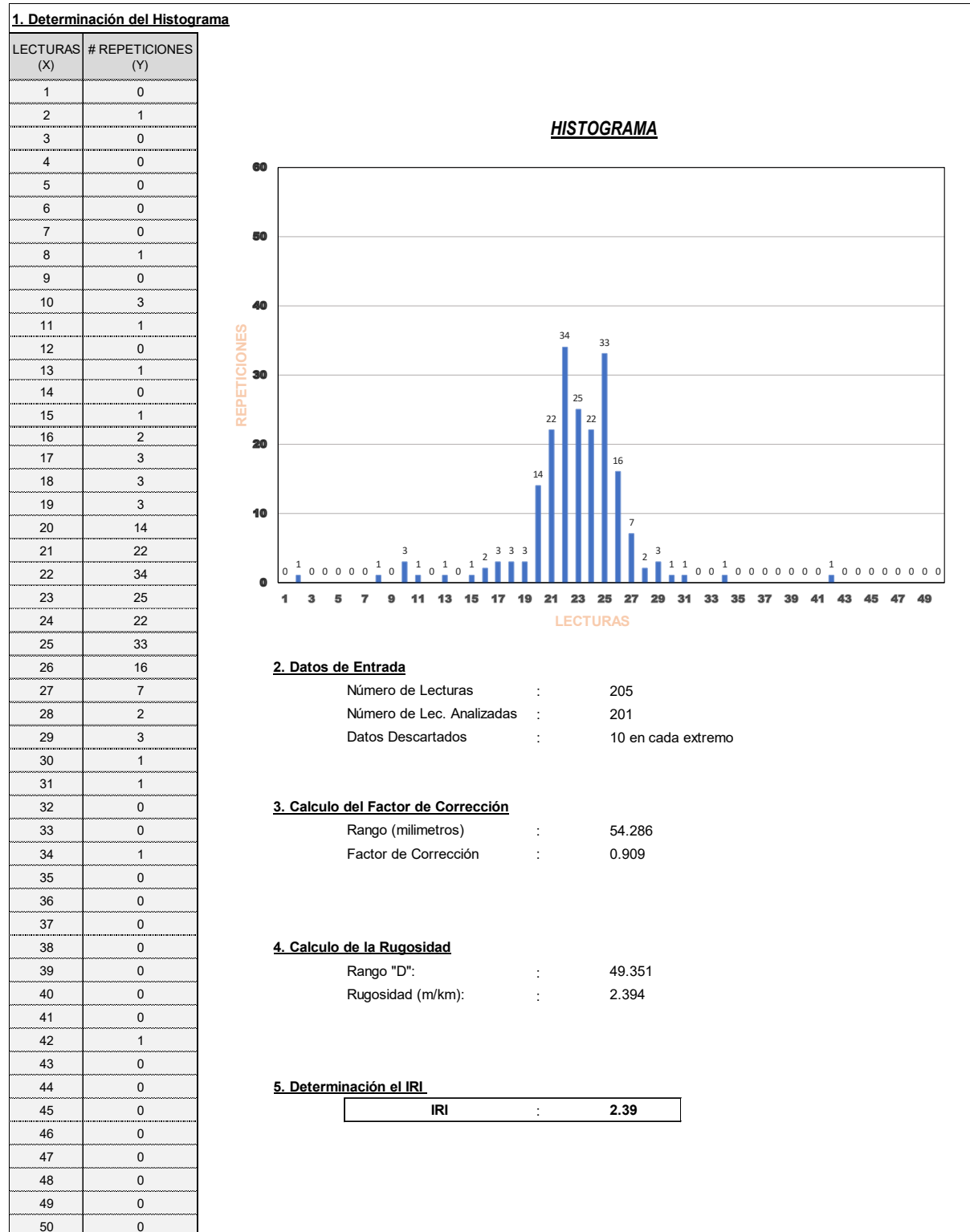
**Tabla 11**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 02 (M-02): Tramo KM 0+400 – 0+810*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |       |    |    |    |               |                 |    |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|----|----|----|---------------|-----------------|----|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |       |    |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 02                          |       |    |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |    |
| Carril                                         | : Derecho                         |       |    |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |       |    |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |    |
| 22                                             | 21                                | 24    | 25 | 21 | 20 | 23            | 21              | 23 | 25 | 24 |
| 20                                             | 26                                | 24    | 22 | 21 | 23 | 20            | 23              | 20 | 24 | 22 |
| 24                                             | 21                                | 24    | 18 | 22 | 27 | 29            | 22              | 24 | 22 | 24 |
| 24                                             | 21                                | 30    | 19 | 22 | 17 | 21            | 20              | 21 | 22 | 25 |
| 22                                             | 27                                | 25    | 27 | 18 | 29 | 20            | 24              | 26 | 22 | 26 |
| 25                                             | 27                                | 26    | 25 | 22 | 25 | 23            | 19              | 26 | 25 | -  |
| 20                                             | 22                                | 31    | 25 | 25 | 29 | 24            | 22              | 24 | 23 | -  |
| 25                                             | 21                                | 25    | 25 | 18 | 25 | 22            | 15              | 21 | 25 | -  |
| 21                                             | BUZON                             | 20    | 21 | 34 | 23 | 22            | 8               | 22 | 25 | -  |
| 21                                             | 20                                | 25    | 28 | 17 | 23 | 20            | 10              | 23 | 21 | -  |
| 23                                             | 16                                | 23    | 21 | 10 | 25 | 22            | 27              | 23 | 25 | -  |
| 26                                             | 24                                | 26    | 25 | 26 | 25 | 22            | 21              | 23 | 25 | -  |
| 20                                             | 23                                | 26    | 23 | 22 | 22 | 21            | 26              | 23 | 25 | -  |
| 25                                             | 10                                | 22    | 21 | 22 | 24 | 20            | 25              | 22 | 19 | -  |
| 22                                             | 24                                | 22    | 20 | 23 | 11 | 21            | 23              | 24 | 25 | -  |
| 25                                             | 23                                | BUZON | 24 | 26 | 42 | GIVA          | 24              | 25 | 22 | -  |
| 26                                             | 22                                | 13    | 24 | 20 | 2  | GIVA          | 22              | 25 | 22 | -  |
| 27                                             | 21                                | 28    | 23 | 25 | 16 | 21            | 23              | 23 | 25 | -  |
| 26                                             | 26                                | 22    | 24 | 17 | 22 | 22            | 25              | 24 | 26 | -  |
| 23                                             | 27                                | 25    | 22 | 22 | 24 | 21            | 23              | 26 | 23 | -  |

**Figura 13**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 02 (M-02): Tramo KM 0+400 – 0+810.*



**c) Carril Derecho Unidad de Muestra 03 (REGRESO):**

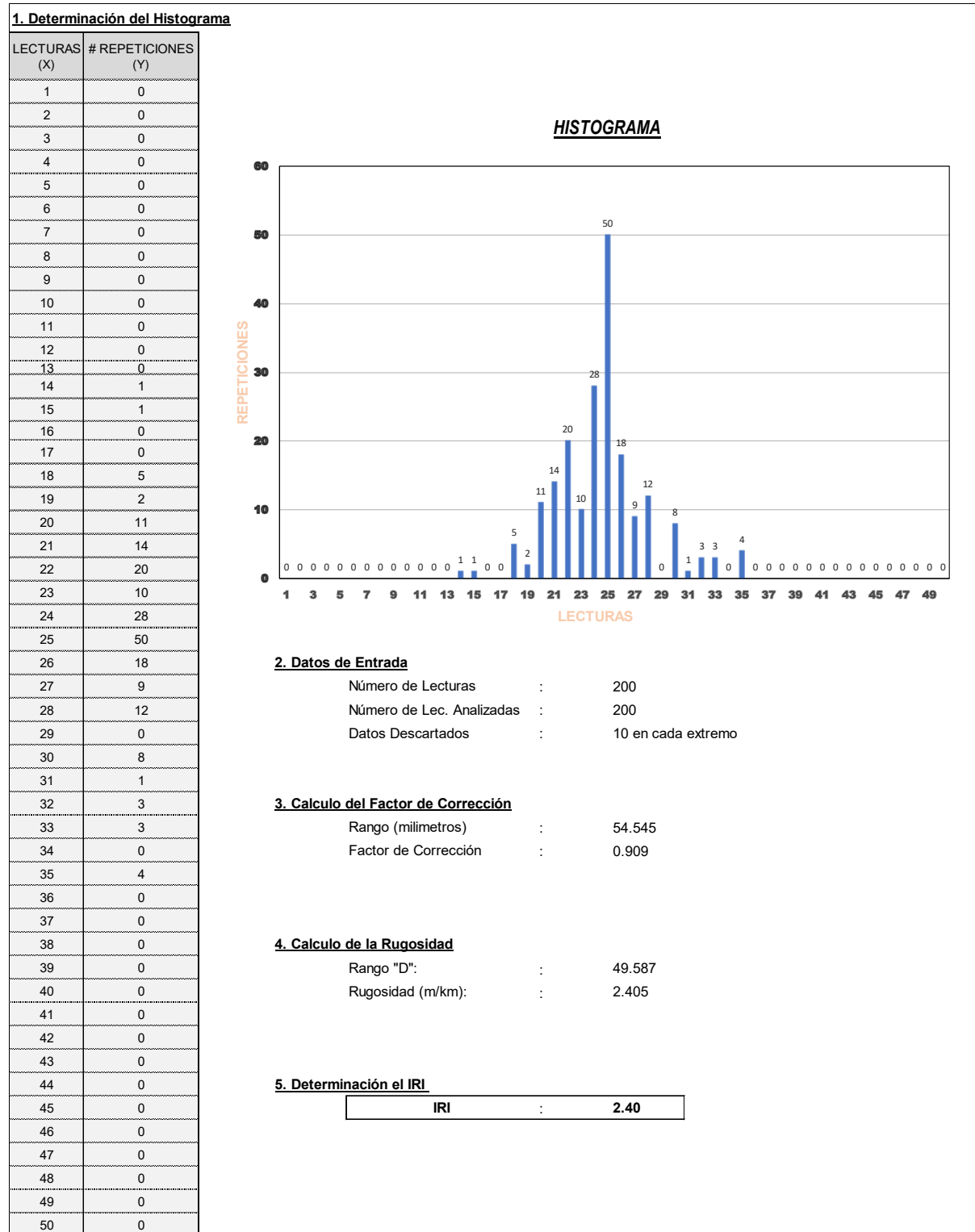
**Tabla 12**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 03 (M-03): Tramo KM 0+000 – 0+400*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |    |    |    |    |               |                 |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|---------------|-----------------|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |    |    |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 03                          |    |    |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |
| Carril                                         | : Derecho                         |    |    |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |    |    |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |
| 24                                             | 25                                | 28 | 23 | 25 | 25 | 27            | 24              | 24 | 25 |
| 20                                             | 26                                | 24 | 22 | 25 | 21 | 25            | 25              | 27 | 25 |
| 22                                             | 24                                | 20 | 21 | 23 | 23 | 30            | 25              | 25 | 25 |
| 23                                             | 28                                | 21 | 27 | 21 | 24 | 35            | 24              | 25 | 25 |
| 22                                             | 30                                | 20 | 25 | 21 | 25 | 21            | 24              | 25 | 30 |
| 28                                             | 22                                | 22 | 21 | 27 | 25 | 25            | 26              | 26 | 22 |
| 24                                             | 26                                | 28 | 22 | 30 | 28 | 25            | 22              | 26 | 18 |
| 25                                             | 33                                | 24 | 27 | 20 | 23 | 25            | 20              | 25 | 24 |
| 20                                             | 31                                | 24 | 25 | 22 | 20 | 27            | 22              | 25 | 24 |
| 24                                             | 28                                | 25 | 25 | 24 | 25 | 30            | 21              | 22 | 24 |
| 24                                             | 15                                | 35 | 20 | 24 | 23 | 27            | 26              | 18 | 26 |
| 24                                             | 22                                | 21 | 20 | 26 | 22 | 28            | 26              | 22 | 32 |
| 20                                             | 24                                | 33 | 30 | 25 | 24 | 22            | 25              | 25 | 26 |
| 28                                             | 30                                | 22 | 18 | 25 | 24 | 30            | 25              | 25 | 26 |
| 18                                             | 26                                | 14 | 23 | 22 | 24 | 35            | 24              | 25 | 18 |
| 20                                             | 28                                | 21 | 25 | 32 | 22 | 25            | 26              | 32 | 24 |
| 28                                             | 25                                | 28 | 25 | 26 | 24 | 25            | 21              | 28 | 21 |
| 24                                             | 21                                | 25 | 22 | 26 | 23 | 25            | 19              | 24 | 25 |
| 33                                             | 25                                | 25 | 25 | 27 | 26 | 22            | 23              | 26 | 25 |
| 25                                             | 35                                | 23 | 27 | 25 | 26 | 19            | 21              | 25 | 25 |

**Figura 14**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 03 (M-03): Tramo 0+000 – 0+400.*



**d) Carril Derecho Unidad de Muestra 04 (REGRESO):**

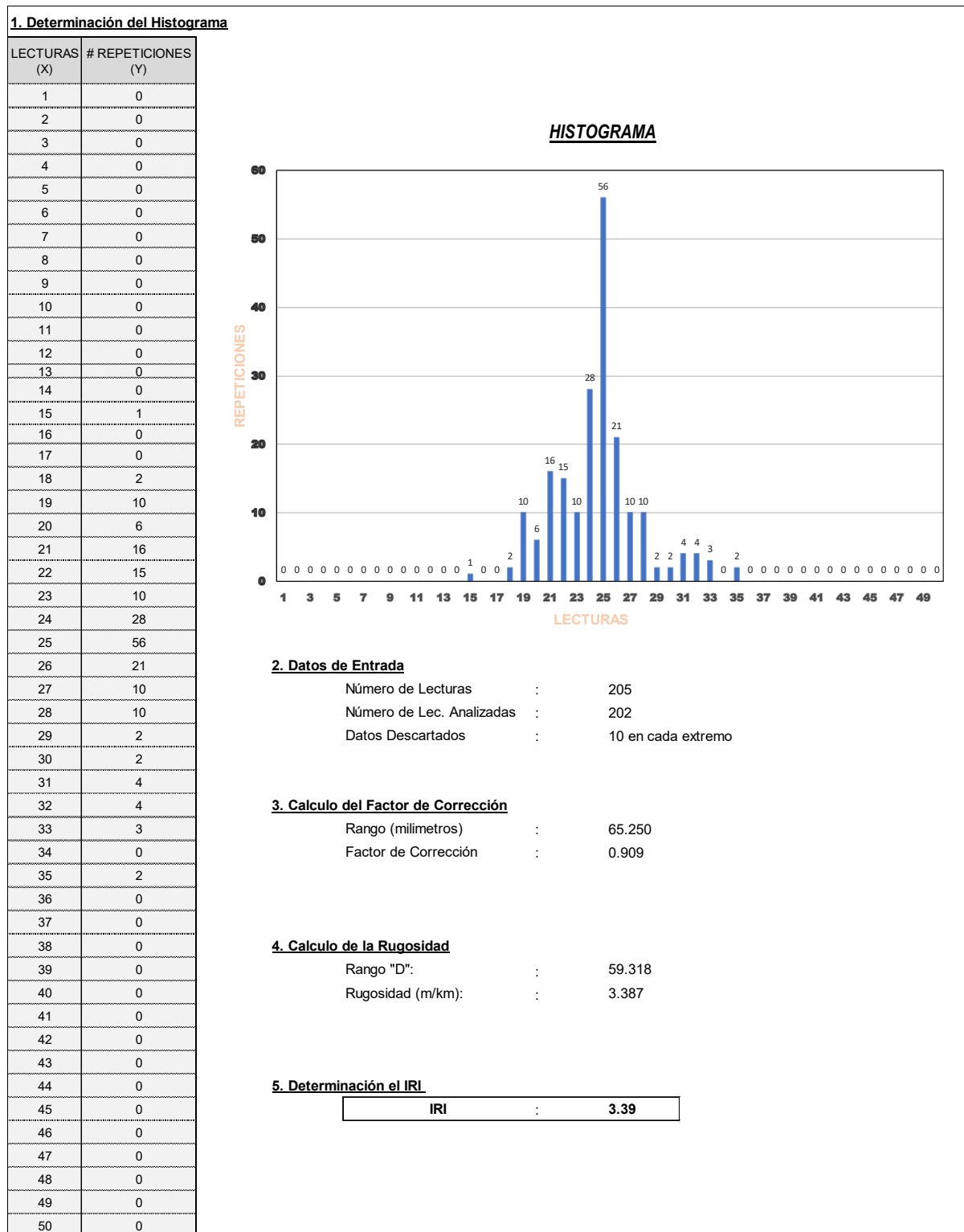
**Tabla 13**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 04 (M-04): Tramo KM 0+400 – 0+810*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |    |    |    |    |               |                 |    |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|---------------|-----------------|----|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |    |    |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 04                          |    |    |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |    |
| Carril                                         | : Derecho                         |    |    |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |    |    |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |    |
| 25                                             | 21                                | 25 | 21 | 31 | 21 | 24            | 24              | 26 | 26 | 25 |
| 32                                             | 22                                | 25 | 23 | 26 | 22 | 26            | 25              | 25 | 26 | 25 |
| 21                                             | 19                                | 23 | 23 | 24 | 24 | 28            | 25              | 25 | 20 | 25 |
| 23                                             | 24                                | 28 | 25 | 24 | 24 | 33            | 25              | 31 | 19 | 25 |
| 24                                             | 26                                | 24 | 25 | 25 | 24 | 21            | 25              | 27 | 30 | 24 |
| 24                                             | 26                                | 24 | 25 | 25 | 25 | 25            | 21              | 19 | 35 | -  |
| 24                                             | 26                                | 22 | 25 | 26 | 27 | 25            | 20              | 22 | 28 | -  |
| 25                                             | 28                                | 18 | 26 | 27 | 21 | 25            | BUZON           | 25 | 19 | -  |
| 22                                             | 24                                | 19 | 32 | 19 | 29 | 25            | 23              | 25 | 21 | -  |
| 25                                             | 26                                | 21 | 25 | 21 | 27 | 25            | 18              | 25 | 27 | -  |
| 24                                             | 32                                | 26 | 26 | 22 | 22 | 22            | 22              | 25 | 24 | -  |
| 24                                             | 26                                | 25 | 25 | 22 | 27 | 20            | 28              | 28 | 24 | -  |
| 23                                             | 25                                | 25 | 25 | 26 | 24 | 19            | 30              | 32 | 25 | -  |
| 15                                             | 25                                | 25 | 26 | 25 | 19 | 22            | 25              | 26 | 25 | -  |
| 20                                             | 25                                | 25 | 23 | 25 | 20 | 20            | 25              | 22 | 31 | -  |
| 26                                             | 24                                | 21 | 25 | 24 | 35 | GIVA          | 27              | 21 | 28 | -  |
| 21                                             | 24                                | 19 | 25 | 28 | 33 | GIVA          | 24              | 23 | 33 | -  |
| 25                                             | 23                                | 21 | 27 | 27 | 26 | 22            | 19              | 25 | 26 | -  |
| 25                                             | 28                                | 28 | 24 | 27 | 24 | 23            | 22              | 25 | 21 | -  |
| 25                                             | 25                                | 31 | 29 | 21 | 24 | 24            | 26              | 25 | 22 | -  |

**Figura 15**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 04 (M-04): Tramo 0+400 – 0+810.*



**e) Carril Derecho Unidad de Muestra 05 (IDA):**

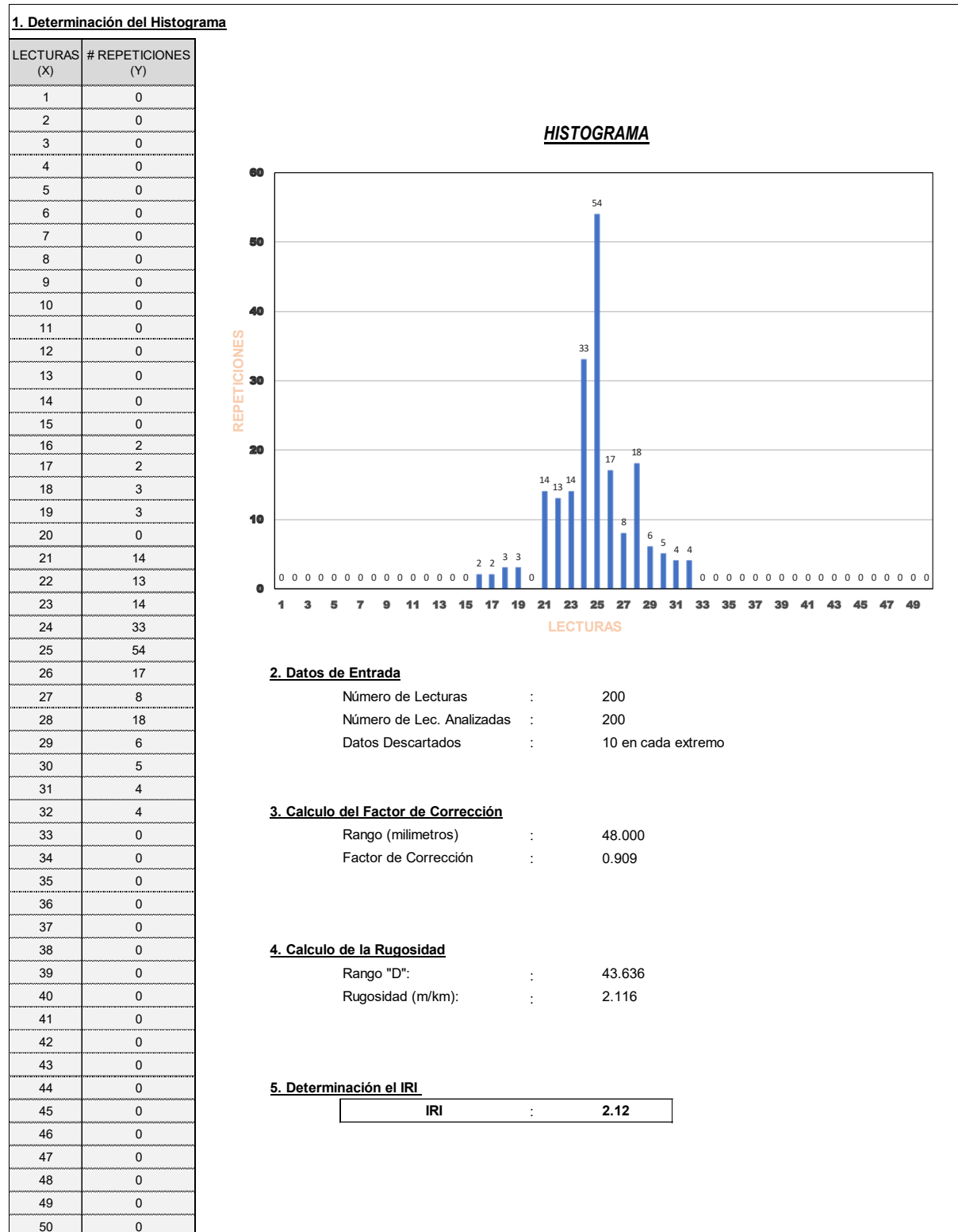
**Tabla 14**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 05 (M-05): Tramo KM 0+000 – 0+400.*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                          |    |    |    |    |               |                        |    |    |
|------------------------------------------------|------------------------------------------|----|----|----|----|---------------|------------------------|----|----|
| Responsable                                    | : <b>Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol</b> |    |    |    |    | Departamento  | : <b>Cajamarca</b>     |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : <b>M - 05</b>                          |    |    |    |    | Provincia     | : <b>Jaén</b>          |    |    |
| Carril                                         | : <b>Derecho</b>                         |    |    |    |    | Distrito      | : <b>Jaén</b>          |    |    |
| Fecha                                          | : <b>Mayo del 2025</b>                   |    |    |    |    | Nombre de Vía | : <b>Av. Pakamuros</b> |    |    |
| 24                                             | 21                                       | 24 | 27 | 25 | 30 | 24            | 24                     | 23 | 25 |
| 25                                             | 26                                       | 25 | 26 | 25 | 29 | 24            | 24                     | 21 | 25 |
| 17                                             | 24                                       | 25 | 25 | 28 | 26 | 21            | 25                     | 28 | 25 |
| 22                                             | 30                                       | 25 | 24 | 21 | 31 | 23            | 25                     | 23 | 25 |
| 24                                             | 25                                       | 19 | 30 | 24 | 21 | 24            | 25                     | 27 | 21 |
| 23                                             | 25                                       | 23 | 28 | 24 | 22 | 30            | 21                     | 25 | 23 |
| 25                                             | 28                                       | 29 | 16 | 23 | 22 | 25            | 21                     | 25 | 22 |
| 27                                             | 26                                       | 24 | 22 | 29 | 23 | 25            | 28                     | 25 | 28 |
| 21                                             | 25                                       | 24 | 24 | 32 | 26 | 25            | 27                     | 21 | 24 |
| 24                                             | 23                                       | 19 | 28 | 26 | 25 | 23            | 23                     | 22 | 24 |
| 25                                             | 16                                       | 32 | 21 | 28 | 25 | 21            | 24                     | 26 | 24 |
| 25                                             | 23                                       | 28 | 24 | 19 | 25 | 28            | 28                     | 26 | 28 |
| 25                                             | 24                                       | 25 | 32 | 22 | 28 | 26            | 22                     | 32 | 31 |
| 26                                             | 24                                       | 25 | 18 | 24 | 27 | 24            | 29                     | 31 | 27 |
| 18                                             | 30                                       | 25 | 21 | 24 | 22 | 25            | 24                     | 29 | 21 |
| 23                                             | 25                                       | 17 | 22 | 26 | 26 | 25            | 24                     | 26 | 26 |
| 25                                             | 26                                       | 28 | 25 | 25 | 29 | 27            | 25                     | 24 | 25 |
| 25                                             | 18                                       | 31 | 25 | 25 | 28 | 22            | 25                     | 24 | 25 |
| 28                                             | 22                                       | 24 | 25 | 25 | 25 | 27            | 25                     | 24 | 25 |
| 23                                             | 28                                       | 22 | 26 | 25 | 25 | 26            | 25                     | 28 | 24 |

**Figura 16**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 05 (M-05): Tramo 0+000 – 0+400.*



**f) Carril Derecho Unidad de Muestra 06 (IDA):**

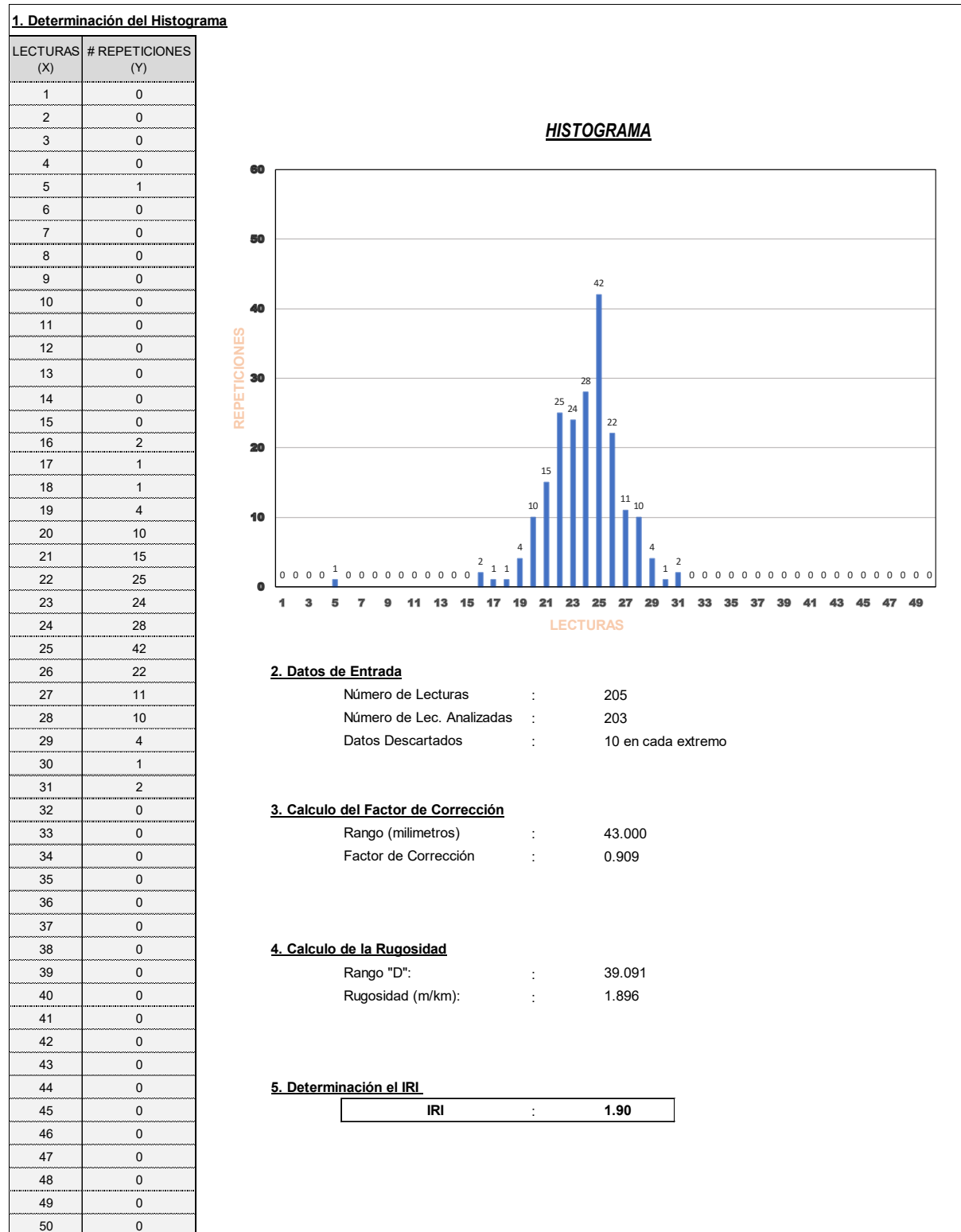
**Tabla 15**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 06 (M-06): Tramo KM 0+400 – 0+810*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |    |    |    |    |               |                 |    |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|----|----|----|----|---------------|-----------------|----|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |    |    |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 06                          |    |    |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |    |
| Carril                                         | : Derecho                         |    |    |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |    |    |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |    |
| 24                                             | 22                                | 18 | 25 | 27 | 25 | 28            | 26              | 27 | 23 | 26 |
| 22                                             | 23                                | 23 | 21 | 25 | 25 | 23            | 25              | 24 | 28 | 23 |
| 28                                             | 27                                | 22 | 23 | 23 | 27 | 26            | 25              | 25 | 26 | 24 |
| 21                                             | 20                                | 23 | 25 | 21 | 22 | 22            | 24              | 25 | 26 | 24 |
| 26                                             | 26                                | 24 | 25 | 26 | 24 | 20            | 27              | 22 | 28 | 27 |
| 26                                             | 22                                | 25 | 25 | 23 | 24 | 24            | 24              | 26 | 23 | -  |
| 23                                             | 21                                | 25 | 25 | 24 | 27 | 21            | 5               | 23 | 31 | -  |
| 25                                             | 23                                | 25 | 25 | 27 | 31 | 26            | 23              | 22 | 22 | -  |
| 25                                             | 16                                | 22 | 20 | 23 | 26 | 27            | 29              | 20 | 26 | -  |
| 22                                             | 19                                | 23 | 26 | 21 | 24 | 29            | 19              | 25 | 25 | -  |
| 21                                             | 22                                | 26 | 23 | 22 | 29 | 26            | 21              | 27 | 25 | -  |
| 28                                             | 21                                | 24 | 28 | 26 | 22 | 24            | 25              | 26 | 23 | -  |
| 22                                             | 22                                | 24 | 22 | 25 | 23 | 24            | 26              | 28 | 22 | -  |
| 24                                             | 24                                | 20 | 22 | 25 | 26 | 28            | 26              | 25 | 27 | -  |
| 20                                             | 21                                | 22 | 24 | 24 | 29 | 20            | 24              | 25 | 24 | -  |
| 25                                             | 25                                | 16 | 25 | 24 | 19 | GIVA          | 21              | 25 | 21 | -  |
| 21                                             | 25                                | 19 | 24 | 30 | 20 | GIVA          | 23              | 25 | 25 | -  |
| 26                                             | 25                                | 22 | 24 | 23 | 25 | 23            | 21              | 21 | 25 | -  |
| 25                                             | 24                                | 25 | 17 | 28 | 25 | 20            | 22              | 22 | 23 | -  |
| 25                                             | 28                                | 25 | 20 | 24 | 25 | 22            | 23              | 24 | 22 | -  |

**Figura 17**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 06 (M-06): Tramo KM 0+400 – 0+810.*



**g) Carril Izquierdo Unidad de Muestra 07 (REGRESO):**

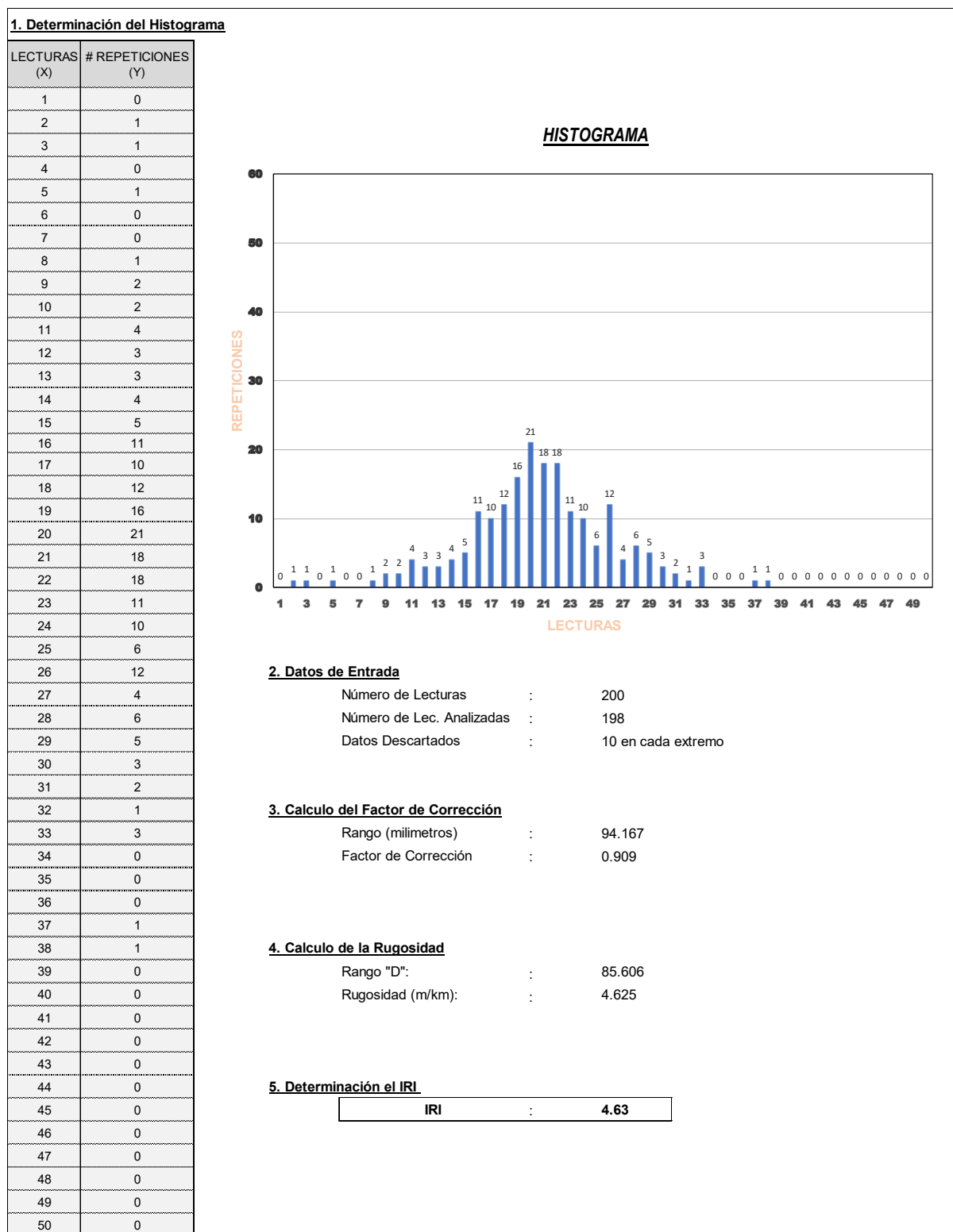
**Tabla 16**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 07 (M-07): Tramo KM 0+000 – 0+400.*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |      |      |    |    |               |                 |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|------|------|----|----|---------------|-----------------|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |      |      |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 07                          |      |      |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |
| Carril                                         | : Izquierdo                       |      |      |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |      |      |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |
| 12                                             | 26                                | 22   | GIVA | 21 | 20 | 26            | 21              | 21 | 26 |
| 26                                             | 18                                | 15   | 21   | 23 | 23 | 33            | 17              | 14 | 23 |
| 21                                             | 19                                | 38   | 24   | 21 | 18 | 25            | 3               | 25 | 15 |
| 24                                             | 18                                | 23   | 22   | 18 | 16 | 11            | 20              | 12 | 9  |
| 20                                             | 25                                | 20   | 26   | 20 | 24 | 22            | 21              | 16 | 18 |
| 16                                             | 28                                | 28   | 26   | 21 | 21 | 20            | 27              | 16 | 20 |
| 22                                             | 18                                | 12   | 20   | 19 | 20 | 17            | 33              | 19 | 24 |
| 22                                             | 17                                | 19   | 17   | 21 | 16 | 19            | 16              | 21 | 29 |
| 22                                             | 21                                | 24   | 26   | 21 | 22 | 26            | 20              | 26 | 27 |
| 22                                             | 14                                | 22   | 24   | 24 | 16 | 23            | 11              | 17 | 18 |
| 15                                             | 2                                 | 20   | 29   | 26 | 20 | 14            | 23              | 20 | 19 |
| 22                                             | 26                                | 29   | 22   | 18 | 17 | 22            | 14              | 11 | 5  |
| 32                                             | 23                                | 29   | 20   | 16 | 10 | 18            | 19              | 17 | 30 |
| 22                                             | 13                                | 16   | 31   | 20 | 13 | 20            | 21              | 16 | 30 |
| 15                                             | 20                                | 16   | 30   | 24 | 27 | 23            | 27              | 18 | 33 |
| 31                                             | 10                                | 24   | 19   | 25 | 20 | 19            | 22              | 22 | 37 |
| 28                                             | 17                                | 28   | 17   | 19 | 20 | 23            | 21              | 28 | 17 |
| 13                                             | 20                                | 8    | 18   | 23 | 22 | 22            | 21              | 9  | 19 |
| 19                                             | 24                                | 21   | 19   | 19 | 22 | 11            | 19              | 25 | 20 |
| 23                                             | 15                                | GIVA | 28   | 21 | 25 | 29            | 26              | 18 | 19 |

**Figura 18**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 07 (M-07): Tramo KM 0+000 – 0+400.*



### h) Carril Izquierdo Unidad de Muestra 8 (REGRESO):

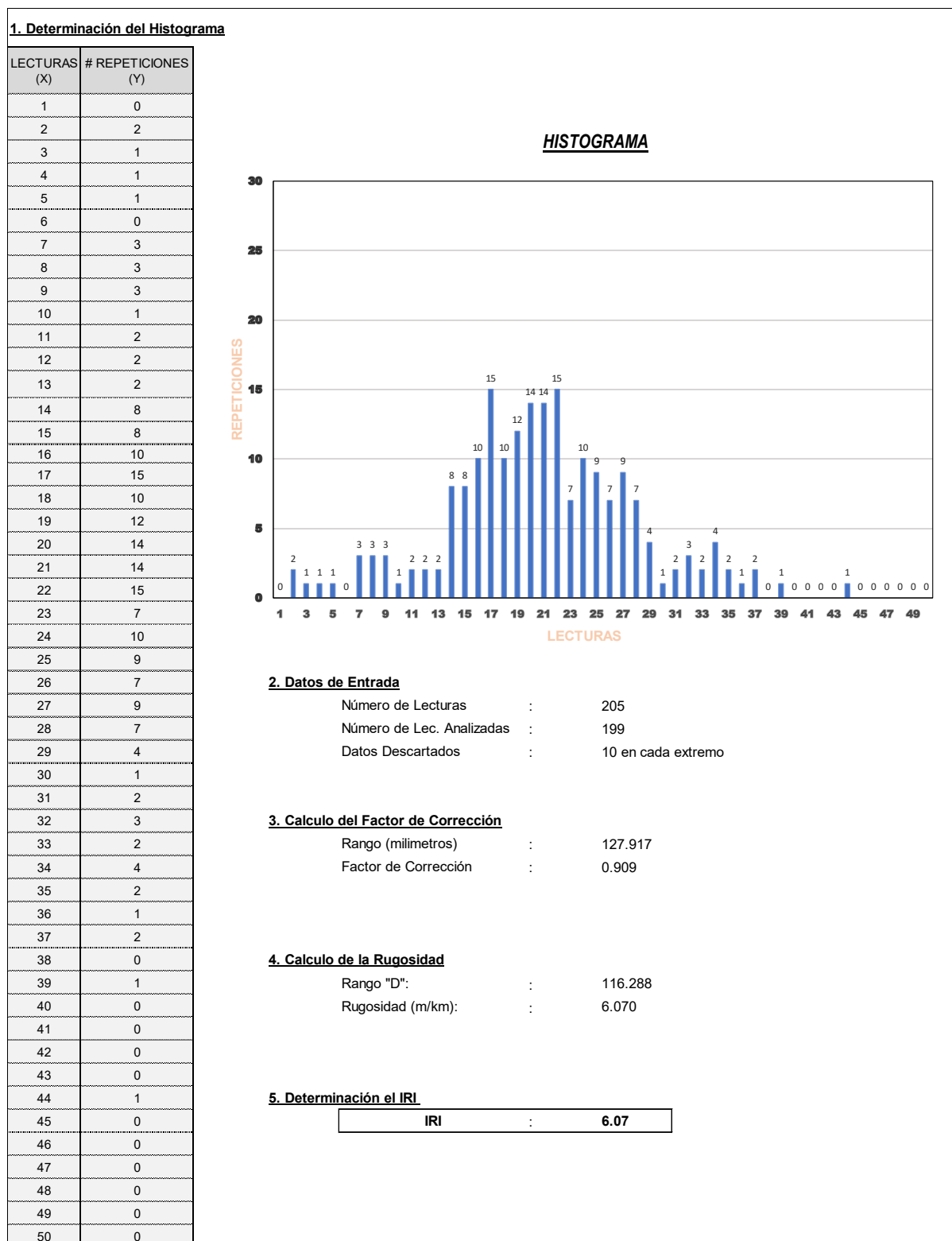
**Tabla 17**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 08 (M-08): Tramo KM 0+400 – 0+810.*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |       |       |    |    |               |                 |    |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|-------|----|----|---------------|-----------------|----|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |       |       |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 08                          |       |       |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |    |
| Carril                                         | : Izquierdo                       |       |       |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |       |       |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |    |
| 22                                             | 29                                | 21    | 18    | 22 | 29 | 34            | 15              | 19 | 19 | 23 |
| 19                                             | 28                                | 12    | 25    | 19 | 16 | 12            | 34              | 14 | 16 | 23 |
| 21                                             | 22                                | 37    | 17    | 3  | 44 | 14            | 16              | 9  | 17 | 16 |
| 21                                             | 18                                | 18    | 37    | 26 | 30 | 17            | 36              | 31 | 20 | 28 |
| 26                                             | 20                                | 17    | 27    | 24 | 9  | 20            | 19              | 26 | 25 | 22 |
| 27                                             | 14                                | 32    | 20    | 2  | 17 | 25            | GIVA            | 18 | 13 | -  |
| 8                                              | 26                                | GIVA  | 27    | 20 | 15 | 17            | GIVA            | 14 | 22 | -  |
| 16                                             | 26                                | GIVA  | 16    | 20 | 13 | 22            | 20              | 10 | 28 | -  |
| 27                                             | 7                                 | 22    | 25    | 24 | 15 | 4             | 21              | 20 | 21 | -  |
| 21                                             | 24                                | 18    | 27    | 9  | 22 | 2             | 16              | 19 | 27 | -  |
| 17                                             | 29                                | 23    | 20    | 35 | 22 | 7             | 25              | 21 | 20 | -  |
| 8                                              | 17                                | 15    | 31    | 24 | 25 | 14            | 18              | 14 | 18 | -  |
| 32                                             | 19                                | BUZON | 23    | 28 | 27 | 18            | 17              | 24 | 22 | -  |
| 19                                             | 25                                | 20    | 35    | 15 | 21 | 17            | 22              | 14 | 17 | -  |
| 24                                             | 8                                 | 23    | 14    | 11 | 17 | 17            | 15              | 20 | 20 | -  |
| 24                                             | 32                                | 22    | BUZON | 25 | 29 | 26            | 33              | 25 | 19 | -  |
| 19                                             | 27                                | 23    | 39    | 28 | 20 | 17            | 18              | 26 | 21 | -  |
| 24                                             | 21                                | 24    | 19    | 28 | 34 | 5             | 24              | 22 | 21 | -  |
| 21                                             | 15                                | 34    | 22    | 33 | 27 | 11            | 19              | 22 | 18 | -  |
| 16                                             | 17                                | 16    | 21    | 23 | 7  | 21            | 28              | 15 | 16 | -  |

**Figura 19**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 08 (M-08): Tramo KM 0+400 – 0+810.*



**i) Carril Izquierdo Unidad de Muestra 9 (IDA):**

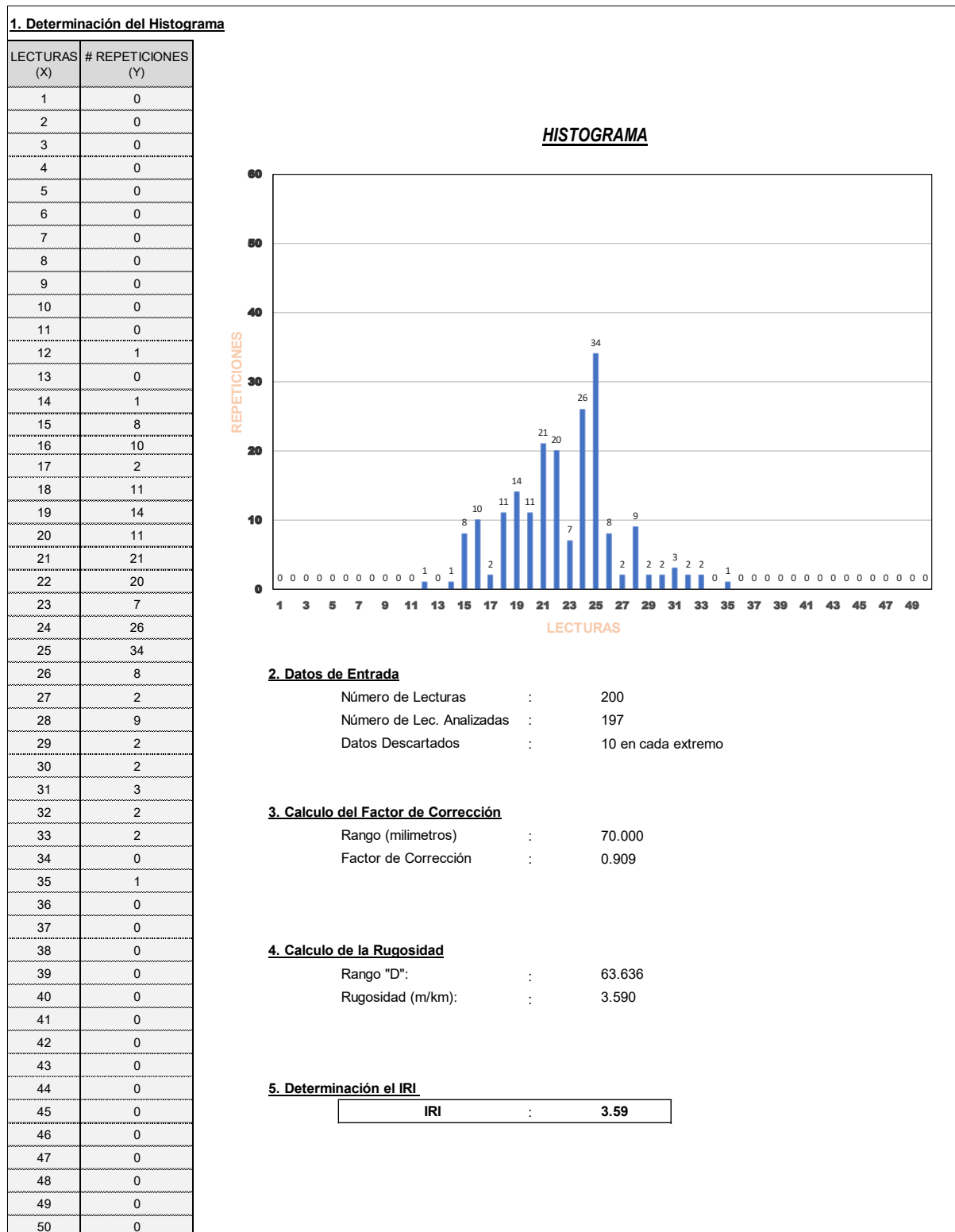
**Tabla 18**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 09 (M-09): Tramo KM 0+000 – 0+400.*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |      |      |    |    |               |                 |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|------|------|----|----|---------------|-----------------|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |      |      |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 09                          |      |      |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |
| Carril                                         | : Izquierdo                       |      |      |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |      |      |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |
| 20                                             | 20                                | 21   | GIVA | 25 | 24 | 24            | 22              | 23 | 25 |
| 21                                             | 19                                | 19   | 24   | 25 | 25 | 31            | 30              | 19 | 24 |
| 24                                             | 17                                | 35   | 22   | 25 | 22 | 26            | 18              | 24 | 19 |
| 33                                             | 21                                | 25   | 21   | 25 | 15 | 15            | 22              | 25 | 15 |
| 22                                             | 24                                | 25   | 20   | 22 | 23 | 21            | 24              | 22 | 21 |
| 19                                             | 27                                | 25   | 28   | 23 | 22 | 24            | 25              | 21 | 22 |
| 24                                             | 19                                | 18   | 22   | 16 | 19 | 19            | 28              | 20 | 24 |
| 25                                             | 22                                | 22   | 29   | 24 | 16 | 21            | 18              | 24 | 25 |
| 25                                             | 24                                | 25   | 24   | 24 | 21 | 25            | 22              | 25 | 25 |
| 26                                             | 29                                | 24   | 25   | 20 | 18 | 24            | 15              | 16 | 16 |
| 19                                             | 18                                | 18   | 25   | 21 | 22 | 16            | 21              | 22 | 19 |
| 25                                             | 25                                | 32   | 28   | 19 | 18 | 21            | 16              | 15 | 14 |
| 27                                             | 24                                | 28   | 22   | 15 | 15 | 19            | 18              | 20 | 28 |
| 28                                             | 17                                | 18   | 33   | 22 | 28 | 22            | BUZON           | 16 | 26 |
| 21                                             | 22                                | 21   | 31   | 26 | 24 | 26            | 26              | 19 | 31 |
| 32                                             | 18                                | 25   | 20   | 25 | 25 | 21            | 20              | 23 | 25 |
| 26                                             | 25                                | 25   | 16   | 25 | 25 | 23            | 24              | 24 | 20 |
| 12                                             | 25                                | 18   | 19   | 21 | 20 | 24            | 24              | 15 | 21 |
| 21                                             | 20                                | 23   | 21   | 30 | 23 | 16            | 21              | 24 | 25 |
| 24                                             | 16                                | GIVA | 26   | 22 | 21 | 28            | 28              | 25 | 25 |

**Figura 20**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 09 (M-09): Tramo KM 0+000 – 0+400.*



**j) Carril Izquierdo Unidad de Muestra 10 (IDA):**

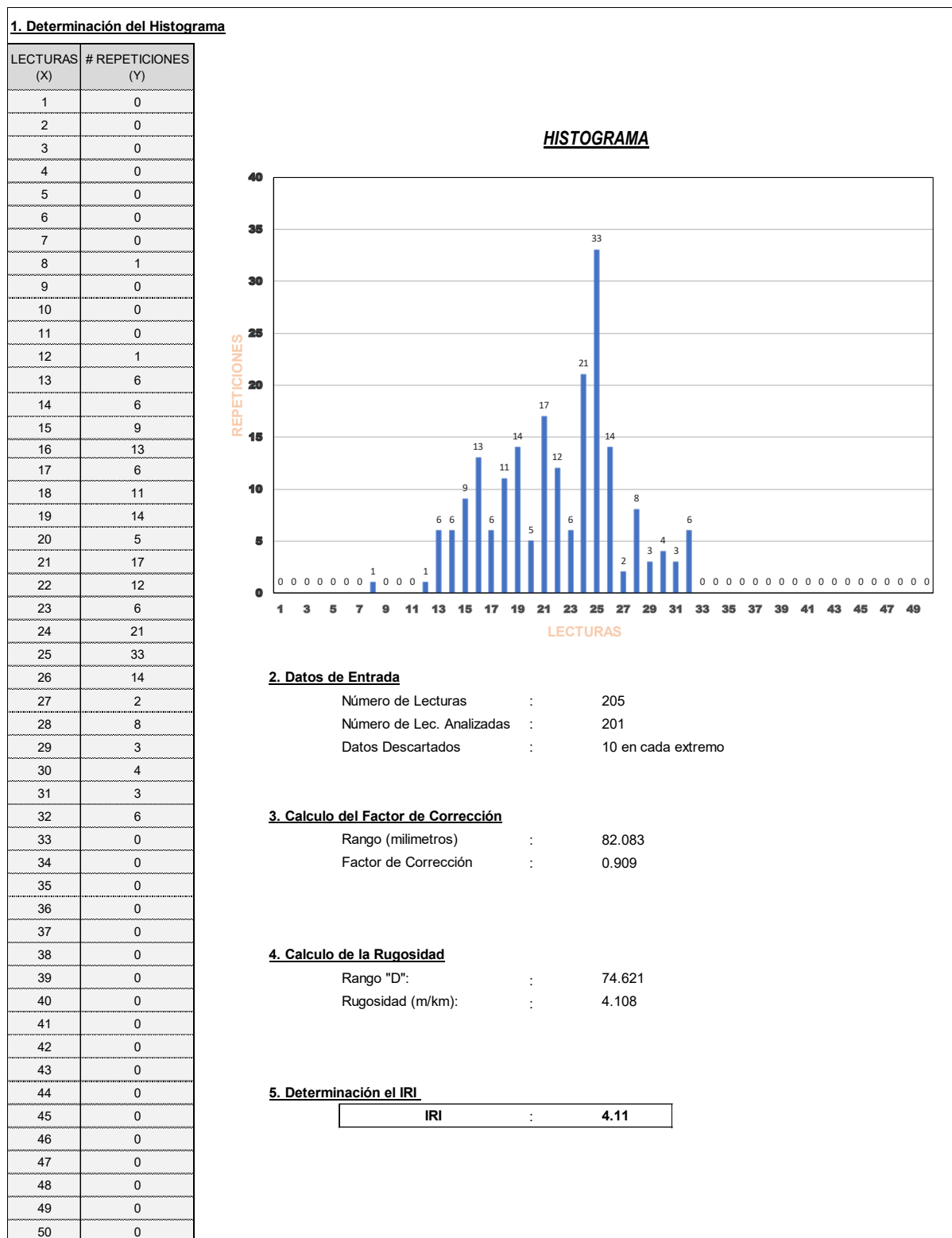
**Tabla 19**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 10 (M-10): Tramo KM 0+400 – 0+810.*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |      |    |    |    |    |               |                 |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|------|----|----|----|----|---------------|-----------------|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |      |    |    |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 10                          |      |    |    |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |
| Carril                                         | : Izquierdo                       |      |    |    |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |      |    |    |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |
| 23                                             | 26                                | 24   | 13 | 25 | 26 | 31 | 19            | 18              | 19 | 25 |
| 16                                             | 29                                | 15   | 24 | 27 | 16 | 18 | 32            | 19              | 22 | 25 |
| 26                                             | 21                                | 32   | 20 | 19 | 32 | 14 | 20            | 15              | 19 | 19 |
| 26                                             | 16                                | 16   | 32 | 25 | 30 | 22 | 24            | 30              | 21 | 26 |
| 25                                             | 22                                | 19   | 27 | 25 | 17 | 24 | 21            | 25              | 24 | 21 |
| 26                                             | 20                                | 28   | 26 | 14 | 20 | 24 | GIVA          | 24              | 14 | -  |
| 15                                             | 25                                | GIVA | 29 | 17 | 13 | 16 | GIVA          | 18              | 24 | -  |
| 21                                             | 25                                | GIVA | 15 | 24 | 14 | 20 | 23            | 14              | 25 | -  |
| 26                                             | 16                                | 21   | 25 | 24 | 18 | 14 | 25            | 8               | 25 | -  |
| 25                                             | 21                                | 19   | 25 | 16 | 21 | 16 | 13            | 22              | 30 | -  |
| 17                                             | 26                                | 22   | 24 | 28 | 24 | 13 | 25            | 25              | 21 | -  |
| 15                                             | 21                                | 18   | 28 | 25 | 25 | 18 | 24            | 13              | 19 | -  |
| 28                                             | 18                                | 32   | 18 | 25 | 28 | 22 | 19            | 29              | 23 | -  |
| 22                                             | 17                                | 22   | 32 | 18 | 22 | 23 | 21            | 18              | 21 | -  |
| 21                                             | 15                                | 25   | 15 | 13 | 16 | 25 | 16            | 22              | 22 | -  |
| 25                                             | 28                                | 25   | 21 | 25 | 26 | 25 | 31            | 25              | 18 | -  |
| 25                                             | 26                                | 17   | 26 | 25 | 24 | 12 | 30            | 25              | 23 | -  |
| 26                                             | 24                                | 19   | 22 | 26 | 24 | 15 | 25            | 24              | 25 | -  |
| 23                                             | 16                                | 31   | 17 | 28 | 28 | 24 | 25            | 24              | 21 | -  |
| 19                                             | 19                                | 19   | 24 | 21 | 16 | 24 | 21            | 16              | 15 | -  |

**Figura 21**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 09 (M-09): Tramo KM 0+400 – 0+810.*



**k) Carril Izquierdo Unidad de Muestra 11 (REGRESO):**

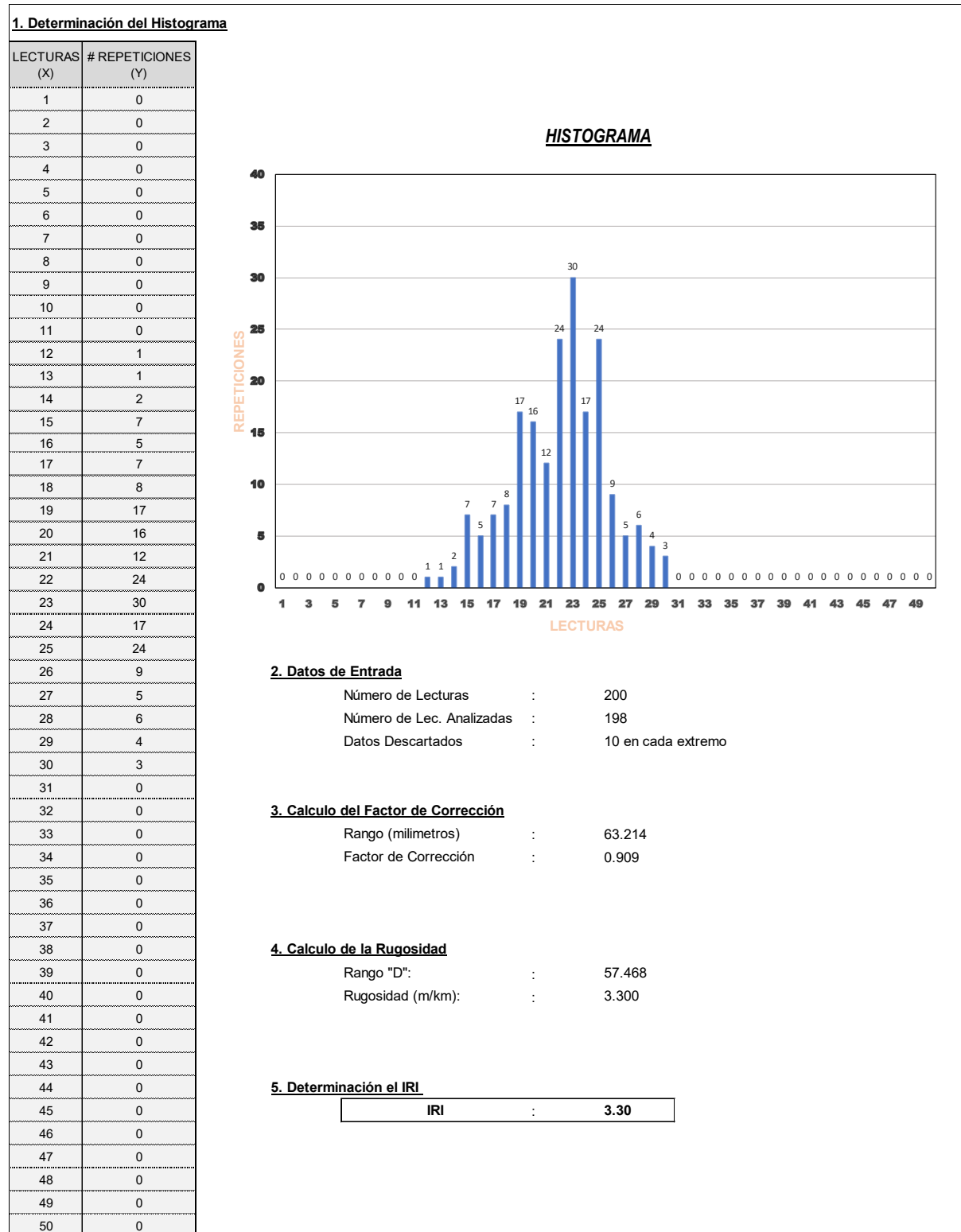
**Tabla 20**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 11 (M-11): Tramo KM 0+000 – 0+400.*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |      |      |    |    |               |                 |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|------|------|----|----|---------------|-----------------|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |      |      |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 11                          |      |      |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |
| Carril                                         | : Izquierdo                       |      |      |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |      |      |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |
| 25                                             | 24                                | 24   | GIVA | 24 | 25 | 28            | 23              | 25 | 29 |
| 24                                             | 25                                | 20   | 23   | 22 | 24 | 30            | 20              | 18 | 24 |
| 20                                             | 22                                | 28   | 25   | 23 | 19 | 23            | 19              | 23 | 17 |
| 23                                             | 17                                | 24   | 21   | 17 | 15 | 17            | 23              | 16 | 14 |
| 24                                             | 23                                | 25   | 27   | 22 | 25 | 21            | 22              | 14 | 22 |
| 21                                             | 25                                | 25   | 25   | 20 | 20 | 22            | 24              | 19 | 26 |
| 23                                             | 25                                | 18   | 22   | 17 | 22 | 18            | 25              | 22 | 25 |
| 19                                             | 19                                | 20   | 20   | 23 | 19 | 19            | 20              | 27 | 29 |
| 24                                             | 22                                | 22   | 23   | 20 | 21 | 22            | 23              | 29 | 22 |
| 23                                             | 18                                | 19   | 25   | 22 | 17 | 26            | 19              | 17 | 19 |
| 15                                             | 12                                | 24   | 27   | 24 | 26 | 15            | 21              | 24 | 23 |
| 23                                             | 25                                | 25   | 23   | 21 | 21 | 23            | 16              | 20 | 15 |
| 27                                             | 25                                | 25   | 22   | 19 | 16 | 20            | 23              | 23 | 13 |
| 25                                             | 15                                | 19   | 29   | 22 | 23 | 22            | 26              | 27 | 23 |
| 19                                             | 23                                | 22   | 26   | 23 | 24 | 21            | 28              | 24 | 28 |
| 26                                             | 18                                | 28   | 21   | 25 | 28 | 20            | 26              | 18 | 30 |
| 25                                             | 22                                | 26   | 19   | 16 | 23 | 23            | 24              | 30 | 23 |
| 22                                             | 21                                | 15   | 20   | 22 | 21 | 21            | 22              | 19 | 20 |
| 19                                             | 23                                | 22   | 18   | 20 | 25 | 15            | 20              | 23 | 22 |
| 24                                             | 16                                | GIVA | 23   | 23 | 25 | 26            | 25              | 18 | 19 |

**Figura 22**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 11 (M-11): Tramo KM 0+000 – 0+400.*



### I) Carril Izquierdo Unidad de Muestra 12 (REGRESO):

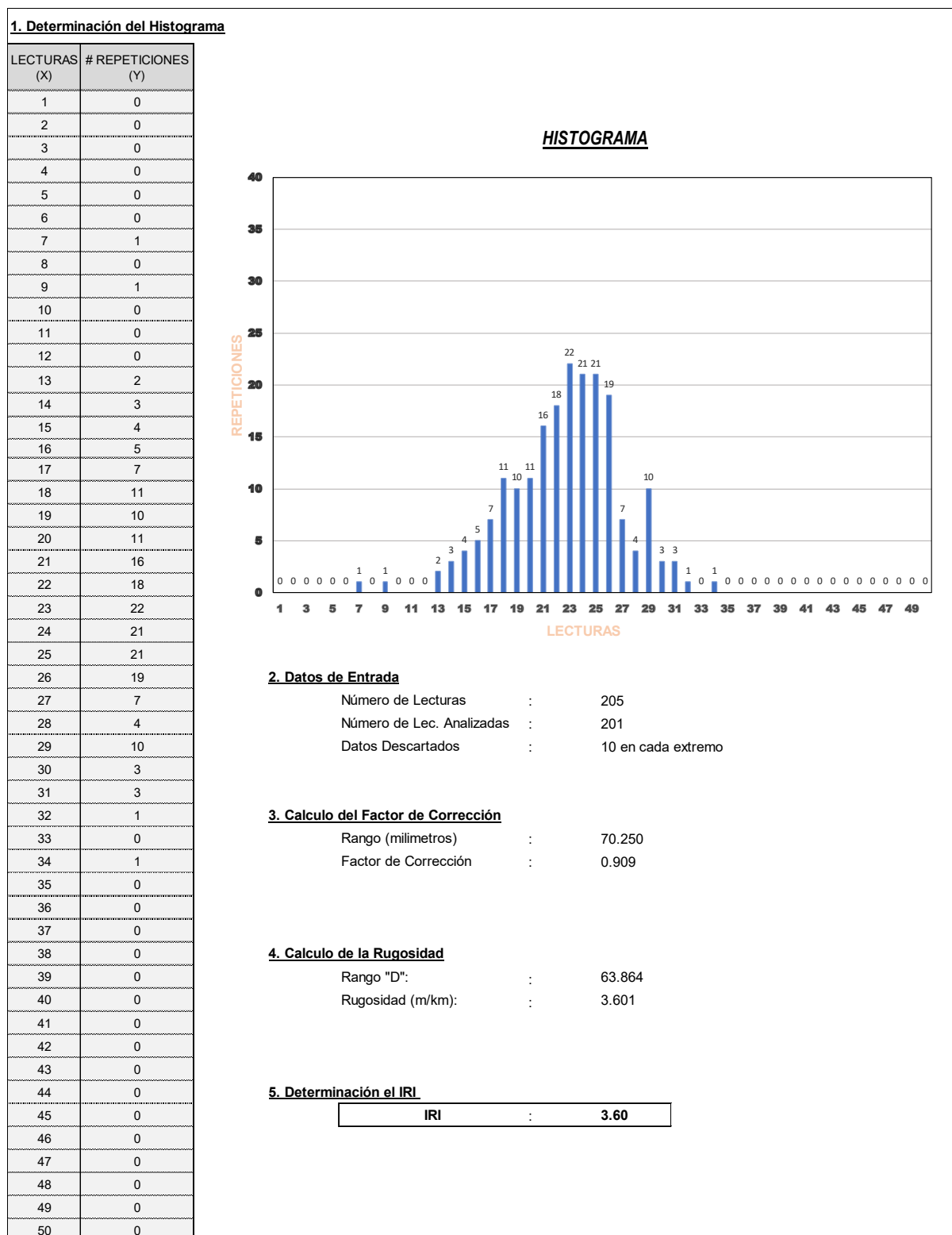
**Tabla 21**

*Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín. Muestra 12 (M-12): Tramo KM 0+400 – 0+810.*

| Registro de Lecturas del Rugosímetro de Merlín |                                   |      |    |    |    |               |                 |    |    |    |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|------|----|----|----|---------------|-----------------|----|----|----|
| Responsable                                    | : Bach. Jean Pieer Asenjo Cajusol |      |    |    |    | Departamento  | : Cajamarca     |    |    |    |
| Unidad de Muestra                              | : M - 12                          |      |    |    |    | Provincia     | : Jaén          |    |    |    |
| Carril                                         | : Izquierdo                       |      |    |    |    | Distrito      | : Jaén          |    |    |    |
| Fecha                                          | : Mayo del 2025                   |      |    |    |    | Nombre de Vía | : Av. Pakamuros |    |    |    |
| 23                                             | 26                                | 23   | 30 | 22 | 23 | 29            | 16              | 26 | 21 | 23 |
| 21                                             | 27                                | 16   | 34 | 24 | 18 | 17            | 28              | 20 | 21 | 28 |
| 24                                             | 24                                | 31   | 19 | 15 | 27 | 22            | 22              | 27 | 23 | 29 |
| 25                                             | 13                                | 26   | 29 | 24 | 24 | 20            | 31              | 29 | 25 | 26 |
| 25                                             | 18                                | 20   | 26 | 25 | 20 | 23            | 26              | 24 | 25 | 25 |
| 28                                             | 14                                | 31   | 24 | 19 | 19 | 25            | GIVA            | 21 | 17 | -  |
| 15                                             | 25                                | GIVA | 14 | 23 | 29 | 26            | GIVA            | 25 | 24 | -  |
| 9                                              | 23                                | GIVA | 18 | 22 | 17 | 26            | 22              | 22 | 25 | -  |
| 26                                             | 15                                | 23   | 24 | 26 | 22 | 14            | 24              | 23 | 25 | -  |
| 29                                             | 25                                | 21   | 25 | 15 | 23 | 19            | 21              | 18 | 26 | -  |
| 24                                             | 26                                | 26   | 22 | 27 | 21 | 22            | 22              | 21 | 29 | -  |
| 17                                             | 22                                | 18   | 29 | 32 | 24 | 21            | 22              | 19 | 21 | -  |
| 26                                             | 20                                | 23   | 26 | 25 | 17 | 24            | 19              | 25 | 23 | -  |
| 20                                             | 23                                | 25   | 27 | 22 | 25 | 20            | 24              | 24 | 19 | -  |
| 21                                             | 18                                | 24   | 16 | 19 | 20 | 18            | 17              | 24 | 22 | -  |
| 23                                             | 7                                 | 16   | 23 | 24 | 23 | 23            | 26              | 25 | 21 | -  |
| 13                                             | 29                                | 23   | 17 | 26 | 18 | 19            | 22              | 22 | 24 | -  |
| 25                                             | 24                                | 22   | 29 | 27 | 27 | 20            | 24              | 21 | 26 | -  |
| 16                                             | 19                                | 28   | 23 | 25 | 30 | 23            | 21              | 26 | 21 | -  |
| 20                                             | 20                                | 18   | 25 | 30 | 23 | 21            | 22              | 18 | 18 | -  |

**Figura 23**

*Histograma de las lecturas analizadas y resultados IRI. Muestra 12 (M-12): Tramo KM 0+400 – 0+810.*



### 3.4.2.2 Resultados del Cálculo del IRI de la Av. Pakamuros Cdra. 01 a la Cdra.

10:

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del análisis de las muestras en base a las unidades IRI obtenidos en cada calzada.

#### 3.4.2.2.1 Carril Derecho:

**Tabla 22**

*Resultados de la rugosidad en unidades IRI del Carril Derecho.*

| MUESTRAS | TRAMOS |   |       | Cdra.   | SENTIDO | IRI<br>(m/km) |
|----------|--------|---|-------|---------|---------|---------------|
|          | Km     | - | Km    |         |         |               |
| M - 01   | 0+000  | - | 0+400 | 01 - 05 | IDA     | <b>3.05</b>   |
| M - 02   | 0+400  | - | 0+810 | 01 - 10 | IDA     | <b>2.39</b>   |
| M - 03   | 0+000  | - | 0+400 | 10 - 05 | REGRESO | <b>2.40</b>   |
| M - 04   | 0+400  | - | 0+810 | 05 - 01 | REGRESO | <b>3.39</b>   |
| M - 05   | 0+000  | - | 0+400 | 01 - 05 | IDA     | <b>2.12</b>   |
| M - 06   | 0+400  | - | 0+810 | 01 - 10 | IDA     | <b>1.90</b>   |

**Tabla 23**

*Resumen de la rugosidad en unidades IRI del Carril Derecho.*

| MUESTRAS                | IRI<br>(m/km)    |
|-------------------------|------------------|
| M - 01                  | <b>3.05</b>      |
| M - 02                  | <b>2.39</b>      |
| M - 03                  | <b>2.40</b>      |
| M - 04                  | <b>3.39</b>      |
| M - 05                  | <b>2.12</b>      |
| M - 06                  | <b>1.90</b>      |
| <b>IRI<br/>PROMEDIO</b> | <b>2.54 m/km</b> |

Como se observa en la Tabla 19 del resumen del cálculo de la rugosidad del carril derecho se obtuvo un promedio de 2.54 en unidades IRI de las 06 muestras que fueron tomadas y analizadas con el instrumento del Rugosímetro de Merlín, conllevando a determinar que el pavimento del carril derecho del área de estudio a nivel de superficie de rodadura está en estado “BUENO”. El análisis realizado en este carril es de un pavimento flexible.

#### 3.4.2.2.2 Carril Izquierdo:

**Tabla 24**

*Resultados de la rugosidad en unidades IRI del Carril Izquierdo Derecho.*

| MUESTRAS | TRAMOS |   |       | Cdra.   | SENTIDO | IRI<br>(m/km) |
|----------|--------|---|-------|---------|---------|---------------|
|          | Km     | - | Km    |         |         |               |
| M - 07   | 0+000  | - | 0+400 | 01 - 05 | REGRESO | <b>4.63</b>   |
| M - 08   | 0+400  | - | 0+810 | 01 - 10 | REGRESO | <b>6.07</b>   |
| M - 09   | 0+000  | - | 0+400 | 10 - 05 | IDA     | <b>3.59</b>   |
| M - 10   | 0+400  | - | 0+810 | 05 - 01 | IDA     | <b>4.11</b>   |
| M - 11   | 0+000  | - | 0+400 | 01 - 05 | REGRESO | <b>3.30</b>   |
| M - 12   | 0+400  | - | 0+810 | 01 - 10 | REGRESO | <b>3.60</b>   |

**Tabla 25**

*Resumen de la Rugosidad en Unidades IRI del Carril Izquierdo.*

| MUESTRAS                | IRI<br>(m/km)    |
|-------------------------|------------------|
| M - 07                  | 4.63             |
| M - 08                  | 6.07             |
| M - 09                  | 3.59             |
| M - 10                  | 4.11             |
| M - 11                  | 3.30             |
| M - 12                  | 3.60             |
| <b>IRI<br/>PROMEDIO</b> | <b>4.22 m/km</b> |

Como se observa en la Tabla 22 del resumen del cálculo de la rugosidad del carril izquierdo se obtuvo un promedio de 4.22 en unidades IRI de las 06 muestras que fueron tomadas y analizadas con el instrumento del Rugosímetro de Merlín, conllevando a determinar que el pavimento del carril izquierdo del área de estudio a nivel de superficie de rodadura está en estado “MALO”. El análisis realizado en este carril es de un pavimento rígido.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Resultados

La evaluación superficial del pavimento de la avenida Pakamuros cuadra 01 a la cuadra 10 con el uso del rugosímetro de merlín, que consta de dos carriles, se obtiene que con el análisis de 06 muestras del carril derecho un IRI promedio de 2.54 m/km indicando que está en “BUEN” estado, en cambio en el carril izquierdo que con el mismo análisis de 06 muestras se obtuvo un IRI promedio de 4.22 m/km indicando que es un pavimento en “MAL” estado.

#### 4.1.1. Resultados de ambos carriles de la vía:

A fin de obtener el estado de la vía se comparará los resultados de los dos carriles respecto de la rugosidad que fue obtenida, se obtiene lo siguiente:

**Tabla 26**

*Resumen Comparativo de la Rugosidad en Unidades IRI de ambos Carriles.*

| MUESTRAS     |        | IRI            |                  |
|--------------|--------|----------------|------------------|
|              |        | CARRIL DERECHO | CARRIL IZQUIERDO |
| M - 01       | M - 07 | 3.05 m/km      | 4.63 m/km        |
| M - 02       | M - 08 | 2.39 m/km      | 6.07 m/km        |
| M - 03       | M - 09 | 2.40 m/km      | 3.59 m/km        |
| M - 04       | M - 10 | 3.39 m/km      | 4.11 m/km        |
| M - 05       | M - 11 | 2.12 m/km      | 3.30 m/km        |
| M - 06       | M - 12 | 1.90 m/km      | 3.60 m/km        |
| IRI PROMEDIO |        | 2.54 m/km      | 4.22 m/km        |

La comparación de estos resultados difiere en gran magnitud, ya sea por diversos factores, como por el tipo de pavimento, por el tipo de construcción, por su tiempo de vida o por su mantenimiento de vía. Cabe mencionar que este análisis fue dado en dos tipos de pavimentos que conforman la avenida Pakamuros Cdra. 01 a la Cdra. 10, en un carril derecho es un pavimento flexible y el carril izquierdo es un pavimento rígido.

## 4.2. Discusión

- ❖ La hipótesis mencionada en este proyecto indica que el estado del pavimento es “Malo”, en donde las muestras analizadas mediante el rugosímetro de merlín demuestran que para el carril derecho se obtiene un estado de pavimento “Bueno”, en cambio para el carril izquierdo se obtuvo un estado de pavimento “Malo”, obteniendo que la evaluación de la condición superficial del pavimento en la Avenida Pakamuros Cdra. 01 - la Cdra. 10 con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el Rugosímetro de Merlín, se encuentra en “Regular” estado.

**Tabla 27**

*Resumen de la Rugosidad en Unidades IRI de la Avenida Pakamuros de la Cdra. 01 a la Cdra. 10.*

| MUESTRAS                               |        | IRI            |                  |
|----------------------------------------|--------|----------------|------------------|
|                                        |        | CARRIL DERECHO | CARRIL IZQUIERDO |
| M - 01                                 | M - 07 | 3.05 m/km      | 4.63 m/km        |
| M - 02                                 | M - 08 | 2.39 m/km      | 6.07 m/km        |
| M - 03                                 | M - 09 | 2.40 m/km      | 3.59 m/km        |
| M - 04                                 | M - 10 | 3.39 m/km      | 4.11 m/km        |
| M - 05                                 | M - 11 | 2.12 m/km      | 3.30 m/km        |
| M - 06                                 | M - 12 | 1.90 m/km      | 3.60 m/km        |
| IRI PROMEDIO                           |        | 2.54 m/km      | 4.22 m/km        |
| IRI (Av. Pakamuros Cdra. 01 – Cdra.10) |        | 3.38 m/km      | "REGULAR"        |

- ❖ Este análisis con el uso del rugosímetro de merlín que determina la rugosidad del pavimento estudiado, resulta ser un procedimiento confiable que identificar en qué estado se encuentra la vía en estudio; además este procedimiento es una salida económica en cuanto a la utilización de equipos para medir la rugosidad, puesto que en la actualidad hay instrumentos como Perfilómetro Laser, Walking Profiler, Perfilógrafo Californiano, los cuales su uso resulta ser

muy caro y muy complejos de utilizar, puesto que se necesitaría un personal capacitado o ir a clases de capacitación por meses para poder saber su utilización, es por ello que el uso del Rugosímetro de Merlín resulta ser muy accesible para los educandos de nivel superior.

- ❖ Guerrero Marticorena, J. (2023) analizó un pavimento flexible de dos carriles, ejecutando 19 ensayos con el Rugosímetro de Merlín en la carretera Shanango – Bellavista, provincia de Jaén, obteniendo un IRI promedio de 1.77 m/km, indicando que la vía en estudio está en un estado bueno; mientras que en esta investigación se analizó el pavimento a nivel superficial en ambos carriles, obteniéndose resultados de Rugosidad de: Carril Derecho un IRI promedio de 2.54 m/km y el Carril Izquierdo un IRI promedio de 4.22 m/km, determinando que el IRI del pavimento estudiado se encuentra en estado Regular.

#### **4.2.1. Contrastación de Hipótesis**

Los resultados obtenidos en el carril derecho arrojaron como promedio en unidades, IRI, 2.54 m/km indicando que se encuentra en estado Bueno, y a su vez, en el carril izquierdo un estado Malo, en unidades cuyo IRI fue de 4.22 m/km; entonces, se afirma que según los datos obtenidos la Avenida Pakamuros de la Cdra. 01 a la Cdra. 10 se encuentra en estado “Regular”; por lo tanto, se concluye que el resultado obtenido no cumple con la hipótesis: la rugosidad superficial según el Método IRI de la Avenida Pakamuros de la Cuadra 01 a la Cuadra 10 es malo.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- ❖ Se obtuvo también que la mayor presencia de tipo de vehículo que circula en la avenida Pakamuros, es el mototaxi, seguido de las motos lineales, obteniendo un IMDs de 13,843 y 10,688 respectivamente. Por lo tanto, se obtuvo un Índice Medio Diario Anual (IMDA) de 32,627 veh/día.
- ❖ Esta evaluación superficial del pavimento de la Avenida Pakamuros de la Cdra. 01 a la Cdra. 10 de la ciudad de Jaén, con el uso del Rugosímetro de Merlín, se obtuvo que la rugosidad en unidades IRI es de 3.38 m/km obteniendo un pavimento es estado “Regular”
- ❖ La evaluación del pavimento en estudio se realizó tres veces por carril, de forma alternada, permitiendo comparar y obtener con mayor efectividad el estado en que se encuentra la avenida Pakamuros de la cuadra 01 a la cuadra 10, en el primer carril (carril derecho) se obtuvo valores de la rugosidad que oscilan entre 1.90 m/km hasta 3.39 m/km, indicando que el valor de la rugosidad promedio en unidades IRI es de 2.54 m/km dando como resultado que dicho carril se encuentra en un “Buen” estado; en cambio en el segundo carril (carril izquierdo) la rugosidad obtenida oscila entre 3.30 m/km hasta 6.07 m/km, indicando que la rugosidad promedio en unidades IRI es de 4.22 m/km dando como resultado que dicho carril se encuentra en un estado “Malo”.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- ❖ La evaluación superficial de vías, es muy importante para saber en qué estado actual se encuentra, de tal manera que se debe de efectuar evaluaciones constantes de vías, se recomienda realizarlas cada mitad de año.
- ❖ Este método de evaluación, se debe de establecer y condicionar como estudios post ejecución de proyectos viales (carreteras, pistas y veredas, entre otros) para de tal forma evitar situaciones, que en la actualidad son frecuentes y que suceden al poco tiempo de la entrega de dichos proyectos, como son los

mantenimientos, daños en la estructura, entre otros, todos ellos generando más gastos a la sociedad.

- ❖ Este método de evaluación, con el uso del instrumento del rugosímetro de merlín resulta ser confiable y asequible, es por ello que se recomienda hacer estos estudios en otras partes de la ciudad y/o alrededores.
- ❖ Es de suma importancia, que los diversos centros de estudios superiores y universitarios se implementen con Instrumentos Tecnológicos pertinentes (Rugosímetro de Merlín) para beneficio de los estudiantes y estar a la vanguardia de las recientes innovaciones que la sociedad exige.
- ❖ Es importante considerar, que la intervención sea inmediata por parte de las entidades a fin de resolver el mal estado en que se encuentra el carril izquierdo de la avenida Pakamuros para beneficio del usuario.
- ❖ En conjunto con las entidades se debería establecer parámetros de control para la recepción de proyectos viales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, S., Rivero, R., 2012. Instrumento Electrónico para la Estimación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) con base en el Perfilómetro Estático Merlín, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, 27(1). [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652012000100006](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000100006)
- Chahuares Paucar (2023). Evaluación de pavimentos flexibles con el método PCI, VIZIR e IRI en la avenida Unión, distrito de Chaclacayo, ciudad de Lima.
- Flores Jara, E., Pilco Galindo, D. (2021). Análisis Funcional del Pavimento Flexible para mejorar la Transitabilidad Vehicular, utilizando el Rugosímetro de Merlín en la Av. Gustavo Pinto, Tacna – 2020.
- Guerrero Maticorena (2023). “Evaluación de la condición del Pavimento Flexible mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la carretera Shanango - Bellavista - Jaén – Cajamarca”.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2007). “Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras”. Editorial MTC, [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2951.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2951.pdf).
- Pradena Miquel, M., 2006. Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados, Revista de la Construcción, 7(2), 16-22. <https://www.redalyc.org/pdf/1276/127619380002.pdf>
- Román Reyes (2020). Metodología para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y su aplicación en pavimentos flexibles de Guatemala.
- Tingal Limay (2021). Análisis del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de la Superficie del Pavimento Flexible de la Vía Cajamarca – Baños del Inca, utilizando el Rugosímetro de Merlín.
- Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (2021). Informe de Evaluación Nacional Pavimentada de Costa Rica. Editorial UGERVN, <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2470>.

## **ANEXOS**

**ANEXO 01: PANEL FOTOGRAFICO.****Fotografía 8**

*Tesista efectuado el Levantamiento Topográfico de la Av. Pakamuros de la Cdra. 01 a la Cdra. 10.*



### Fotografía 9

*Rugosímetro de Merlín utilizado en los ensayos.*



### Fotografía 10

*Posicionamiento del instrumento de Rugosímetro de Merlín para inicio de ensayos.*



### Fotografía 11

*Lectura y toma de datos del tramo de Inicio: KM 0+000, M – 01 (IDA), Carril Derecho.*



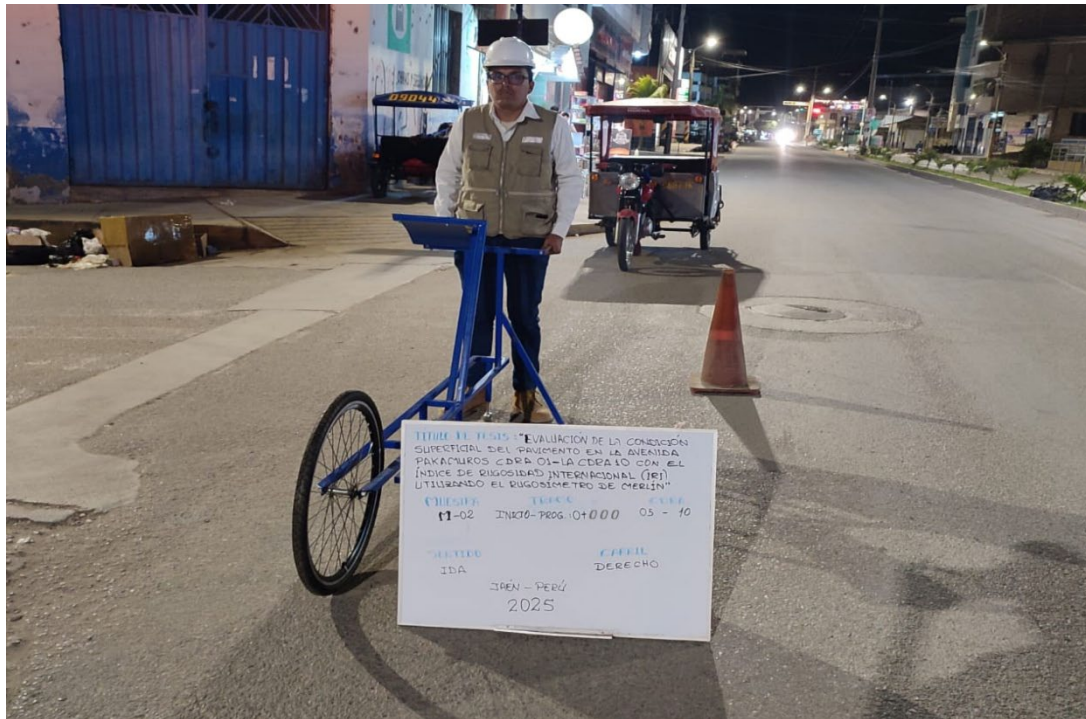
### Fotografía 12

*Lectura y toma de datos del tramo de Fin: KM 0+400, M – 01 (IDA), Carril Derecho.*



### Fotografía 13

Lectura y toma de datos del tramo de Inicio: KM 0+000, M – 02 (IDA), Carril Derecho.



### Fotografía 14

Lectura y toma de datos del tramo de Fin: KM 0+810, M – 02 (IDA), Carril Derecho.



### Fotografía 15

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 03 (REGRESO), Carril Derecho.



### Fotografía 16

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 04 (REGRESO), Carril Derecho.



### Fotografía 17

Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 04 (REGRESO), Carril Derecho.



### Fotografía 18

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 05 (IDA), Carril Derecho.



### Fotografía 19

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 06 (IDA), Carril Derecho.



### Fotografía 20

Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 06 (IDA), Carril Derecho.



### Fotografía 21

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 07 (REGRESO), Carril Izquierdo.



### Fotografía 22

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 08 (REGRESO), Carril Izquierdo.



### Fotografía 23

Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 08 (REGRESO), Carril Izquierdo.



### Fotografía 24

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 09 (IDA), Carril Izquierdo.



### Fotografía 25

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 10 (IDA), Carril Izquierdo.



### Fotografía 26

Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 10 (IDA), Carril Izquierdo.



### Fotografía 27

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 11 (REGRESO), Carril Izquierdo.



### Fotografía 28

Lectura y toma de datos del tramo del Inicio: KM 0+000, M – 12 (REGRESO), Carril Izquierdo.



### Fotografía 29

Lectura y toma de datos del tramo del Fin: KM 0+810, M – 12 (REGRESO), Carril Izquierdo.



### Fotografía 30

Tesista usando el Rugosímetro de Merlín con el uso de sus EPP's.



**Fotografía 31**

*Equipo de trabajo (tesista y un ayudante).*



## ANEXO 02: FORMATO DE CONTEO VEHICULAR.



### FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR

#### ESTUDIO DE TRAFICO

| "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA PAKAMUROS CDRA 01 - LA CDRA 10 CON EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLI" |          |          |             |           |                                       |               |            |  |  | ESTACION              |       | 1      |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------------|-----------|---------------------------------------|---------------|------------|--|--|-----------------------|-------|--------|--------|------|--|--------------|--|--|--|---------|--|--|--|-------|
| CALLE                                                                                                                                                                                 |          |          |             |           | Avenida Pakamuros Cdra. 01 - Cdra. 10 |               |            |  |  | CODIGO DE LA ESTACION |       | E - 01 |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| UBICACIÓN                                                                                                                                                                             |          |          |             |           | Avenida Pakamuros Cdra. 03            |               |            |  |  | DIA Y FECHA           | LUNES | 10     | 2      | 2025 |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| HORA                                                                                                                                                                                  | PERIODO  |          | Moto lineal | Moto taxi | AUTO                                  | STATION WAGON | CAMIONETAS |  |  | MICRO                 | BUS   |        | CAMION |      |  | SEMI TRAYLER |  |  |  | TRAYLER |  |  |  | TOTAL |
|                                                                                                                                                                                       | INICIO   | FIN      |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| 1                                                                                                                                                                                     | 5:00:00  | 5:15:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 5:15:00  | 5:30:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 5:30:00  | 5:45:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 5:45:00  | 6:00:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| 2                                                                                                                                                                                     | 6:00:00  | 6:15:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 6:15:00  | 6:30:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 6:30:00  | 6:45:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 6:45:00  | 7:00:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| 3                                                                                                                                                                                     | 7:00:00  | 7:15:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 7:15:00  | 7:30:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 7:30:00  | 7:45:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 7:45:00  | 8:00:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| 4                                                                                                                                                                                     | 8:00:00  | 8:15:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 8:15:00  | 8:30:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 8:30:00  | 8:45:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 8:45:00  | 9:00:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| 5                                                                                                                                                                                     | 9:00:00  | 9:15:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 9:15:00  | 9:30:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 9:30:00  | 9:45:00  |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 9:45:00  | 10:00:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| 6                                                                                                                                                                                     | 10:00:00 | 10:15:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 10:15:00 | 10:30:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 10:30:00 | 10:45:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 10:45:00 | 11:00:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| 7                                                                                                                                                                                     | 11:00:00 | 11:15:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 11:15:00 | 11:30:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 11:30:00 | 11:45:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 11:45:00 | 12:00:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| 8                                                                                                                                                                                     | 12:00:00 | 12:15:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 12:15:00 | 12:30:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 12:30:00 | 12:45:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
|                                                                                                                                                                                       | 12:45:00 | 13:00:00 |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                          |          |          |             |           |                                       |               |            |  |  |                       |       |        |        |      |  |              |  |  |  |         |  |  |  |       |

Nota: Formato MTC.



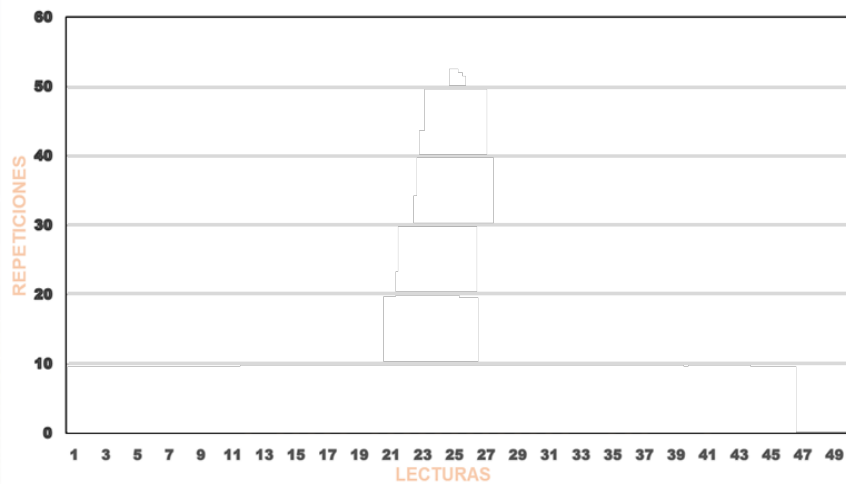
## ANEXO 04: FORMATO DEL CALCULO DEL IRI.

### 1. Determinación del Histograma

| LECTURAS<br>(X) | # REPETICIONES<br>(Y) |
|-----------------|-----------------------|
| 1               |                       |
| 2               |                       |
| 3               |                       |
| 4               |                       |
| 5               |                       |
| 6               |                       |
| 7               |                       |
| 8               |                       |
| 9               |                       |
| 10              |                       |
| 11              |                       |
| 12              |                       |
| 13              |                       |
| 14              |                       |
| 15              |                       |
| 16              |                       |
| 17              |                       |
| 18              |                       |
| 19              |                       |
| 20              |                       |
| 21              |                       |
| 22              |                       |
| 23              |                       |
| 24              |                       |
| 25              |                       |
| 26              |                       |
| 27              |                       |
| 28              |                       |
| 29              |                       |
| 30              |                       |
| 31              |                       |
| 32              |                       |
| 33              |                       |
| 34              |                       |
| 35              |                       |
| 36              |                       |
| 37              |                       |
| 38              |                       |
| 39              |                       |
| 40              |                       |
| 41              |                       |
| 42              |                       |
| 43              |                       |
| 44              |                       |
| 45              |                       |
| 46              |                       |
| 47              |                       |
| 48              |                       |
| 49              |                       |
| 50              |                       |

REPETICIONES DE LECTURAS ARROJADAS DEL RUGOSIMETRO DE MERLIN

### HISTOGRAMA



### 2. Datos de Entrada

Número de Lecturas :  
 Número de Lect. Analizadas :  
 Datos Descartados :

### 3. Calculo del Factor de Corrección

Rango (milímetros) :  
 Factor de Corrección :

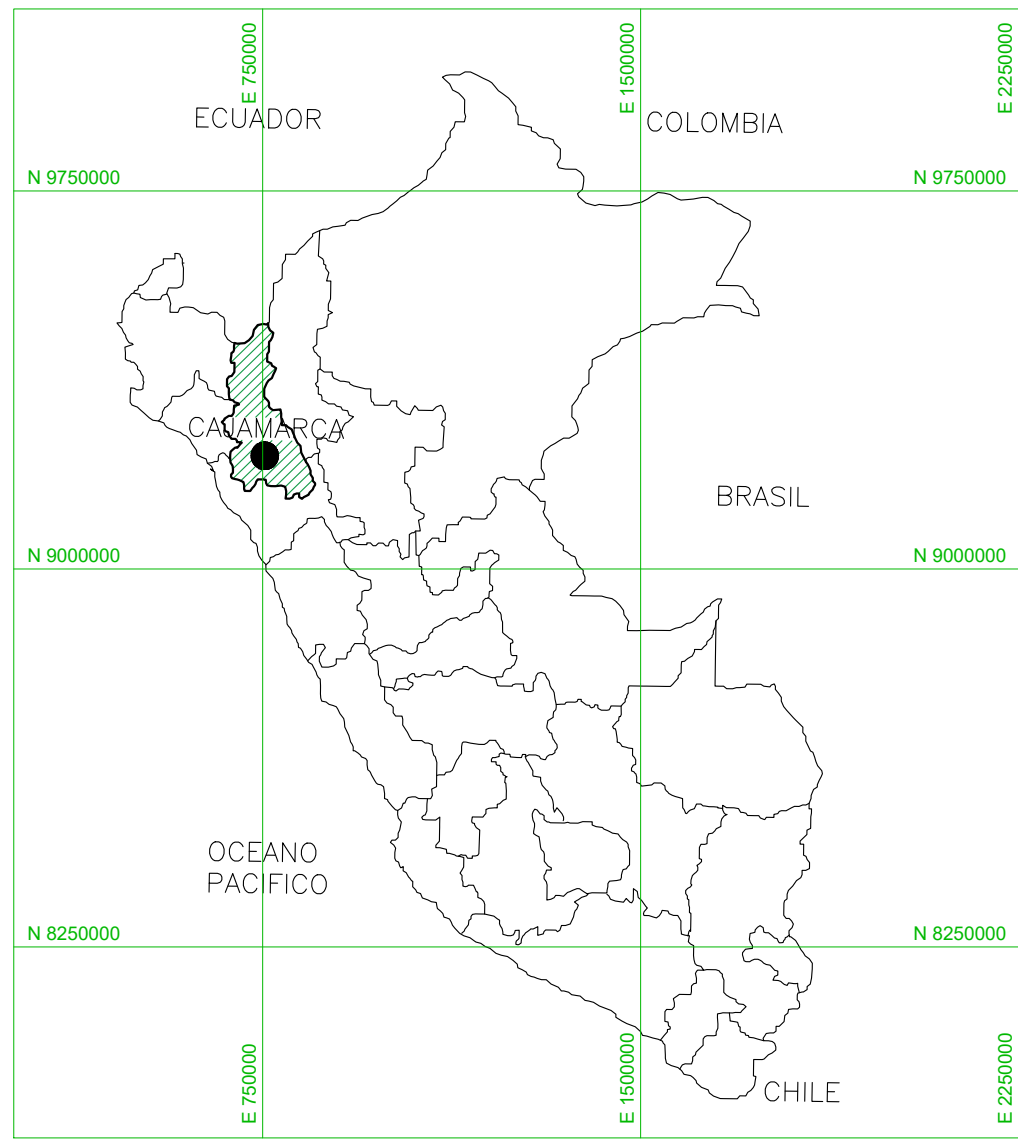
### 4. Calculo de la Rugosidad

Rango "D": :  
 Rugosidad (m/km): :

### 5. Determinación del IRI

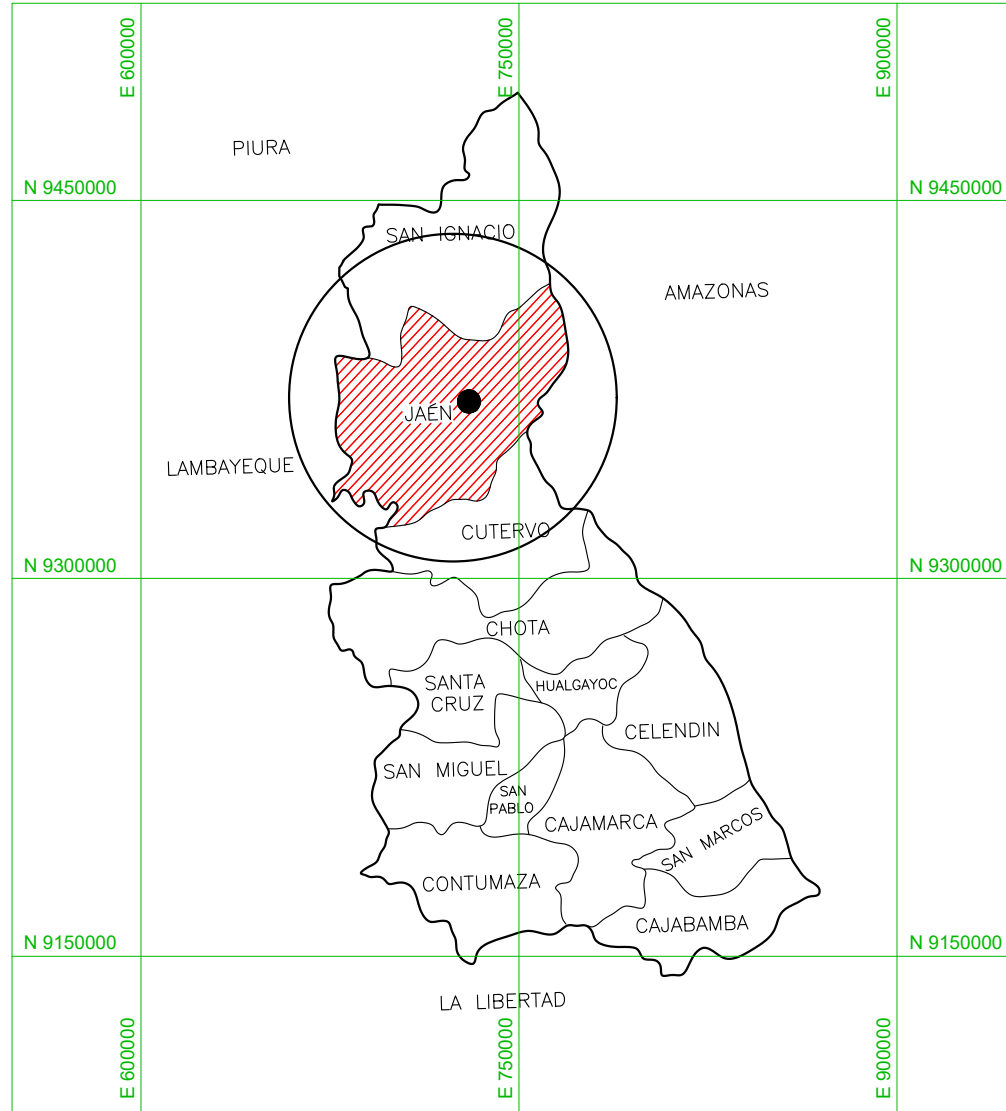
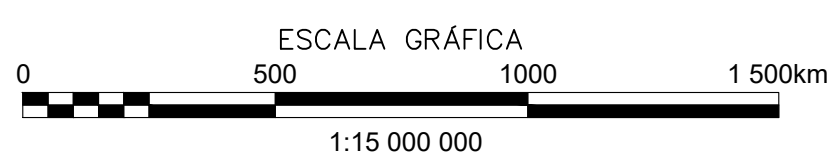
IRI:

**ANEXO 05: PLANOS**



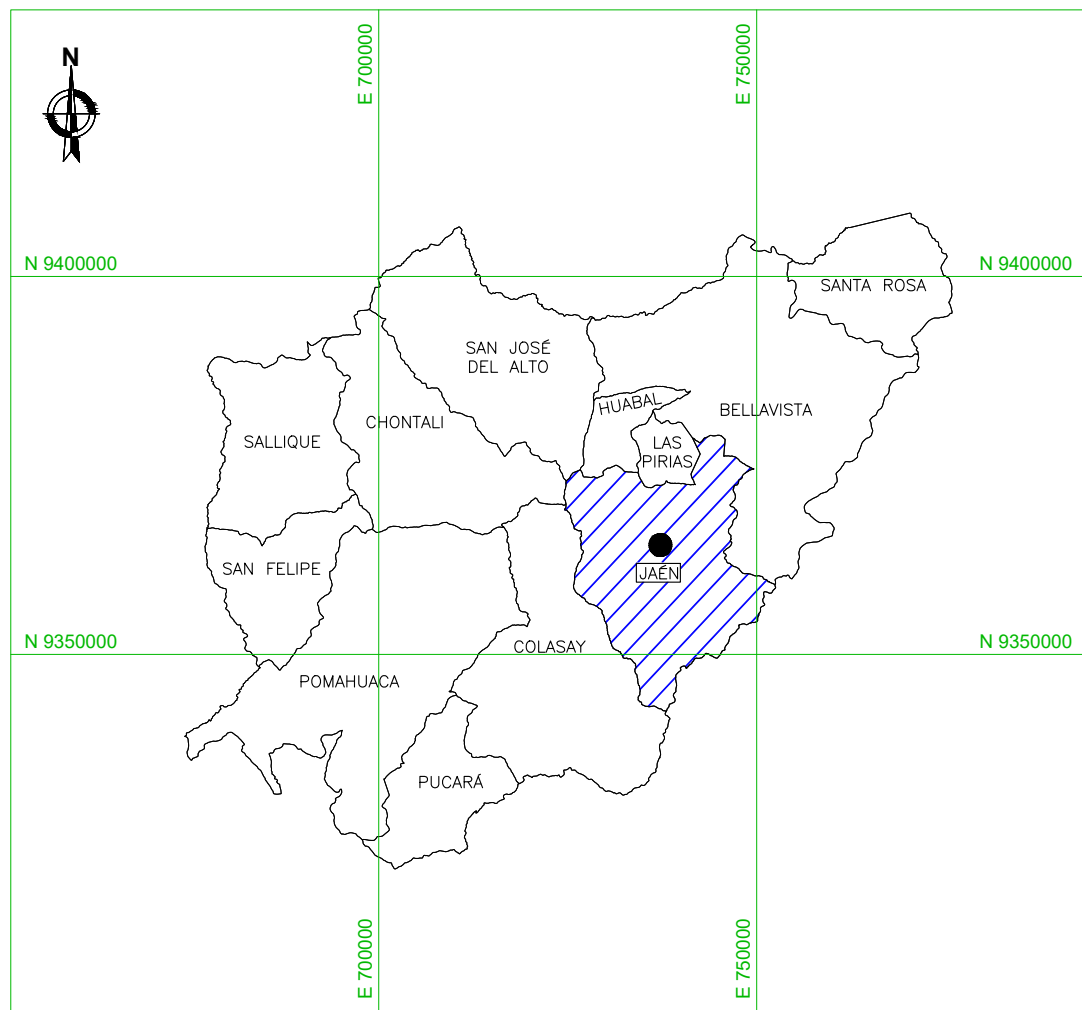
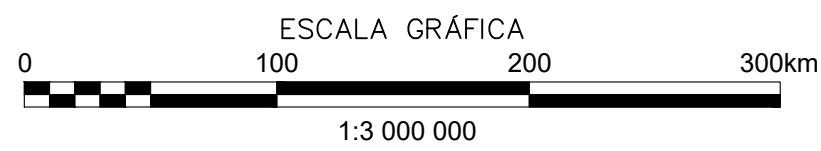
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

**MAPA POLÍTICO DEL PERÚ**  
ESC. : 1/15 000 000



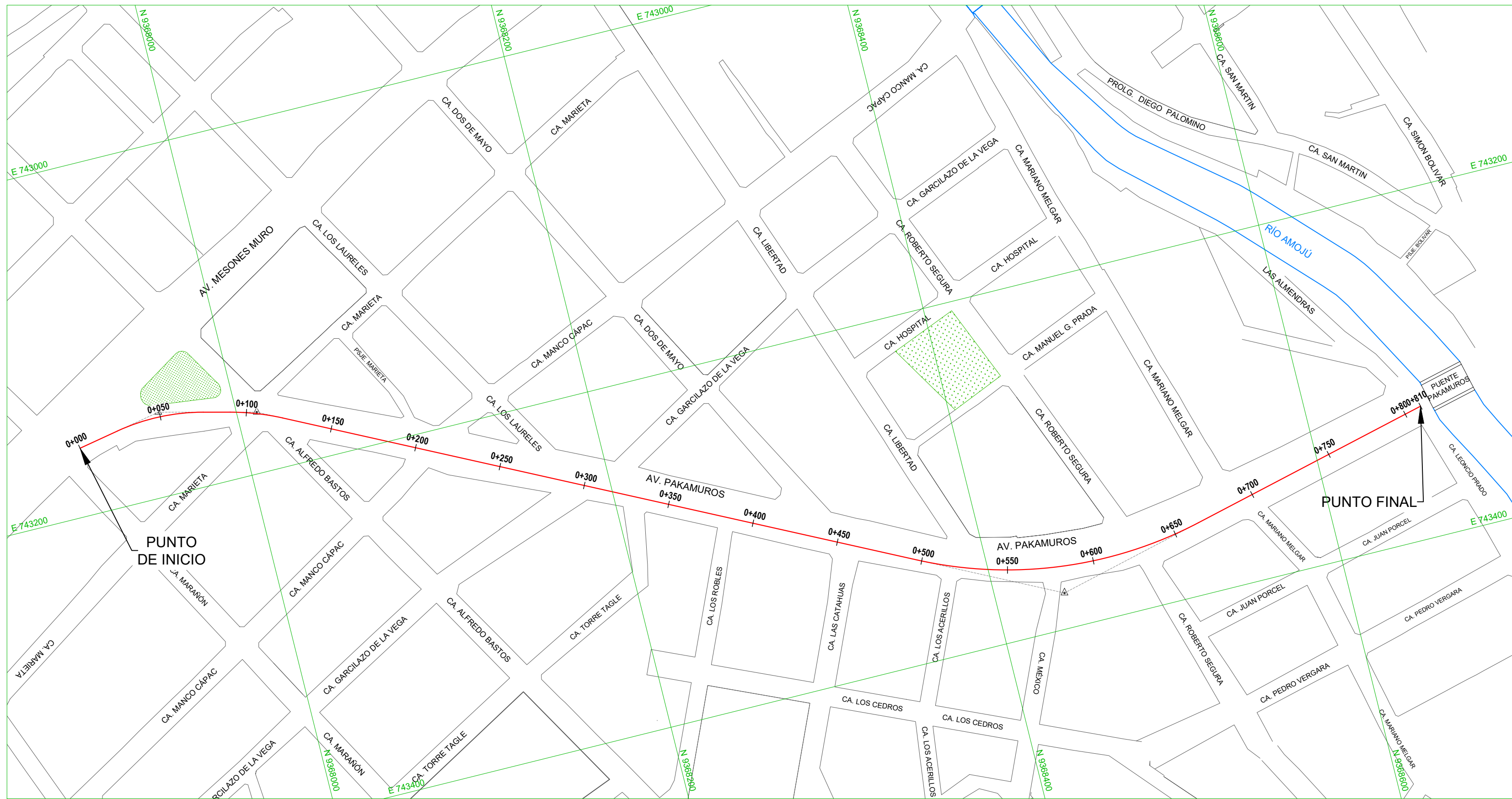
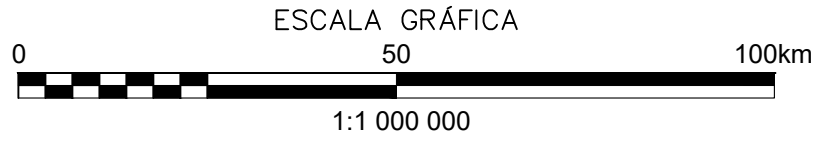
FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

**MAPA DEPARTAMENTAL DE CAJAMARCA**  
ESC. : 1/3 000 000

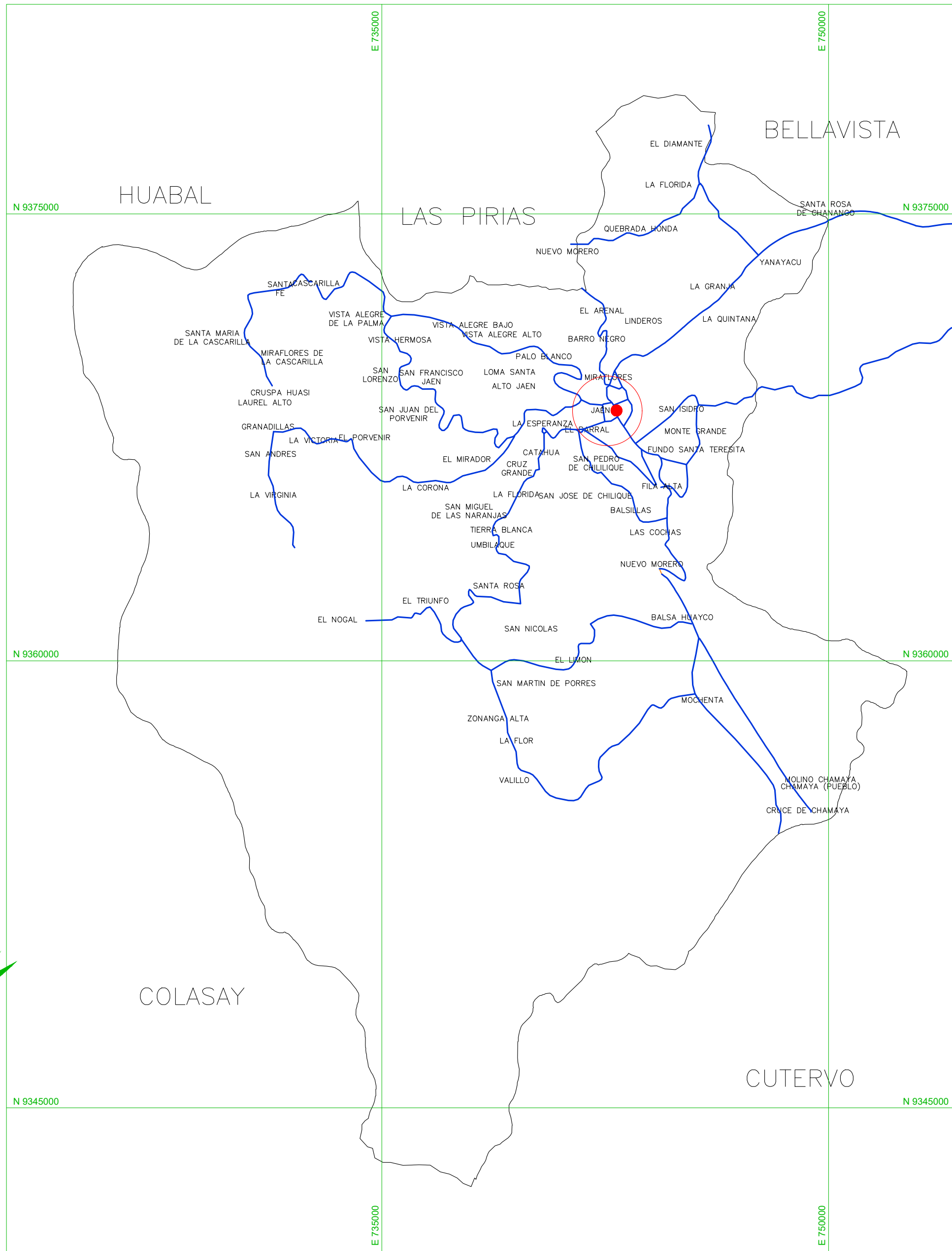
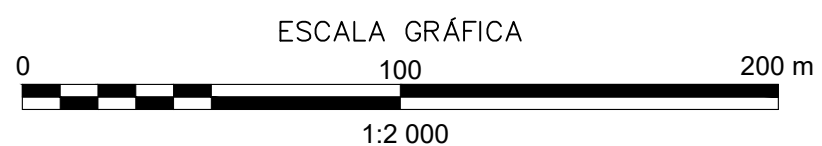


FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

**MAPA PROVINCIAL DE JAÉN**  
ESC. : 1/1 000 000

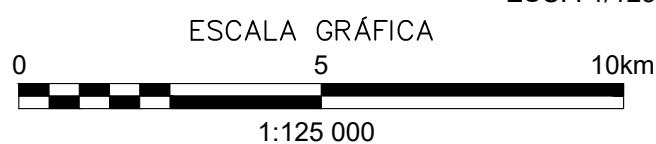


**PLANTA TOPOGRÁFICA**  
ESC. : 1/2 000



FUENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

**MAPA DISTRITAL DE JAÉN**  
ESC. : 1/125 000



- LEYENDA**
- TRAZO DEL PROYECTO
  - DEPARTAMENTO
  - PROVINCIA
  - DISTRITO
  - CENTRO POBLADO
  - CASERÍO
  - VIVIENDAS
  - CARRETERA ASFALTADA
  - RIOS



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



PROYECTO:

“EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA PAKAMUROS CDRA 01 - LA CDRA 10 CON EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN.”

ASESOR:

M EN I. ING. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR

AUTORES:

BACH. JEAN PIER ASSENJO CAJUSOL

REGIÓN : CAJAMARCA  
PROVINCIA : JAÉN  
DISTRITO : JAÉN

SISTEMA DE PROYECCIÓN GEOGRÁFICA:  
UTM

DATUM:  
WGS 84

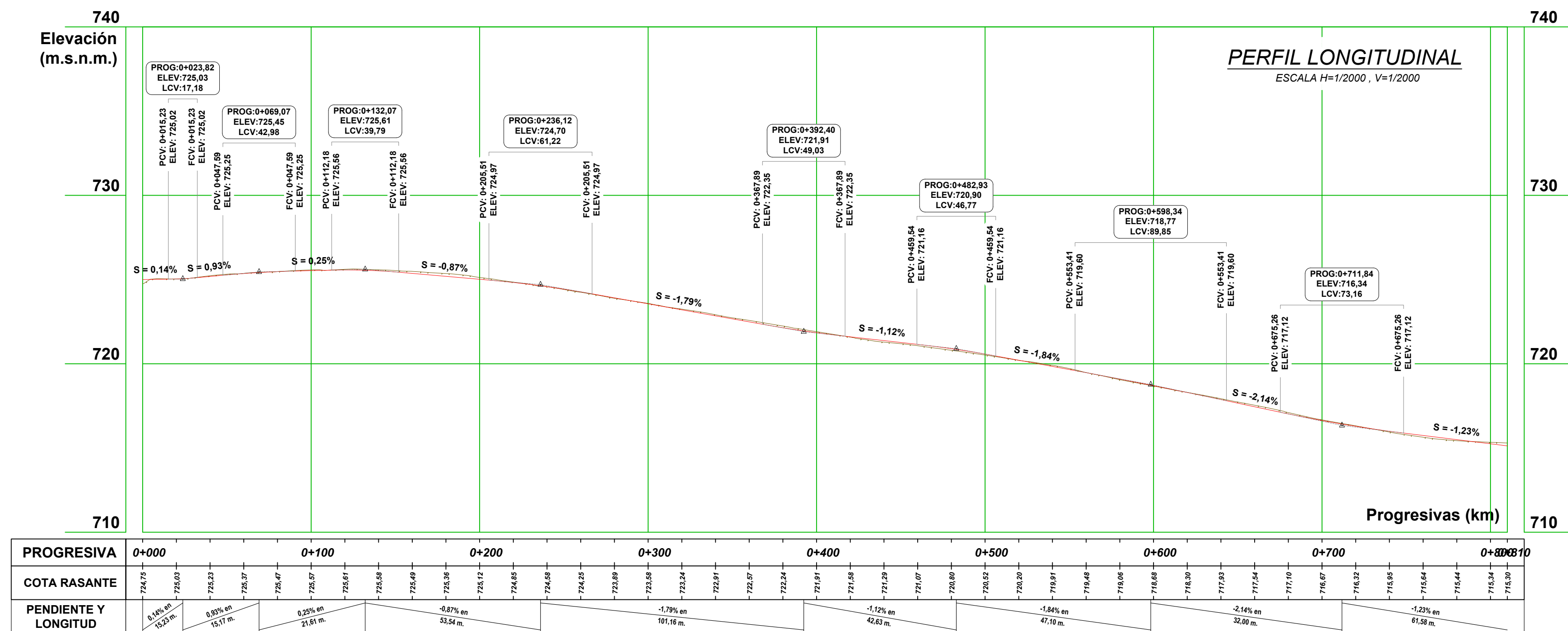
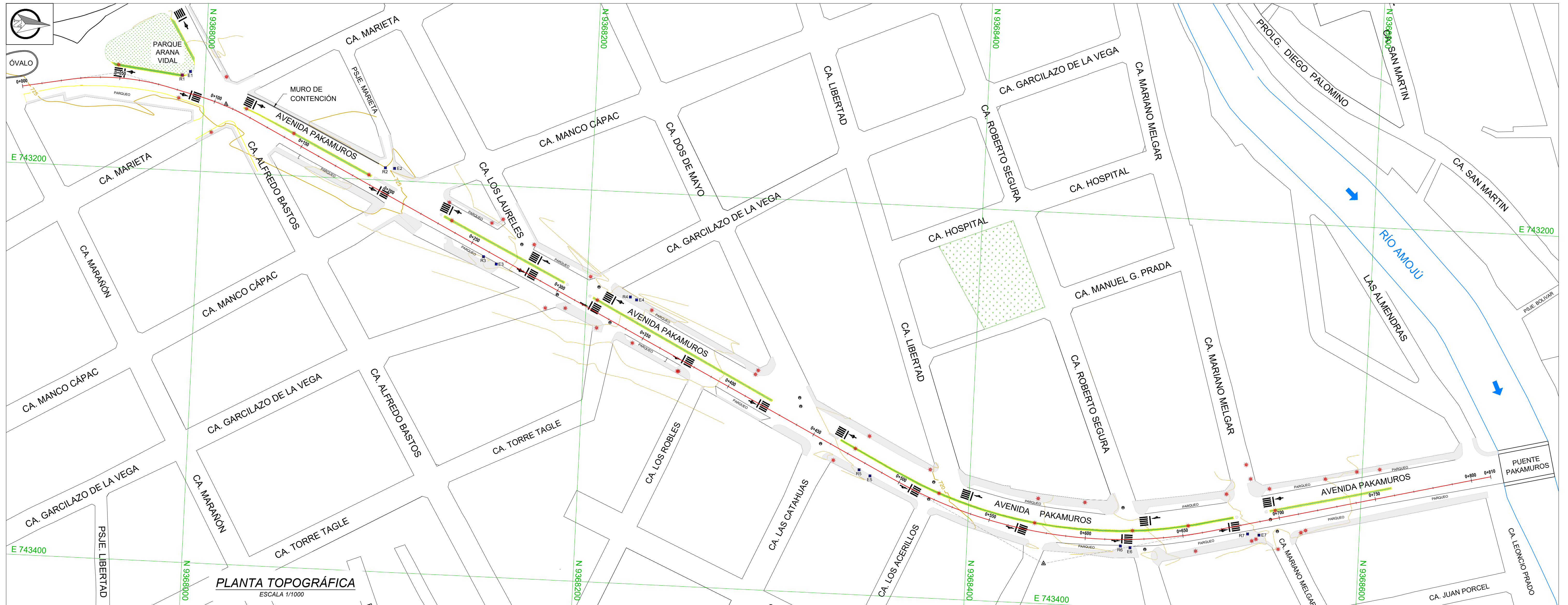
PLANO:

**UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN**

ESCALA: INDICADA  
FECHA: JULIO - 2025

LÁMINA:

**U-01**



| TABLA DE PUNTOS - UTM WGS 84 |               |             |                      |
|------------------------------|---------------|-------------|----------------------|
| PUNTO                        | NORTE (m)     | ESTE (m)    | ELEVACIÓN (m.s.n.m.) |
| E1                           | 9 367 992,513 | 743 149,312 | 726,000              |
| E4                           | 9 368 225,649 | 743 254,928 | 723,690              |
| R1                           | 9 367 988,433 | 743 151,352 | 725,917              |
| E3                           | 9 368 153,176 | 743 240,088 | 724,269              |
| R4                           | 9 368 222,407 | 743 253,591 | 723,681              |
| E2                           | 9 368 099,020 | 743 193,783 | 725,176              |
| R2                           | 9 368 094,304 | 743 193,664 | 725,024              |
| R3                           | 9 368 146,518 | 743 236,634 | 724,296              |
| E5                           | 9 368 348,971 | 743 339,008 | 720,907              |
| R5                           | 9 368 343,293 | 743 336,149 | 720,970              |
| E6                           | 9 368 483,370 | 743 369,282 | 718,742              |
| R6                           | 9 368 478,412 | 743 368,645 | 718,806              |
| E7                           | 9 368 548,840 | 743 359,746 | 717,235              |
| R7                           | 9 368 543,002 | 743 359,390 | 717,342              |

| LEYENDA |                            |
|---------|----------------------------|
|         | Posición de BM.            |
|         | Punto de Intersección.     |
|         | Poste de Energía Eléctrica |
|         | Buzón de Red de desagüe    |
|         | Eje de A.v Pakamuros       |
|         | Veredas                    |
|         | Jardines / Parques         |
|         | Muro de Contención         |
|         | Sardinell                  |
|         | Curvas Maestras            |
|         | Curvas Secundarias         |
|         | Norte Magnético            |



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



PROYECTO:

"EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA PAKAMUROS CDRA 01 - LA CDRA 10 CON EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN."

ASESOR:

M EN I. ING. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR

AUTORES:

BACH. JEAN PIERRE ASSENJO CAJUSOL

REGIÓN : CAJAMARCA

PROVINCIA : JAEN

DISTRITO : JAEN

SISTEMA DE PROYECCIÓN GEOGRÁFICA:

UTM

DATUM:

WGS 84

PLANO:

PLANTA Y PERFIL  
(KM 0+000 - KM 0+800)

ZONA:

17 M

ESCALA:

INDICADA

FECHA:

JULIO - 2025

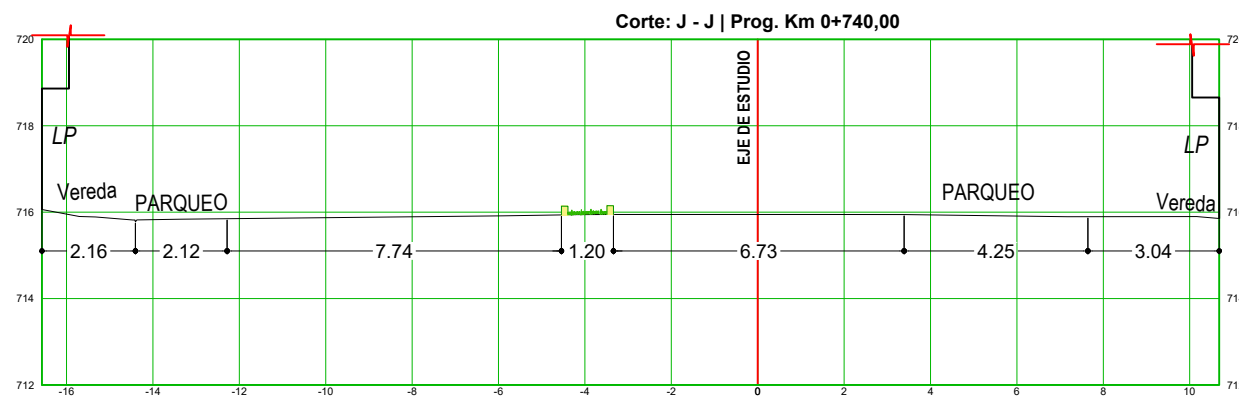
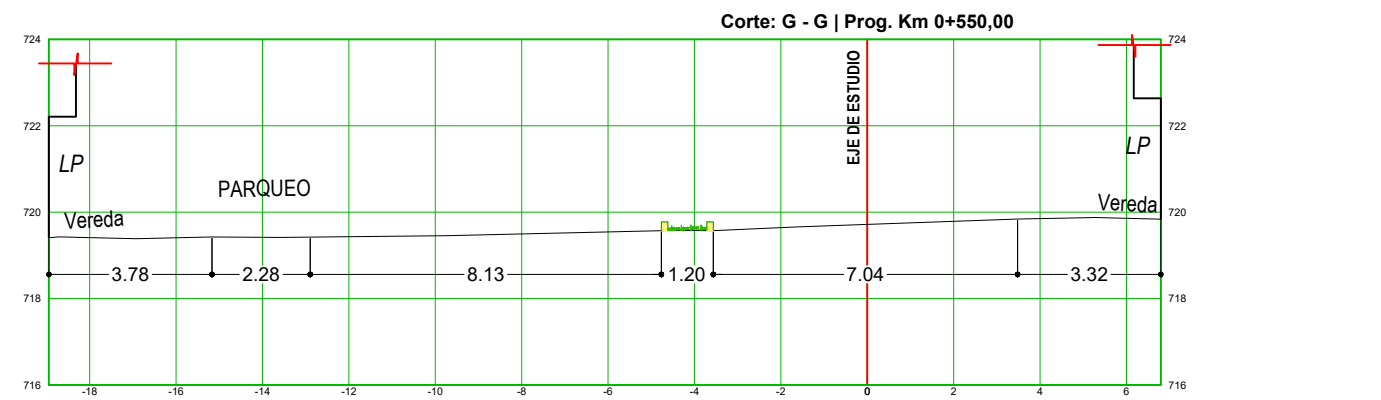
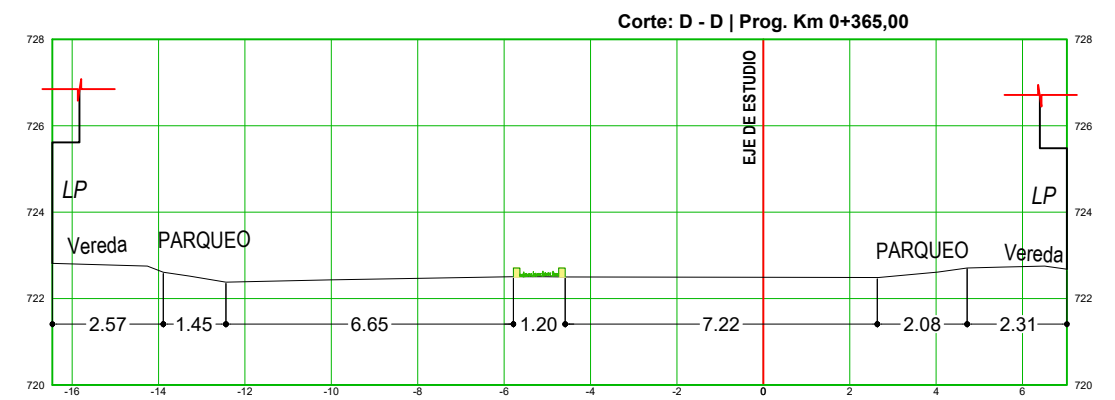
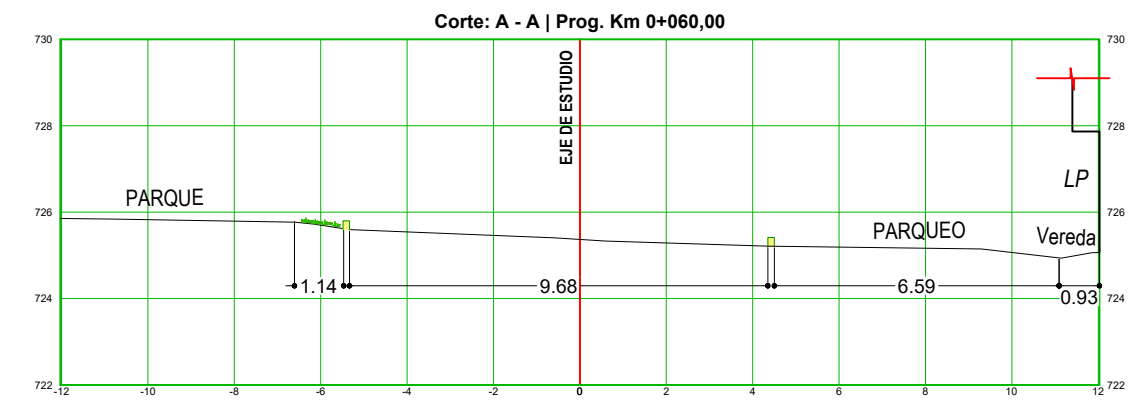
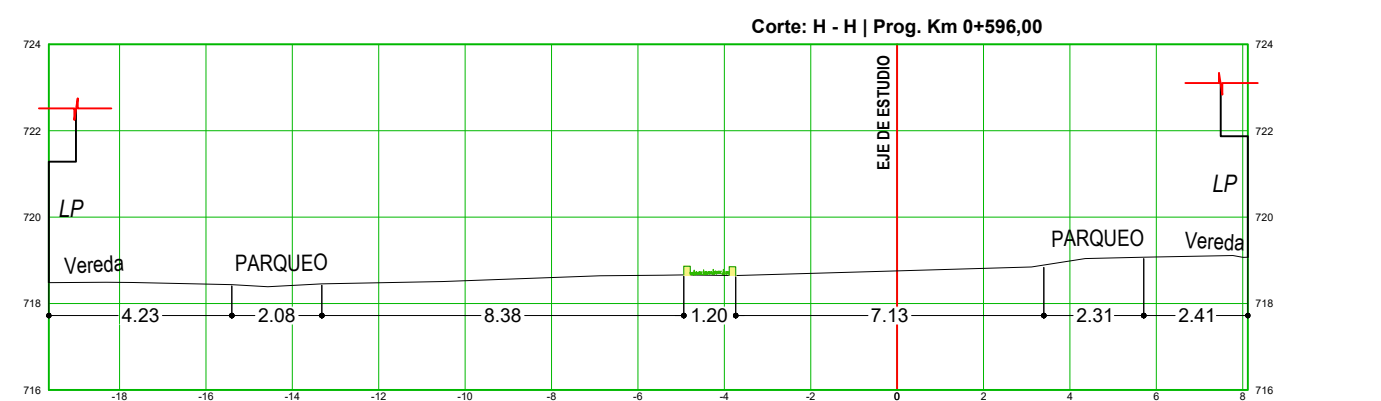
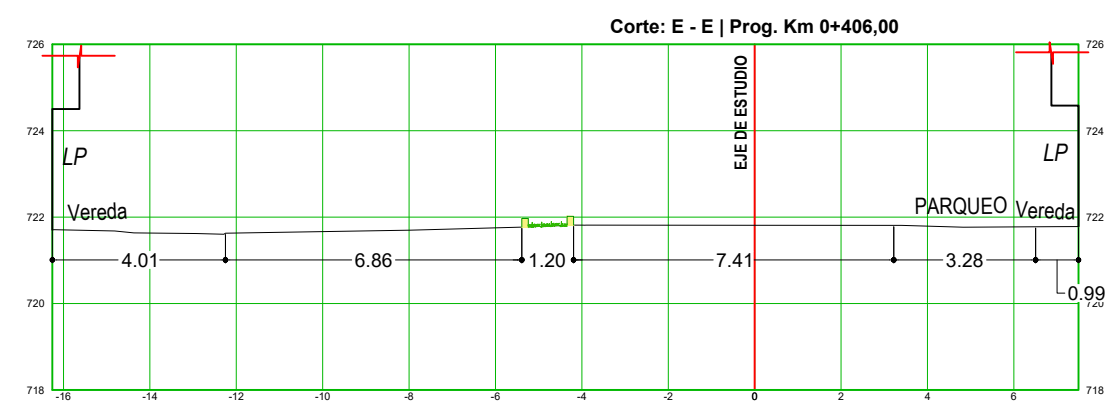
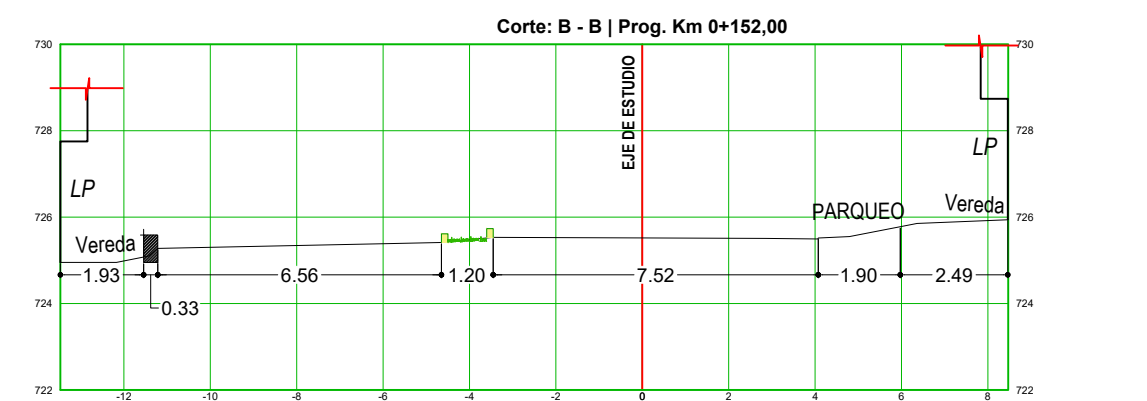
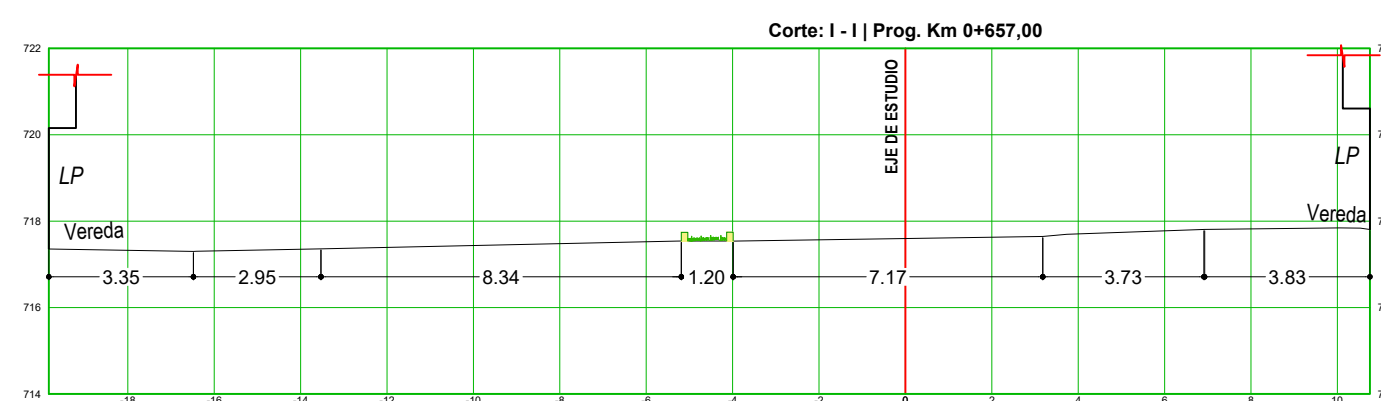
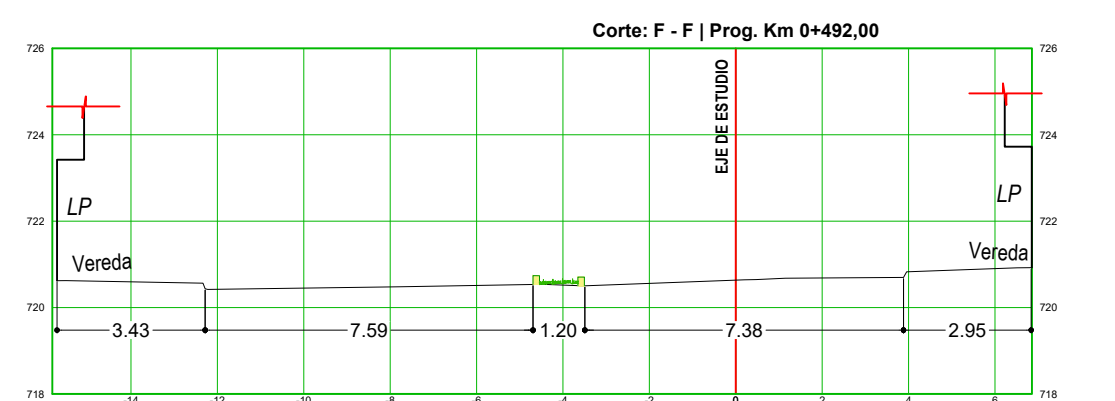
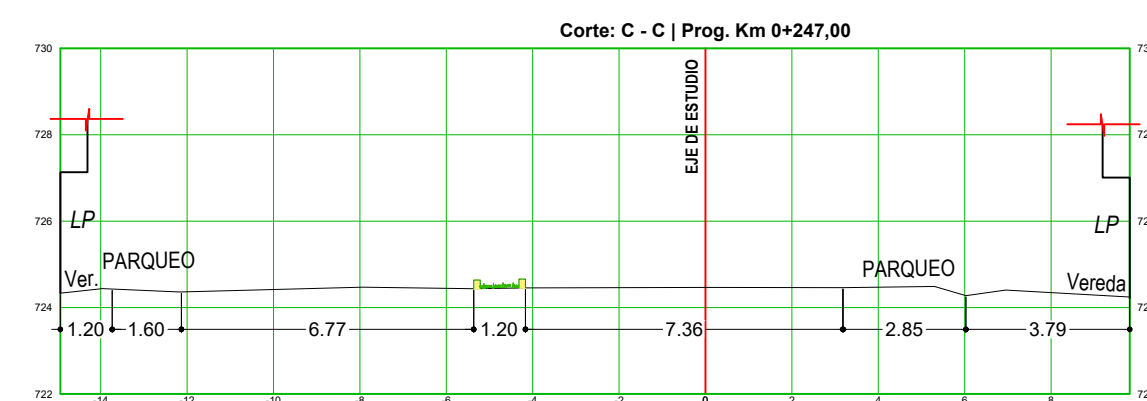
LÁMINA:

PP-01

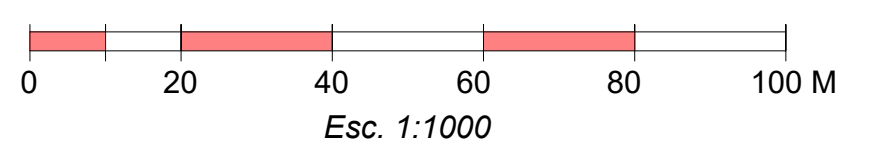


SECCIONES TÍPICAS POR CUADRA

ESCALA 1/175



ESCALA GRÁFICA



LEYENDA

- Posición de B.M.
- Punto de Intersección.
- Poste de Energía Eléctrica
- Buzón de Red de desagüe
- Eje de A.v Pakamuros
- Veredas
- Jardines / Parques
- Muro de Contención
- Sardinel
- Curvas Maestras
- Curvas Secundarias
- Norte Magnético



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



PROYECTO:

"EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO EN LA AVENIDA PAKAMUROS CDRA 01 - LA CDRA 10 CON EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN."

ASESOR:

M EN I. ING. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR

AUTORES:

BACH. JEAN PIERRE ASSENJO CAJUSOL

REGIÓN : CAJAMARCA  
PROVINCIA : JAÉN  
DISTRITO : JAÉN

SISTEMA DE PROYECCIÓN GEOGRÁFICA:  
UTM

DATUM:  
WGS 84

PLANO:

SECCIONES TÍPICAS

ZONA:

17 M

ESCALA: INDICADA  
FECHA: JULIO - 2025

LÁMINA:

ST-01