

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO VIZIR,  
CARRETERA CAÑETE-CHUPACA  
METODOLOGÍA DE DISCRIMINACIÓN DE DATOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**PAUL JEFFERSON FAJARDO BOADA**

**Lima- Perú**

**2011**

*Dios Padre mío, gracias.*

*La Ingeniería Civil, motivadora de mi existencia*

*A lo largo de mi vida, he conocido todo tipo de personas:  
Las importantes, las interesantes, los imprescindibles.*

*Esto va dedicado a ellos los imprescindibles en mi vida, sin  
ustedes nada hubiese sido posible.*

*A Hugo gran hombre que me enseñó el valor de la vida.  
A Mercedes la incansable formadora de personas de amor.  
A Leslie y su sonrisa incansable.  
A Teresa mi segunda madre.  
A Milagros el amor de mi vida.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>03</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>04</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>05</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS</b>	<b>06</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>07</b>
<b>CAPITULO I: DESCRIPCION DEL PERFIL DEL PROYECTO</b>	
1.1 ANTECEDENTES	08
1.1.1 Nombre del Proyecto	09
1.1.2 Marco de Referencia	10
1.1.3 Entidades involucradas y beneficiarios	11
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	12
1.2.1 Situación Actual	12
1.2.2 Descripción del problema y causas	15
1.2.3 Objetivos del Proyecto y alternativas de solución	18
1.2.4 Análisis de la oferta y la demanda del proyecto.	20
1.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS, GEOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS	25
1.4 TRAMO EN ESTUDIO. (134+000 AL 139+000)	28
<b>CAPITULO II: MÉTODO DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL - VIZIR</b>	
2.1 MARCO TEÓRICO	31
2.1.1 Evaluación superficial	31
2.1.2 Catálogo de Fallas	32
2.2 METODOLOGÍA VIZIR	33
2.2.1 Fallas del Tipo A	34
2.2.2 Fallas del Tipo B	34
2.2.3 Obtención de Índices	34
2.3 Procedimiento de cálculo de la condición del pavimento.	37
<b>CAPITULO III: RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN</b>	
3.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	40

3.2 DEFINICIÓN DEL SECTOR VIAL	42
3.3 RECOLECCIÓN DE ANTECEDENTES	43
3.4 ANÁLISIS DE TRÁNSITO	45
3.5 MEDIDAS DE PERFIL Y RUGOSIDAD.	47
3.6 MEDIDAS DE DEFLEXIÓN.	48
3.7 EVALUACIÓN DE DETERIOROS SEGÚN METODOLOGÍA VIZIR	50
3.7.1 Evaluación de la Condición superficial del pavimento.	51
 <b>CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE DISCRIMINACIÓN DE DATOS PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN</b>	
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE VARIABLES ESTADÍSTICAS	53
4.2 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS (E.D.A.)	55
4.3 INDICADORES ESTADÍSTICOS (MEDIA, VARIANZA, PERCENTILES)	56
4.4 DELIMITACIÓN DE UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS.	62
4.5 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	66
4.6 VALORES FINALES DE LA DISCRIMINACIÓN DE LOS DATOS.	67
4.7 CONTRASTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DISCRIMINACIÓN.	69
4.8 GUÍA DE PROCESOS Y RECOMENDACIONES PARA LA TOMA DE DATOS	73
 <b>CONCLUSIONES</b>	 <b>76</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>81</b>

## RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia, tiene como principal objetivo el poner en conocimiento un nuevo método de evaluación superficial, de buen uso, gran aceptación, buena confiabilidad y practicidad en muchos países y que pueda ser utilizado en futuros trabajos.

Este método es el empleado por el Departamento de Camino y Puertos de Francia, en este informe se trata de innovar su uso, mediante una aplicación a un tramo de la Carretera Cañete- Yauyos - Chupaca, específicamente al tramo 134+000 al 139+000.

El procedimiento seguido fue el de recolección de datos de la vía en estudio de forma general y de forma detallada, para esto fue necesario hacer una evaluación in situ de los 5 Km. seleccionados. Se hizo el levantamiento de deterioros en función de sus indicaciones específicas. Se tomaron datos cuantitativos de estos deterioros. Para posteriormente procesarlos y obtener la condición superficial de la zona evaluada.

Pero el proceso no solo quedo en conocer el estado superficial de la vía, sino que con la idea de formular curvas de deterioro adecuadas, se revisaron cuidadosamente los datos obtenidos aplicando metodologías de discriminación o manejo de datos, para evitar procesar errores que normalmente se pueden presentar.

Esto ha sido hecho de manera muy práctica basándonos en los principios del Análisis Exploratorio de datos, de la estadística actual. Esto fue necesario ya que la principal variable utilizada en la obtención de la condición superficial de la vía, es una variable del tipo cualitativa, lo que quizá dificulta un poco el realizar cálculos normales de homogenización, normalidad y pruebas de hipótesis que muestren la confiabilidad necesaria para aceptar los resultados.

Es aquí donde se tuvo la ayuda de una muy buena herramienta, un software de cálculo estadístico. Se utilizó el programa de cómputo MINITAB v15.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01: Situación actual de los tramos - enero 2010	13
Cuadro N° 1.02: <b>IMD</b> de tramos de la vía 2006	22
Cuadro N° 1.03: Ubicación de estaciones de control 2008	22
Cuadro N° 1.04: <b>IMD</b> de tramos de la vía 2009	23
Cuadro N° 1.05: Características de los tramos a evaluar	24
Cuadro N° 1.06: Estudio de suelos sectorizado- capacidad portante <b>CBR</b>	27
Cuadro N° 1.07: Estudio de suelos sectorizado- clasificación <b>SUCS y AASHTO</b>	27
Cuadro N° 2.01 Listado del catálogo de fallas de metodología <b>VIZIR</b> .	32
Cuadro N° 2.02. Calificación para el índice de deterioro superficial – <b>Is</b>	35
Cuadro N° 3.01: <b>IMD</b> de tramos de la vía 2009	46
Cuadro N° 3.02: Calificaciones del <b>IRI</b>	47
Cuadro N° 3.03: Mediciones del <b>IRI</b> con Bump Integrator, cada 400m	48
Cuadro N° 3.04: Mediciones de deflexiones con Viga Benkelman.	50
Cuadro N° 3.05: Procesamiento de datos de cuantificación de fallas con metodología <b>VIZIR</b> .	51
Cuadro N° 3.06: Calificación de tramos con metodología <b>VIZIR</b> .	52
Cuadro N° 4.01: Resumen del índice superficial “ <b>Is</b> ”, por tramo de estudio	56
Cuadro N° 4.02: Calificación del índice superficial “ <b>Is</b> ”.	61
Cuadro N° 4.03: Método de diferencias acumuladas	63
Cuadro N° 4.04: Método de diferencias acumuladas procesamiento	64
Cuadro N° 4.05: Condiciones superficiales por tramos homogéneos	66
Cuadro N° 4.06: Cantidades de tramo por rango de <b>Is</b> .	66
Cuadro N° 4.07: Valores finales de deterioros A y B en porcentaje	67
Cuadro N° 4.08: Valores finales de deterioros A y B en metros cuadros	68
Cuadro N° 4.09: Contrastación de valores de <b>Is</b> , con el <b>IRI</b> , a cada 400m.	69
Cuadro N° 4.10: Calificación del <b>IRI</b> en función de sus valores.	70
Cuadro N° 4.11: Comparaciones encontradas para valores de <b>IRI</b> e <b>Is</b> .	72
Cuadro N° A.01 Fallas del tipo A	82
Cuadro N° A.02 Fallas por ahuellamiento	83
Cuadro N° A.03 Fallas por depresión o hundimiento	83

Cuadro N° A.04	Fallas por grieta longitudinal por fatiga	84
Cuadro N° A.05	Fallas por grietas piel de cocodrilo	85
Cuadro N° A.06	Fallas por baches y zanjas reparadas	85
Cuadro N° A.07	Fallas del tipo “B”	86
Cuadro N° A.08	Fallas de grietas por junta de construcción horizontal y vertical	87
Cuadro N° A.09	Fallas de grietas de contracción térmica	88
Cuadro N° A.10	Fallas de grietas parabólicas	88
Cuadro N° A.11	Fallas de grietas de borde	89
Cuadro N° A.12	Fallas de severidad de huecos	90
Cuadro N° A.13	Fallas de severidad de corrugaciones	90
Cuadro N° A.14	Fallas de severidad de pérdida de película ligante	91
Cuadro N° A.15	Fallas de severidad de pérdida de agregados	92
Cuadro N° A.16	Fallas de severidad de descascaramiento.	92
Cuadro N° A.17	Fallas de severidad de la exudación	94
Cuadro N° A.18	Fallas de severidad de afloramiento de mortero	94
Cuadro N° A.19	Fallas de severidad de afloramiento de agua	95
Cuadro N° A.20	Fallas de severidad de desintegración de bordes	96
Cuadro N° A.21	Fallas de severidad de desnivel entre calzada y berma	96
Cuadro N° A.22	Fallas de severidad de erosión de las bermas	97

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1.01	Presencia de baches profundos en el km 93.	8
Figura 1.02	Sub rasante deteriorada con ahuellamientos y encalaminados	9
Figura 1.03	Presencia de baches profundos km 165	9
Figuras 1.04 y 1.05	Vistas antes y después de la intervención del contratista km 190	14
Figura 1.06	Vistas del tratamiento superficial slurry seal en el km 138+500	15
Figura 1.07:	Árbol de causas y efectos	17
Figura 1.08:	Árbol de medios y fines	19
Figura 1.09	Esquema de vía Cañete – Chupaca	25
Figura 2.01	Flujo grama para cálculo del “Is”	37
Figura 3.01:	Proceso de la recolección de información	40
Figura 3.02:	Representación de carretera en estudio	43

Figura 3.03: Tramificación de carretera en estudio	45
Figura 4.01: Obtención de la condición superficial del pavimento con la metodología VIZIR	54
Figura 4.02: Gráfica de dispersión de los valores “Is” por cada tramo	57
Figura 4.03: Histograma de los valores “Is” por cada tramo	58
Figura 4.04: Esquema de diagrama Box Plot	59
Figura 4.05: Diagrama box plot de los valores “Is”	60
Figura 4.06: Diagrama de torta de los valores “Is”	60
Figura 4.07: Gráfica de procesamiento de diferencias acumuladas	65
Figura 4.08: Distribución muestral de los valores de “Is”	66
Figura 4.09: Histograma acumulado según rangos	68
Figura 4.10: Gráficas de dispersión de datos del IRI y del “Is”, para cada tramo de 400m. Con tendencia de ajuste cuadrático	70
Figura 4.11: Gráfica de regresión cuadrática del Is vs el IRI, para este ensayo, indicando los márgenes del IC 95%	71
Figura 4.12: Gráficas de dispersión de datos del %CBR, D <sub>máx</sub> y del “Is”, para con una tendencia de ajuste cuadrático	72
Figura A.01 Catálogo de fallas de metodología VIZIR.	80
Figura A.02 Pulimento de agregados	93
Figura A.03 Segregación	98

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

<b>CONREVIAl</b>	Consorcio de Rehabilitación Vial
<b>AASHO</b>	American Association of State Highways Officials
<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>MTC</b>	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
<b>CGC</b>	Consorcio Gestión de Carreteras
<b>CBR</b>	California Bearing Ratio
<b>S.U.C.S.</b>	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
<b>IRI</b>	Índice de Rugosidad Internacional
<b>If</b>	Índice de Fisuración
<b>Id</b>	Índice de Deflexión
<b>Is</b>	Índice de la Condición Superficial. VIZIR.



## INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo principal el dar una metodología clara en el manejo de datos con ayuda de herramientas estadísticas, aplicadas a las evaluaciones superficiales de carreteras, con un novedoso método de evaluación en el país.

Es así que se han realizado las investigaciones necesarias a un tramo de la carretera Lunahuaná – Yauyos- Chupaca, específicamente al tramo 134+000 al 139+000, desarrollando 4 capítulos, que enmarcaran la línea de investigación seguida.

En el capítulo I, titulado Perfil del Proyecto, se dan a conocer los antecedentes de referencia de esta carretera de Bajo Volumen de Tránsito. Y el marco lógico en el cual se da el estudio propuesto de Discriminación de Datos, y se centra el problema a resolver.

En el segundo capítulo se da a conocer el método de evaluación superficial VIZIR, aplica en por los menos 20 países de todo el mundo, siendo el país creador de este método Francia; se presentan sus consideraciones, su catálogo de falla, las diferenciaciones que presenta el método en cuanto a tipos de deterioro. Cabe indicar que este catálogo ha sido modificado en cuanto a los nombres de algunas fallas, con el fin de familiarizar sus términos propios con los usados en nuestro país.

En el tercer capítulo, se hace mención a toda la información recolectada, que nos sea útil en nuestras evaluaciones, se ha tomado en cuenta los diferentes tipos de parámetros que se obtiene de una carretera a fin de poder obtener relaciones entre estas y los parámetros de evaluación superficial. Los valores obtenidos han sido el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), mediante medición con equipo de respuesta Bump Integrator; asimismo parámetros del CBR, deflexiones máximas, obtenidos mediante ensayos de Viga Benkelman,

En el capítulo cuarto el manejo de los datos obtenidos, y las comparaciones hechas con los otros parámetros mencionados, se trabaja con un potente software que ayuda darnos a conocer la fuerza del Análisis Exploratorio de Datos (EDA). El programa computacional usado es el MINITAB v15.

## CAPÍTULO I

### DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL PROYECTO

#### 1.1 ANTECEDENTES

La carretera Lunahuaná- Yauyos – Chupaca, fue construida en el año 1958 con una longitud de aprox. 245.49 Km. Comprende a las provincias de Cañete, Yauyos pertenecientes al departamento de Lima y a las provincias de Concepción y Chupaca, pertenecientes al departamento de Junín.

Esta vía forma parte de la Ruta Nacional Transversal 22 y permite la interconexión de la ciudad de Huancayo con la ciudad de Lima. Es decir es una vía alterna a la carretera Central.

El motivo por el cual esta vía no es utilizada con gran afluencia es debido a las características que presenta como su diseño geométrico, la poca longitud que presenta su calzada, curvas muy cerradas, derrumbes y huaycos frecuentes que se deben a la geología, hidrología y topografía de la zona.

Antes de la intervención y proyecto de su mejoramiento y conservación vial, la carretera mostraba fallas muy severas como se aprecian en las fotografías 1.01/1.02 y 1.03.

**FIGURA 1.01 PRESENCIA DE BACHES PROFUNDOS EN EL KM 93**



Fuente: Provias Nacional Proyecto Perú

**FIGURA 1.02 SUBRASANTE DETERIORADA CON AHUELLAMIENTOS Y ENCALAMINADOS  
KM 110**



Fuente Provias Nacional Proyecto Perú

**FIGURA 1.03 PRESENCIA DE BACHES PROFUNDOS EN EL KM 165**



Fuente Provias Nacional Proyecto Perú

La situación en la que se encontraba esta vía, dio por establecido el ejecutar proyectos de mejora que motivaran su uso más frecuente, haciendo posible la mejora socioeconómica de los pobladores involucrados.

### 1.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

El proyecto en que se basa el estudio lleva por nombre: "Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Lunahuaná – Yauyos – Chupaca".

Y el estudio que se desarrolla en este informe lleva como Título: "Evaluación Superficial por el método Vizir, carretera Cañete-Chupaca, Metodología de Discriminación de Datos".

En este informe se plantea el uso de un nuevo método de evaluación superficial distinto al PCI, o al Método CONREVIAl, este método es el VIZIR, cuyo uso se viene dando con gran aceptación en países de Latinoamérica como: Colombia, Chile, Costa Rica. Y tiene su origen en Francia.

### 1.1.2 MARCO DE REFERENCIA

Referenciándonos en la documentación revisada, este proyecto de Conservación Vial, tiene su origen en la aprobación de un perfil por la Oficina de Planificación y Planeamiento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, aprueba el perfil autorizando así la Elaboración del Estudio de Factibilidad del Proyecto: Ruta 22 (3N), Tramo: Lunahuaná - Yauyos – Chupaca. Posteriormente en el año 2005 se empezó con el Estudio de Factibilidad del Proyecto de Inversión Pública: Ruta 22 (3N), Tramo: Lunahuaná - Yauyos – Chupaca.

Aprobados el estudio de factibilidad y posterior estudio definitivo, el MTC a través de Provias Nacional, convoca a concurso público, resultando ganador el consorcio Gestión de Carreteras, que está formado por las empresas Ingenieros Civiles y Contratista Generales S.A ICCGSA - Corporación Mayo S.A.C. - Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal S.R.L., el 27 de Noviembre del 2007, empezando con el proyecto: "Servicio de Conservación vial por niveles de Servicio de la Carretera Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca –y Rehabilitación del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos - Ronchas", por un monto total ascendente a S/. 131 589 139.71 (Ciento Treinta y un Millones Quinientos Ochenta y Nueve Mil Ciento Treinta y Nueve y 71/100 Nuevos Soles).

Provias Nacional, viendo necesaria una implementación e innovación en el estudio de este tipo de carreteras que es clasificada como de bajo volumen de tránsito, decide suscribir un convenio de cooperación institucional con la Universidad Nacional de Ingeniería, para que sea la encargada del monitoreo de los trabajos efectuados por el contratista conservador. Suscribiéndose el contrato en Agosto del año 2008. Este acuerdo tiene como fin el de analizar, estudiar y elaborar un manuales que ayuden a la mejora del estudio de este tipo de servicios de conservación vial, aplicados a carreteras de bajo volumen de tránsito y en general.

### **Métodos de evaluación superficial.**

Los estudios realizados en el país sobre evaluación superficial, han tenido su origen en el uso del Método PCI (Pavement Condition Index), Índice de la Condición del Pavimento.

**El método PCI.-** Propuesto en la USACE, el cual determina el Índice de la Condición del Pavimento, determina el tipo de falla, su magnitud, su severidad y además la densidad con respecto al área evaluada. Su catálogo muestra 20 fallas y la valoración realizada a los tramos de la vía va desde 0 (estado totalmente deteriorado), hasta 100 (excelente estado)

**El método CONREVIAl.-** Define el tipo de falla y su severidad, en un área que se encuentra en el entorno a donde ejecuta también la evaluación estructural. Su evaluación es similar a la del PCI.

### **1.1.3 PARTICIPACIÓN DE ENTIDADES INVOLUCRADAS Y BENEFICIARIOS.**

El programa Proyecto Perú, el cual es un programa de Infraestructura Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la Red Vial Nacional. Incluye a los proyectos de transporte de este tipo, para esta vía tiene como principales involucrados a:

Provias Nacional que es la entidad más involucrada en el proyecto quien a su vez es la supervisora general del proyecto.

El Consorcio Gestión de Carreteras con la contratista encargada de los trabajos de conservación.

La Universidad Nacional de Ingeniería, como organismo monitor de los trabajos involucrados

Los beneficiarios serían los usuarios de la vía y los pobladores de las localidades de Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, San Juan, San Gerónimo, Catahuasi, Chichicay, Capillucas, Calachota, Magdalena, Yauyos, Tincco Huantan, LLapay, Alis, Tomas, Tinco de Yauricocha, San José de Quero, Chaquicocha, Collpa, Roncha y Chupaca.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se englobado dentro del programa "Proyecto Perú", que contiene a su vez, muchos otros planes de mejora para otras vías de nuestra red Nacional, tiene especial interés en esta vía ya que se maneja como otra ruta de acceso, entre el Valle del Mantaro hacia la Capital Peruana, teniendo así la posibilidad de elección entre esta y la carretera central, así como la mejora de las actividades socioeconómicas que puedan desarrollar los pobladores que están a lo largo de la carretera.

Es por eso que el Provias Nacional del Ministerio de Transporte y comunicaciones, ha visto factible el mejoramiento de esta vía a través de un contrato de mejoramiento y conservación vial. La conservación vial es un tema recientemente puesto en marcha en nuestro país y esta vía es una de las primeras que ve nacer proyectos en el país de esta naturaleza.

Este informe que tiene como enfoque el hacer uso de la metodología VIZIR, se desarrollara en el tramo correspondiente a las progresivas 134+000 al 139+000, donde se evaluara el tramo y se obtendrá los resultados que serán analizados con el uso del análisis exploratorio de datos a fin de obtener un método confiable de evaluación de fallas superficiales.

### 1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL

En enero del año 2010, el Consorcio de Gestión de carreteras, conjuntamente con la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, dan a conocer los avances realizados por el contratista hasta la fecha indicada, en el tramo de la carretera Cañete - Yauyos - Huancayo, por el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 1.01: SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TRAMOS - ENERO 2010**

TRAMO INICIAL	KM INICIO	TRAMO FINAL	KM FINAL	LONGITUD DE SUB TRAMO(km)	TIPO DE PLATAFORMA	Nº DE TRAMO	KM POR TRAMOS
CAÑETE	1+805	LUNAHUANA	42+755	40.95	CARPETA ASFALTICA	1	40.95
LUNAHUANA	42+755	PACARAN	54+662	11.907	TSB (3/4 Y 3/8)	2	11.907
PACARAN	54+662	ZUÑIGA	58+405	3.743	SLURRY SEAL	3	24.143
ZUÑIGA	58+405	SAN JUAN	67+405	9			
SAN JUAN	67+405	SN JERONIMO	73+005	5.6			
SN JERONIMO	73+005	CATAHUASI	78+805	5.8			
CATAHUASI	78+805	CHICHICAY	93+915	15.11	MONOCAPA	4	86.1
CHICHICAY	93+915	CAPILLUCAS	96+445	2.53			
CAPILLUCAS	96+445	CALACHOTA	106+845	10.4			
CALACHOTA	106+845	PUENTE AUCCO	114+608	7.76			
PUENTE AUCCO	114+608	DV. YAUYOS MAGDALENA	128+805	14.2			
DV. YAUYOS MAGDALENA	128+805	TINCO HUANTAN	142+166	13.36			
TINCO HUANTAN	142+166	LLAPAY	156+106	13.94			
LLAPAY	156+106	ALIS	164+906	8.8			
ALIS	164+906	TOMAS	172+895	7.99	SLURRY SEAL	5	62.095
TOMAS	172+895	TINCO YAURICOCHA	183+485	10.59			
TINCO YAURICOCHA	183+485	ABRA CHAUCHA	195+316	11.83			
ABRA CHAUCHA	195+316	ABRA NEGROBUENO	213+125	17.81			
ABRA NEGROBUENO	213+125	S/N	227+000	13.875	SLURRY SEAL	6	26
S/N	227+000	SAN JOSE DE QUERO	231+105	4.105			
SAN JOSE DE QUERO	231+105	CHAQUICOCHA	241+405	10.3			
CHAQUICOCHA	241+405	COLLPA	248+005	6.6			
COLLPA	248+005	S/N	253+000	4.995	SLURRY SEAL	7	3.99
S/N	253+000	RONCHA	256+990	3.99			
RONCHA	256+990	CHUPACA	273+531	16.541	CARPETA ASFALTICA	8	16.541
<b>TOTAL</b>				<b>271.726</b>			<b>271.726</b>

Fuente: Monitoreo realizado por la FIC-UNI y MTC Enero 2010

Con el cuadro 1.01, ya se ve el trabajo realizado por la empresa contratista en mejoras de la plataforma de la vía, así como las mejoras de las obras de arte, drenajes y señalización vial.

Se aprecian trabajos de:

Mejoramiento de la plataforma, ya sea afirmado con tratamiento superficial Slurry Seal

El tratamiento con Monocapa.

Limpieza de la vía, ante derrumbes.

Limpieza y mejora de cunetas

Mejora de las obras de arte, zanjas de coronación, estructuras de drenaje, Muros secos, etc.

Desbroce de maleza aledaña a la vía.

Señalización vial

Cabe recordar que el trabajo del contratista supervisor es por niveles de servicio, es decir, se paga por resultados y no por actividades ejecutadas. Ello se da así bajo una óptica de transferencia del riesgo del Estado al contratista.

Los niveles de servicio son estándares mínimos que la vía tiene que tener.

Actualmente se ven las mejoras realizadas en las fotografías 1.04, 1.05 y 1.06.

**FIGURAS 1.04 Y 1.05 VISTAS ANTES Y DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN DEL CONTRATISTA KM 190**



Fuente Provias Nacional Proyecto Peru



**FIGURA 1.06 VISTAS DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL EN EL KM 138+500**



Fuente Provias Nacional Proyecto Perú

## 1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS CAUSAS

### Problema Central

Para este informe de evaluación superficial de carreteras, el problema central es Mal uso de técnicas de manejo de datos obtenidos en una evaluación superficial con metodología Vizir. Esto aplicado a un tramo de la Carretera Cañete – Chupaca.

### **Causas Indirectas**

- Desconocimiento de metodologías PCI, VIZIR, CONREVIAL, PASER
- Desconocimientos de técnicas estadísticas de Exploración de datos
- Poco o ningún control ordenado en la toma de datos
- Desconocimiento de fallas en pavimentos
- Malas consideraciones de condiciones geológicas, hidrológicas y demás

### **Causas Directa**

- Desconocimiento de manejo de datos y de metodologías de E.S.
- Mala evaluación superficial y pésimo procesamiento

### **Efectos Indirectos**

- Alto porcentaje de data errada durante la evaluación
- Consideraciones de concepciones negativas o erradas
- Obtención de malos modelos de deterioro

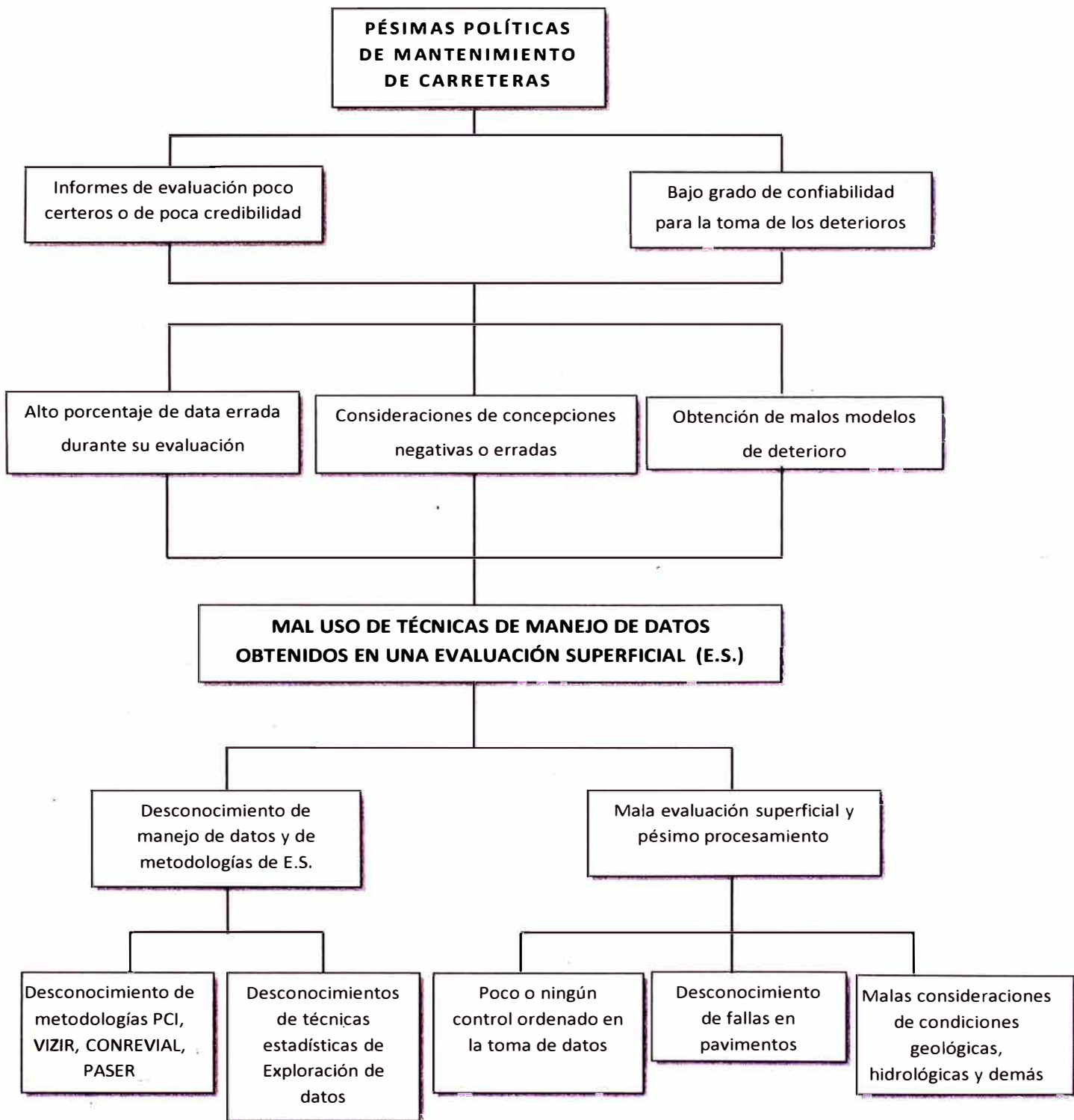
### **Efectos Directos:**

- Informes de evaluación poco certeros o de poca credibilidad
- Bajo Grado de confiabilidad para la toma de los deterioros

El efecto final a esto es la: elaboración de “Pésimas Políticas de Mantenimiento en la carretera”. Lo que conlleva a un gasto innecesario por parte del Estado en pro de una buena infraestructura vial, afectando al poblador de la zona.

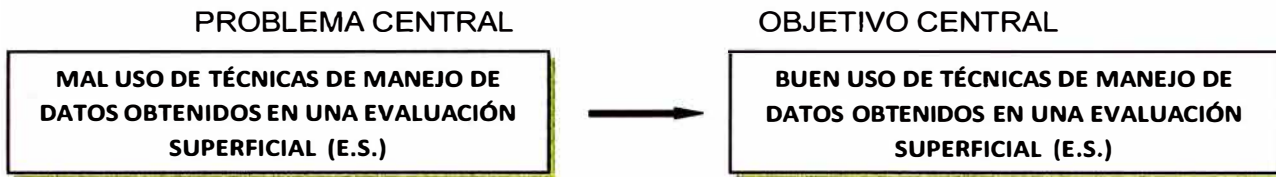
### ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS

FIGURA 1.07: ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



Fuente: Elaboración Propia

### 1.2.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN



#### Objetivo Central

El objetivo general del proyecto es tener un buen uso de técnicas de manejo de datos obtenidos en una evaluación superficial (E.S.)

#### Medios de Primer Nivel:

- Manejar correctamente los datos obtenidos de una evaluación superficial
- Evaluar correctamente la condición superficial de la vía

#### Medios Fundamentales:

- Buen conocimiento y uso de metodologías de Evaluación superficial
- Conocimiento de técnicas estadísticas de manejo de datos
- Conocer los tipos de fallas en el pavimento y su cuantificación
- Control, adecuado en la toma de datos
- Realizar consideraciones acertadas de las condiciones geológicas e hidrológicas de la vía

#### Fines Directos:

- Reducción los errores y verificar las omisiones en los datos obtenidos
- Disminución los errores del manejo de los datos, conocer las tendencias centrales
- Obtención de acertados modelo de deterioro.

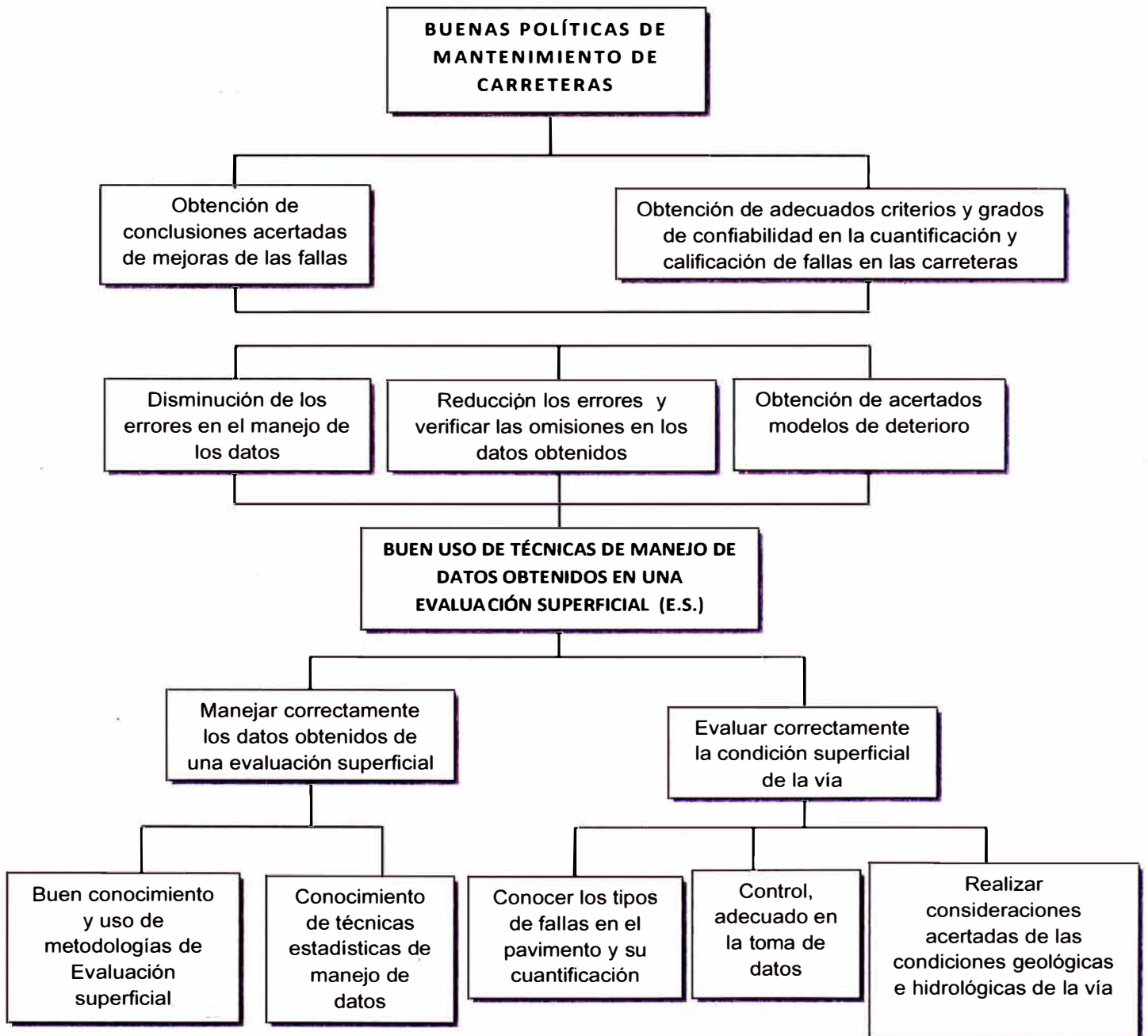
#### Fines Indirectos:

- Obtención de conclusiones acertadas de mejoras de las fallas
- Obtención de adecuados criterios y grados de confiabilidad en la cuantificación y calificación de fallas en las carreteras

Todos estos fines conllevan a un fin último expresado como: Buenas políticas de Mantenimiento de carreteras”.

### ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES

FIGURA 1.08: ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



Fuente: Elaboración Propia

## **ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN**

Se plantea la siguiente alternativa de solución para el manejo adecuado de datos y aplicación de metodologías de evaluación superficial en un tramo de la carretera Cañete - Chupaca.

### **Alternativa de Solución**

- Realizar formatos adecuados de toma de datos, fáciles y prácticos
- La evaluación la deben hacer personas calificadas que tengan un conocimiento claro de las diferentes fallas que se pueden ver en la superficie de un pavimento.
- Para tomar en cuenta un método de evaluación este debe ser de pleno conocimiento del evaluador, en este caso de la Metodología Vizir.
- La cuantificación y calificación de las fallas se deben hacer certeramente, clasificando adecuadamente los tipos de falla.
- El procesamiento se debe realizar aplicando metodología estadísticas adecuadas que permitan clasificar los datos obtenidos, verificar las omisiones y detectar los errores que muestre la data.

### **1.2.4 ANÁLISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA DEL PROYECTO**

La demanda del proyecto puede ser medidas con los estudios de conteo vehicular tomados por el consorcio de gestión de carreteras y los estudios hechos en la elaboración del perfil de este proyecto, se proyecta en función de las tasas de crecimiento consideradas y se obtiene la demanda prevista en el futuro para los años que dure el contrato de conservación de la vía. Si es factible se podrá evaluar para años futuros.

En cambio la oferta está en función de los cambios que se logren con el proyecto, ya que estos proyectos de conservación el Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC lo da para vías de entre 200Km. y 400 Km, y si con las mejoras de la vía en función de su estructura y confort se lograr incrementar el tráfico en los corredores viales. Se buscará intervenir a futuro con trabajos mayores de ingeniería (carreteras de 6.60 metros de ancho, con carpeta asfáltica en caliente, con mejoramiento de curvas y pendientes, etc.). De no ocurrir el incremento de tráfico, los corredores viales quedarán con los pavimentos

básicos, pero con contratos de conservación permanente que aseguren un óptimo confort a los usuarios.

Es decir la oferta la brinda el estado de la carretera. Cumpliéndose un comportamiento de manera directa:

- A mejor calidad de la vía (confort), habrá una mayor demanda de utilización.
- A inadecuada calidad de la vía, habrá una menor demanda de utilización.

A esto se agregan factores de índole social que aumenten también la demanda de la vía, pero ligadas también a la mejora de la misma.

## **HORIZONTE DEL PROYECTO**

El proyecto se calculó para un horizonte de 5 años en el cual la carretera en estudio debe mantenerse en óptimas condiciones, así se evaluó alternativas de cambio de estándar y la rentabilidad del proyecto para los próximos cinco años.

## **ANÁLISIS DE LA DEMANDA**

### **Introducción:**

La demanda actual, se considera el comportamiento y características del flujo vehicular, así como sus principales determinantes.

Para el presente estudio, el análisis de la demanda consideró la medición del tráfico de la mencionada vía, el cual ha sido realizado por el consorcio de gestión de carreteras CGC.

CUADRO N° 1.02: IMD DETRAMOS DE LA VÍA 2006

IMD 2006			
Descripción del vehículo	Pacaran 52+857	Zuñiga 56+600	Div. Yauyos 127+00
	Zuñiga 56+600	Div. Yauyos 127+00	Chupaca 160+00
Auto	2	1	6
Camioneta	4	7	9
Combi Rural	46	1	1
Micro	5	0	0
Ómnibus 2	6	13	2
Ómnibus +2	0	0	0
Camiones 2 ejes	23	7	2
Camiones 3 ejes	2	5	1
Camiones 4 ejes	0	0	0
Semitraylers	0	0	0
Tráileres	0	1	0
<b>IMD</b>	<b>88</b>	<b>35</b>	<b>21</b>

Fuente: Consorcio de Gestión de Carreteras CGC

### Estaciones de Control:

Según avances del Contratista conservador, en el año 2008, se hizo un estudio de control volumétrico, utilizando 6 estaciones a lo largo de la vía que darían a conocer el aumento de la demanda vehicular con respecto al cuadro 1.02

El cuadro N° 1.03 se muestran las ubicaciones de las Estaciones de Control vehicular.

CUADRO N° 1.03: UBICACIÓN DE ESTACIONES DE CONTROL 2008

CÓDIGO	TRAMO	NOMBRE	TAREA
<b>1.- Volumen y clasificación vehicular</b>			
E 1	Cañete (Imperial)-Lunahuana	Lunahuana	Conteo Continuo
E 3	Lunahuana-Pacaran-Zuñiga	Pacaran	Conteo Continuo
E 3	Zuñiga-Dv. Yauyos-San José de Quero	Zuñiga	Conteo Continuo
E4	San Jose de Quero-Ronchas	Yauyos	Conteo Continuo
E5	Ronchas-Chupaca	Ronchas	Conteo Continuo

Fuente: Consorcio de Gestión de Carreteras CGC



### Resultados de los Conteos Vehiculares

Los resultados obtenidos, se indican en el cuadro 1.03, donde se puede apreciar que el tramo más recorrido es el de Pueblo Nuevo a Chichicay con 569veh/día. Y el más bajo es el correspondiente a que se encuentra entre la Dv. Yauyos con el poblado de Alis.

**CUADRO N° 1.04: IMD DE TRAMOS DE LA VÍA 2009**

Descripción del vehículo	IMD 2009								
	Pacaran 52+857	Zuñiga 56+600	San Juan 63+600	Pueblo Nuevo 66+580	Chichicay 92+110	Capllucas 94+640	Dlv. Yauyos 127+00	Alls 163+100	San José de Quero 229+100
	Zuñiga 56+600	San Juan 63+600	Pueblo Nuevo 66+580	Chichicay 92+110	Capllucas 94+640	Dlv. Yauyos 127+00	Alls 163+100	San José de Quero 229+100	Roncha 255+185
Auto	76	6	6	3	2	5	1	2	9
Camioneta	147	194	194	289	58	24	20	41	208
Combi Rural	105	74	74	61	18	9	4	16	37
Micro	17	48	48	68	8	6	0	1	5
Ómnibus 2	8	15	15	14	13	10	8	8	8
Ómnibus +2	0	1	1	0	1	2	0	0	0
Camiones 2 ejes	36	47	47	42	30	14	9	9	37
Camiones 3 ejes	8	9	9	4	2	16	11	7	7
Camiones 4 ejes	2	1	1	2	2	4	0	0	0
Semitraylers	19	28	28	53	98	0	0	20	36
Tráileres	0	38	38	33	0	0	0	0	0
<b>IMD</b>	<b>418</b>	<b>461</b>	<b>461</b>	<b>569</b>	<b>232</b>	<b>90</b>	<b>53</b>	<b>104</b>	<b>347</b>

Fuente: Consorcio de Gestión de Carreteras CGC

Como se puede apreciar las mejoras de la vía han permitido incrementar la demanda vehicular en todas las zonas y de los diversos tipos de vehículos que la transitan.

Con fines de observar la evolución de la demanda con el tiempo se deberían seguir haciendo mediciones del tránsito vehicular de manera periódica.

## ANÁLISIS DE LA OFERTA

La oferta vial existente se detalla a continuación (información recabada del inventario vial):

Carretera a nivel de tratamiento superficial en buen estado Cañete hasta Lunahuaná con carpeta asfáltica, tratamiento superficial bicapa de Lunahuaná a Pacarán, Slurry Seal desde Pacarán a Catahuasi y de Alis al Km. 227, Tratamiento superficial Monocapa desde Catahuasi hasta Alis y trocha de regular a mal estado en el resto de la carretera del Km. 227 al Km. 253 y de Ronchas hasta Chupaca.

El cuadro N° 1.18 se elaboró con la información recopilada de los informes del Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el proyecto especial de Infraestructura de Transporte Nacional - Provias Nacional y la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI (Plano Clave Abril 2010)

**CUADRO N° 1.05: CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS A EVALUAR**

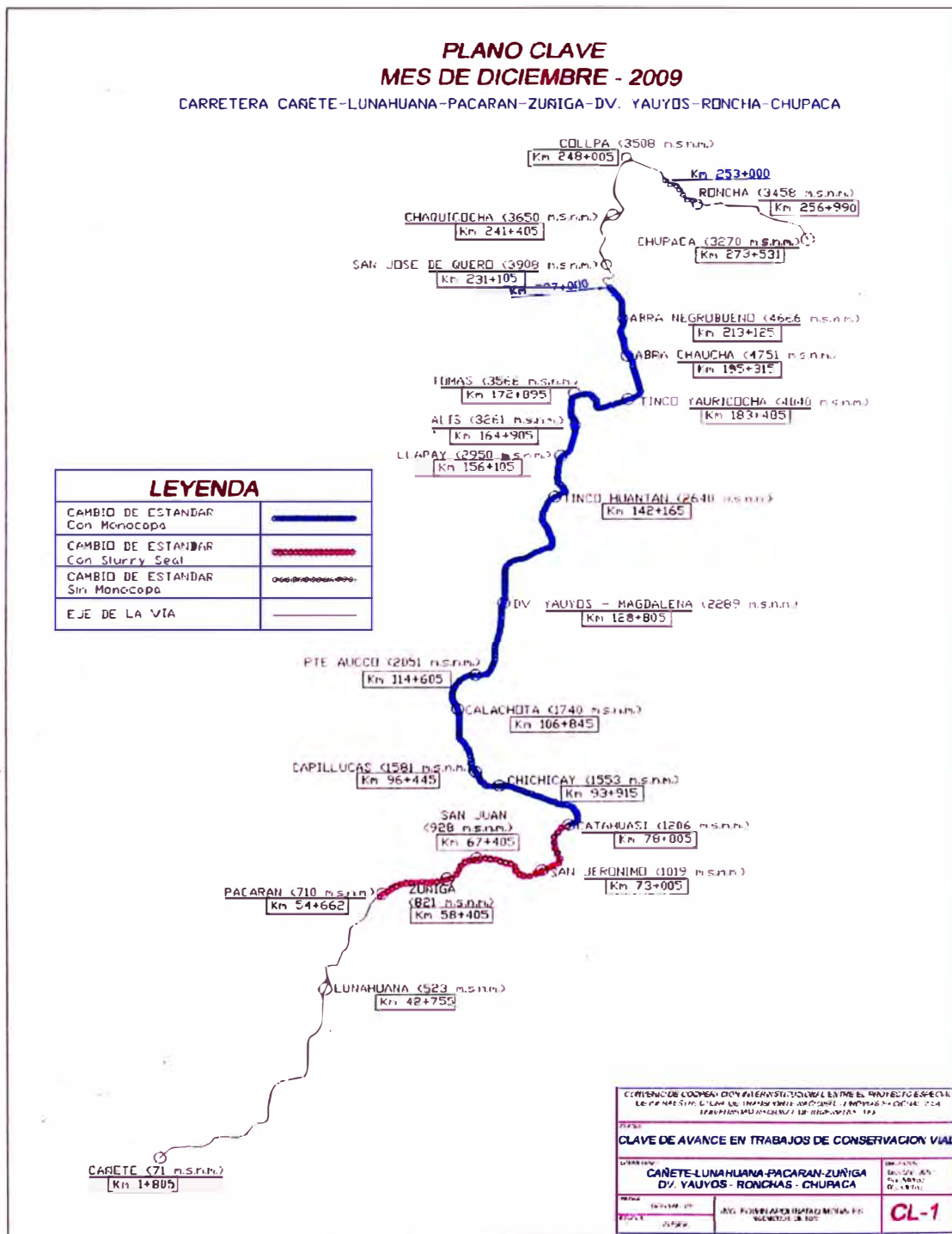
TRAMO	PAVIMENTO	KM INICIO	KM FINAL	LONGITUD (Km)
Tramo I Cañete - Lunahuaná	Carpeta Asfáltica	1+805.00	42+755.00	40.950
Tramo II Lunahuaná - Pacarán	Tratamiento Superficial Bicapa	42+755.00	54+662.00	11.907
Tramo III Pacarán - Catahuasi	Slurry Seal	54+662.00	78+805.00	24.143
Tramo IV Catahuasi - Alis	Tratamiento Superficial Monocapa	78+805.00	164+905.00	86.100
Tramo V Alis - Km. 227+000	Slurry Seal	164+905.00	227+000.00	62.095
Tramo VI Km. 227+000 - Km. 253+000	Slurry Seal	227+000.00	253+000.00	26.000
Tramo VII Km. 253+000 - Ronchas	Slurry Seal	253+000.00	256+990.00	3.990
Tramo VIII Ronchas - Chupaca	Carpeta Asfáltica	256+990.00	273+531.00	16.541
<b>TOTAL</b>				<b>271.726</b>

Fuente: Elaboración propia

### 1.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS, GEOGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo más amplia en el límite con la región Chala o Costa y el vértice por el lugar donde ingresa generalmente uno de los afluentes principales del río; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo.

FIGURA 1.09 ESQUEMA DE VÍA CAÑETE – CHUPACA



Fuente: Plano clave Diciembre 2009. Ing. Edwin Apolinario Morales

Continúa “la quebrada” que se forma a manera de estrecha garganta cuanto más se próxima a los contrafuertes andinos. Todas las superficies de los cerros son pétreas, rocallosas, reseca y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua. Esta área corresponde a la región Yunga (500 msnm a 2300 msnm).

En la región Quechua (2300 msnm a 3500 msnm)., donde por lo general luego de una estrecha garganta o pongo, se abre una nueva quebrada cuyos fondos son planos y relativamente estrechos y son inmediatamente continuados por las faldas de los techos, se muestran las localidades de Tinco Huantan, Llapay, Alis y al otro lado de la carretera se encuentra Ronchas.

La carretera atraviesa también la región Puna, que comprende las alturas de 4400 msnm y 4800 msnm. Se considera a la Puna, como una gran llanura elevada o altiplano, se ubican localidades como Tinco Yauricocha, Abra Chaucha y Abra Negro Bueno.

## **Geología**

Las características *geológicas* están relacionadas con los principales eventos geológicos ocurridos en la región, destacando entre ellos movimientos tectónicos de tensión y compresión que han modificado el paisaje andino hasta configurar las geoformas actuales.

En la cuenca alta del río Cañete se observan además de lutitas carbonosas con arenisca de grano fino, estratos de caliza margosas, sill tipo basálticas, calizas masivas dispuestas en bancos potentes, calizas silíceas en gruesos estratos, así como pseudobrechas calcáreas. Este conjunto pétreo es de gran importancia, ya que en calizas de este grupo está localizada la mejor mineralización de la zona, como la evidencian las minas existentes en la cuenca alta.

## **Suelos**

La zona en estudio se encuentra en la cuenca media del río Cañete, conformada por suelos un tanto profundos de textura media, generalmente de origen calcárea, pertenecientes a los Kastanozems (cálcicos principalmente). Asimismo se tienen suelos superficiales y muy calcáreos (Rendzinas).

Los litosoles dominan las superficies muy empinadas y de escasa cubierta edáfica. La actividad agrícola está reducida al fondo de valle en áreas conformadas por terrazas aluviales y pequeñas zonas de cultivo en laderas fuertemente empinadas. Los cultivos que se conducen sin frutas (manzanos) y en las partes altas maíz, alfalfa, papa, habas, alverja.

La cuenca alta está conformada por suelos relativamente profundos, textura media, ácidos con influencia volcánica, presentan también suelos de mal drenaje, suelos orgánicos y litosoles. En la mayor parte estos suelos están siendo usados como zonas de pastoreo por la predominancia de gramíneas que presenta esta zona.

**CUADRO N° 1.06: ESTUDIO DE SUELOS SECTORIZADO- CAPACIDAD PORTANTE CBR**

SECTOR		CBR (%) AL 95% DE MDS	CALIFICACIÓN.
54+450	130+000	20	REGULAR
130+000	220+000	18	REGULAR
220+000	240+000	5	MALO
240+000	248+000	15	REGULAR
248+000	258+000	4	MALO

Fuente: Consorcio de Gestión de Carreteras CGC

El tramo en estudio se encuentra en el sector con un CBR regular de 18 al 95% de la MDS.

**CUADRO N° 1.07: ESTUDIO DE SUELOS SECTORIZADO- CLASIFICACIÓN SUCS Y AASHTO**

UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
	SUCS	AASHTO	
Km 130+000 a Km220+000	GC, GC-GM SC, SC-SM	A-2-4(0)	Grava y arena limosa y arcillosa con plasticidad entre 5.7% y 9.2%

Fuente: Consorcio de Gestión de Carreteras CGC

#### **1.4 TRAMO EN ESTUDIO (134+000 AL 139+000)**

Para fines del curso de titulación se nos ha brindado el siguiente tramo en estudio 134+000 al 139+000, que se encuentra entre el poblado Magdalena en la Desviación a Yauyos y el poblado de Alis, a continuación se describirá el recorrido por cada Kilometro:

##### ***Km 134+00 al Km 135+00:***

Este es el inicio del tramo en estudio, se presenta un tratamiento tipo monocapa donde se pueden ver fallas superficiales en su mayoría del tipo B es decir funcionales, en casi el 70% de su longitud se evidencia una pérdida del ligante bien marcada, esto puede deberse a los factores climáticos e hidrológicos el ancho de la vía varía de [3.20m a 6.10m].

*Margen izquierdo:* sobre este margen se tiene una cuneta triangular de afirmado, no presenta una buena cobertura debido a que varía sus dimensiones en todo el recorrido del tramo en estudio; en el presente kilometro encontramos que la cuneta varía de [0.4m a 1.0m] con una profundidad dentro del rango de [0.20m a 0.35m], presenta un talud con un fuerte ángulo de inclinación presentando una pendiente muy abrupta; la vegetación que presenta el talud es reducida solo encontrándose pastizales.

En el Km 136+500 se encuentra una alcantarilla de concreto armado y su canal de drenaje de la vía es con una pendiente moderada.

*Margen derecho:* presenta una berma variable de [1.00m a 1.50m], se ubica el acantilado finalizando a orillas del río Cañete, la depresión que presenta el acantilado es muy abrupta muestra una vegetación seca.

##### ***Km 135+00 al Km 136+00:***

El tramo presenta una Monocapa evidencia tener un buen tiempo de su imprimado, el ancho de la vía varía de [4.10m a 6.50m]. Al inicio de este tramo se evidencia un deterioro de los 100 primeros metros.

*Margen izquierdo:* sobre este margen se tiene una cuneta triangular de afirmado, no presenta una buena cobertura debido a que varía sus dimensiones en todo el recorrido del tramo en estudio; en el presente kilometro encontramos que la

cuneta varía de [0.5m a 0.85m] con una profundidad dentro del rango de [0.15m a 0.3m], presenta un talud con un moderado ángulo de inclinación; la vegetación que presenta el talud es reducida solo encontrándose pastizales.

A pocos metros del Km 135+a100 se encuentra una vía que interseca al tramo en evaluación presentado un área de intersección que requiere un mantenimiento, recomendando..

*Margen derecho:* presenta una berma variable de [1.35m a 2.70m], se ubica el acantilado finalizando a orillas del río Cañete, la depresión que presenta el acantilado es muy abrupta muestra una vegetación seca y reducida.

### **Km 136+00 al Km 137+00:**

El tramo presenta una monocapa evidencia tener un buen tiempo de su imprimado, el ancho de la vía varía de [4.60m a 6.20m].

*Margen izquierdo:* sobre este margen se tiene una cuneta triangular de afirmado, no presenta una buena cobertura; en el presente kilómetro encontramos que la cuneta varía de [0.50m a 0.65m] con una profundidad dentro del rango de [0.20m a 0.30m], presenta un talud con macizos rocosos en determinados sectores con un fuerte ángulo de inclinación presentando una pendiente muy abrupta; la vegetación que presenta el talud es reducida solo encontrándose pastizales.

En el Km 136+200 se observa un badén de una longitud de 15m. que en lado izquierdo presenta un enrocado para evitar la erosión de los flujos que se deslizarían en épocas de estiaje por el cono de inyección.

En el Km 136+600 se observa una alcantarilla de concreto armado.

*Margen derecho:* presenta una berma variable de [1.00m a 1.50m], se ubica el acantilado finalizando a orillas del río Cañete, la depresión que presenta es moderada a baja, en sectores de la vía se observa las viviendas de los habitantes.

***Km 137+00 al Km 138+00:***

El tramo presenta un tratamiento superficial tipo Slurry Seal en la mitad de este tramo a partir del Km137+400 evidencia tener un buen tiempo de su imprimado, el ancho de la vía varia de [4.10m a 4.80m].

*Margen izquierdo:* sobre este margen se tiene una cuneta triangular de afirmado, no presenta una buena cobertura; en el presente kilometro encontramos que la cuneta varía de [0.60m a 0.80m] con una profundidad dentro del rango de [0.20m a 0.30m], presenta un talud con macizos rocosos en determinados sectores con un fuerte ángulo de inclinación presentando una pendiente muy abrupta; la vegetación que presenta el talud es reducida solo encontrándose pastizales.

*Margen derecho:* presenta una berma variable de [1.00m a 1.50m], se ubica el acantilado finalizando a orillas del río Cañete, la depresión que presenta el acantilado es muy abrupta muestra una vegetación seca.

***Km 138+00 al Km 139+00:***

Se evidencia la aplicación de slurry seal en forma reciente debido a la pintura de las franjas de separación que resaltaba sobre el color oscuro de la vía, el ancho de la vía no es muy variable presentando valores dentro de [4.20m a 4.70m].

*Margen izquierdo:* sobre este margen se tiene una cuneta triangular de afirmado, no presenta una buena cobertura; en el presente kilometro encontramos que la cuneta varía de [0.60m a 0.80m] con una profundidad dentro del rango de [0.20m a 0.30m], presenta un talud con macizos rocosos en determinados sectores con un fuerte ángulo de inclinación presentando una pendiente muy abrupta; la vegetación que presenta el talud es reducida solo encontrándose pastizales.

*Margen derecho:* presenta una berma variable de [1.00m a 1.50m], se ubica el acantilado finalizando a orillas del río Cañete, la depresión que presenta el acantilado es muy abrupta muestra una vegetación seca.



## CAPÍTULO II

### METODOLOGIA VIZIR

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

En el país actualmente está siendo utilizado con mayor arraigo la metodología PCI (Pavement Condition Index) es decir el cálculo del Índice de la condición del pavimento. En este caso se hará uso de una metodología que bien siendo utilizada con bastantes buenos resultados en otros países de la región y que tiene por objeto identificar de manera global las patologías que evidencia la vía, y seguir los lineamientos de la metodología VIZIR.

En este informe se detallará el método de evaluación superficial de pavimentos asfálticos VIZIR, desarrollado y publicado por el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras (LCPC), de Francia en 1991.

#### 2.1.1. EVALUACIÓN SUPERFICIAL

La evaluación de un pavimento, corresponde a la acción de calificar, cuantificar, y evaluar las condiciones de fallas que pudiera tener una vía, con la finalidad de obtener información requerida a fin de plantear soluciones a los deterioros encontrados.

Existen varios métodos para efectuar los relevamientos de fallas, en realidad todos por contrastación con catálogos propuestos por diferentes instituciones internacionales ya que no se ha desarrollado una metodología de evaluación nacional. Sin embargo ya desde el año 90 se ha aplicado métodos en la cual se pueden efectuar evaluaciones con resultados tanto cualitativo como cuantitativo. Es por eso la existencia de varios métodos de evaluación superficial, entre ellos: VIZIR, CONREVIAL, PCI, PASER, etc.

**El método CONREVIAL**, define el tipo de falla y su severidad, en un área que se encuentra en el entorno a donde ejecuta también la evaluación estructural.

**La metodología PCI**, es el método propuesto por la USACE, el cual determina el Índice de la Condición del Pavimento, determina el tipo de falla, su magnitud, su severidad y además la densidad con respecto al área evaluada.

Para Vías de Bajo Volumen de Tránsito (VBVT), la manera de evaluarlas superficialmente, sería de manera muy similar, existiendo las diferencias correspondientes al tipo de sistema utilizado (Monocapa, Bicapa, Slurry Seal, no pavimentado, con emulsión asfáltica, etc.)

## 2.1.2. CATÁLOGO DE FALLAS

### CATÁLOGO DE FALLAS EN CARRETERAS

Según la Metodología VIZIR, esta nos muestra un catálogo de fallas descritas en el cuadro 2.01.

CUADRO 2.01 LISTADO DEL CATÁLOGO DE FALLAS DE METODOLOGÍA VIZIR.

N°	Descripción	Código	Unidades
1	Ahuellamiento	AH	m
2	Depresiones o Hundimientos longitudinales	DL	m
3	Depresiones o Hundimientos transversales	DT	m
4	Grietas longitudinales por fatiga	GLF	m
5	Grieta Piel de cocodrilo	GPC	m
6	Baches y zanjas reparadas	B	m
7	Grieta longitudinal de junta de construcción	GLJ	m
8	Grieta transversal de junta de construcción	GTJ	m
9	Grietas de contracción térmica	GCT	m
10	Grietas parabólicas	GP	m
11	Grietas de borde	GB	m
12	Huecos	H	un
13	Corrugaciones	C	m
14	Pérdida de la película de ligante	PL	m
15	Pérdida de agregados	PA	m
16	Descascaramiento	D	m <sup>2</sup>
17	Agregado pulidos	PU	m
18	Exudación	EX	m
19	Afloramiento de mortero	AM	m
20	Afloramiento de agua	AA	m
21	Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
22	Desnivel entre calzada y berma	DCB	m
23	Erosión de las bermas	EB	m
24	Segregación	S	m

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

Cabe mencionar que esta tabla ha sido modificada con respecto a la original, por considerar nombres de fallas más comunes en nuestro medio. Esta ha sido adaptada del catálogo mostrado por el INVIAS de Colombia.

## **ARCHIVO FOTOGRÁFICO DEL CATÁLOGO DE FALLAS**

El archivo fotográfico del Catálogo de fallas, se mostrado en el anexo 01 y la clasificación de los tipos de deterioro en el anexo 02

### **2.2. METODOLOGÍA VIZIR**

El método de evaluación de pavimentos VIZIR fue desarrollado por el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras (LCPC), de Francia en 1991.

El objetivo de este estudio fue desarrollar un Índice de Deterioro superficial (Is) para carreteras, para proveer un método para evaluación de la condición estructural y de la superficie de una sección de pavimento.

Su aplicación no es solamente en Francia, sino también en Europa, en África, en América del Sur y Central (en Argentina, así como en Brasil, Colombia y Costa Rica donde sirvió de base al establecimiento de las normas nacionales). Esta metodología se utiliza en por lo menos 20 países del mundo.

Entre las características del método de evaluación VIZIR, se pueden citar las siguientes:

- Es fácil de emplear.
- El procedimiento es enteramente visual.
- Establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales
- Suministra información confiable sobre las fallas que representa el pavimento; su severidad y área afectada.

### 2.2.1. FALLAS DEL TIPO A

El método VIZIR clasifica el deterioro del pavimento en dos grandes grupos: Degradaciones Tipo A y Degradaciones Tipo B.

Degradaciones Tipo A, se encuentran las fallas que caracterizan una deficiencia estructural del pavimento, ligadas a las condiciones de las diversas capas y el suelo de subrasante, o simplemente a las capas asfálticas, entre ellas se encuentran deformaciones y fisuración por fatiga.

### 2.2.2. FALLAS DEL TIPO B

Degradaciones Tipo B, son de carácter funcional, y por tanto su reparación no está relacionada con la capacidad estructural del pavimento. El origen de este último tipo de degradaciones está vinculado a la mala calidad de algunos procedimientos constructivos y las condiciones locales de servicio, así como a la evolución misma de los materiales. Algunas de las degradaciones que se encuentran en este grupo son: agrietamientos (no relacionados con la fatiga), pérdida de pétreos (viruela) y afloramientos (exudación).

La metodología Vizir plantea dos índices para calificar superficialmente un pavimento: el índice de fisuración ( $I_f$ ), referido a los agrietamientos de tipo estructural, y el índice de deformación ( $I_d$ ), referido a los deterioros o deformaciones de tipo estructural, ellos te permiten determinar, de acuerdo con unas características de extensión y severidad, un valor numérico con el cual es posible hallar un índice de deterioro superficial ( $I_s$ ).

### 2.2.3. OBTENCIÓN DE INDICES

El **Índice de Deterioro Superficial  $I_s$** , define de manera numérica la condición general de la superficie de pavimento y suministra pautas para la elección de alternativas de intervención.

Este índice se determina a partir del cálculo del *índice de fisuración  $I_f$*  y del *índice de deformación  $I_d$* , que dependen de los deterioros Tipo A; el primero se

relaciona con la severidad y extensión de los agrietamientos y fisuraciones, y el segundo con la severidad y extensión de los demás deterioros.

La combinación del **If** e **Id**, permite obtener lo que se conoce como la primera nota de degradación, valor que varía entre uno y siete, siendo mayor a medida que la estructura tenga más cantidad y/o severidad y extensión de daños. La primera nota de degradación, debe ser corregida de acuerdo con la extensión y severidad de las intervenciones a la estructura de pavimento que se hayan encontrado en el tramo de análisis. Dicha corrección, puede generar un incremento del **Is**.

### **INDICE FISURACIÓN**

El cálculo del índice de fisuración (**If**), el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada,

Debido a que en la Tabla 2.4.2 se consideran de manera independiente dos tipos de fisuramientos de origen estructural, se deberá tomar como representativo de la zona, el mayor de los dos índices calculados.

### **INDICE DE DEFORMACIÓN**

El índice de deformación (**Id**), el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural.

### **INDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL**

El índice de deterioro superficial (**Is**), el cual califica la calzada en la longitud escogida para el cálculo. El valor varía entre 1 y 7, sin embargo, la valoración de las fallas del tipo A no constituyen un criterio suficiente para definir las acciones que requiere la calzada para su rehabilitación.

El índice de deterioro superficial varía de 1 a 7, en donde los niveles 1 y 2 corresponden a buenos estados de la superficie. Las calificaciones 3 y 4 definen estados de la superficie regulares lo que implica a su vez la intervención pronta de la estructura para su corrección. Los niveles comprendidos entre 5 y 7, corresponden a condiciones graves del pavimento por lo que se requiere el

refuerzo inmediato de la estructura (Ver Cuadro 4). En la Figura 2, se presenta un diagrama de flujo que permite comprender el cálculo del Is 3.

**CUADRO 2.02. CALIFICACIÓN PARA EL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL – “Is”**

<b>Intervalo de Is</b>	<b>Calificación de Estado de Superficie</b>
1-2	Bueno
3-4	Regular
5-7	Malo

Fuente: Guía Metodológica para el diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras del INVIAS.

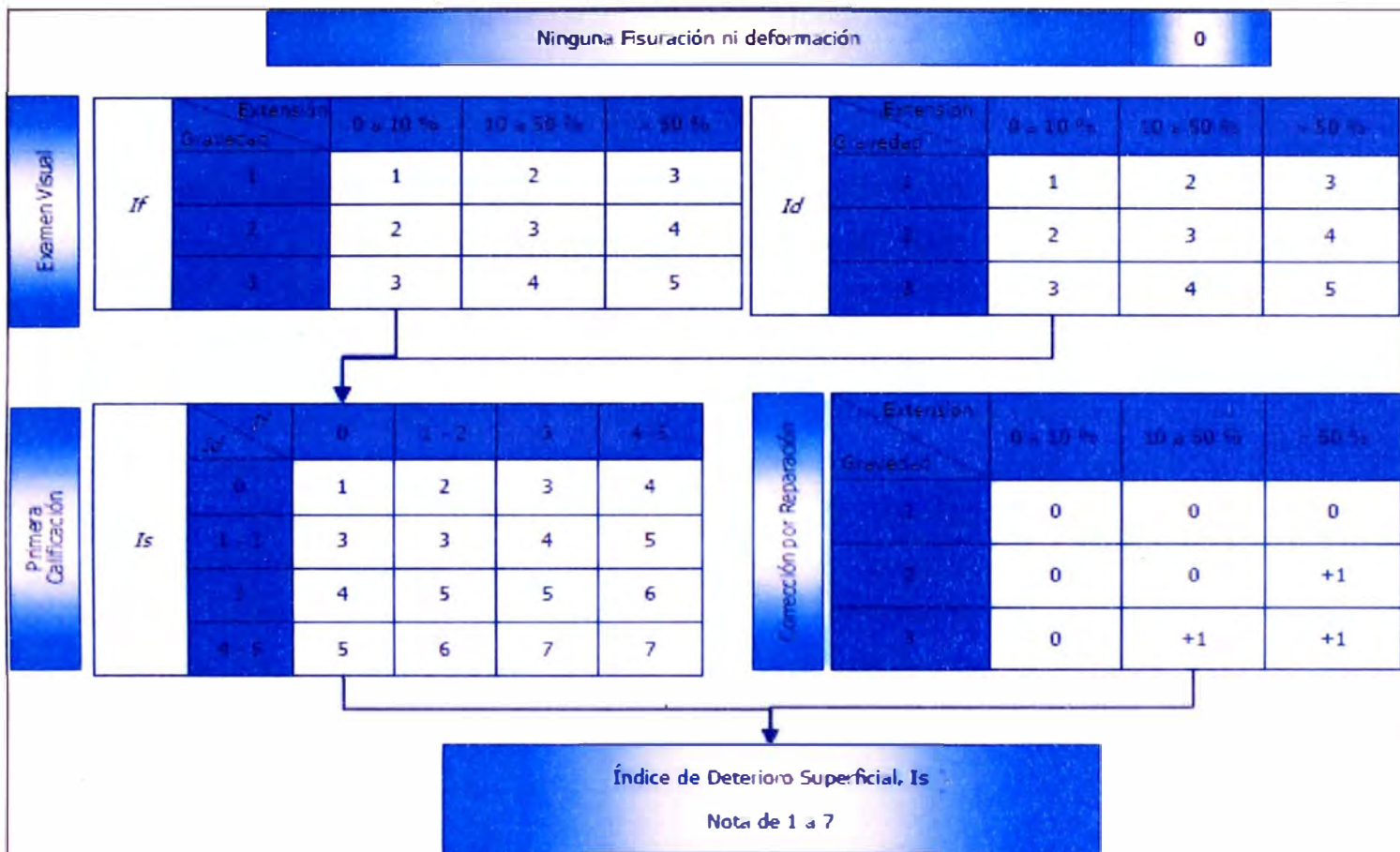
#### 2.1.4 OBTENCIÓN DE INDICES DE DETERIORO

Para el registro de los deterioros se sugiere realizar dos recorridos, en vehículo a baja velocidad, del orden de **30 km/hora** cada uno, en las dos direcciones, con el objeto de tener un detalle aproximado y confiable de las condiciones de la vía. Este procedimiento de obtención de datos se considera adecuado.

En cada recorrido se registraran observando entre los puntos de referencia oficial de la carretera, materializada por montículos de concreto, que se conocen como PR. La ubicación de cada PR, coincide aproximadamente con el estacado en kilómetros. Complementariamente, se realizó un resumen cada PR, evaluando el tipo, extensión con porcentaje en área y la severidad de los deterioros de la vía, tomando como referencia la escala de calificación de la metodología VIZIR, para de esta manera deducir el valor del Índice de Deterioro Superficial – Is.

El índice de deterioro superficial varía de 1 a 7, en donde los niveles 1 y 2 corresponden a buenos estados de la superficie. Las calificaciones 3 y 4 definen estados de la superficie regulares lo que implica a su vez la intervención pronta de la estructura para su corrección. Los niveles comprendidos entre 5 y 7, corresponden a condiciones graves del pavimento por lo que se requiere el refuerzo inmediato de la estructura (Ver Cuadro 4). En la Figura 2, se presenta un diagrama de flujo que permite comprender el cálculo del Is.

FIGURA N° 2.01 FLUJO GRAMA PARA CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL



Fuente: Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un reseau routier, LCPC, 1991.

### 2.3. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.

A partir del índice de deterioro superficial (Is), VIZIR define tres situaciones generales en relación con la probable capacidad del pavimento asfáltico en el instante de la evaluación aplicada.

**1. Valores del "Is" de 1 y 2.-** Representan pavimentos con limitados fisuramientos y deformaciones, que presentan un buen aspecto general y que, probablemente, no requieran en el momento más que acciones de mantenimiento rutinario.

**2. Valores del “Is” 3 y 4.-** Representan pavimentos con fisuramientos de origen estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos sin fisuramientos pero con deformaciones de alguna importancia. Su estado superficial se considera regular y lo suficientemente degradado como para poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.

**3. Valores del “Is” 5, 6 y 7.-** Son indicativos de pavimentos con abundantes fisuramientos y deformaciones de origen estructural, cuyo deficiente estado superficial posiblemente exija la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación.

Estos tres casos corresponden a situaciones de frontera que se presentan en la práctica, pero que no son los únicos que ocurren, dada la enorme variabilidad que se puede presentar en los pavimentos en servicio, en especial si durante el transcurso de su vida han sido sometidos a procesos arbitrarios de mantenimiento y rehabilitación. Por consiguiente, si bien los diagnósticos que se presentan en la metodología VIZIR se refieren específicamente a estos tres casos, queda al criterio del ingeniero el análisis de los restantes que se le puedan presentar.

### **Consideraciones en la Evaluación Superficial Aplicada**

La definición de las unidades uniformes de análisis a partir de la condición estructural busca, fundamentalmente, remediar las causas de los deterioros del tipo A existentes en el pavimento. Es evidente que, en la mayoría de los casos, la solución a ellos trae implícita la corrección de los deterioros del tipo B. Así, por ejemplo, operaciones de reciclado o de reconstrucción obvian el tratamiento requerido para corregir algunos deterioros que puedan existir en esos tramos, como la exudación, la pérdida de película de ligante y los ahuellamientos u ondulaciones debidos a falta de estabilidad de las mezclas.

Sin embargo, los deterioros del tipo B no pueden ser siempre ignorados en el instante de las definiciones. Operaciones como el sellado de fisuras o el bacheo de zonas con depresiones u ojos de pescado, son necesarias antes de la ejecución de trabajos de restauración o refuerzo.



Aún si la condición estructural del pavimento fuese excelente, la presencia de defectos cuya causa está radicada en la capa asfáltica superficial puede exigir no solamente trabajos aislados sino, inclusive, labores generalizadas de restauración.

En los pavimentos asfálticos de las carreteras es muy frecuente la presencia del deterioro denominado pérdida de película de ligante, debido a que la acción prolongada del agua lluvia afecta adversamente la unión entre el asfalto y la superficie de agregados pétreos con deficiente adherencia inherente, determinando el descubrimiento de los mismos. En muchos casos, este deterioro no está ligado a ningún síntoma de debilidad estructural. No obstante, un pavimento en estas condiciones requiere la ejecución de obras generales de restauración, antes de que el deterioro evolucione y los síntomas estructurales se comiencen a manifestar. Superficies resbaladizas por excesos de asfalto, la existencia de agregados altamente pulimentables en la capa superior del pavimento y los ahuellamientos y ondulaciones derivados de insuficiencias de estabilidad de las mezclas, exigen también la definición y la ejecución de trabajos de restauración en áreas extensas, así la capacidad estructural global del pavimento sea satisfactoria.

### **Otras Aplicaciones de la Evaluación Superficial**

La evaluación superficial de un pavimento permite, ante todo, delimitar zonas de diferente comportamiento a lo largo del proyecto y es la base para una programación idónea de los trabajos posteriores de evaluación destructiva y no destructiva de la calzada.

Los diversos tipos de deterioros suelen estar relacionados con determinados mecanismos. Aquéllos que básicamente están asociados con la acción de las cargas del tránsito exigen trabajos de rehabilitación con fortalecimiento estructural, en tanto que los asociados con los materiales y con el clima se deben enfrentar, ante todo, buscando remediar las causas de las deficiencias o minimizando su impacto sobre el comportamiento del pavimento. Es evidente, no obstante, que algunos problemas muy severos motivados por los materiales o por aspectos ambientales, pueden exigir la reconstrucción del pavimento.

## CAPÍTULO III

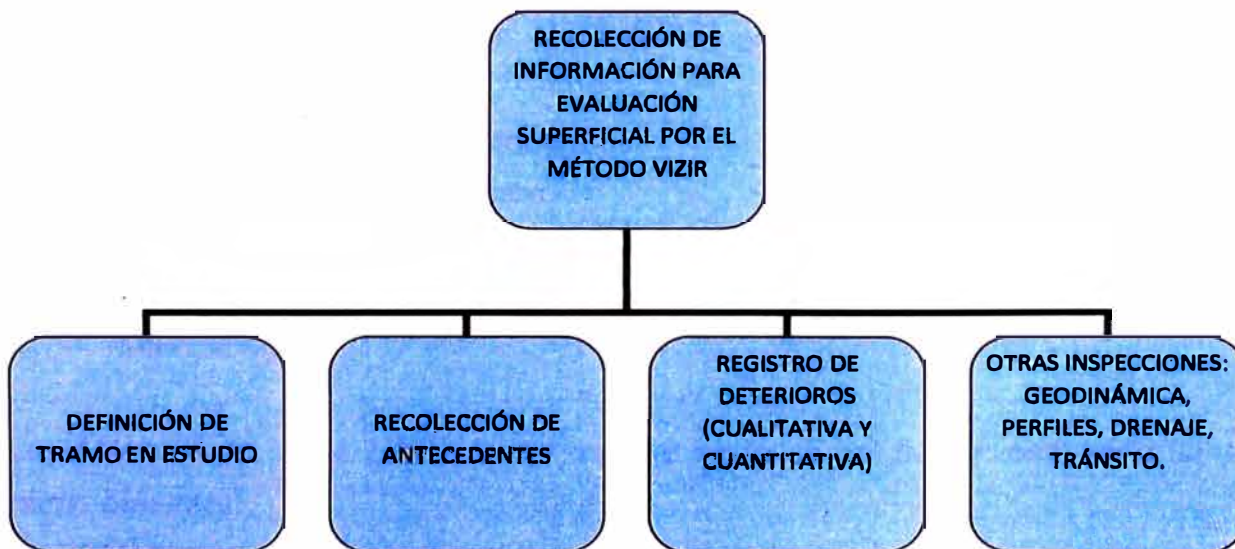
### RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

#### 3.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La recolección de información es una tarea necesaria para establecer de manera preliminar las condiciones generales en las que se halla la carretera en estudio. En esta fase primordial, se hizo el levantamiento de toda la información necesaria para la evaluación de la condición superficial, la geodinámica, las condiciones de drenaje, fallas, accesos y recopilación fotográfica del tramo de la carretera en estudio.

Asimismo se consultaron documentos, tesis e informes que hacen referencia a estudios previos en esta carretera y vías similares. En si el proceso es el que se muestra en la figura 3.01

FIGURA 3.01: PROCESO DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN



Fuente: Elaboración propia

La recolección de información brinda tres importantes propósitos para el proceso de evaluación y estudio de los deterioros superficiales que se muestran en una carretera:

- Brinda información cualitativa requerida para determinar los tipos de deterioro encontrados en la vía y clasificarlos según la metodología VIZIR, en deterioros funcionales o estructurales.
- Proporciona la información cuantitativa requerida para la evaluación en gabinete de las cantidades, índices de deterioro, frecuencias, estado de la vía.
- Permite realizar comparaciones y correlaciones del estado de la vía con otros parámetros medidos en el estudio de rehabilitación y mantenimiento de carreteras, como el Índice de Rugosidad IRI, Deflexiones, etc.

En toda evaluación el objetivo fundamental es el económico, aunque sin dejar de lado los aspectos ambientales y sociales de un proyecto. Para alcanzarlo, se debe realizar el uso más eficiente de los recursos disponibles que permita la obtención de datos confiables que, a su vez, se traduzcan en alternativas de diseño técnica, económica, social y ambientalmente idóneas.

Todos los datos que se obtengan deberán ser analizados de manera cuidadosa y sistemática. Los procedimientos para ello, variarán de un pavimento a otro, dependiendo de los hallazgos durante el proceso de recolección de la información.

Las fases a desarrollar son las siguientes:

- Recopilación de información.
- Trabajo de campo.
- Trabajo de oficina.
- Informe final.

La obtención de datos producto del estudio de fallas del tramo estudiado tiene como objetivos:

- a) Delimitar zonas de diferente comportamiento a lo largo del proyecto.
- b) La inspección periódica de la superficie del pavimento brinda datos sobre la progresión de los daños, aplicables a los modelos de administración del mantenimiento.
- c) Los diversos tipos de fallas suelen estar relacionados con determinados mecanismos de deterioro. Aquellos que básicamente están asociados a la acción de las cargas del tránsito, exigen trabajos de rehabilitación con

fortalecimiento estructural, en tanto que los asociados a los materiales y el clima deben enfrentarse, ante todo, buscando remediar las causas de dichas deficiencias o minimizando el impacto sobre el comportamiento del pavimento. Es evidente, sin embargo, que algunos problemas muy severos motivados en los materiales o aspectos ambientales, pueden exigir la reconstrucción del pavimento.

- d) Por último el resultado del inventario visual es la base de una programación idónea de los trabajos posteriores de evaluación destructiva y no destructiva de la calzada

### **3.2. DEFINICIÓN DEL SECTOR VIAL**

Para el presente informe, la Escuela Profesional de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), ha tomado en cuenta, otorgar a cada grupo de estudio un tramo de la carretera en mención, a fin de hacer las evaluaciones respectivas, en este caso, el tramo en estudio, es el correspondiente a:

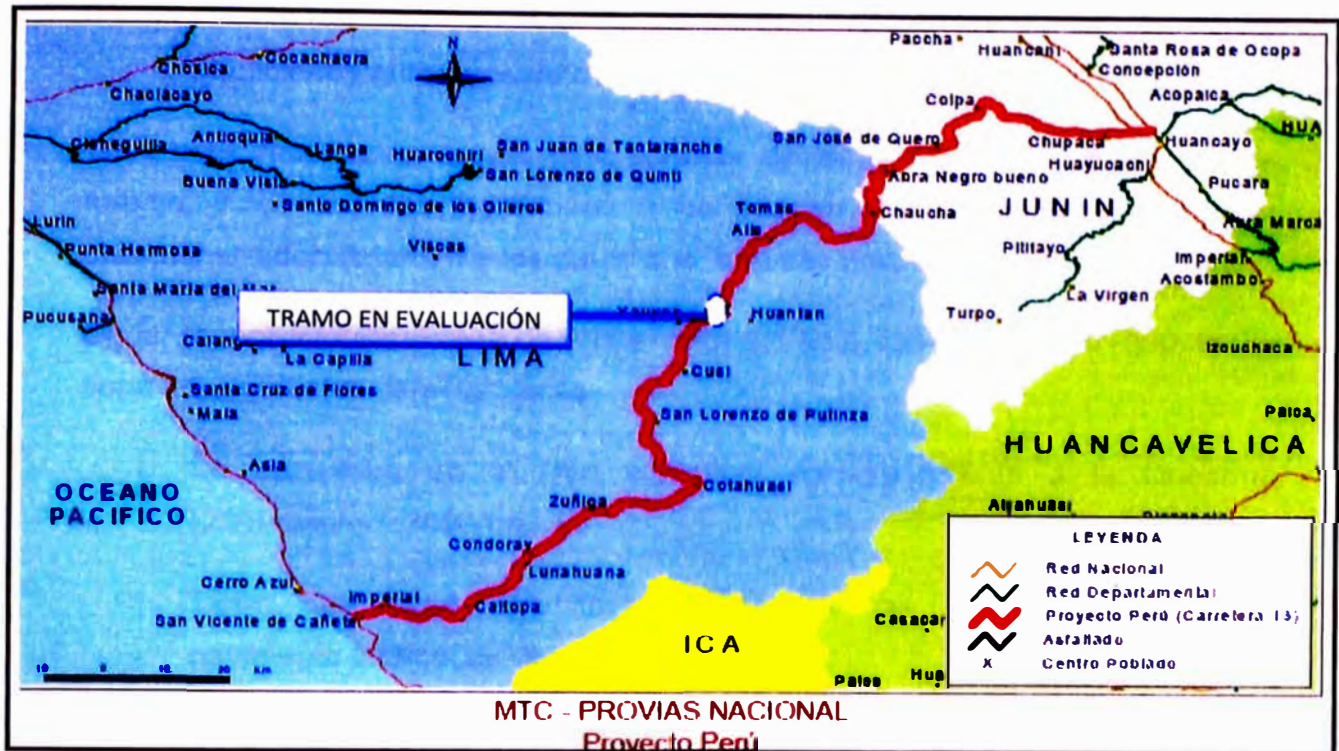
Progresiva inicial: 134+000

Progresiva final: 139+000

Teniendo una longitud de 5 Km. Para el análisis respectivo.

Este tramo se encuentra entre la desviación a Yauyos (Km 128+ 805) y el poblado de Tinco Huantan (Km142+165), a una altitud aprox. de 2460 msnm.

FIGURA 3.02: REPRESENTACIÓN DE CARRETERA EN ESTUDIO



Fuente Provias Nacional, informes de avance del contratista

### 3.3. RECOLECCIÓN DE ANTECEDENTES

Los datos a recolectar en esta etapa, son los referentes a evaluaciones ejecutadas anteriormente en el proyecto de tal manera que se pueda conocer lo referente al tramo en estudio.

Los datos encontrados son los obtenidos en tesis e informes de suficiencia que se tienen del proyecto, así como a datos que brinda el consorcio carretero encargado de la conservación de la vía. Los mismos que se describen:

- Análisis de Tránsito en la vía de estudio, en ambos sentidos y en función del tipo de vehículo. A fin de obtener el demanda de la vía.
- Medidas del índice de rugosidad internacional (IRI), a fin de obtener el valor de PSI (índice de serviciabilidad)
- Mediciones de las deflexiones en el tramo estudiado, mediciones hechas con viga benkelman.

Aspectos geológicos, de drenaje, climáticos.

- Medición en campo de los perfiles de sección típicos del tramo en estudio.
- Mediciones anteriores de evaluaciones superficiales.

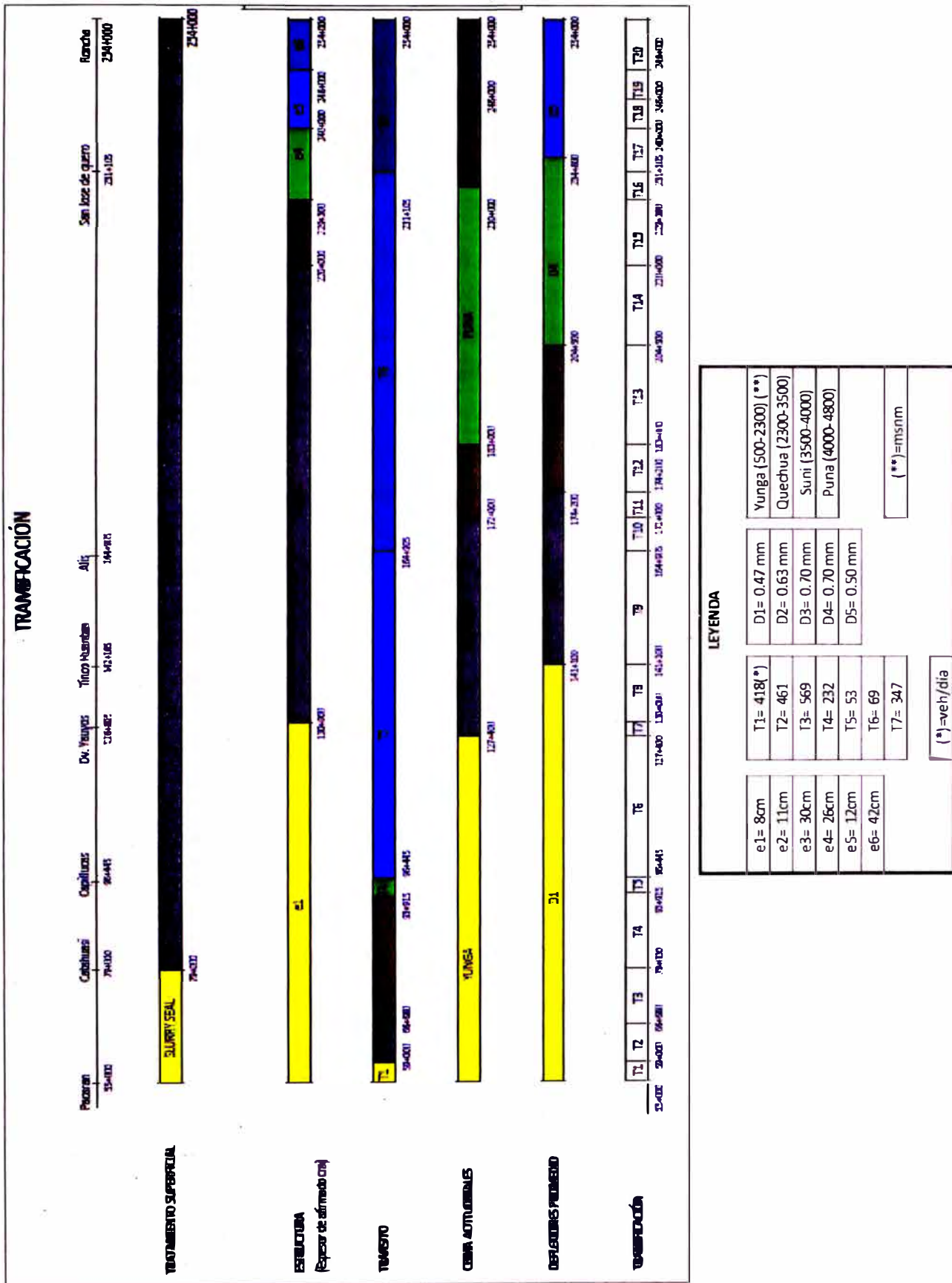
Toda esta información servirá para conocer de mejor manera nuestra zona de trabajo, y las distintas mediciones a las que ha sido objeto a fin de poder discriminar adecuadamente los datos que servirán para nuestro estudio.

De la recopilación realizada de datos, para el tramo 134+000 al 139+000, la vía tiene las siguientes características:

- Se encuentra en el piso altitudinal correspondiente a la Quechua (2300msnm – 3500 msnm)
- Tiene una base estabilizada con emulsión asfáltica denominada pavimento básico, es decir una monocapa.
- Con un espesor de afirmado de 11 cm.
- Cuenta con un índice medio diario IMD de 53 veh./día.
- La vía presenta una deformación promedio de 0.47mm.

Estos datos han sido tomados de la información brindada por el consorcio de gestión de carreteras CGC.

FIGURA 3.03: TRAMIFICACIÓN DE CARRETERA EN ESTUDIO



Fuente: Estudio hecho por la FIC-UNI.2010

### 3.4. ANÁLISIS DE TRÁNSITO

Esta carretera es considerado como de segundo orden, ya que es la segunda opción de viaje con destino Lima- Huancayo – Lima, y para los intercambios entre los pueblos de esta parte del país. Los estudios de tráfico realizados, muestran que tiene un IMD, correspondiente a una vía de segundo orden.

Estos trabajos están orientados a identificar el tipo de vehículo, la composición del tráfico y la determinación de la carga futura que soportará la vía de estudio. Sin embargo no se evalúa interacción de estas cargas frente a las características físicas y mecánicas de los suelos y su comportamiento a largo plazo.

El proyecto brinda unos datos que se muestran en el siguiente cuadro.

**CUADRO 3.01: IMD DE TRAMOS DE LA VÍA 2009**

Descripción del vehículo	Pacarán	Zúñiga	San Juan	Pueblo Nuevo	Chichicay	Capillucas	Div. Yauyos	Alis	San José de Quero
	52+857	56+600	63+600	66+580	92+110	94+640	127+100	163+100	229+100
	Zúñiga	San Juan	Pueblo Nuevo	Chichicay	Capillucas	Div. Yauyos	Alis	San José de Quero	Roncha
	56+600	63+600	66+580	92+110	94+640	127+100	163+100	229+100	255+185
Auto	76	6	6	3	2	5	1	2	9
Camioneta	147	194	194	269	58	24	20	41	208
Combi rural	105	74	74	61	18	9	4	16	37
Micro	17	48	48	68	8	6	0	1	5
Omnibus 2	8	15	15	14	13	10	8	8	8
Omnibus + 2	0	1	1	0	1	2	0	0	0
Camiones 2 ejes	36	47	47	42	30	14	9	9	37
Camiones 3 ejes	8	9	9	4	2	16	11	7	7
Camión de 4 ejes	2	1	1	2	2	4	0	0	0
Semi trailers	19	28	28	53	98	0	0	20	36
Trailers	0	38	38	33	0	0	0	0	0
<b>IMD</b>	<b>418</b>	<b>461</b>	<b>461</b>	<b>569</b>	<b>232</b>	<b>90</b>	<b>53</b>	<b>104</b>	<b>347</b>

Fuente: Consorcio de Gestión de Carreteras

Según el cuadro adjunto, el tramo se encuentra en la zona comprendida en el tramo Desvío Yauyos (127+100), con el poblado de Alis (163+100)



### 3.5. MEDIDAS DE PERFIL Y RUGOSIDAD

#### MEDIDAS DE RUGOSIDAD

Es conocido que la rugosidad del pavimento es aquel parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de sus irregularidades superficiales, con la comodidad de transitar sobre él. No tiene relación con la textura, apariencia o acabado superficial de la capa de rodadura sino más bien con las deformaciones que inciden en su perfil topográfico, como son las ondulaciones, los hundimientos, los ahuellamientos y los baches. Los fisuramientos tienen poca o ninguna incidencia en los resultados de rugosidad. Es por eso que se verificará alguna correlación entre el parámetro **IRI**, con el parámetro de Índice Superficial **Is**, entregado por la metodología VIZIR.

El estado superficial o transitabilidad según los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), a nivel de superficie de rodadura asfaltado clasifica el estado de la superficie de acuerdo a la tabla 3.02

CUADRO 3.02: CALIFICACIONES DEL IRI

IRI (m/Km)	ESTADO
<3	BUENO
3-4	REGULAR
4-6	MALO
6-10	PÉSIMO

Fuente: Banco Mundial.

Los valores encontrados en la vía han sido realizados con el equipo Bump Integrator, en Mayo del 2010 y los resultados se muestran en el cuadro 3.03.

**CUADRO 3.03: MEDICIONES DEL IRI CON BUMP INTEGRATOR, CADA 400M**

<b>INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON BUMP INTEGRATOR</b>					
<b>PROYECTO:</b>		Corredor Vial Nº 13			
<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>		Monocapa			
<b>TRAMO:</b>		Km 134+000 - Km 139+000			
<b>FECHA:</b>		17/05/2010			
Nº	progresiva km		BI	IRI (m/Km)	ESTADO
	INICIO	FIN			
1	133+800	134+200	1034	3.61	REGULAR
2	134+200	134+600	974	3.56	REGULAR
3	134+600	135+000	943	3.55	REGULAR
4	135+000	135+400	1568	15.59	MALO
5	135+400	135+800	2238	12.11	PÉSIMO
6	135+800	136+200	1046	3.62	REGULAR
7	136+200	136+600	2122	10.66	PÉSIMO
8	136+600	137+000	1312	14.28	MALO
9	137+000	137+400	1207	3.94	REGULAR
10	137+400	137+800	1052	3.63	REGULAR
11	137+800	138+200	1310	14.27	MALO
12	138+200	136+600	1189	3.89	REGULAR
13	136+600	139+000	1225	3.99	REGULAR

Fuente: Mediciones de IRI, con equipo Bump Integrator, por la FIC-UNI Mayo 2010

### 3.6. MEDIDAS DE DEFLEXIÓN

La evaluación estructural consiste en determinar la capacidad de soporte del sistema pavimento- sub rasante en una determinada estructura vial existente, en cualquier momento de su vida útil.

La deflectometría es el estudio de las deformaciones verticales producidas por cargas verticales normalizadas en superficie de un pavimento, la deflexión es la deformación como respuesta del conjunto "pavimento sub rasante", sometida a una carga.

El método se basa en la deflexión máxima producida por una carga, las mismas que se analizan en un deflectograma y al tipo de curvatura que adquiere.

**CUADRO 3.04: MEDICIONES DE DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN.**

**CÁLCULO DE PARAMETROS ELÁSTICOS (MODELO DE HOGG)**

<b>PROYECTO:</b> Corredor Vial N° 13	<b>PROCESADO</b>
<b>TIPO DE SUP:</b> Monocapa y Slurry Seal	<b>POR :</b>
<b>TRAMO:</b> 54+200 - Km 254+000	<b>REVISADO</b> ING. EDWIN
	<b>POR :</b> APOLINARIO
	<b>LADO:</b> IZQUIERDO

Progresiva	D máx. (10 <sup>-2</sup> mm)	DR (cm)	R (cm)	Lo (cm)	R5 (cm)	So/S	Mr - Hogg		CBR (%)	Ancho de Superficie Curvatura
							kg/cm2	psi		
134+000	32	0.16	70.0	39.8	70.0	0.92	818	11621	7.7	4.8
134+100	28	0.12	70.0	33.4	59.8	0.89	1084	15398	10.3	3.4
134+200	40	0.24	50.0	35.1	62.4	0.90	730	10372	6.9	4.4
134+300	28	0.20	25.0	21.7	41.3	0.81	1522	21607	14.4	4.2
134+400	28	0.12	70.0	33.4	59.8	0.89	1091	15495	10.3	3.3
134+500	20	0.12	50.0	35.1	62.4	0.90	1467	20824	13.9	3.7
134+600	55	0.32	50.0	32.6	58.5	0.89	558	7920	5.3	3.5
134+700	40	0.16	50.0	21.2	40.5	0.81	1075	15262	10.2	2.8
134+800	20	0.12	50.0	35.1	62.4	0.90	1472	20909	13.9	3.5
134+900	24	0.12	50.0	27.2	50.0	0.86	1502	21330	14.2	3.9
135+000	28	0.12	50.0	22.6	42.7	0.82	1475	20941	14.0	3.5
135+100	67	0.44	70.0	57.0	97.6	0.96	281	3996	2.7	5.0
135+200	36	0.20	50.0	31.3	56.5	0.88	894	12701	8.5	4.4
135+300	36	0.24	25.0	18.6	36.6	0.77	1311	18616	12.4	3.9
135+395	59	0.32	50.0	29.6	53.8	0.87	562	7979	5.3	3.9
135+500	20	0.08	50.0	21.2	40.5	0.81	2170	30809	20.5	3.0
135+600	35	0.12	50.0	17.9	35.5	0.76	1354	19225	12.8	3.4
135+700	24	0.12	50.0	27.2	50.0	0.86	1504	21358	14.2	4.5
135+800	35	0.23	25.0	18.6	36.6	0.77	1328	18852	12.6	3.9
135+900	28	0.16	25.0	13.8	29.3	0.68	1996	28340	18.9	3.9
136+000	20	0.12	50.0	35.1	62.4	0.90	1464	20785	13.9	3.9
136+100	32	0.12	50.0	19.9	38.6	0.79	1405	19948	13.3	3.8
136+200	24	0.12	50.0	27.2	50.0	0.86	1495	21225	14.1	4.0
136+305	20	0.12	50.0	35.1	62.4	0.90	1461	20751	13.8	4.3
136+400	24	0.12	50.0	27.2	50.0	0.86	1491	21173	14.1	5.2
136+500	36	0.20	70.0	45.5	79.1	0.93	649	9213	6.1	4.8
136+600	20	0.12	50.0	35.1	62.4	0.90	1463	20777	13.9	4.1
136+700	20	0.12	25.0	15.1	31.2	0.71	2671	37928	25.3	4.3
136+800	16	0.08	50.0	27.2	50.0	0.86	2247	31910	21.3	4.4
136+900	24	0.12	70.0	39.8	70.0	0.92	1090	15476	10.3	3.1
137+000	40	0.24	70.0	50.7	87.4	0.95	529	7510	5.0	2.9

Progresiva	D máx. (10 <sup>-2</sup> mm)	DR (cm)	R (cm)	Lo (cm)	R5 (cm)	So/S	Mr - Hogg		CBR (%)	Ancho de Superficie Curvatura
							kg/cm2	psi		
137+100	24	0.16	50.0	41.7	73.1	0.92	1048	14886	9.9	3.6
137+200	36	0.20	70.0	45.5	79.1	0.93	647	9193	6.1	3.5
137+300	20	0.08	50.0	21.2	40.5	0.81	2162	30699	20.5	4.1
137+400	28	0.12	70.0	33.4	59.8	0.89	1087	15437	10.3	4.3
137+500	20	0.12	50.0	35.1	62.4	0.90	1471	20888	13.9	4.0
137+600	24	0.12	70.0	39.8	70.0	0.92	1091	15497	10.3	4.8
137+700	20	0.12	50.0	35.1	62.4	0.90	1456	20677	13.8	5.3
137+800	24	0.16	50.0	41.7	73.1	0.92	1052	14942	10.0	3.9
137+900	20	0.12	50.0	35.1	62.4	0.90	1466	20813	13.9	2.5
138+000	20	0.08	50.0	21.2	40.5	0.81	2169	30801	20.5	3.4
138+100	24	0.12	50.0	27.2	50.0	0.86	1497	21258	14.2	2.7
138+200	44	0.24	50.0	30.5	55.3	0.88	745	10576	7.1	4.2
138+300	32	0.20	50.0	37.4	66.2	0.91	864	12276	8.2	3.5
138+400	24	0.16	50.0	41.7	73.1	0.92	1048	14883	9.9	4.4
138+500	20	0.08	50.0	21.2	40.5	0.81	2159	30664	20.4	4.4
138+600	24	0.12	70.0	39.8	70.0	0.92	1093	15519	10.3	3.0
138+700	40	0.24	50.0	35.1	62.4	0.90	730	10365	6.9	3.8
138+800	28	0.12	70.0	33.4	59.8	0.89	1085	15412	10.3	4.4
138+900	24	0.12	70.0	39.8	70.0	0.92	1093	15517	10.3	4.8
139+000	32	0.20	50.0	37.4	66.2	0.91	863	12258	8.2	4.7

Fuente: FIC-UNI Mayo 2010

Estos datos han sido tomados por ensayos con equipo de Viga Benkelman, a lo largo de la vía por la FIC - UNI

### 3.7. EVALUACIÓN DE DETERIOROS SEGÚN METODOLOGÍA VIZIR

La evaluación con la metodología VIZIR, ha sido tomada conforme a las recomendaciones del método y apoyados en la Guía de evaluación del INVIAS, Instituto Nacional de Vías de Colombia.

Los cuadros de procesamiento de la información hallada en campo y con su respectiva calificación de cada una de las fallas se muestran en el anexo 01 correspondiente.

Según recomendación del método se dividió el tramo en estudio en sub tramos de 100m, obteniendo 50 datos muestrales. Teniendo lo siguientes datos de resumen:

**CUADRO 3.05: PROCESAMIENTO DE DATOS DE CUANTIFICACIÓN DE FALLAS CON METODOLOGÍA VIZIR.**

DATOS FINALES DE LA VÍA	
ANCHO DE CALZADA PROMEDIO (m):	4.79
LONGITUD TOTAL DEL TRAMO (m):	5000
ÁREA TOTAL DEL TRAMO 134+000 AL 139+000 (m2)	23947.78

DETERIOROS TIPO A	ÁREA M2	% ÁREA TOTAL	% ÁREA DE DAÑOS
BACHES Y ZANJA REPARADA	1967.93	8.22%	16.57%
AHUELLAMIENTO	81.3	0.34%	0.68%
GRIETAS POR FATIGA LONGITUDINAL	50.4	0.21%	0.42%
GRIETA PIEL DE COCODRILO	26.6	0.11%	0.22%

DETERIOROS TIPO B	ÁREA M2	% ÁREA TOTAL	% ÁREA DE DAÑOS
HUECOS	14.33	0.06%	0.12%
PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	7110.97	29.69%	59.89%
PERDIDA DE AGREGADOS	2613.05	10.91%	22.01%
CORRUGACIONES	1.8	0.01%	0.02%
GRIETA POR JUNTA DE CONSTRUCCIÓN	6.72	0.03%	0.06%

Fuente: Elaboración Propia

**3.7.1 Evaluación de la Condición superficial del pavimento.**

La condición superficial que se muestra en la tabla siguiente evidencia un 54% de tramos evaluados con calificación "Buena", asimismo se evidencia un 46% de tramos con condición regular y un 4% en condiciones "malas", de esto se puede notar que el tramo en estudio se muestra en buenas condiciones y con una serviciabilidad apropiada, claro está que se pueden mejorar aún más las condiciones existentes. Cabe aclarar que en la evaluación, se pudo notar, que los 16 tramos finales, que tienen una extensión total de 1600 m. Ya evidencian un tratamiento superficial aplicado, en Noviembre del 2010, este es el motivo, por el cual no se evidencian fallas.

Debido a la influencia de este trabajo de mejoramiento es que los 16 últimos tramos no presentan deterioro, siendo el motivo por el cual el resultado final tiene un 54% de tramos en buen estado con Índices Superficiales de valores 1 y 2.

Esto influye en la calificación final del tramo analizado.

**CUADRO 3.06: CALIFICACIÓN DE TRAMOS CON METODOLOGÍA VIZIR.**

TRAMO		Is	CALIFICACIÓN	TRAMO		Is	CALIFICACIÓN
PR INICIAL	PR FINAL			PR INICIAL	PR FINAL		
134+000	134+100	3	REGULAR	136+500	136+600	4	REGULAR
134+100	134+200	3	REGULAR	136+600	136+700	4	REGULAR
134+200	134+300	3	REGULAR	136+700	136+800	4	REGULAR
134+300	134+400	3	REGULAR	136+800	136+900	3	REGULAR
134+400	134+500	3	REGULAR	136+900	137+000	3	REGULAR
134+500	134+600	3	REGULAR	137+000	137+100	1	BUENO
134+600	134+700	3	REGULAR	137+100	137+200	2	BUENO
134+700	134+800	1	BUENO	137+200	137+300	1	BUENO
134+800	134+900	1	BUENO	137+300	137+400	3	REGULAR
134+900	135+000	1	BUENO	137+400	137+500	1	BUENO
135+000	135+100	7	MALO	137+500	137+600	1	BUENO
135+100	135+200	4	REGULAR	137+600	137+700	1	BUENO
135+200	135+300	3	REGULAR	137+700	137+800	1	BUENO
135+300	135+400	4	REGULAR	137+800	137+900	1	BUENO
135+400	135+500	6	MALO	137+900	138+000	1	BUENO
135+500	135+600	5	MALO	138+000	138+100	1	BUENO
135+600	135+700	4	REGULAR	138+100	138+200	1	BUENO
135+700	135+800	2	BUENO	138+200	138+300	1	BUENO
135+800	135+900	2	BUENO	138+300	138+400	1	BUENO
135+900	136+000	3	REGULAR	138+400	138+500	1	BUENO
136+000	136+100	3	REGULAR	138+500	138+600	1	BUENO
136+100	136+200	2	BUENO	138+600	138+700	1	BUENO
136+200	136+300	2	BUENO	138+700	138+800	1	BUENO
136+300	136+400	2	BUENO	138+800	138+900	1	BUENO
136+400	136+500	4	REGULAR	138+900	139+0000	1	BUENO

Fuente: Elaboración Propia

El procesamiento de la obtención de este cuadro, se muestra en el anexo 02 respectivo.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA DE DISCRIMINACIÓN DE DATOS – PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Este capítulo está basado al manejo estadístico y adecuado que se le dará a los datos, con el objetivo de obtener los resultados adecuados de la evaluación, cualitativa y cuantificativa de las fallas encontradas en la vía. Para eso nos basamos en los conceptos que nos brinda la estadística.

Ya que la Estadística es la ciencia que estudia cómo debe emplearse la información que se tiene o se puede obtener y como dar una guía de acción en situaciones prácticas que entrañan incertidumbre o duda. Su objetivo principal es obtener información, analizarla, examinarla y predecir.

Hay dos tipos de fenómenos o experimentos que se pueden observar y estudiar, que son los causales o determinísticos y los otros son los aleatorios o de azar de ambos se encarga la Estadística

#### 4.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE VARIABLES ESTADÍSTICAS

La variable a determinar en este informe es la condición superficial del pavimento, a través de las mediciones de fallas superficiales con una metodología determinada, en este caso el método VIZIR. Para determinar esto, es preciso determinar el **Is** Índice Superficial del Pavimento básico.

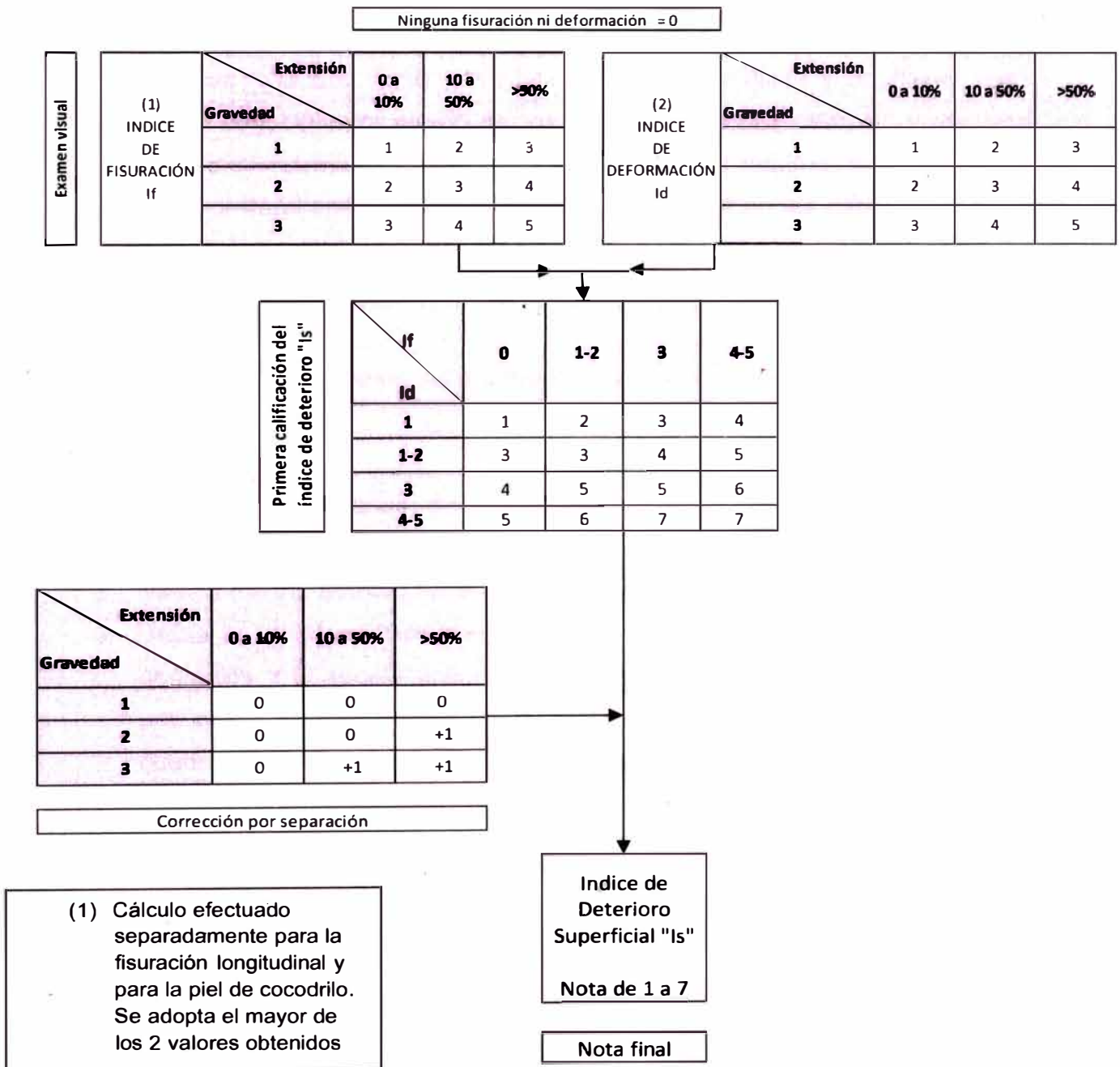
Este índice definirá en función del valor obtenido el estado, Bueno, Regular o Malo del pavimento en estudio. Esto tiene como dificultad que su valor se obtiene a través de otros 2 índices previos que son el **Id** (Índice de deformación) y el **If** (índice de fisuración), cuyos valores se obtienen con la calificación de fallas determinadas, ya sea que tengan que ver con la deformación o con la fisuración del pavimento. Estos 2 sub índices se obtienen con mediciones de extensiones de las fajas y sus gravedades respectivas.

De la aclaración anterior se tiene que la variable en estudio es decir el **Is** es finalmente una etiqueta que me indica el estado de la vía y que no nace a través

de un cálculo matemático. Es por eso que se define a esta variable como una del tipo Cualitativo de tipo Ordinal, ya que en función de su valor de 1 a 7, nos ordena de buena a mala condición superficial del pavimento.

Pero para este informe se trabajará con una aproximación del método PCI, para poder definir, homogenizar y dar credibilidad al método de Discriminación propuesto.

**FIGURA 4.01: OBTENCIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CON LA METODOLOGÍA VIZIR.**



Fuente: INVIAS, Colombia.



## 4.2. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS (E.D.A.)

El Análisis Exploratorio de Datos (A.E.D.) es un conjunto de técnicas estadísticas cuya finalidad es conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas. Para conseguir este objetivo el A.E.D. proporciona métodos sistemáticos sencillos para organizar y preparar los datos, detectar fallos en el diseño y recogida de los mismos, tratamiento y evaluación de datos ausentes (missing), identificación de casos atípicos (outliers) y comprobación de los supuestos subyacentes en la mayor parte de las técnicas multivariantes (normalidad, linealidad, homocedasticidad).

Tukey <sup>(1)</sup>, desarrolla una serie de nuevas técnicas gráficas y analíticas para conseguir un conocimiento previo de los datos a analizar, siempre desde una perspectiva exploratoria, y propugna un cambio de actitud y de enfoque metodológico ante el análisis de datos. Intenta descubrir en los datos patrones o modelos, incorporando nuevas técnicas gráficas y presenta estadísticos resistentes y robustos basados principalmente en el orden y centrados en la mediana.

De acuerdo con lo propuesto se reconoce la existencia de cinco características principales del EDA:

1. Sus representaciones gráficas nos revelan, en una primera fase, el comportamiento de los datos y la estructura del conjunto.
2. Dedicar mucha atención al análisis de residuales.
3. Utiliza la transformación de los datos para conseguir ajustar los valores originales a la escala que más simplifique y clarifique el análisis como, por ejemplo, mediante el uso de funciones matemáticas simples (raíz cuadrada, logaritmos, etc.).
4. Valora la resistencia, propiedad que presentan algunos estadísticos que les hace poco sensibles a la influencia de uno o varios valores marcadamente distantes de la mayoría de los datos de la distribución.
5. Busca estadísticos robustos, propiedad que presentan algunos estadísticos que les hace poco sensibles ante desviaciones de los supuestos básicos.

<sup>(1)</sup> Tukey, *Exploratory Data Analysis (EDA)*, 1977

En consecuencia, las técnicas EDA no solo constituyen un complemento a las técnicas estadísticas clásicas sino también una valiosa alternativa en caso de incumplimiento de alguna condición de aplicación, puesto que no son tan restrictivas en sus supuestos.

En realidad, el investigador necesita usar tanto las técnicas estadísticas exploratorias como las confirmatorias. Las técnicas exploratorias ayudan a comprobar las condiciones de aplicación de las pruebas de hipótesis, detectar errores o valores anómalos, establecer la mejor transformación cuando es necesaria, etc.

En general, dan una visión distinta, previa pero complementaria, a la confirmatoria y finalmente todo ello repercute en una mejor calidad del análisis de datos globalmente entendido.

### 4.3. INDICADORES ESTADÍSTICOS (MEDIA, VARIANZA, PERCENTILES)

A continuación se muestran los datos obtenidos del cálculo final de la condición del tramo 134+000 al 139+000:

**CUADRO 4.01: RESUMEN DEL INDICE SUPERFICIAL "Is", POR TRAMO DE ESTUDIO**

TRAMO		Is	CALIFICACIÓN N	TRAMO		Is	CALIFICACIÓN
PR INICIAL	PR FINAL			PR INICIAL	PR FINAL		
134+000	134+100	3	REGULAR	136+500	136+600	4	REGULAR
134+100	134+200	3	REGULAR	136+600	136+700	4	REGULAR
134+200	134+300	3	REGULAR	136+700	136+800	4	REGULAR
134+300	134+400	3	REGULAR	136+800	136+900	3	REGULAR
134+400	134+500	3	REGULAR	136+900	137+000	3	REGULAR
134+500	134+600	3	REGULAR	137+000	137+100	1	BUENO
134+600	134+700	3	REGULAR	137+100	137+200	2	BUENO
134+700	134+800	1	BUENO	137+200	137+300	1	BUENO
134+800	134+900	1	BUENO	137+300	137+400	3	REGULAR
134+900	135+000	1	BUENO	137+400	137+500	1	BUENO
135+000	135+100	7	MALO	137+500	137+600	1	BUENO
135+100	135+200	4	REGULAR	137+600	137+700	1	BUENO
135+200	135+300	3	REGULAR	137+700	137+800	1	BUENO
135+300	135+400	4	REGULAR	137+800	137+900	1	BUENO

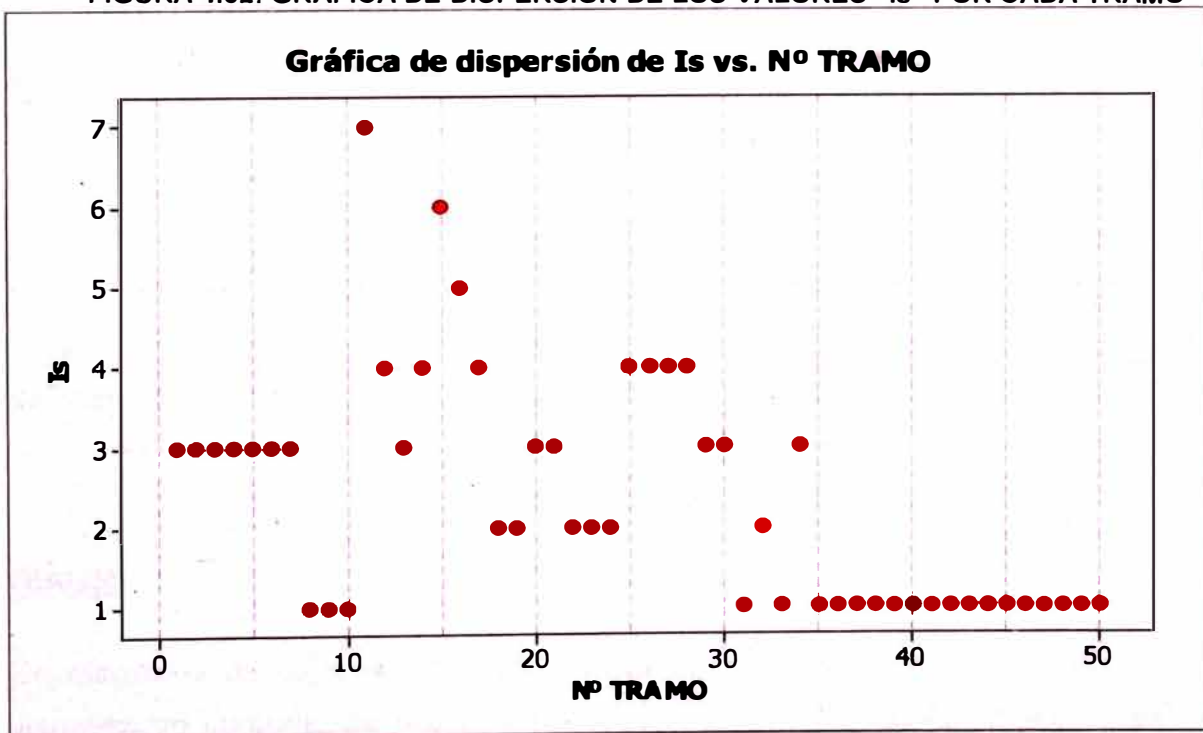
CONTINUACIÓN DE CUADRO 4.01

TRAMO		Is	CALIFICACIÓN N	TRAMO		Is	CALIFICACIÓN
PR INICIAL	PR FINAL			PR INICIAL	PR FINAL		
135+400	135+500	6	MALO	137+900	138+000	1	BUENO
135+500	135+600	5	MALO	138+000	138+100	1	BUENO
135+600	135+700	4	REGULAR	138+100	138+200	1	BUENO
135+700	135+800	2	BUENO	138+200	138+300	1	BUENO
135+800	135+900	2	BUENO	138+300	138+400	1	BUENO
135+900	136+000	3	REGULAR	138+400	138+500	1	BUENO
136+000	136+100	3	REGULAR	138+500	138+600	1	BUENO
136+100	136+200	2	BUENO	138+600	138+700	1	BUENO
136+200	136+300	2	BUENO	138+700	138+800	1	BUENO
136+300	136+400	2	BUENO	138+800	138+900	1	BUENO
136+400	136+500	4	REGULAR	138+900	139+000 0	1	BUENO

Fuente: Elaboración Propia

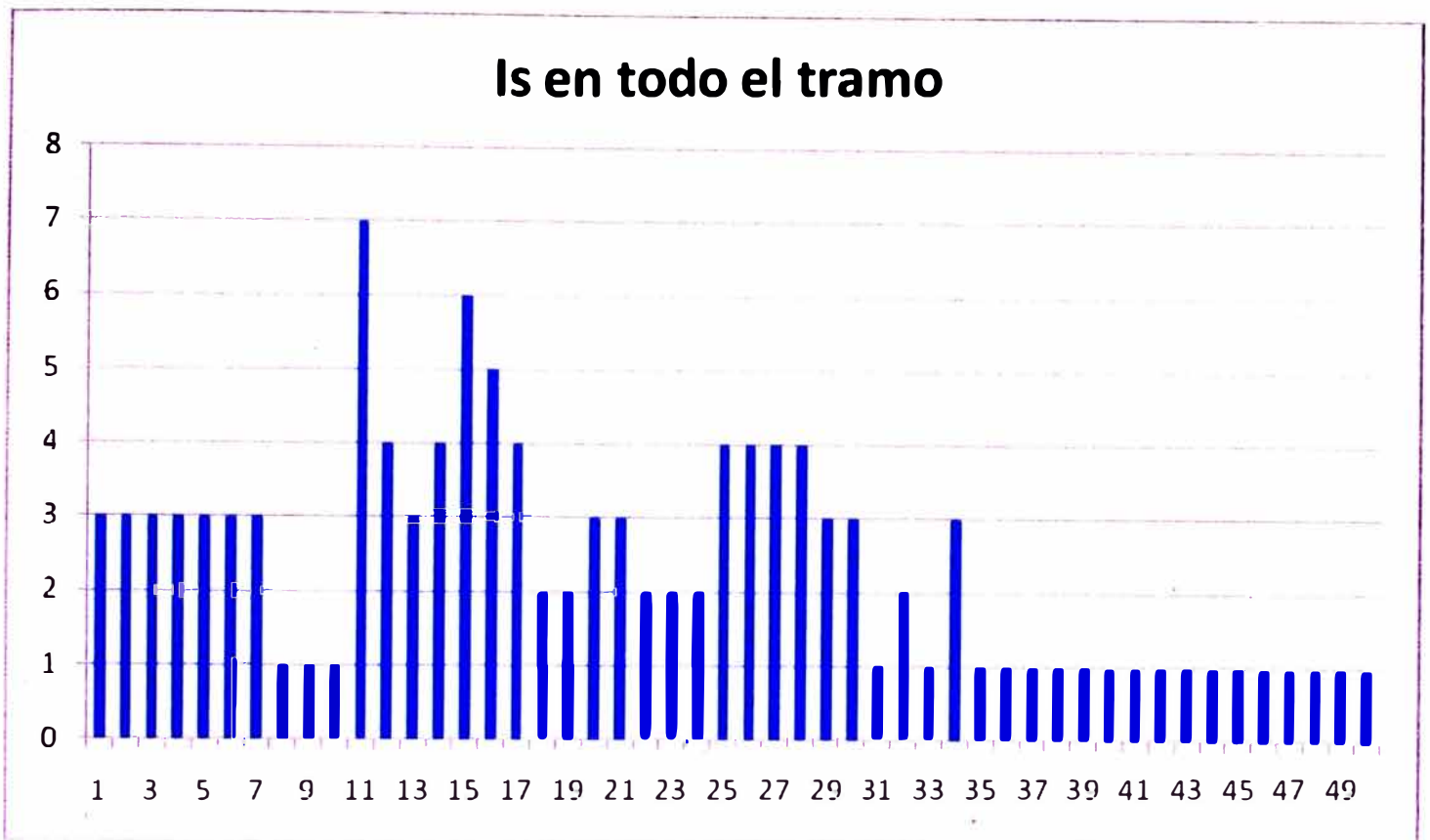
Con los valores obtenidos en el cuadro 4.01, se puede graficar todo el espacio muestral, en función de cada tramo su índice Superficial "Is". Es decir los valores de los 50 tramos analizados.

FIGURA 4.02: GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE LOS VALORES "Is" POR CADA TRAMO



Fuente: Elaboración Propia, (Software Minitab v15)

FIGURA 4.03: HISTOGRAMA DE LOS VALORES "Is" POR CADA TRAMO



Fuente: Elaboración Propia, (Excel 2010)

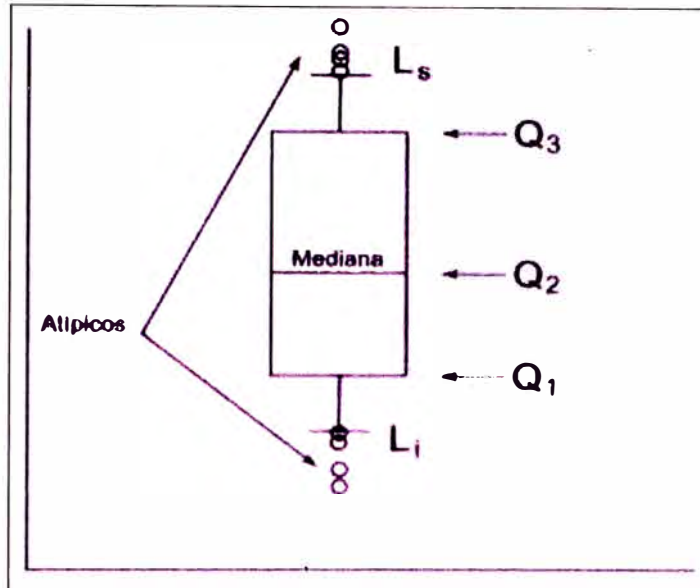
Ahora de los datos encontrados y según lo definido en el ítem 4.1. La variable estadística es del tipo cualitativa, ordinal, es por eso que no es posible obtener datos de media, mediana como cuando se hace con las variables cuantitativas. Debido a que el valor del "Is", es una etiqueta que referencia la calidad de cada unidad muestral. Gracias a la estadística y al análisis exploratorio de datos, se pueden obtener aproximaciones que indiquen comportamientos del valor de "Is". Para esto utilizaremos un tipo de representación que brinda el **EDA**. El diagrama de caja o Box - Plot.

### DIAGRAMA DE CAJA

Un diagrama de caja es un gráfico, basado en cuartiles, mediante el cual se visualiza un conjunto de datos. Está compuesto por un rectángulo, la "caja", y dos brazos, los "bigotes".

Es un gráfico que suministra información sobre los valores mínimo y máximo, los cuartiles Q1, Q2 o mediana y Q3, y sobre la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución.

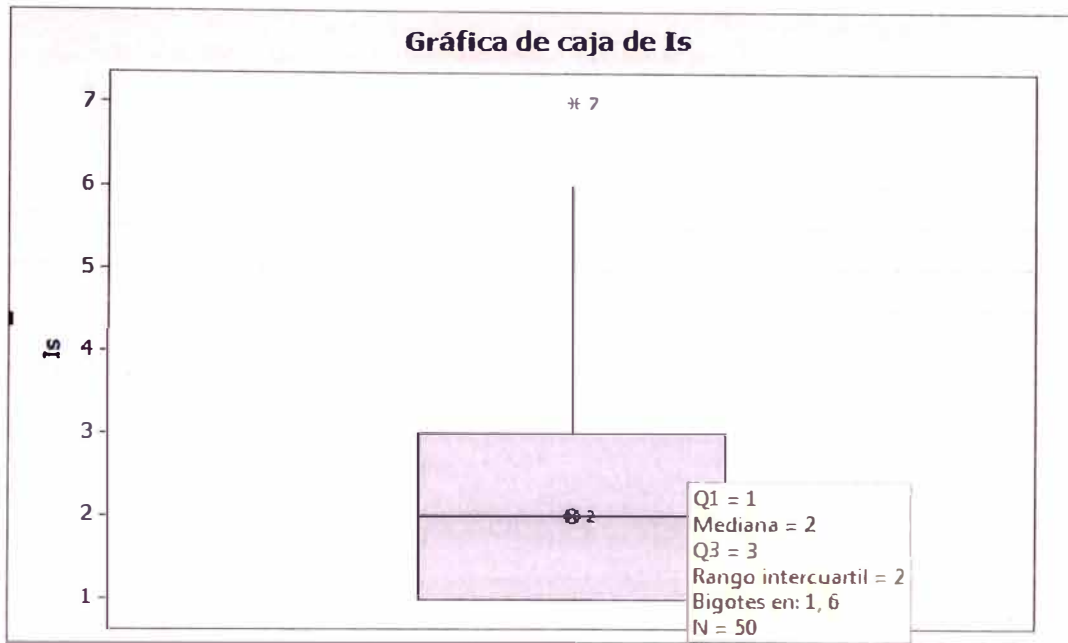
FIGURA 4.04: ESQUEMA DE DIAGRAMA BOX PLOT



Fuente: Apuntes de Estadística

Como se puede apreciar en la gráfica, esta entrega el conjunto de datos representados, su mediana, los cuartiles, los valores atípicos. A continuación se muestra el diagrama de caja de los datos de valores "Is".

FIGURA 4.05: DIAGRAMA BOX PLOT DE LOS VALORES “Is”.



Fuente: Elaboración Propia, (Software Minitab v15)

Es así que se tienen los siguientes resultados.

Me: 2 // Q1: 1 // Q3: 3 // Bigotes: 1 - 6; dato atípico: 1 medición con Is=7.

Valores atípicos. 7 (Así es como se puede saber si un dato ha sido mal tomado, o si la ausencia de alguno, interfiere en los resultados finales)

FIGURA 4.06: DIAGRAMA DE TORTA DE LOS VALORES “Is”.



Fuente: Elaboración Propia, (Excel 2010)

Como se puede apreciar la obtención del Índice de la condición superficial Is, se ha obtenido para todos los casos, dando como resultado de las 50 muestras:

- 27 tramos de 100m con un estado "BUENO"
- 20 tramos de 100m con un estado "REGULAR"
- 3 tramos de 100m con un estado "MALO"

Haciendo una inspección en función al porcentaje de tramos buenos y malos, podemos decir que el 54% del tramo esta en óptimas condiciones, el 40% del tramo esta en un estado Regular y un 6% muestra un estado malo o deteriorado. Se podría decir que como tendencia central la vía presenta una aceptable condición superficial.

**CUADRO 4.02: CALIFICACIÓN DEL INDICE SUPERFICIAL "Is".**

<b>Is</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Calificación</b>
1	21	Bueno
2	6	Bueno
3	13	Regular
4	7	Regular
5	1	Malo
6	1	Malo
7	1	Malo

Fuente:Elaboración Propia

Debido a que la variable es del tipo cualitativa no se pueden dar medidas de la Media, la Varianza y percentiles, ya que no se puede cuantificar los resultados, pero se dan las aproximaciones en función de ser una cualitativa de tipo ordinal. Esto gracias al gráfico Box Plot.

Lo que también se puede proponer a través del siguiente razonamiento, es tener un medio referencial de medir los deterioros:

- El índice Is, se calcula en función de una corrección por parcheo de vía y por la influencia de los otros 2 índices "If" e "Id".
- El índice "Id", se mide en función de la extensión y gravedad de la falla en estudio, pero solo de las fallas del Tipo A, que tengan que ver con falla que impliquen deformación del pavimento. Es decir: Ahuellamientos, Hundimientos o depresiones longitudinales y transversales. La medición de su extensión está en función de su longitud en el tramo de 100m y su

gravedad en función de la profundidad. La cuantificación del área dañada se puede obtener, considerando un ancho de 0.60m para los ahuellamientos.

- El Índice "If", se mide en función de su extensión y gravedad, pero solo de las fallas del tipo A, que tengan relación con la fisuración del pavimento, es por eso que se hace la cuantificación del área dañada por este tipo de fallas.
- Es decir que mediante el área dañada por fallas del tipo A, que afecten a los índices "Id" e "If", se puede tener una indicación de la condición del pavimento, con un valor cuantitativo.

#### **4.4. DELIMITACIÓN DE UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS**

Buena parte del éxito de un programa de rehabilitación reposa en la correcta definición de unidades de diseño estadísticamente homogéneas. Para delimitarlas el ingeniero se basa tanto en los antecedentes históricos de la calzada, como en la inspección del estado superficial del pavimento y el análisis de algunas variables que, a través de medidas numéricas, permitan conocer la condición real del pavimento. El establecimiento de tramos homogéneos a través de estas últimas se puede efectuar de manera subjetiva, realizando un dibujo que muestre el comportamiento de la variable medida a lo largo del proyecto o se puede realizar de una manera más objetiva mediante procedimientos analíticos, entre los cuales se puede citar el de las "Diferencias Acumuladas", descrito en el apéndice J de la "GUÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS AASHTO 1993".

El procedimiento, de tipo estadístico, se basa en el hecho estadístico simple de cuando la variable  $Z_x$  (Definida como la diferencia entre el área bajo la curva de respuesta a cualquier distancia y el área total desarrollada por la respuesta promedio de todo el proyecto hasta la misma distancia) se dibuja como función de la distancia a lo largo del proyecto, los límites de los tramos homogéneos ocurren en los puntos donde la pendiente de la línea que representa la variación de  $Z_x$  con la longitud, cambia de signo.



CUADRO 4.03: MÉTODO DE DIFERENCIAS ACUMULADAS

(1) Estación (Km)	(2) Valor de Respuesta del pavimento (ri)	(3) Número de Intervalo (n)	(4) Distancia del intervalo (ΔXi)	(5) Distancia acumulada (ΣΔXi)	(6) Valor de respuesta promedio (f̄i)	(7) Área del intervalo Real (ai)	(8) Área acumulada (Σai)	(9) Zx Zx=(8)-F*(5)
1	r1	1	ΔX1	ΔX1	f̄1=r1	a1=f̄1*ΔX1	a1	ZX1=a1-FΔX1
2	r2	2	ΔX2	ΔX1 + ΔX2	f̄2=(r1+r2)/2	a2=f̄2*ΔX2	a1+a2	ZX2=(a1+a2)- F*(ΔX1 + ΔX2)
3	r3	3	ΔX3	ΔX1 + ... + ΔX3	f̄3=(r2+r3)/2	a3=f̄3*ΔX3	a1+a2+a3	.
Lp	rn	Nt	ΔX nτ	ΔX1 + ... + ΔXnτ	f̄nt=(r(n-1)+rn)/2	ant=f̄nt*ΔXnτ	a1+...+ant	ZXnt=(a1+...+ant)- F*(ΔX1+...+ΔXnτ)

$$A_t = \sum_{i=1}^{n_t} a_i$$

$$F = A_t / L_p$$

Fuente: INVIAS (Manual de diseño de pavimentos AASHTO 1993)

Se hace uso del método de Unidades Homogéneas por Diferencias Acumuladas, en función del área afectada con deterioro del tipo "A", para calificar la homogeneidad de los tramos.

**CUADRO 4.04: MÉTODO DE DIFERENCIAS ACUMULADAS PROCESAMIENTO**

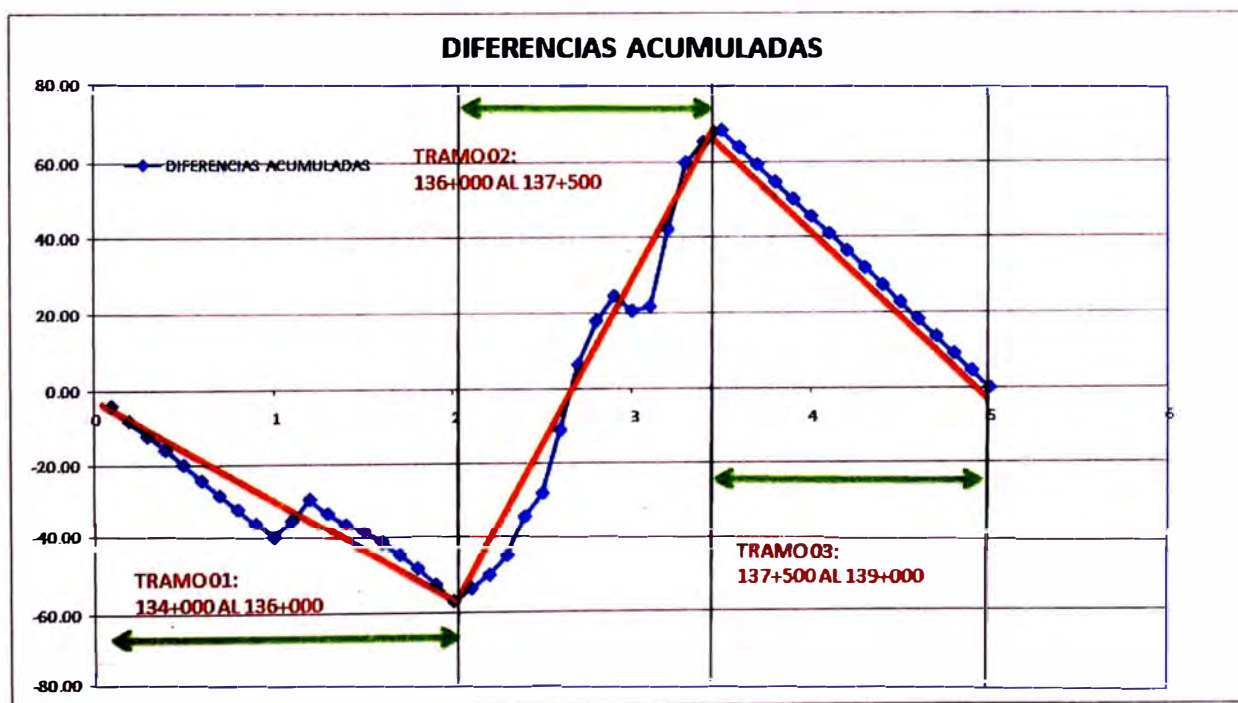
TRAMO		DISPOSICIÓN	Is	ÁREA AFECTADA CON DETERIORO TIPO A	ÁREA PROMEDIO		DISTANCIA	ACUMULADA	ÁREA INTERVALO REAL	ÁREA ACUMULADA	Zx
PR INICIAL	PR FINAL										
134+000	134+100	REGULAR	3	10.082	10.082	5.04	0.1	0.1	0.50408	0.50408	-4.061
134+100	134+200	REGULAR	3	2.160	12.242	6.12	0.1	0.2	0.61208	1.11616	-8.015
134+200	134+300	REGULAR	3	7.955	10.115	5.06	0.1	0.3	0.50575	1.62191	-12.075
134+300	134+400	REGULAR	3	10.090	18.045	9.02	0.1	0.4	0.90225	2.52416	-15.738
134+400	134+500	REGULAR	3	1.650	11.740	5.87	0.1	0.5	0.587	3.11116	-19.717
134+500	134+600	REGULAR	3	5.700	7.350	3.68	0.1	0.6	0.3675	3.47866	-23.915
134+600	134+700	REGULAR	3	5.220	10.920	5.46	0.1	0.7	0.546	4.02466	-27.934
134+700	134+800	BUENO	1	11.250	16.470	8.24	0.1	0.8	0.8235	4.84816	-31.677
134+800	134+900	BUENO	1	1.400	12.650	6.33	0.1	0.9	0.6325	5.48066	-35.610
134+900	135+000	BUENO	1	1.400	2.800	1.40	0.1	1	0.14	5.62066	-40.035
135+000	135+100	MALO	7	195.000	196.400	98.20	0.1	1.1	9.82	15.44066	-34.781
135+100	135+200	REGULAR	4	10.500	205.500	102.75	0.1	1.2	10.275	25.71566	-29.072
135+200	135+300	REGULAR	3	3.720	14.220	7.11	0.1	1.3	0.711	26.42666	-32.926
135+300	135+400	REGULAR	4	26.300	30.020	15.01	0.1	1.4	1.501	27.92766	-35.991
135+400	135+500	MALO	6	20.000	46.300	23.15	0.1	1.5	2.315	30.24266	-38.242
135+500	135+600	MALO	5	13.000	33.000	16.50	0.1	1.6	1.65	31.89266	-41.157
135+600	135+700	REGULAR	4	15.250	28.250	14.13	0.1	1.7	1.4125	33.30516	-44.310
135+700	135+800	BUENO	2	2.370	17.620	8.81	0.1	1.8	0.881	34.18616	-47.995
135+800	135+900	BUENO	2	1.080	3.450	1.73	0.1	1.9	0.1725	34.35866	-52.388
135+900	136+000	REGULAR	3	3.900	4.980	2.49	0.1	2	0.249	34.60766	-56.705
136+000	136+100	REGULAR	3	150.560	154.460	77.23	0.1	2.1	7.723	42.33066	-53.548
136+100	136+200	BUENO	2	12.550	163.110	81.56	0.1	2.2	8.1555	50.48616	-49.958
136+200	136+300	BUENO	2	181.920	194.470	97.24	0.1	2.3	9.7235	60.20966	-44.800
136+300	136+400	BUENO	2	122.200	304.120	152.06	0.1	2.4	15.206	75.41566	-34.160
136+400	136+500	REGULAR	4	94.200	216.400	108.20	0.1	2.5	10.82	86.23566	-27.905
136+500	136+600	REGULAR	4	334.000	428.200	214.10	0.1	2.6	21.41	107.645	-11.061
136+600	136+700	REGULAR	4	105.100	439.100	219.55	0.1	2.7	21.955	129.600	6.328
136+700	136+800	REGULAR	4	219.800	324.900	162.45	0.1	2.8	16.245	145.845	18.007
136+800	136+900	REGULAR	3	5.400	225.200	112.60	0.1	2.9	11.26	157.105	24.701
136+900	137+000	REGULAR	3	6.000	11.400	5.70	0.1	3	0.57	157.675	20.706
137+000	137+100	BUENO	1	107.320	113.320	56.66	0.1	3.1	5.666	163.341	21.806
137+100	137+200	BUENO	2	394.200	501.520	250.76	0.1	3.2	25.076	188.417	42.316
137+200	137+300	BUENO	1	48.000	442.200	221.10	0.1	3.3	22.11	210.527	59.861
137+300	137+400	REGULAR	3	153.550	201.550	100.78	0.1	3.4	10.0775	220.605	65.372
137+400	137+500	BUENO	1	0	153.550	76.78	0.1	3.5	7.6775	228.282	68.484
137+500	137+600	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	3.6	0	228.282	63.919
137+600	137+700	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	3.7	0	228.282	59.353

CONTINUACIÓN DEL CUADRO 4.04

PR INICIAL	PR FINAL	DISPOSICIÓN	Is	ÁREA AFECTADA CON DETERIORO TIPO A	ÁREA PROMEDIO		DISTANCIA	ACUMULADA	ÁREA INTERVALO REAL	ÁREA ACUMULADA	Zx
137+700	137+800	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	3.8	0	228.282	54.787
137+800	137+900	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	3.9	0	228.282	50.222
137+900	138+000	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4	0	228.282	45.656
138+000	138+100	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.1	0	228.282	41.090
138+100	138+200	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.2	0	228.282	36.525
138+200	138+300	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.3	0	228.282	31.959
138+300	138+400	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.4	0	228.282	27.393
138+400	138+500	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.5	0	228.282	22.828
138+500	138+600	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.6	0	228.282	18.262
138+600	138+700	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.7	0	228.282	13.696
138+700	138+800	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.8	0	228.282	9.131
138+800	138+900	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	4.9	0	228.282	4.565
138+900	139+0000	BUENO	1	0	0.000	0.00	0.1	5	0	228.282	0

Fuente:Elaboración Propia

FIGURA 4.07: GRÁFICA DE PROCESAMIENTO DE DIFERENCIAS ACUMULADAS



Fuente: Elaboración Propia

Se muestra la homogeneidad de los tramos en estudio, se muestran 3 tramos con condiciones homogéneas, y son mostrados en la tabla 4.05.

**CUADRO 4.05: CONDICIONES SUPERFICIALES POR TRAMOS HOMOGÉNEOS**

TRAMO	PROGRESIVAS	BUENO	REGULAR	MALO	TOTAL
TRAMO 01	134+000 AL 136+000	5	12	3	20
TRAMO 02	136+000 AL 137+500	7	8	0	15
TRAMO 03	137+500 AL 139+000	15	0	0	15
TOTAL					50

TRAMO	PROGRESIVAS	BUENO	REGULAR	MALO	TOTAL
TRAMO 01	134+000 AL 136+000	25.00%	60.00%	15.00%	100.00%
TRAMO 02	136+000 AL 137+500	46.67%	53.33%	0.00%	100.00%
TRAMO 03	137+500 AL 139+000	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro anterior se muestra la diferenciación de los 3 tramos. La evaluación detallada de cada sub tramo homogéneo se muestra en el anexo 06

#### 4.5. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

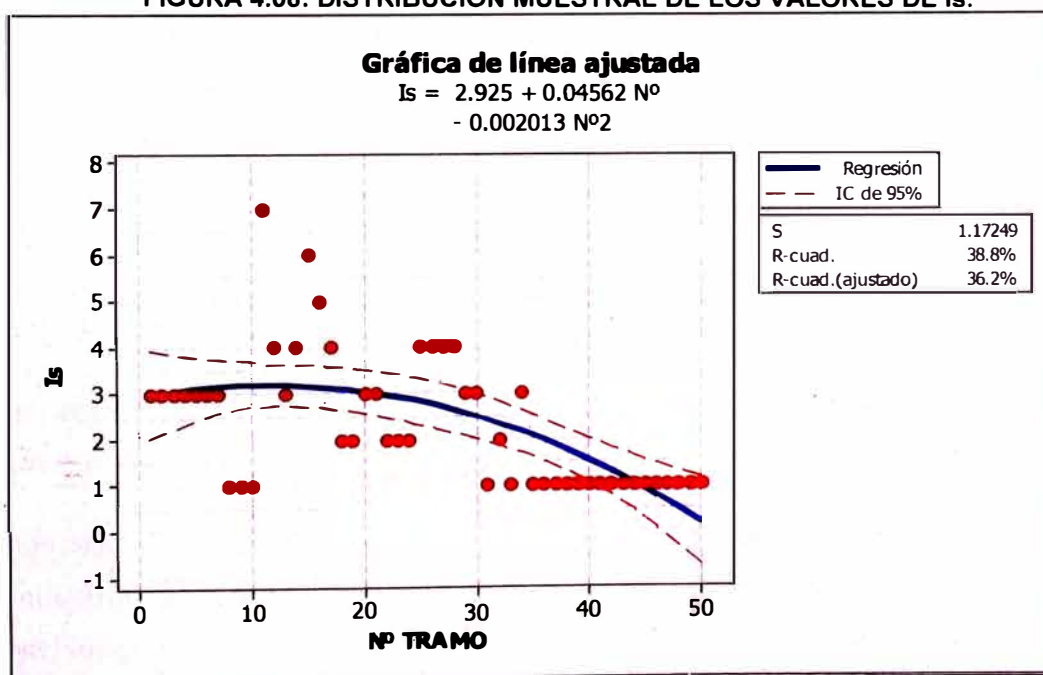
Haciendo la siguiente distribución de la muestra se tiene que para el rango 1-2 sobrepasa el 50% de las muestras.

**CUADRO 4.06: CANTIDADES DE TRAMO POR RANGO DE Is.**

Rango de Is	Cantidad
(1-2)	27
(3-4)	20
(4-7)	3

Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA 4.08: DISTRIBUCIÓN MUESTRAL DE LOS VALORES DE Is.**



Fuente: Elaboración Propia (Software Minitab V15)

Haciendo uso del Minitab, elaboramos la gráfica 4.09, que nos muestra una línea azul, que es la tendencia de los datos obtenidos con una línea de ajuste cuadrática, esto ha sido hecho con la idea de observar por donde están los valores centrales de la condición superficial de la vía, como se observa la data está muy dispersa y es mejor analizarla para cada sub tramo homogéneo. Esto se muestra en el anexo 08.

#### 4.6. VALORES FINALES DE LA DISCRIMINACIÓN DE LOS DATOS.

Deterioros del Tipo A y B, tomando como en función del área Total de daños de ambos tipos.

**CUADRO 4.07: VALORES FINALES DE DETERIOROS A y B EN PORCENTAJE**

DETERIOROS TIPO A	% DEL TIPO A
PARCHEO Y ZANJA REPARADA	92.55%
AHUELLAMIENTO	3.82%
GRIETAS POR FATIGA.LONGITUDINAL	2.37%
GRIETA PIEL DE COCODRILO	1.25%
	100.00%
DETERIOROS TIPO B	% DEL TIPO B
PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	72.96%
OTROS(H,GTJ,C)	0.23%
PERDIDA DE AGREGADOS	26.81%
	100.00%

ÁREA COMPROMETIDA		
FALLAS TIPO A	2126.2266	17.91%
FALLAS TIPO B	9746.88022	82.09%
	11873.1068	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Se muestra que las fallas del tipo B son del 82.09%, en comparación de las del tipo A que son de 17.91%.

En los siguientes cuadros se muestran los tipos de fallas tanto del A y B, donde se muestran que para fallas tipo A, la mayor cantidad le corresponde a Baches y Zanja Reparada.

Mientras que para las del tipo B, La mayor cantidad encontrada pertenece a la falla de Pérdida de película Ligante.

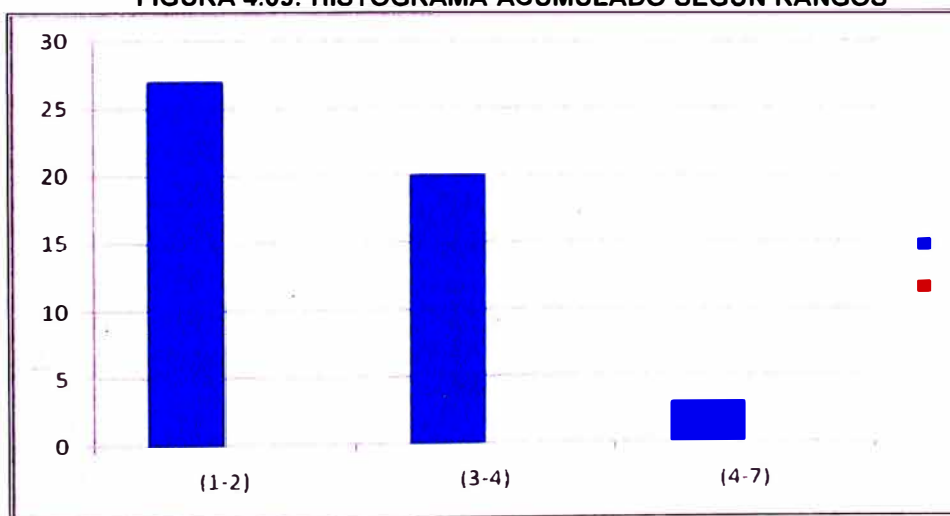
**CUADRO 4.08: VALORES FINALES DE DETERIOROS A y B EN METROS CUADROS**

TIPO A	ÁREA M2	% ÁREA TOTAL	% ÁREA DE DAÑOS
BACHES Y ZANJA REPARADA	1967.9266	8.22%	16.57%
AHUELLAMIENTO	81.3	0.34%	0.68%
GRIETAS POR FATIGA LONGITUDINAL	50.4	0.21%	0.42%
GRIETA PIEL DE COCODRILO	26.6	0.11%	0.22%
	2126.2266	8.88%	17.91%
TIPO B	ÁREA M2	% ÁREA TOTAL	% ÁREA DE DAÑOS
HUECOS	14.3325	0.06%	0.12%
PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	7110.97222	29.69%	59.89%
PERDIDA DE AGREGADOS	2613.0555	10.91%	22.01%
CORRUGACIONES	1.8	0.01%	0.02%
GRIETA POR JUNTA DE CONSTRUCCIÓN	6.72	0.03%	0.06%
	9746.88022	40.70%	82.09%
	11873.1068	49.58%	100.00%

Fuente Elaboración Propia

Finalmente, el tramo 134+000 al 139+000, obtuvo un promedio de " $I_s = 3$ ", que lo considera como un tramo de una condición **REGULAR** con tendencia a bueno, es un tramo con una condición asequible y que se puede mejorar. Esto lo muestra el gráfico siguiente, donde se puede ver la tendencia de regular a buena del tramo.

**FIGURA 4.09: HISTOGRAMA ACUMULADO SEGÚN RANGOS**



Fuente Elaboración Propia

## 4.7. CONTRASTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DISCRIMINACIÓN

### COMPARACIÓN IRI VS Is

Para este ítem, se pensó en comparar los valores obtenidos en la evaluación VIZIR, con valores obtenidos meses antes con una evaluación del IRI, para ese tramo. A fin de observar si hay alguna similitud en estos parámetros.

Se presenta el cuadro que se hizo referencia en capítulo 3 el ítem 3.5. La evaluación del IRI, fue realizada con el equipo Bump Integrator en marzo del 2010, mientras que la evaluación del índice superficial "Is" se realizó en Diciembre del 2010. Como se sabe la medición del Bump Integrator se hace para la obtención del IRI, a cada 400m. Para el Is, la evaluación ha sido hecha cada 100. Es por eso que con la finalidad de agruparlas se ha tomado tramos de 4 en 4, y se ha previsto un promedio de Is, para cada 400m. Con la finalidad de elaborar el cuadro 4.09.

**CUADRO 4.09: COMPARACIÓN DE VALORES DE Is, CON EL IRI, A CADA 400M.**

PRI	PRF	TRAMO DE 400M	Is	CALIFICACIÓN VIZIR	IRI	CALIFICACIÓN
133+800	134+200	1	3	REGULAR	3.61	REGULAR
134+200	134+600	2	3	REGULAR	3.56	REGULAR
134+600	135+000	3	2	BUENO	3.55	REGULAR
135+000	135+400	4	5	MALO	15.59	MALO
135+400	135+800	5	4	REGULAR	12.11	PÉSIMO
135+800	136+200	6	3	REGULAR	3.62	REGULAR
136+200	136+600	7	3	REGULAR	10.66	PÉSIMO
136+600	137+000	8	4	REGULAR	14.28	MALO
137+000	137+400	9	2	BUENO	3.94	REGULAR
137+400	137+800	10	1	BUENO	3.63	REGULAR
137+800	138+200	11	1	BUENO	14.27	MALO
138+200	136+600	12	1	BUENO	3.89	REGULAR
136+600	139+000	13	1	BUENO	3.99	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO 4.10: CALIFICACIÓN DEL IRI EN FUNCIÓN DE SUS VALORES.**

IRI (m/km)				
<2,5	2,5 - 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	> 5,5
Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo

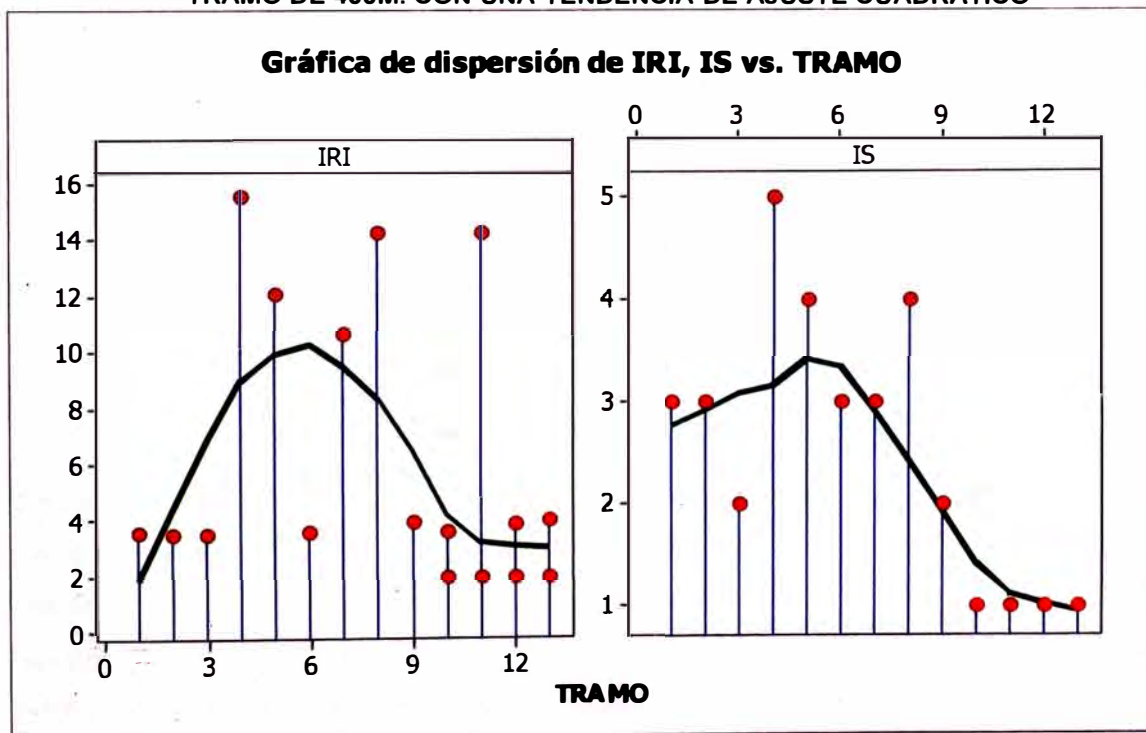
Fuente: Euroestudios Ingenieros Consultores

Cabe recalcar que los 4 últimos datos del cuadro 4.09, la vía ha sido restaurada con un tratamiento superficial se tienen 2 opciones:

- No deben ser comparados el Is y el IRI debido a que no sería representativa esta comparación, por tanto solo se analizarían los tramos del 1 al 9.
- La otra opción es modificar el tramo final dándole un valor de IRI =2.5, debido a que el tramo tiene un tratamiento nuevo, que garantiza el confort de la vía. Es decir bueno.

Tomando la segunda opción, se contrastan los datos, gráficamente, utilizando el MINITAB.

**FIGURA 4.10: GRÁFICAS DE DISPERSIÓN DE DATOS DEL IRI Y DEL IS, PARA CADA TRAMO DE 400M. CON UNA TENDENCIA DE AJUSTE CUADRÁTICO**



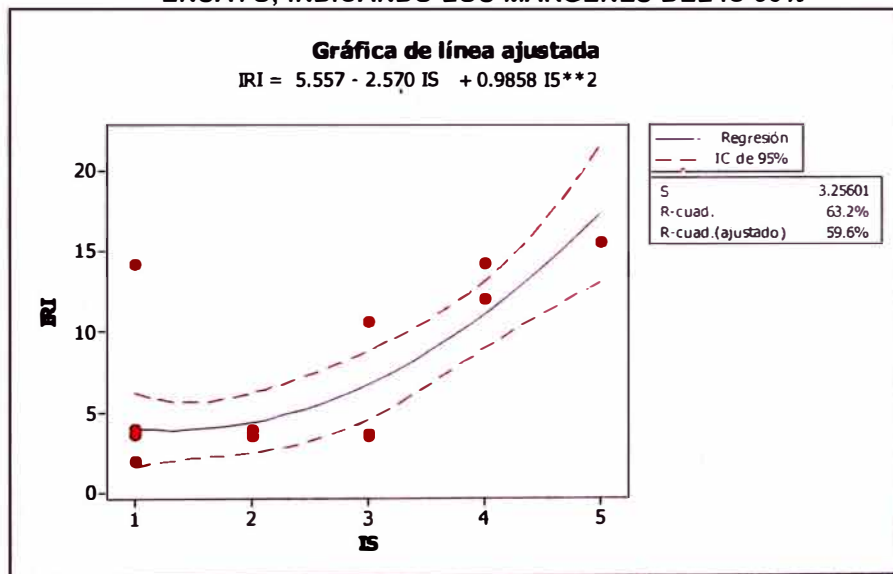
Fuente: Elaboración Propia (Software MINITAB V15)



Se puede notar que, naturalmente hay un comportamiento muy similar entre los 2 parámetros observando las curvas de tendencia de la figura 4.11, lo que indica que la condición superficial "Is" con el IRI, pueden ser motivo de estudios posteriores que busquen encontrar si realmente se puede establecer una comparación o manejar tablas que indiquen rangos en los que se les puede encontrar, como por los datos que muestra el cuadro 4.11.

Para este ensayo específico se muestra la figura 4.12, que es una gráfica de regresión con los datos el cuadro 4.09 Is vs IRI. Donde claramente se ve el comportamiento de estos 2 parámetros, de los 13 puntos, hay 8 que están dentro del intervalo de confianza del 95%, es decir  $R=0.632$ , para que esta comparación sea una buena aproximación se indica que ciertamente la condición de uno de los parámetros da la idea de cómo se encuentra el otro.

**FIGURA 4.11: GRÁFICA DE REGRESIÓN CUADRÁTICA DEL Is VS EL IRI, PARA ESTE ENSAYO, INDICANDO LOS MARGENES DEL IC 95%**



Fuente: Elaboración Propia (Software MINITAB V15) Su elaboración se puede observar en el anexo 08 (Modelos de Regresión)

En el cuadro 4.11 se muestra una consideración encontrada en estudios de carreteras de Euroestudios Ingenieros Consultores, donde se muestra que para valores de IRI <2.5 es decir buenos, se encuentran "Is" muy buenos es decir con valores 1 y 2. Y el lado opuesto para valores del IRI malos, es muy poco probables encontrar tramos con "Is" buenos. En la figura 4.12 hay un punto extremo que se puede considerar como una mala medición o un valor atípico.

CUADRO 4.11: COMPARACIONES ENCONTRADAS PARA VALORES DE IRI E  $I_s$ . EN ESTUDIOS EUROPEOS

IRI (m/km) \ $I_s$	1 - 2	3 - 4	5 - 7
< 2,5	MB	B	PP
2,5 - 3,5	B	R	M
3,5 - 4,5	R	R	M
4,5 - 5,5	R	M	MM
> 5,5	PP	M	MM

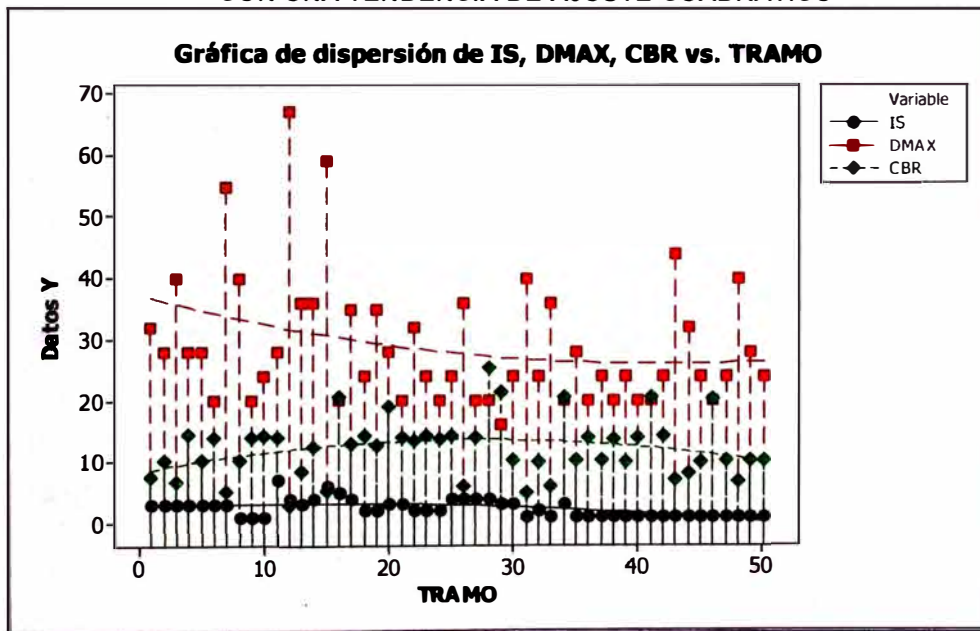
MB: Muy Bueno  
 B: Bueno  
 R: Regular  
 M: Malo  
 MM: Muy Malo  
 PP: Poco Probable

Fuente: Euroestudios Ingenieros Consultores

**COMPARACIÓN ENTRE EL “CBR”, “Dmax” E “ $I_s$ ” (Ensayos de Deflexión con la Viga Benkelman)**

En función de datos obtenidos para la evaluación de la condición estructural mediante Viga Benkelman, se trata de comparar u obtener algún criterio de similitud, entre estas variables a fin de establecer criterios claros. Es por eso que se hace la verificación de dispersiones con los datos de deflexiones mostrados en el capítulo 3. Ítem 3.6

FIGURA 4.12: GRÁFICAS DE DISPERSIÓN DE DATOS DEL %CBR, Dmáx Y DEL  $I_s$ , PARA CON UNA TENDENCIA DE AJUSTE CUADRÁTICO



Fuente: Elaboración Propia Software MINITAB V15

Ciertamente la gráfica 4.12, muestra aproximaciones de los comportamientos analizados, no se podría decir que estas variables tienen alguna similitud y comportamiento. Al menos eso muestra este ensayo, ya que cabe mencionar

que los datos tomados tiene un diferencia de aproximadamente. 8 meses, por tanto no es muy certero hacer la comparación.

Se hicieron regresiones entre los valores del Is con el CBR y la D.máx, pero se encontraron factores de correlación no significativos.

#### **4.8. GUÍA DE PROCESOS Y RECOMENDACIONES PARA LA TOMA DE DATOS**

En este ítem se identifican los procesos por el cual se obtuvieron los datos presentados en este informe.

#### **GUÍA DE PROCESOS DEL TRABAJO REALIZADO**

Para el adecuado desarrollo del trabajo se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación de información.
- Trabajo de campo.
- Trabajo de oficina.
- Informe final.

##### **a) RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

Se realizó la consulta bibliográfica de la metodología francesa VIZIR, experiencias en otros países de la región, y normativa colombiana INVIAS.

Asimismo para las correlaciones obtenidas, se revisaron los antecedentes de la vía en mención y las distintas mediciones hechas en su evaluación permanente, como por ejemplo:

- Medición con Bump Integrator del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
- Mediciones de las deflexiones con Viga Benkelman.
- Evaluaciones superficiales con metodología PCI.
- Mediciones de la carga vehicular que transita por la carretera.

##### **b) TRABAJO DE CAMPO**

Se realizó un recorrido por los 5 km. de la vía identificando y valorando los posibles daños en la superficie del pavimento, a la vez registrando la información en los formatos pertinentes según la metodología utilizada por el INVIAS.

El proceso previo, fue hacer una inspección ocular de la zona en un vehículo, identificando el inicio y el fin de nuestro tramo de estudio. Cabe recalcar que los instrumentos utilizados son:

- Implementos de seguridad personal (EPPS), cascos, botas, chalecos, lentes.
- Winchas de 100m, flexómetros personales.
- Niveles de mano.
- Regla de aluminio de 3.0 m.
- Equipo GPS, (opcional).
- Cámaras fotográficas y de video.

Posteriormente nos referenciamos al inicio del tramo y se empezó con la tramificación a cada 100m. según lo recomienda el INVIAS, desde el Km. 134+000 al Km 139+000.

Seguido a esto se empezó con el relevamiento de las fallas, identificando, su tipo, extensión y gravedad.

El equipo formado por 5 integrantes, tuvo las siguientes labores:

- 3 evaluadores, que son las personas que van detectando las fallas encontradas en la vía, dando su criterio para considerar su gravedad.
- El primero de los evaluadores es el que registra la información en los formatos establecidos.
- El segundo evaluador es el que mide la extensión de la falla, tanto en área, longitud o cantidad.
- El tercero es el que mide las fallas de deformación, ya que es el encargado del manejo de una regla de aluminio para la detección de las mismas.
- El cuarto integrante es el que registran toda la información visual, es decir, tomando fotografías de las fallas encontradas.
- Y el quinto integrante es el encargado de tomar notas de las características de la zona, geología, topografía, mediciones del ancho variable de la calzada, clima, medición del rendimiento de la toma de datos, y el levantamiento de los perfiles de las secciones de la vía.

**c) TRABAJO DE OFICINA**

- Análisis de los resultados obtenidos para cada una de las metodologías (VIZIR), para el tramo evaluado.
- Cálculo del índice superficial de cada unidad de muestreo del tramo en estudio de la carretera.
- Verificación de la homogeneidad de la data, con metodología de Diferencias acumuladas, propuesta por la guía del AASHTO 93. Para valuación de tramos de homogéneos.
- Correlación con variables obtenidas por otros ensayos, como IRI, Deflexiones, etc.

**d) INFORME FINAL**

- Después de culminado el trabajo de oficina se continúa con la etapa sistemática en la cual se realizará:
- Diagnóstico de los tramos estudiados por la metodología empleada.
- Para la parte final del informe se elaboró las conclusiones y las recomendaciones respectivas.

En el anexo 07, se muestran los procesos y consideraciones a seguir en la metodología de Discriminación de datos, en cuanto al manejo de los datos obtenidos para la presentación del informe respectivo.

## CONCLUSIONES

- El uso del método de evaluación superficial de carreteras VIZIR, es una innovación en el país, sus aplicaciones son prácticas, rápidas, de fácil manejo, tiene un método de cálculo de su índice de condición superficial, que brinda una gran confiabilidad con respecto a cómo se encuentra realmente el estado de la carretera. Comparándolo con el método PCI o CONREVIAL, se llega a la conclusión de que es también un método que puede ser usado en estudios a gran escala. Prueba de esto es la aplicación en la normativa colombiana.
- Se concluye que el uso de una adecuada metodología de discriminación de datos es la base para empezar a entender los problemas y condiciones de la vía en estudio, ayudándonos a obtener modelos de deterioro certeros de una carretera, con los cuales se tomen decisiones adecuadas para la conservación vial.
- En el levantamiento de los fallas de la vía; se observaron algunos deterioros que se cuantifican en metros o en cantidad, como es el caso de las fisuras en general y los huecos, es por eso que se ha concluido en este estudio y en otros similares, el dotarlas de un ancho con el que se pueda obtener área de afectación, esto con la finalidad de hacer más consistente el estudio. Este ancho considerado para las fisuras es de 0.60m y para los huecos se hacen las mediciones de sus diámetros, a parte del conteo respectivo.
- En la recolección de datos, es necesario contar con adecuados formatos muy claros y concisos, tanto en la etapa de campo, como en el procesamiento en gabinete, esto es básico ya que el realizar ordenadamente el levantamiento de los datos alivia el proceso y mitiga errores que se cometen en las mediciones.
- En la fase de la comparación de los datos se realizó una comparación entre los valores obtenidos del "Is" con valores del IRI, en cada tramo y se observó comportamientos parecidos para cada tramo, con lo cual se

hizo una gráfica de regresión con ambos parámetros también se grafico para esta comparación nivel de confiabilidad del 95%, obteniendo valores similares entre el "IRI" y el "Is", de esto se puede concluir que utilizando el método de evaluación superficial VIZIR, se podría aproximar a una evaluación visual de cuarto orden del IRI. Para asegurar esto, son necesarios mayores ensayos y evaluaciones.

- El software Minitab, ha sido de muchísima ayuda en la obtención rápida, confiable y acertada en el manejo de la obtención de los resultados, es claro que hoy en día no se pueden realizar trabajos de ingeniería sin la ayuda de los programas computacionales, que ayudan a agilizar el proceso en general de los estudios realizados. Con esto se concluye que la sistematización de los procesos es la nueva tendencia a seguir por la Ingeniería.
- La estadística es una herramienta muy importante en este informe, en este caso no ha sido la estadística descriptiva sino una nueva aplicación, el análisis exploratorio de datos. (E.D.A.), y para fue necesario el uso de un software adecuada, ayudo a obtener las relaciones y los comportamientos de nuestro parámetro principal. En conclusión un software es imprescindible para la obtención de mejores resultados. Pero con la idea central del correcto manejo de conceptos claros de la estadística.
- Las rehabilitaciones, mejoras y mantenimientos de una vía, son el fin de todo un proceso bien claro: Toma y discriminación de datos, sistematización, modelamiento del deterioro, políticas de mantenimiento y la cuantificación económica, es así que es vital e imprescindible hacer un correcto uso de la data, ya que forma parte importante del proceso.

## RECOMENDACIONES

- Es recomendable que la toma de datos, sea evaluada por personal técnico calificado esto con el fin de hacer un buen inventario de las fallas tomadas en campo, ya que de esto depende un correcto enfoque de las soluciones a tomar en gabinete para el procesamiento de los datos. De nada serviría tener
- La cuantificación de los deterioros se deben hacer con la mayor exactitud posible, ya que de esto depende obtener las áreas de afectación reales de las vías estudiadas
- Se recomienda conocer todos los alcances relacionados a la metodología de evaluación superficial a utilizar, con la finalidad de obtener buenos resultados.
- Se recomienda hacer una comparación en la metodología de evaluación superficial VIZIR, con otros métodos usados normalmente como el PCI, CONREVIAl, PASER, a fin de conocer las limitaciones de cada una de ellas.
- Es imprescindible el uso de la estadística como base para procesar de mejor manera nuestra información ya que aquí podemos notar las tendencias de nuestros parámetros estudiados.
- Es importante buscar nuevas relaciones de nuestras variables de estudio, ya que de esa forma, empieza la innovación, la ingeniería debe basar sus estudios en las relaciones que se encuentran en la naturaleza de las cosas.
- Es recomendable el realizar evaluaciones superficiales de manera periódica, ya que con esto se podrán ir obteniendo mayores datos en el tiempo a fin de auscultar la creación de curvas de comportamiento del Is,



en el tiempo. Esto nos ayudaría a poder proponer frecuencias de las evaluaciones en función de los diferentes tipos de vía.

- El software de ingeniería MINITAB es un paquete muy importante y con muchas aplicaciones en la obtención y manejo de datos, tiene una amplia gama de indicadores que dan mejores nociones al momento de realizar Análisis Exploratorio de Datos (EDA). Es recomendable su uso, así como otros como el SPSS, de IBM.
- Se recomienda hacer uso de formatos que nos permita tener ordenadamente la data, en campo como en gabinete.
- Es recomendable hacer mayores estudios con este método VIZIR, ya que su practicidad y buena descripción de las fallas, ayudarían a realizar evaluaciones a mayor escala.
- Es recomendable sistematizar el proceso de medición a fin de poder evaluar más rápido y con mayor exactitud vías de mayores dimensiones y de más carriles, ya que la evaluación se debería hacer por cada sentido de la carretera.
- Es recomendable tener un archivo gráfico correcto que nos permite estar seguros de nuestros procedimientos en la fase de gabinete, esto es muy importante.

## BIBLIOGRAFÍA

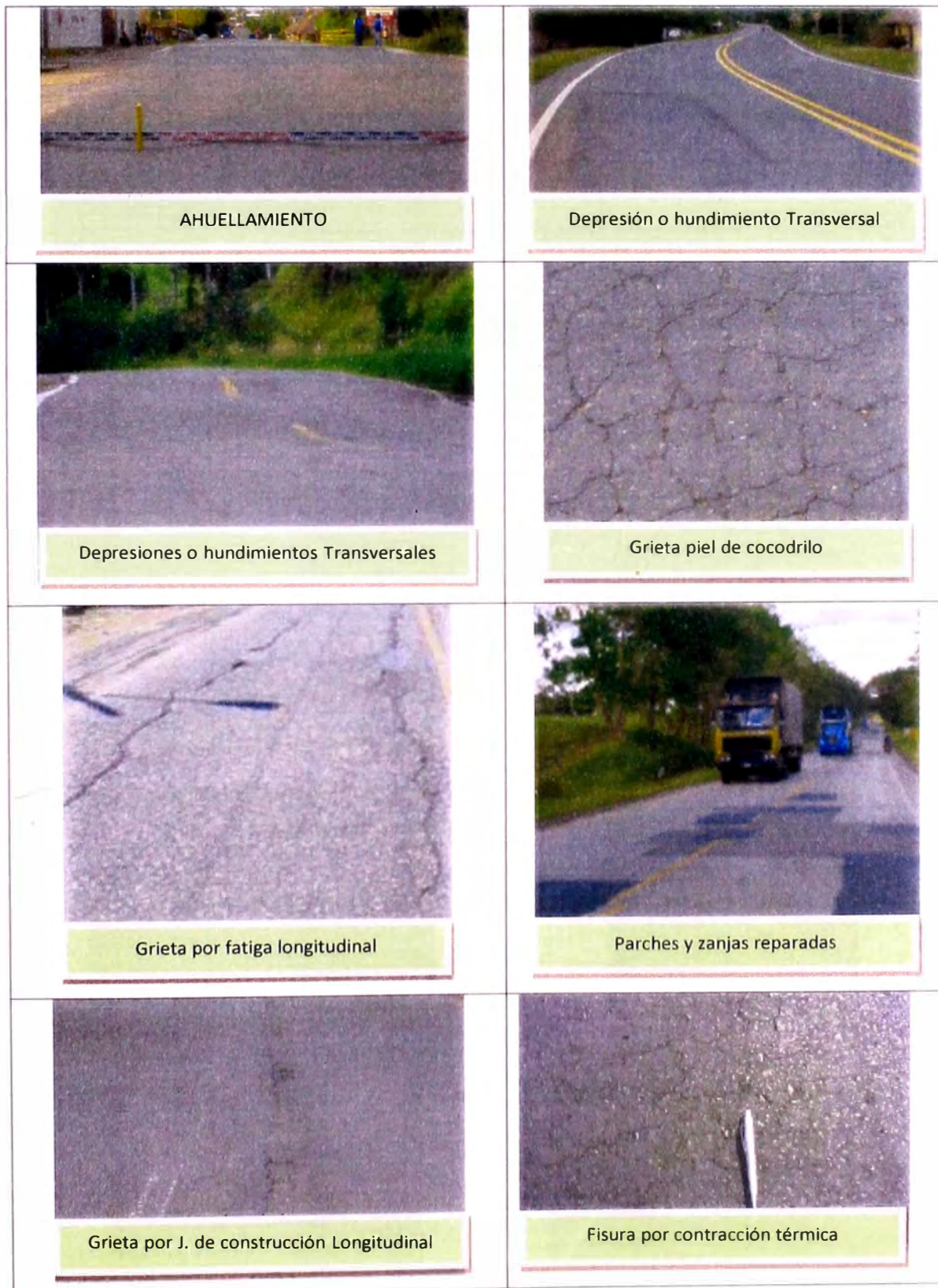
1. Euro estudios Ingenieros Consultores, "Ruta del sol estudio de prefactibilidad técnica duplicación y mejoramiento. tramos: Villeta – ye de Ciénaga y Bosconia - Valledupar", España, 2008
2. Instituto Nacional de Vías INVIAS, "Guía Metodológica Para El Diseño De Obras De Rehabilitación De Pavimentos Asfálticos De Carreteras". Colombia – 2002.
3. Main Yaque Paloma, "Análisis Exploratorio de Datos con R y MINITAB", Universidad Complutense de Madrid, España 2008
4. Mode B. Elmer, "Elementos de Probabilidad y Estadísticas", Universidad de Boston, Estados Unidos, 1970.
5. MTC. Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima. Perú 2008
6. MTC. Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. Lima. Perú. 2006
7. Pinilla valencia Julián Andrés, "Auscultación, Calificación Del Estado Superficial Y Evaluación Económica De La Carretera Sector Puente De La Libertad – Malteria Desde El K0+000 Hasta El K6+000", tesis Universidad nacional de Colombia, Colombia 2007.
8. Pomasonco De la Cadena, Roberto Carlos, "Evaluación de la Transitabilidad utilizando el rugosímetro MERLIN ", Informe de Suficiencia UNI-FIC, Lima 2010
9. Salazar Medina Oscar, "Ampliación y mejoramiento de la carretera cañete- Yauyos- Huancayo del Km 165+300 al Km 165+600 Conservación Vial. Seguridad y Señalización informe de suficiencia, UNI-FIC, Lima, 2009
10. Solminihac Tampier, Hernán. Gestión de infraestructura vial. Edición N°2. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 2001.











## **ANEXOS**

- **ANEXO 01:** CATÁLOGO DE FALLAS, Y DESCRIPCIÓN DE GRAVEDADES
- **ANEXO 02:** PROCESAMIENTO DE TRAMOS EN ESTUDIO, DE CARRETERA CAÑETE CHUPACA
- **ANEXO 03:** RESULTADOS FINALES DE MEDICIONES HECHAS EN CAMPO EN EL TRAMO 134+000 AL 139+000, DE LA CARRETERA CAÑETE CHUPACA
- **ANEXO 04:** CUADRO DE RESULTADOS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE CADA TRAMO EVALUADO CON LA METODOLOGÍA VIZIR
- **ANEXO 05:** CUADRO DE RESULTADOS DE METODOLOGÍA DE DIFERENCIAS ACUMULADAS PARA HOMOGENIZACIÓN DE TRAMOS
- **ANEXO 06:** EVALUACIÓN DE DATOS DE LOS TRAMOS HOMOGÉNEOS
- **ANEXO 07:** RESEÑA DEL SOFTWARE MINITAB
- **ANEXO 08:** PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO DE DAÑOS
- **ANEXO 09:** MODELOS DE REGRESIÓN

## **ANEXO 01: CATÁLOGO DE FALLAS, Y DESCRIPCIÓN DE GRAVEDADES**

FIGURA A.01 CATÁLOGO DE FALLAS DE METODOLOGÍA VIZIR.



 <p>Grieta Transversal por Junta de construcción</p>	 <p>Grietas Parabólicas</p>
 <p>Fisuras de Borde</p>	 <p>Encalaminados o corrugaciones</p>
 <p>Huecos</p>	 <p>Pérdida de película Ligante</p>
 <p>Pérdida de agregados</p>	 <p>Descascaramiento</p>
 <p>Pulimento de agregados</p>	 <p>Exudación</p>



Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia), con modificaciones propias

### Descripción de los deterioros del Tipo A

Deterioros del Tipo A, se encuentran las fallas que caracterizan una deficiencia estructural del pavimento, ligadas a las condiciones de las diversas capas y el suelo de subrasante, o simplemente a las capas asfálticas, entre ellas se encuentran deformaciones y fisuración por fatiga, indicadas en el Cuadro 2.02.

CUADRO A.01 FALLAS DEL TIPO A

NOMBRE DEL DETERIORO	CODIGO	UNIDAD DE MEDIDA	
		SEVERIDAD	EXTENSION
Ahuellamiento	AH	m	m <sup>2</sup>
Depresiones o Hundimientos longitudinales	DL	m	m <sup>2</sup>
Depresiones o Hundimientos transversales	DT	m	m <sup>2</sup>
Grietas longitudinales por fatiga	GLF	m	m <sup>2</sup> (*)
Grieta Piel de cocodrilo	GPC	m	m <sup>2</sup> (*)
Baches y zanjas reparadas	B	m	m <sup>2</sup>

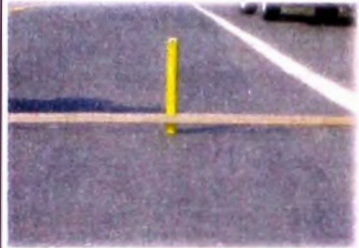

(\*) Es posible determinar el área de afectación en m<sup>2</sup>, multiplicando la longitud total de grietas por un ancho de 0.60m

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

#### • **Ahuellamiento (AH)**

Depresión longitudinal continua en zonas localizadas, generalmente en la trayectoria de circulación de las llantas del vehículo, la cual puede generar levantamientos en las zonas adyacentes a lo largo de la depresión.

CUADRO A.02 FALLAS POR AHUELLAMIENTO

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">①</div> <p>Profundidad &lt; 20 mm</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">②</div> <p>Profundidad entre 20mm y 40 mm</p>	<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">③</div> <p>Profundidad &gt; a 40 mm</p>
		




Fuente Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

Las causas más probables de este tipo de deterioro son: cargas de tránsito superiores en magnitud y frecuencia a las utilizadas para el diseño de la estructura de pavimento; espesor de pavimento insuficiente; compactación o calidad deficiente de la base.

- **Depresión o hundimiento longitudinal (DL) y transversal (DT)**

Depresiones localizadas de la superficie del pavimento. Este tipo de deterioro puede estar orientado longitudinal o transversalmente.

CUADRO A.03 FALLAS POR DEPRESIÓN O HUNDIMIENTO

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">①</div> <p>Profundidad &lt; 20 mm</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">②</div> <p>Profundidad entre 20mm y 40 mm</p>	<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">③</div> <p>Profundidad &gt; a 40 mm</p>
		

Fuente Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

Este tipo de deterioro está asociado a diversas causas, dentro de las cuales se encuentran: asentamiento localizado de la subrasante; deficiencias en el proceso

constructivo como, por ejemplo, mala compactación; deficiente compactación en rellenos para estructuras hidráulicas y de servicios; deficiencia del drenaje subsuperficial.

- **Grieta longitudinales por fatiga (GLF)**

Corresponden a fisuras predominantemente paralelas al eje de la vía y localizadas en áreas sujetas al tránsito vehicular (huellas del tránsito). El fisuramiento se inicia en la superficie de las capas asfálticas y evoluciona en sentido descendente.

**CUADRO A.04 FALLAS POR GRIETA LONGITUDINAL POR FATIGA**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span> </div> <p>Grietas finas en la huella de rodamiento &lt; 6 mm</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span> </div> <p>Grietas abiertas y con cierta frecuencia se encuentran ramificadas</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">3</span> </div> <p>Grietas muy ramificadas y/o muy abiertas. Bordes de fisuras ocasionalmente degradados</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

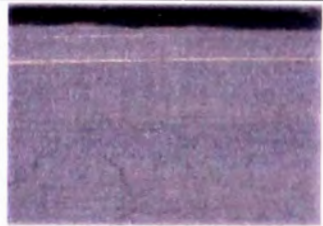

Las causas más comunes de este tipo de deterioro son los altos esfuerzos horizontales de tensión producidos por las llantas de los vehículos pesados, así como una baja rigidez de la capa asfáltica superior, a causa de las altas temperaturas superficiales

- **Grietas piel de cocodrilo (GPC)**

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas que se generan formando polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente localizadas en áreas sujetas al tránsito vehicular. El fisuramiento se inicia en la parte inferior de las capas asfálticas donde los esfuerzos y las deformaciones de tensión producto de las cargas repetidas de tránsito, alcanzan su mayor magnitud.



CUADRO A.05 FALLAS POR GRIETAS PIEL DE COCODRILO

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">1</span> </div> <p>Formación de mallas grandes (&gt;500mm), con fisuras finas, sin pérdida de material</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">2</span> </div> <p>Presencia de mallas más densas (&lt;500mm), con pérdida ocasional de material, desprendimiento y huecos en formación</p>	<div style="background-color: black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center; color: white;"> <span style="border: 1px solid white; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">3</span> </div> <p>Presencia de mallas densas con fisuras muy abiertas y fragmentos separados (&lt;200mm), con pérdida ocasional y/o generalizada de material.</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

La causa principal de estas fisuras es la fatiga de las capas asfálticas sometidas a repeticiones de cargas en un mismo sitio, superiores a las permisibles. Otra causa puede ser la insuficiencia estructural del pavimento.

- **Baches y zanja reparada (B)**

Corresponde a áreas donde se ha realizado la remoción y reemplazo del pavimento, por materiales generalmente similares a los del pavimento original. La intervención puede ser superficial sólo a nivel de la capa asfáltica mediante "parches", o una intervención que involucre capas subyacentes mediante "reparación de zanjas".

CUADRO A.06 FALLAS POR BACHES Y ZANJAS REPARADAS

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">1</span> </div> <p>Intervención superficial ligada a deterioro Tipo B</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">2</span> </div> <p>Intervenciones ligadas a deterioros Tipo A. Comportamiento satisfactorio de la reparación.</p>	<div style="background-color: black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center; color: white;"> <span style="border: 1px solid white; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">3</span> </div> <p>Intervenciones ligadas a deterioros Tipo A. Ocurrencia de fallas en la zona reparada.</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

Las causas pueden estar asociadas a deficiencias en el drenaje subterráneo produciendo retención de agua en estas áreas; deficiencias en el proceso constructivo (contaminación de materiales; mala compactación); así como deterioro progresivo y permanente, producto de una inadecuada intervención en parcheos y bacheos anteriores.

### **Descripción de los deterioros del Tipo B**

Degradaciones Tipo B, son de carácter funcional, y por tanto su reparación no está relacionada con la capacidad estructural del pavimento. El origen de este último tipo de degradaciones está vinculado a la mala calidad de algunos procedimientos constructivos y las condiciones locales de servicio, así como a la evolución misma de los materiales. Algunas de las degradaciones que se encuentran en este grupo están indicadas en el Cuadro 3.04.

**CUADRO A.07 DE FALLAS DEL TIPO "B".**

NOMBRE DEL DETERIORO	CODIGO	UNIDAD DE MEDIDA		
		SEVERIDAD	EXTENSION	
Grieta longitudinal de junta de construcción	GLJ	m	m <sup>2</sup>	(*)
Grieta transversal de junta de construcción	GTJ	m	m <sup>2</sup>	(*)
Grietas de contracción térmica	GCT	m	m <sup>2</sup>	(*)
Grietas parabólicas	GP	m	m <sup>2</sup>	(*)
Grietas de borde	GB	m	m <sup>2</sup>	(*)
Huecos	H	N°	m <sup>2</sup>	
Corrugaciones	C	m	m <sup>2</sup>	
Pérdida de la película de ligante	PL	m	m <sup>2</sup>	
Pérdida de agregados	PA	m	m <sup>2</sup>	
Descascaramiento	D	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
Agregado pulidos	PU	m	m <sup>2</sup>	
Exudación	EX	m	m <sup>2</sup>	
Afloramiento de mortero	AM	m	m <sup>2</sup>	
Afloramiento de agua	AA	m	m <sup>2</sup>	
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m	m <sup>2</sup>	
Desnivel entre calzada y berma	DCB	m	m <sup>2</sup>	
Erosión de las bermas	EB	m	m <sup>2</sup>	
Segregación	S	m	m <sup>2</sup>	


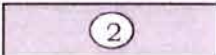
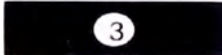



(\*) Es posible determinar el área de afectación en m<sup>2</sup>, multiplicando la longitud total de grietas por un ancho de 0.60m

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia), con modificaciones propias

- **Grieta longitudinal de junta de construcción (GLJ) y transversal de junta de construcción (GTJ).**

Corresponde a fisuras en sentido longitudinal y transversal, coincidentes con juntas de construcción.

**CUADRO A.08 FALLAS DE GRIETAS POR JUNTA DE CONSTRUCCIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL**

SEVERIDAD		
 <p>Fina y única &lt; 6 mm</p>	 <p>Ancha sin desprendimiento ≥6mm. Fina y ramificada.</p>	 <p>Ancha &gt; 6mm con desprendimientos o ramificada</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia), con modificaciones propias

- **Grietas de contracción térmica (GCT)**

Esta forma de deterioro involucra diversos tipos de fisuras, principalmente de tipo transversal, y en bloque, que aparecen en diversas áreas de la superficie del pavimento. Se diferencian de otros deterioros, como FLF y FPC, porque se presentan en zonas donde no hay repeticiones permanentes de carga, aun cuando es evidente que éstas pueden aumentar su nivel de deterioro.

**CUADRO A.09 FALLAS DE GRIETAS DE CONTRACCIÓN TÉRMICA**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">①</div> <p>Fisuras finas &lt; 6 mm</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">②</div> <p>Grietas - Anchas <math>\geq 6</math> mm sin desprendimientos - Finas con desprendimientos - Ramificadas</p>	<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">③</div> <p>Fisuras anchas Ancha &gt;6 mm con desprendimientos o ramificada</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia), con modificaciones propias

Este deterioro se presenta principalmente a causa de la contracción térmica de las capas asfálticas, debido a los ciclos diarios de temperatura. También, por el uso de un tipo de asfalto inadecuado para las características climáticas de la zona.

• **Grietas parabólicas (GP)**

Fisuras en forma de parábola, que se presentan por el frenado, giro o circulación a muy baja velocidad de cargas pesadas que hacen deslizar y deformar la capa superior del pavimento.

**CUADRO A.10 FALLAS DE GRIETAS PARABÓICAS**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">①</div> <p>Grietas finas &lt; 6 mm</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">②</div> <p>Grietas anchas <math>\geq 6</math>mm sin desprendimientos</p>	<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">③</div> <p>Grietas anchas Ancha <math>\geq 6</math>mm con desprendimientos</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia), con modificaciones propias

Este deterioro se presenta generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad y, en algunos casos, en sectores donde no hay adecuada liga (adherencia) entre las capas asfálticas y las capas subyacentes de la estructura. Este deterioro se evidencia más en zonas donde el pavimento experimenta elevados esfuerzos tangenciales (curvas) y en tramos de alta pendiente longitudinal, así como en zonas de frenado y aceleración de los vehículos.

- **Grietas de borde (GB)**

Este tipo de fisuras generalmente son continuas y con tendencia longitudinal, que se localizan paralelas y cerca al borde externo del pavimento.

CUADRO A.11 FALLAS DE GRIETAS DE BORDE

SEVERIDAD		
 Fisuras finas < 6mm	 Fisuras anchas $\geq 6\text{mm}$ sin desprendimientos	 Fisuras anchas Ancha $\geq 6\text{mm}$ con desprendimientos
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia), con modificaciones propias


Sus causas pueden ser variadas. Una de las principales es la ausencia de berma o bordillo, lo cual se traduce en falta de confinamiento lateral de la estructura. Otras causas son: deficiencias en la compactación en el borde del pavimento; aplicación de cargas muy cerca del borde del pavimento; abertura de una junta de ampliación de calzada y cambios volumétricos de los suelos de subrasante por modificación estacional de la humedad.

- **Huecos (H)**

Cavidades de forma aproximadamente redondeada, las cuales resultan del desprendimiento ocasionado por el tránsito, de trozos de carpeta afectados por

el fisuramiento tipo "piel de cocodrilo", por depresiones o desintegraciones localizadas de la mezcla asfáltica.

CUADRO A.12 FALLAS DE SEVERIDAD DE HUECOS

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span> </div> <p style="text-align: center;">Cantidad: &lt; 5 Diámetro: ≤ 300mm</p>	<div style="background-color: #d3d3d3; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span> </div> <p style="text-align: center;">Cantidad: 5 a 10 Diámetro: ≤ 300mm</p> <p style="text-align: center;">Cantidad: &lt; 5 Diámetro: ≤ 1000mm</p>	<div style="background-color: black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; color: white;">3</span> </div> <p style="text-align: center;">Cantidad: &gt; 10 Diámetro: ≤ 300mm</p> <p style="text-align: center;">Cantidad: 5 a 10 Diámetro: ≤ 1000mm</p>
		

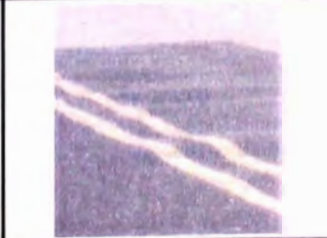

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia), con modificaciones propias

Su origen puede estar asociado al avance de otro tipo de deterioros, como las fisuras tipo piel de cocodrilo. También, se pueden producir por espesores insuficientes de las capas asfálticas, así como por retención de agua en áreas fisuradas y/o deformadas.

- **Corrugaciones (C)**

Ondulaciones transversales sucesivas de la mezcla asfáltica, o ahuellamiento que se produce exclusivamente en las capas asfálticas.

CUADRO A.13 FALLAS DE SEVERIDAD DE CORRUGACIONES

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span> </div> <p style="text-align: center;">Profundidad &lt; 20 mm</p>	<div style="background-color: #d3d3d3; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span> </div> <p style="text-align: center;">Profundidad 20 mm ≤ 40 mm</p>	<div style="background-color: black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; color: white;">3</span> </div> <p style="text-align: center;">Profundidad &gt; 40 mm</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

Este tipo de deterioro se origina por la deficiencia de estabilidad de la mezcla asfáltica, por el uso de agregados redondeados, por una dosificación de asfalto en exceso o por el empleo de asfaltos blandos.

- **Pérdida de la película de ligante (PL)**

Este deterioro corresponde al desprendimiento progresivo de la película de ligante bituminoso que envuelve los agregados pétreos, el cual evoluciona con la acción del tránsito y de los agentes climáticos.

**CUADRO A.14 FALLAS DE SEVERIDAD DE PÉRDIDA DE PELÍCULA LIGANTE**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">1</span> </div> <p>Pérdidas aisladas</p>	<div style="background-color: #e0e0e0; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">2</span> </div> <p>Pérdidas continuas</p>	<div style="background-color: black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; color: white;">3</span> </div> <p>Pérdidas generalizadas y muy marcadas</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

La causa principal de este deterioro es la hidrofilia de los agregados. Otras causas pueden estar asociadas con la calidad del asfalto, así como con la contaminación de los agregados (sucios) y los efectos de agentes agresivos (agua y solventes, entre otros).

- **Pérdida de agregados (PA)**

Este deterioro corresponde al desprendimiento progresivo de los agregados pétreos, desintegrando la capa de rodadura.

**CUADRO A.15 FALLAS DE SEVERIDAD DE PÉRDIDA DE AGREGADOS**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">①</div> <p>Pérdidas aisladas</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">②</div> <p>Pérdidas continuas</p>	<div style="background-color: black; color: white; border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">③</div> <p>Pérdidas generalizadas y muy marcadas</p>
		




Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

Este tipo de deterioro es común y casi exclusivo que se presente en los tratamientos superficiales, debido a deficiencias en el proceso de constructivo.

- **Descascaramiento (D)**

Corresponde a la pérdida de fragmentos de la capa asfáltica superior, sin llegar a afectar las capas subyacentes.

**CUADRO A.16 FALLAS DE SEVERIDAD DE DESCASCARAMIENTO.**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">①</div> <p>Profundidad: <math>\leq 25</math> mm Área: <math>\leq 0.8</math> m<sup>2</sup></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">②</div> <p>Profundidad: <math>\leq 25</math> mm Área: <math>&gt; 0.8</math> m<sup>2</sup> Profundidad: <math>&gt; 25</math> mm Área: <math>\leq 0.8</math> m<sup>2</sup></p>	<div style="background-color: black; color: white; border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">③</div> <p>Profundidad: <math>&gt; 25</math> mm Área: <math>&gt; 0.8</math> m<sup>2</sup></p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

Las causas principales de este deterioro están asociadas a la deficiente adherencia entre la capa asfáltica y la capa subyacente, así como a un espesor insuficiente de la capa de rodadura.



- **Pulimento de agregados (PU)**

Este deterioro se evidencia por la presencia de agregados expuestos con caras pulimentadas en la superficie del pavimento, generando superficies lisas que pueden afectar la resistencia al deslizamiento. Este deterioro está relacionado íntimamente con la seguridad vial frente a accidentes de tránsito, por la deficiencia de adherencia que se suscita en el contacto entre el neumático y el pavimento.

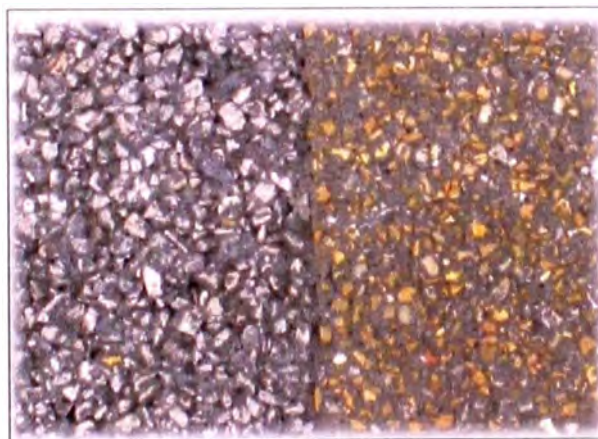
Para adelantar la evaluación, se consideran los siguientes niveles de gravedad:

**Nivel de gravedad 1.** Longitud comprometida < 10% de la sección (100 metros) en una calzada, áreas aisladas muy locales. Se debe mantener en continua observación.

**Nivel de gravedad 2.** Longitud comprometida  $\geq$  10% a < 50% de la sección (100 metros) en una calzada, áreas aisladas y continuas.

**Nivel de gravedad 3.** Longitud comprometida  $\geq$  50% de la sección (100 metros) en una calzada, áreas continuas.

**FIGURA N° A.02 PULIMENTO DE AGREGADOS**



Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

La causa de este deterioro es la utilización de agregados pétreos de alta susceptibilidad al pulimento en condiciones de servicio, tal el caso de los agregados calizos.

• **Exudación (EX)**

Corresponde a la presencia de una película de asfalto libre en la superficie del pavimento, la cual presenta un aspecto brillante y pegajoso que, bajo condición de superficie húmeda, produce importantes pérdidas de fricción.

**CUADRO A.17 FALLAS DE SEVERIDAD DE LA EXUDACIÓN**

SEVERIDAD		
 <p>1</p> <p>Se presenta de forma puntual en un área específica.</p>	 <p>2</p> <p>Se presenta continua sobre el área o trayectoria por donde circula la rueda del vehículo.</p>	 <p>3</p> <p>Se presenta continua y muy marcada en diversas áreas de la superficie del pavimento.</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

La exudación se debe principalmente a defectos en la manufactura de la mezcla, asociados a una cantidad excesiva de asfalto o un contenido muy bajo de vacíos con aire.

• **Afloramiento de mortero (AM)**

Corresponde al afloramiento de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base. La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie del borde de las fisuras indica la existencia de este fenómeno.

**CUADRO A.18 FALLAS DE SEVERIDAD DE AFLORAMIENTO DE MORTERO**

SEVERIDAD		
 <p>1</p> <p>Localizados y apenas perceptibles</p>	 <p>2</p> <p>Intensos</p>	 <p>3</p> <p>Muy intensos</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

La ausencia o un inadecuado sistema de drenaje interno resulta ser la causa principal de este tipo de deterioro, el cual se presenta en zonas fisuradas no tratadas a tiempo por donde se registra la expulsión, hacia la superficie, de agua mezclada junto con material fino de la base.

- **Afloramiento de agua (AA)**

Se manifiesta por la presencia del líquido en la superficie del pavimento en instantes en los cuales no hay lluvia. El afloramiento se presenta por las fisuras y por las áreas segregadas del pavimento.

**CUADRO A.19 FALLAS DE SEVERIDAD DE AFLORAMIENTO DE AGUA**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span> </div> <p>Localizados y apenas perceptibles</p>	<div style="background-color: #d3d3d3; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span> </div> <p>Intensos</p>	<div style="background-color: black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; color: white;">3</span> </div> <p>Muy intensos</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

La carencia de un adecuado sistema de drenaje interno resulta ser la causa principal de este tipo de deterioro.

- **Desintegración de los bordes del pavimento (DB)**

Este deterioro se presenta cuando las bermas no son revestidas y los vehículos se estacionan frecuentemente en ellas o circulan muy cerca del borde de la calzada.

**CUADRO A.20 FALLAS DE SEVERIDAD DE DESINTEGRACIÓN DE BORDES**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">①</div> <p>Inicio de la desintegración, sectores localizados</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">②</div> <p>La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o mas</p>	<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">③</div> <p>Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico</p>
		




Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

La principal causa de este deterioro está asociada con el tránsito repetido de vehículos por los bordes del pavimento.

- **Desnivel entre calzada y berma (DCB)**

Corresponde al desnivel que presentan las bermas con respecto a la superficie del pavimento (rasante).

**CUADRO A.21 FALLAS DE SEVERIDAD DE DESNIVEL ENTRE CALZADA Y BERMA**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">①</div> <p>Desnivel entre 10 mm a 50 mm</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">②</div> <p>Desnivel entre 50mm a 100 mm</p>	<div style="background-color: black; color: white; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;">③</div> <p>Desnivel superior a 100 mm</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

El desnivel se puede presentar debido a la consolidación de las capas que conforman la estructura de la berma. Otra causa puede estar asociada

con el arrastre de material que genera la circulación de vehículos sobre bermas no revestidas. En muchos casos, el escalonamiento se puede deber, simplemente, al hecho de que la construcción se realizó dejando una diferencia de nivel entre la calzada y la berma.

- **Erosión de las bermas (EB)**

Corresponde a la destrucción de bermas revestidas y no revestidas.

**CUADRO A.22 FALLAS DE SEVERIDAD DE EROSIÓN DE LAS BERMAS**

SEVERIDAD		
<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span> </div> <p style="text-align: center;">Erosión incipiente</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; background-color: #d3d3d3; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span> </div> <p style="text-align: center;">Erosión pronunciada</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; background-color: black; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; color: white;">3</span> </div> <p style="text-align: center;">Erosión extrema que pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios</p>
		

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

La causa de este deterioro es un inadecuado sistema de drenaje superficial.

- **Segregación (S)**

La segregación granulométrica en una mezcla asfáltica se puede definir como la distribución no uniforme de los agregados finos y gruesos [ref. B.4], la cual da lugar a una falta de homogeneidad en las propiedades y características de la mezcla, de tal magnitud que provoca un acortamiento sensible de la durabilidad de las mezclas bituminosas.

Para adelantar la inspección se consideran los siguientes niveles de gravedad.

**Nivel de gravedad 1.** Longitud comprometida  $< 10\%$  de la sección (100 metros) en una calzada, áreas aisladas muy locales. Se debe mantener en continua observación.

**Nivel de gravedad 2.** Longitud comprometida  $\geq 10\%$  a  $< 50\%$  de la sección (100 metros) en una calzada, áreas aisladas y continuas.

**Nivel de gravedad 3.** Longitud comprometida  $\geq 50\%$  de la sección (100 metros) en una calzada, áreas continuas.

**FIGURA N° A.03 SEGREGACIÓN**



Fuente Instituto Nacional de Vías (INVIAS, Colombia)

Este tipo de deterioro está asociado con problemas de producción de la mezcla asfáltica y/o deficiencias en la construcción (carga, transporte, colocación o compactación).

La metodología Vizir plantea dos índices para calificar superficialmente un pavimento: el índice de fisuración ( $I_f$ ), referido a los agrietamientos de tipo estructural, y el índice de deformación ( $I_d$ ), referido a los deterioros o deformaciones de tipo estructural, ellos te permiten determinar, de acuerdo con unas características de extensión y severidad, un valor numérico con el cual es posible hallar un índice de deterioro superficial ( $I_s$ ).

## ANEXO 02: PROCESAMIENTO DE TRAMOS EN ESTUDIO, DE CARRETERA CAÑETE CHUPACA

UNIDADES DE MUESTREO 50  
LONG. DE LA UNIDAD DE MUESTREO 100 M  
TRAMO TOTAL 5000 M

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	CODIGO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+000	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	8.282	m2	1.453%	0	1	3	0	3	REGULAR
	HUECOS	H	B	1	2.000	und	0.043%						
	AHUPELLAMIENTO (1CM)	AH	A	1	3.000	ml	0.316%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	3	513.000	m2	90.000%						
	CORRUGACIONES (2CM)	C	B	1	3.000	ml	0.526%						
TOTAL AREA DE DAÑOS													
134+100	ANCHO DE CALZADA INICIAL			5.3	m								
	ANCHO DE CALZADA MEDIA			5.7	m								
	ANCHO DE CALZADA FINAL			6.1	m								
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO			5.7	m								
	LONGITUD DE TRAMO			100	m								
	ÁREA DE TRAMO			570	m2								

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+100	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	0.360	m2	0.066%	0	1	3	0	3	REGULAR
	HUECOS	H	B	1	2.000	und	0.045%						
	AHUPELLAMIENTO (1- 1.5)	AH	A	1	3.000	ml	0.331%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	3	489.000	m2	90.000%						
134+200	ANCHO DE CALZADA INICIAL			6.1	m								
	ANCHO DE CALZADA MEDIA			5.1	m								
	ANCHO DE CALZADA FINAL			5.1	m								
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO			5.43	m								
	LONGITUD DE TRAMO			100	m								
	ÁREA DE TRAMO			543.3	m2								

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+200	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	3.755	m2	0.78%	0	1	3	0	3	REGULAR
	HUECOS	H	B	1	4.000	und	0.102%						
	AHUPELLAMIENTO (1.5CM)	AH	A	1	7.000	ml	0.8.5%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	3	336.000	m2	70.00%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	144.000	m2	30.00%						
134+300	ANCHO DE CALZADA INICIAL			5.1	m								
	ANCHO DE CALZADA MEDIA			4.6	m								
	ANCHO DE CALZADA FINAL			4.7	m								
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO			4.8	m								
	LONGITUD DE TRAMO			100	m								
	ÁREA DE TRAMO			480	m2								

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+300	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	7.690	m2	1.717%	0	1	3	0	3	REGULAR
	HUECOS	H	B	1	3.000	und	0.082%						
	AHUPELLAMIENTO (1.5)	AH	A	1	4.000	ml	0.536%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	3	358.222	m2	80.00%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	89.556	m2	20.00%						
134+400	ANCHO DE CALZADA INICIAL			4.7	m								
	ANCHO DE CALZADA MEDIA			4.13	m								
	ANCHO DE CALZADA FINAL			4.6	m								
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO			4.48	m								
	LONGITUD DE TRAMO			100	m								

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+400	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	0.450	m2	0.107%	0	1	3	0	3	REGULAR
	HUECOS	H	B	1	1.000	und	0.029%						
	AHUELLAMIENTO (1.5)	AH	A	1	2.000	ml	0.286%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	3	336.000	m2	80.00%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	84.000	m2	20.00%						
134+500	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.6	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		3.60	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.4	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.20</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>420.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+500	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	4.500	m2	1.164%	0	1	3	0	3	REGULAR
	HUECOS	H	B	2	7.000	und	0.222%						
	AHUELLAMIENTO (1.5CM)	AH	A	1	2.000	ml	0.310%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	154.667	m2	40.00%						
134+600	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.4	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.00	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		3.2	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>3.87</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>386.67</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+600	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	5.220	m2	1.450%	0	1	3	0	3	REGULAR
	HUECOS	H	B	2	6.000	und	0.204%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	72.000	m2	20.00%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	144.000	m2	40.00%						
134+700	ANCHO DE CALZADA INICIAL		3.2	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		3.80	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		3.8	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>3.60</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>360.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+700	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	2	11.250	m2	3.068%	0	0	1	0	1	BUENO
	HUECOS	H	B	1	3.000	und	0.100%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	73.333	m2	20.00%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	146.667	m2	40.00%						
134+800	ANCHO DE CALZADA INICIAL		3.8	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		3.40	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		3.8	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>3.67</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>366.67</b>	<b>m2</b>									



PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+800	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	1.400	m2	0.296%	0	0	1	0	1	BUENO
	HUECOS	H	B	1	1.000	und	0.026%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	189.333	m2	40.00%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	94.667	m2	20.00%						
134+900	ANCHO DE CALZADA INICIAL		3.8	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.00	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.4	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.73	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		473.33	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
134+900	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	1.400	m2	0.302%	0	0	1	0	1	BUENO
	HUECOS	H	B	1	1.000	und	0.026%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	139.000	m2	30.00%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	92.667	m2	20.00%						
135+000	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.4	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.30	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.2	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.63	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		463.33	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+000	GRIETA LONGITUDINAL POR FATIGA	GLF	A	3	60.000	ml	36.000%	4	4	7	0	7	MALO
	HUECOS	H	B	2	6.000	und	0.142%						
	AHUELLAMIENTO (4cm)	AH	A	3	15.000	Und	1.742%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	3	480.000	m2	92.90%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	3	413.333	m2	80.00%						
135+100	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.2	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.70	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.6	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		5.17	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		516.67	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+100	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	10.500	m2	1.842%	0	1	3	1	4	REGULAR
	HUECOS	H	B	2	10.000	und	0.215%						
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	228.000	m2	40.00%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	114.000	m2	20.00%						
135+200	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.6	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.70	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.8	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		5.70	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		570.00	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+200	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	0.720	m2	0.147%	0	1	3	0	3	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	147.000	m2	30.000%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	98.000	m2	20.000%						
	HUECOS	H	B	1	5.000	und	0.125%						
	AHUELLAMIENTO (1.5 - 2CM)	AH	A	1	5.000	ml	0.612%						
135+300	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.60	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.30	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.90</b>	<b>m</b>									
	LONGITUD DE TRAMO		<b>100</b>	<b>m</b>									
	ÁREA DE TRAMO		<b>490.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+300	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	136.000	m2	30.00%	2	2	3	1	4	REGULAR
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	181.333	m2	40.00%						
	HUECOS	H	B	1	1.000	und	0.027%						
	GRIETA LONGITUDINAL POR FATIGA	GLF	A	1	12.000	ml	1.588%						
	GRIETA PIEL DE COCODRILO	GPC	A	2	15.600	m2	3.44%						
	AHUELLAMIENTO (2.5 CM)	AH	A	2	3.500	ml	0.77%						
135+400	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.30	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.10	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.20	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.53</b>	<b>m</b>									
	LONGITUD DE TRAMO		<b>100</b>	<b>m</b>									
	ÁREA DE TRAMO		<b>453.33</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+400	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	2.000	m2	0.476%	3	3	5	1	6	MALO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	3	378.000	m2	90.000%						
	AHUELLAMIENTO	AH	A	2	18.000	ml	2.571%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	210.000	m2	50.000%						
	HUECOS	H	B	1	4.000	und	0.117%						
	GRIETA LONGITUDINAL POR FATIGA	GLF	A	2	12.000	ml	1.714%						
135+500	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.20	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.20	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.20	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.20</b>	<b>m</b>									
	LONGITUD DE TRAMO		<b>100</b>	<b>m</b>									
	ÁREA DE TRAMO		<b>420.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+500	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	2.000	m2	0.455%	3	1	5	0	5	MALO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	3	440.000	m2	100.000%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	3	308.000	m2	70.000%						
	HUECOS	H	B	1	3.000	und	0.084%						
	GRIETA PIEL DE COCODRILO	GPC	A	2	11.000	m2	2.500%						
135+600	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.20	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.20	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.40</b>	<b>m</b>									
	LONGITUD DE TRAMO		<b>100</b>	<b>m</b>									
	ÁREA DE TRAMO		<b>440.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+600	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	2.250	m2	0.469%	0	3	3	1	4	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	240.000	m2	50.000%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	3	288.000	m2	60.000%						
	HUECOS	H	B	2	10.000	und	0.255%						
	AHUELLAMIENTO (2.5CM)	AH	A	2	13.000	ml	2.708%						
135+700	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.20	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.20	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.00	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.80</b>	m									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	m									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>480.00</b>	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+700	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	2.370	m2	0.519%	0	0	1	1	2	BUENO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	137.000	m2	30.000%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	114.167	m2	25.000%						
	HUECOS	H	B	1	5.000	und	0.134%						
135+800	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.00	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.20	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.50	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.57</b>	m									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	m									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>456.67</b>	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+800	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	1.080	m2	0.219%	0	0	1	1	2	BUENO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	197.333	m2	40.000%						
	HUECOS	H	B	1	5.000	und	0.124%						
135+900	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.50	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.00	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.30	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.93</b>	m									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	m									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>493.33</b>	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
135+900	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	0.900	m2	0.173%	0	1	3	0	3	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	104.000	m2	20.000%						
	AHUELLAMIENTO 2CM	AH	A	1	5.000	ml	0.577%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	1	52.000	m2	10.000%						
	HUECOS	H	B	3	18.000	und	0.424%						
136+000	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.30	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.10	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.20	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>5.20</b>	m									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	m									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>520.00</b>	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+000	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	148.160	m2	30.867%	0	1	3	0	3	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	192.000	m2	40.000%						
	AHUELLAMIENTO 2CM	AH	A	1	4.000	ml	0.500%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	72.000	m2	15.000%						
	HUECOS	H	B	3	15.000	und	0.383%						
136+100	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.20	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.40	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.80</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>480.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+100	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	12.550	m2	2.493%	0	0	1	1	2	BUENO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	201.333	m2	40.000%						
136+200	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.40	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.70	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.00	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>5.03</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>503.33</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+200	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	3	181.920	m2	32.486%	0	0	1	1	2	BUENO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	168.000	m2	30.000%						
	PERDIDA DE AGREGADOS	PA	B	2	112.000	m2	20.000%						
	GRIETA TRANSVERSAL DE JUNTA DE CO	GTJ	B	1	11.200	ml	1.200%						
	HUECOS	H	B	1	5.000	und	0.109%						
136+300	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.00	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		6.20	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.60	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>5.60</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>560.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+300	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	3	122.200	m2	20.538%	0	0	1	1	2	BUENO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	178.500	m2	30.000%						
136+400	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.60	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.95	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		6.30	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>5.95</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>595.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+400	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	3	91.200	m2	14.951%	0	1	3	1	4	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	122.000	m2	20.000%						
	AHUILLAMIENTO (20CM)	AH	A	1	5.000	ml	0.492%						
136+500	ANCHO DE CALZADA INICIAL		6.30	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		6.10	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.90	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>6.10</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>610.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+500	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	2	328.000	m2	57.209%	0	2	3	1	4	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	114.667	m2	20.000%						
	AHUILLAMIENTO (1.5- 3CM)	AH	A	2	10.000	ml	1.047%						
136+600	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.90	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.80	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.50	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>5.73</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>573.33</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+600	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	1	101.500	m2	17.965%	0	2	3	1	4	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	141.250	m2	25.000%						
	AHUILLAMIENTO (3 CM)	AH	A	2	6.000	ml	0.637%						
136+700	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.50	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		5.65	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		5.80	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>5.65</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>565.00</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+700	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	2	215.000	m2	46.071%	0	1	3	1	4	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	70.000	m2	15.000%						
	AHUILLAMIENTO (1.5)	AH	A	1	8.000	ml	1.029%						
136+800	ANCHO DE CALZADA INICIAL		5.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.10	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>		<b>4.67</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>		<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>		<b>466.67</b>	<b>m2</b>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+800  136+900	AHUELLAMIENTO (1.5)	AH	A	1	9.000	ml	1.317%	0	1	3	0	3	REGULAR
	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.10	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		410.00	m <sup>2</sup>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
136+900  137+000	AHUELLAMIENTO (1.5)	AH	A	1	10.000	ml	1.440%	0	1	3	0	3	REGULAR
	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.30	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.17	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		416.67	m <sup>2</sup>									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
137+000  137+100	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	2	107.320	m <sup>2</sup>	25.757%	0	0	1	0	1	BUENO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	125.000	m <sup>2</sup>	30.000%						
	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.30	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.17	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
ÁREA DE TRAMO		416.67	m <sup>2</sup>										

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
137+100  137+200	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	2	394.200	m <sup>2</sup>	88.254%	0	0	1	1	2	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	134.000	m <sup>2</sup>	30.000%						
	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.10	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.50	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.47	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
ÁREA DE TRAMO		446.67	m <sup>2</sup>										

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
137+200	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	2	48.000	m2	10.909%	0	0	1	0	1	BUENO
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	176.000	m2	40.000%						
137+300	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.40	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.00	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.40	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		440.00	m2									

PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
137+300	BACHES Y ZANJAS REPARADAS	B	A	2	151.750	m2	35.019%	0	1	3	0	3	REGULAR
	PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	PL	B	2	195.000	m2	45.000%						
	AHUELLAMIENTO (ZOM)	AH	A	1	3.000	m	0.415%						
137+400	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.00	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.40	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.60	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.33	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		433.33	m2									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL													
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
137+400								0	0	1	0	1	BUENO
	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		480.00	m2									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL													
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
137+500								0	0	1	0	1	BUENO
	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		480.00	m2									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL													
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO		TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
137+600								0	0	1	0	1	BUENO
	ANCHO DE CALZADA INICIAL		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA FINAL		4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO		4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO		100	m									
	ÁREA DE TRAMO		480.00	m2									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
137+700	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
137+800	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
137+800	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
137+900	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
137+900	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+000	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+000	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+100	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+100	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+200	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									



TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+200	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+300	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+300	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+400	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+400	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+500	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+500	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+600	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+600	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+700	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA PROMEDIO	4.80	m									
	LONGITUD DE TRAMO	100	m									
	ÁREA DE TRAMO	480.00	m <sup>2</sup>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+700	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+800	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>	<b>4.80</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>	<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>	<b>480.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+800	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
138+900	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>	<b>4.80</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>	<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>	<b>480.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>									

TRATAMIENTO SUPERFICIAL SLURRY SEAL												
PROGRESIVA	TIPO DE DAÑO	TIPO DE DETERIORO	SEVERIDAD	Cantidad	Und	EXTENSION (%)	If	Id	Is	Corrección	If Final	Calificación
							0	0	1	0	1	BUENO
138+900	ANCHO DE CALZADA INICIAL	4.80	m									
	ANCHO DE CALZADA MEDIA	4.80	m									
139+000	ANCHO DE CALZADA FINAL	4.80	m									
	<b>ANCHO DE CALZADA PROMEDIO</b>	<b>4.80</b>	<b>m</b>									
	<b>LONGITUD DE TRAMO</b>	<b>100</b>	<b>m</b>									
	<b>ÁREA DE TRAMO</b>	<b>480.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>									

DATOS FINALES DE LA VÍA

ANCHO DE CALZADA PROMEDIO (m):		4.79
LONGITUD TOTAL DEL TRAMO (m):		5000
ÁREA TOTAL DEL TRAMO 134+000 AL 139+000 (m <sup>2</sup> ):		23947.78

**ANEXO 03: RESULTADOS FINALES DE MEDICIONES HECHAS EN CAMPO  
EN EL TRAMO 134+000 AL 139+000, DE LA CARRETERA CAÑETE  
CHUPACA**

ÁREA TOTAL DE TRAMO: 23947.78

TIPO A	ÁREA M2	% ÁREA TOTAL	% ÁREA DE DAÑOS
BACHES Y ZANJA REPARADA	1967.9266	8.22%	16.57%
AHUELLAMIENTO	81.3	0.34%	0.68%
GRIETAS POR FATIGA LONGITUDINAL	50.4	0.21%	0.42%
GRIETA PIEL DE COCODRILO	26.6	0.11%	0.22%
	2126.2266	8.88%	17.91%

TIPO B	ÁREA M2	% ÁREA TOTAL	% ÁREA DE DAÑOS
HUECOS	14.3325	0.06%	0.12%
PERDIDA DE PELICULA LIGANTE	7110.97222	29.69%	59.89%
PERDIDA DE AGREGADOS	2613.0555	10.91%	22.01%
CORRUGACIONES	1.8	0.01%	0.02%
GRIETA POR JUNTA DE CONSTRUCCIÓN	6.72	0.03%	0.06%
	9746.88022	40.70%	82.09%
	11873.1068	49.58%	100.00%

ÁREA COMPROMETIDA		
FALLAS TIPO A	2126.2266	17.91%
FALLAS TIPO B	9746.88022	82.09%
	11873.1068	100.00%

**ANEXO 04: CUADRO DE RESULTADOS DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL  
DE CADA TRAMO EVALUADO CON LA METODOLOGÍA VIZIR**

TRAMO		Is	CALIFICACIÓN	TRAMO		Is	CALIFICACIÓN
PR INICIAL	PR FINAL			PR INICIAL	PR FINAL		
134+000	134+100	3	REGULAR	136+500	136+600	4	REGULAR
134+100	134+200	3	REGULAR	136+600	136+700	4	REGULAR
134+200	134+300	3	REGULAR	136+700	136+800	4	REGULAR
134+300	134+400	3	REGULAR	136+800	136+900	3	REGULAR
134+400	134+500	3	REGULAR	136+900	137+000	3	REGULAR
134+500	134+600	3	REGULAR	137+000	137+100	1	BUENO
134+600	134+700	3	REGULAR	137+100	137+200	2	BUENO
134+700	134+800	1	BUENO	137+200	137+300	1	BUENO
134+800	134+900	1	BUENO	137+300	137+400	3	REGULAR
134+900	135+000	1	BUENO	137+400	137+500	1	BUENO
135+000	135+100	7	MALO	137+500	137+600	1	BUENO
135+100	135+200	4	REGULAR	137+600	137+700	1	BUENO
135+200	135+300	3	REGULAR	137+700	137+800	1	BUENO
135+300	135+400	4	REGULAR	137+800	137+900	1	BUENO
135+400	135+500	6	MALO	137+900	138+000	1	BUENO
135+500	135+600	5	MALO	138+000	138+100	1	BUENO
135+600	135+700	4	REGULAR	138+100	138+200	1	BUENO
135+700	135+800	2	BUENO	138+200	138+300	1	BUENO
135+800	135+900	2	BUENO	138+300	138+400	1	BUENO
135+900	136+000	3	REGULAR	138+400	138+500	1	BUENO
136+000	136+100	3	REGULAR	138+500	138+600	1	BUENO
136+100	136+200	2	BUENO	138+600	138+700	1	BUENO
136+200	136+300	2	BUENO	138+700	138+800	1	BUENO
136+300	136+400	2	BUENO	138+800	138+900	1	BUENO
136+400	136+500	4	REGULAR	138+900	139+0000	1	BUENO

## ANEXO 05: CUADRO DE RESULTADOS DE METODOLOGÍA DE DIFERENCIAS ACUMULADAS PARA HOMOGENIZACIÓN DE TRAMOS

(Cada Tramo esta diferenciado con un color característico)

TRAMO		DISPOSICIÓN		Is	ÁREA AFECTADA CON DETERIORO TIPO A	ÁREA PROMEDIO		DISTANCIA	ACUMULADA	ÁREA INTERVALO	ÁREA ACUMULADA	Zx
PR INICIAL	PR FINAL											
134+000	134+100	REGULAR	3	10.08	10.08	5.04	0.1	0.1	0.50	0.50	-4.06	
134+100	134+200	REGULAR	3	2.16	12.24	6.12	0.1	0.2	0.61	1.12	-8.02	
134+200	134+300	REGULAR	3	7.96	10.12	5.06	0.1	0.3	0.51	1.62	-12.08	
134+300	134+400	REGULAR	3	10.09	18.05	9.02	0.1	0.4	0.90	2.52	-15.74	
134+400	134+500	REGULAR	3	1.65	11.74	5.87	0.1	0.5	0.59	3.11	-19.72	
134+500	134+600	REGULAR	3	5.70	7.35	3.68	0.1	0.6	0.37	3.48	-23.92	
134+600	134+700	REGULAR	3	5.22	10.92	5.46	0.1	0.7	0.55	4.02	-27.93	
134+700	134+800	BUENO	1	11.25	16.47	8.24	0.1	0.8	0.82	4.85	-31.68	
134+800	134+900	BUENO	1	1.40	12.65	6.33	0.1	0.9	0.63	5.48	-35.61	
134+900	135+000	BUENO	1	1.40	2.80	1.40	0.1	1	0.14	5.62	-40.04	
135+000	135+100	MALO	7	195.00	196.40	98.20	0.1	1.1	9.82	15.44	-34.78	
135+100	135+200	REGULAR	4	10.50	205.50	102.75	0.1	1.2	10.28	25.72	-29.07	
135+200	135+300	REGULAR	3	3.72	14.22	7.11	0.1	1.3	0.71	26.43	-32.93	
135+300	135+400	REGULAR	4	26.30	30.02	15.01	0.1	1.4	1.50	27.93	-35.99	
135+400	135+500	MALO	6	20.00	46.30	23.15	0.1	1.5	2.32	30.24	-38.24	
135+500	135+600	MALO	5	13.00	33.00	16.50	0.1	1.6	1.65	31.89	-41.16	
135+600	135+700	REGULAR	4	15.25	28.25	14.13	0.1	1.7	1.41	33.31	-44.31	
135+700	135+800	BUENO	2	2.37	17.62	8.81	0.1	1.8	0.88	34.19	-48.00	
135+800	135+900	BUENO	2	1.08	3.45	1.73	0.1	1.9	0.17	34.36	-52.39	
135+900	136+000	REGULAR	3	3.90	4.98	2.49	0.1	2	0.25	34.61	-56.71	
136+000	136+100	REGULAR	3	150.56	154.46	77.23	0.1	2.1	7.72	42.33	-53.55	
136+100	136+200	BUENO	2	12.55	163.11	81.56	0.1	2.2	8.16	50.49	-49.96	
136+200	136+300	BUENO	2	181.92	194.47	97.24	0.1	2.3	9.72	60.21	-44.80	
136+300	136+400	BUENO	2	122.20	304.12	152.06	0.1	2.4	15.21	75.42	-34.16	
136+400	136+500	REGULAR	4	94.20	216.40	108.20	0.1	2.5	10.82	86.24	-27.91	
136+500	136+600	REGULAR	4	334.00	428.20	214.10	0.1	2.6	21.41	107.65	-11.06	
136+600	136+700	REGULAR	4	105.10	439.10	219.55	0.1	2.7	21.96	129.60	6.33	
136+700	136+800	REGULAR	4	219.80	324.90	162.45	0.1	2.8	16.25	145.85	18.01	
136+800	136+900	REGULAR	3	5.40	225.20	112.60	0.1	2.9	11.26	157.11	24.70	
136+900	137+000	REGULAR	3	6.00	11.40	5.70	0.1	3	0.57	157.68	20.71	
137+000	137+100	BUENO	1	107.32	113.32	56.66	0.1	3.1	5.67	163.34	21.81	
137+100	137+200	BUENO	2	394.20	501.52	250.76	0.1	3.2	25.08	188.42	42.32	
137+200	137+300	BUENO	1	48.00	442.20	221.10	0.1	3.3	22.11	210.53	59.86	
137+300	137+400	REGULAR	3	153.55	201.55	100.78	0.1	3.4	10.08	220.61	65.37	
137+400	137+500	BUENO	1	0.00	153.55	76.78	0.1	3.5	7.68	228.28	68.48	
137+500	137+600	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	3.6	0.00	228.28	63.92	
137+600	137+700	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	3.7	0.00	228.28	59.35	
137+700	137+800	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	3.8	0.00	228.28	54.79	
137+800	137+900	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	3.9	0.00	228.28	50.22	
137+900	138+000	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4	0.00	228.28	45.66	
138+000	138+100	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.1	0.00	228.28	41.09	
138+100	138+200	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.2	0.00	228.28	36.53	
138+200	138+300	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.3	0.00	228.28	31.96	
138+300	138+400	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.4	0.00	228.28	27.39	
138+400	138+500	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.5	0.00	228.28	22.83	
138+500	138+600	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.6	0.00	228.28	18.26	
138+600	138+700	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.7	0.00	228.28	13.70	
138+700	138+800	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.8	0.00	228.28	9.13	
138+800	138+900	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	4.9	0.00	228.28	4.57	
138+900	139+000	BUENO	1	0.00	0.00	0.00	0.1	5	0.00	228.28	0.00	

At= 228.28266  
Lp= 5  
F 45.656532

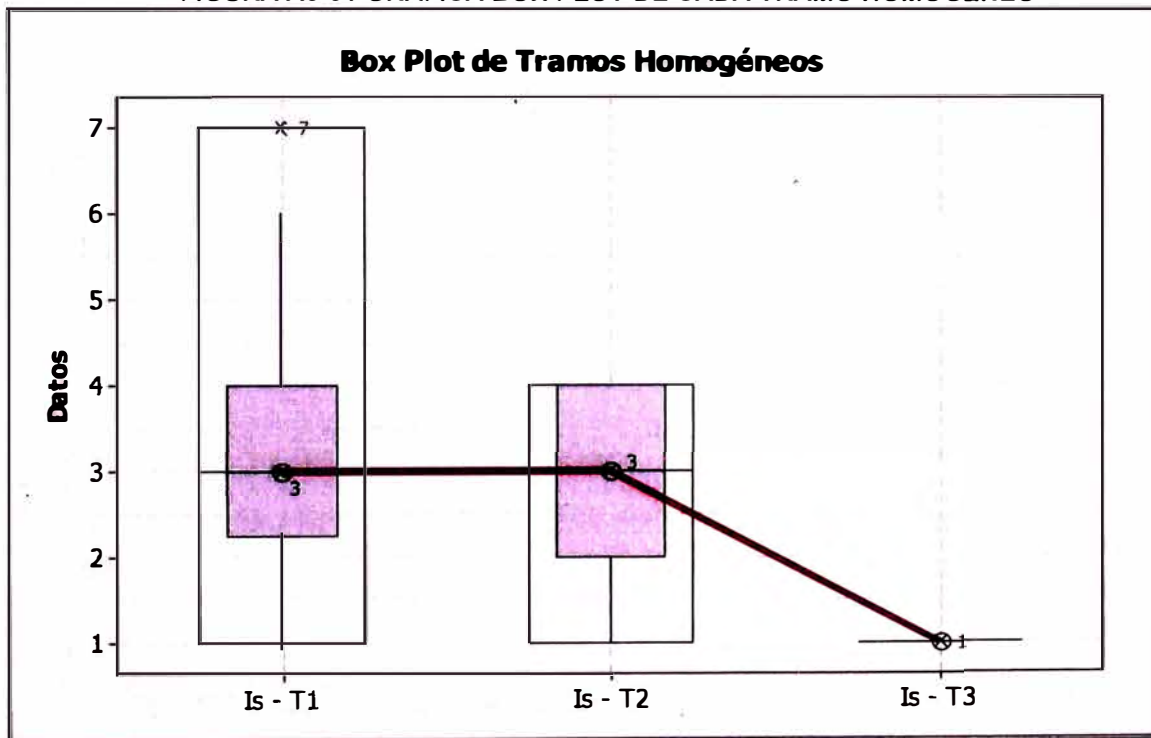
## **ANEXO 06: EVALUACIÓN DE DATOS DE LOS TRAMOS HOMOGÉNEOS**

En este anexo se observan las cualidades de los sub tramos homogéneos clasificados según sus condiciones específicas, con la ayuda del método de Diferencias Acumuladas, que se ha tomado de la Guía de Evaluación de pavimentos del AASHTO 1993.

### **1. GRÁFICO BOX PLOT DE DIFERENCIACIÓN DE SUB TRAMOS**

Con la ayuda del Minitab se realizó el gráfico de Caja o Box – Plot, de los tramos homogéneos 01,02 y 03. Que se muestra a continuación. Cabe recordar que el primer sub tramo 01, tiene 20 valores muestrales; el sub tramo 02 tiene 15 valores muestrales y el sub tramo 03, también tiene 15 valores muestrales.

**FIGURA A6-01 GRÁFICA BOX PLOT DE CADA TRAMO HOMOGÉNEO**



La figura A6-01, nos muestra que el primer tramo Is-T1 tiene una mediana  $Me=3$ ,  $Q1=2.25$ ,  $Q3=4$ , dato atípico 1 valor de  $Is =7$ . En todo el rango de 1 a 7. Muestra también bigotes de 1 y 6. Esto quiere decir que en Is-T1, encontramos la concentración de los datos entre los índices 2 y 4, El valor de mediana 3, nos dice que consideremos a Is-T1, como REGULAR, con una ligera tendencia a

fallar de manera antes que los demás sub tramos, ya que presenta muestras falladas con  $Is=5,6$  y  $7$ . Y su ubicación más cercana al  $Q1$ , nos indica una ligera asimetría positiva. El rango intercuartílico (IQR) es de  $1.75$ , comparado con el (IQR= $2$ ) de  $Is-T2$ , quiere decir que muestra datos menos dispersos que  $Is-T2$ .

El tramo  $Is -T2$  tiene una mediana  $Me=3$ ,  $Q1=2$ ,  $Q3=4$ , ningún punto atípico en su rango de valores de  $1$  a  $4$ , el rango de bigotes es de  $1$  a  $4$ . Y no muestra valores atípicos. El valor de la mediana  $3$ , nos dice que  $Is-T2$ , se puede considerar como REGULAR, con la mediana centrada, indica que es simétrica con respecto a sus datos. En este tramo el  $Q3$  resulta ser el techo de los datos, por lo que siendo la mediana  $3$  quiere decir que de este sector el  $25\%$  de los sub tramos como mínimo se le debería hacer una mejora de la condición superficial.

El tramo  $Is - T3$ , al ser todos los tramos, del mismo valor, su gráfica Box Plot, es una línea,  $Is =1$ .

La línea que se ve entre las cajas es la unión de las medianas. Es decir que con esta gráfica se ve claramente que el método de variables homogéneas funciona ya que separo tramos homogéneamente similares, esto es importante ya que se pueden hacer planes y políticas de mantenimiento en función de las condiciones de cada tramo.

## 2. EVALUACIÓN DE CADA SUBTRAMO

A continuación se realiza una evaluación detallada de cada sub tramo a fin de encontrar un manejo las diferencias que están pueden mostrar.

- **Tramo 01:** Desde la progresiva inicial **134+000** a la progresiva final **136+000**, que representa al  $40\%$  del sector en estudio, muestra  $25\%$  de su sector como bueno,  $60\%$  como Regular y  $15\%$  como malo.

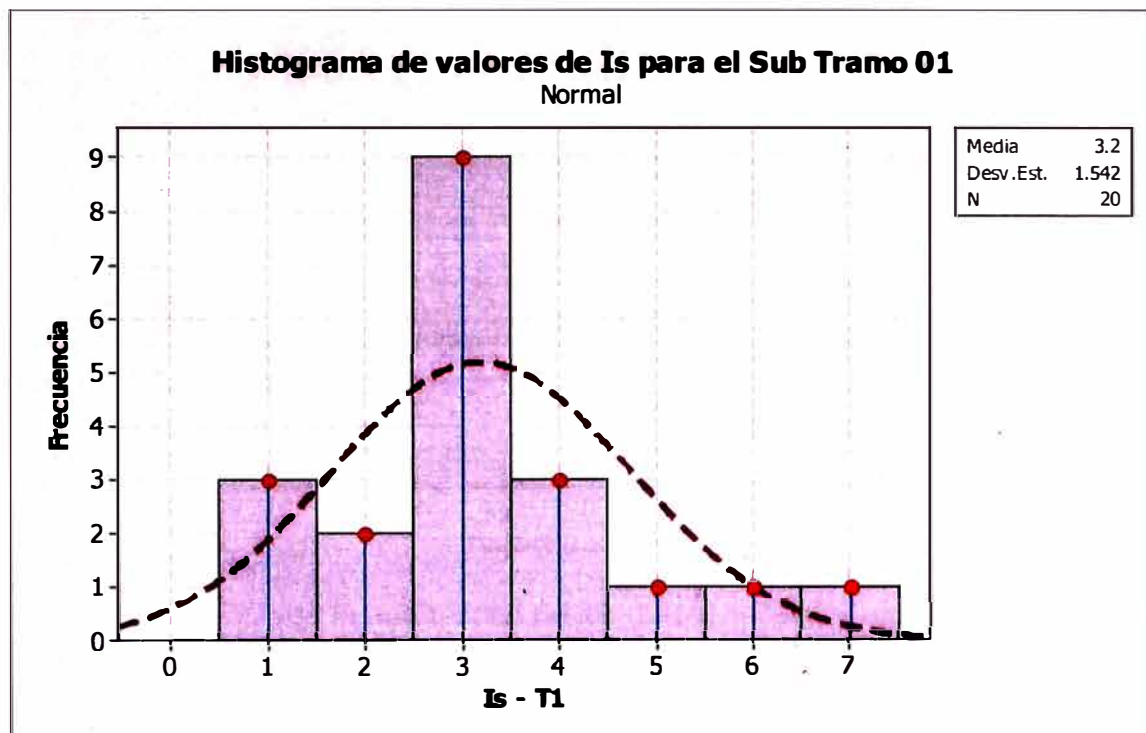
CUADRO A6-01 GRÁFICA BOX PLOT DE CADA TRAMO HOMOGÉNEO

TRAMO	PROGRESIVAS	BUENO	REGULAR	MALO	TOTAL
TRAMO 01	134+000 AL 136+000	5	12	3	20
TRAMO 01	134+000 AL 136+000	25.00%	60.00%	15.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro adjunto se puede hacer el siguiente histograma.

**FIGURA A6-02 HISTOGRAMA DE VALORES DEL “Is”, PARA EL SUBTRAMO 01, CON UN AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN NORMAL**



Fuente: Elaboración Propia

La figura A6-02, muestra al histograma de los datos para este caso 20 muestras, con una Media de 3.2 y una Mediana de 3 y Desviación Estándar de 1.542

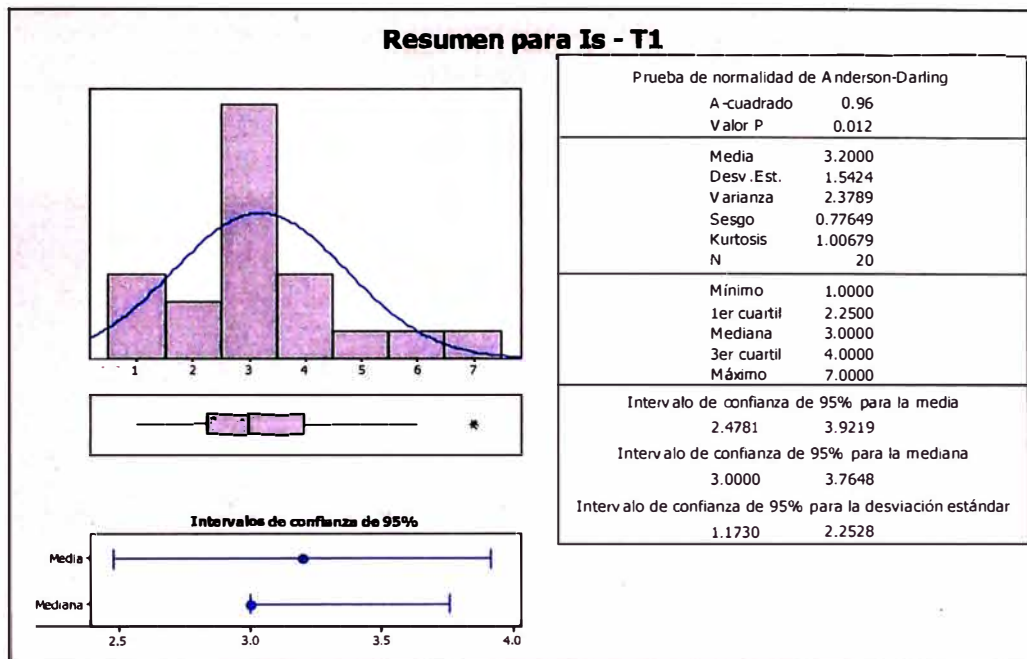
**CUADRO A6-02 ESTADÍSTICOS DE LA DATA DEL SUB TRAMO 01**

Estadística descriptiva de: Is - T1 (obtenido del Minitab)								
Variable	N	Media	Desv. Est.	Varianza	CoefVar	Q1	Mediana	Q3
Is - T1	20	3.200	1.542	2.379	48.20	2.25	3.0	4.0
N para								
Variable	Modo	moda	Sesgo	Kurtosis				
Is - T1	3	9	0.78	1.01				

Fuente: Elaboración Propia.



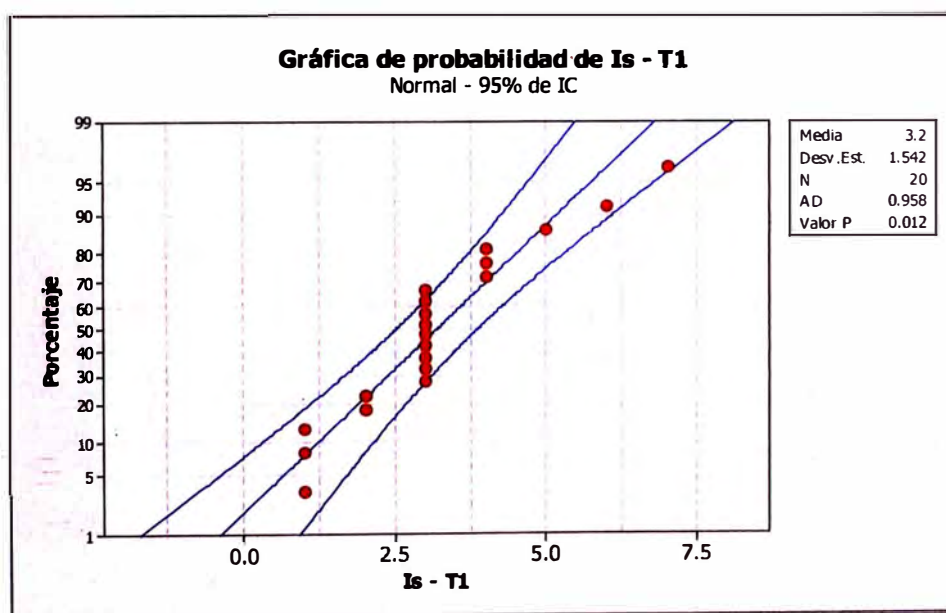
**FIGURA A6-03 GRÁFICO RESUMEN DEL SUB TRAMO 01 CON SUS ESTADÍSTICOS RESPECTIVOS**



Fuente: Elaboración Propia

Para la evaluación de la normalidad de los datos, hacemos un test de normalidad con una prueba de normalidad de "Anderson Darling" al 95% de confiabilidad, esto con ayuda del Minitab, el valor de  $p = 0.012 < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , que en este caso es la NO normalidad de los datos.

**FIGURA A6-04 GRÁFICO DEL TEST DE NORMALIDAD OBTENIDOS EN EL SUBTRAMO 01**



Fuente: Elaboración Propia

**Registro fotográfico del sub tramo 01**

**CUADRO A06-03: SUB TRAMOS DEL TRAMO HOMOGÉNEO 01  
(134+000 AL 136+000)**

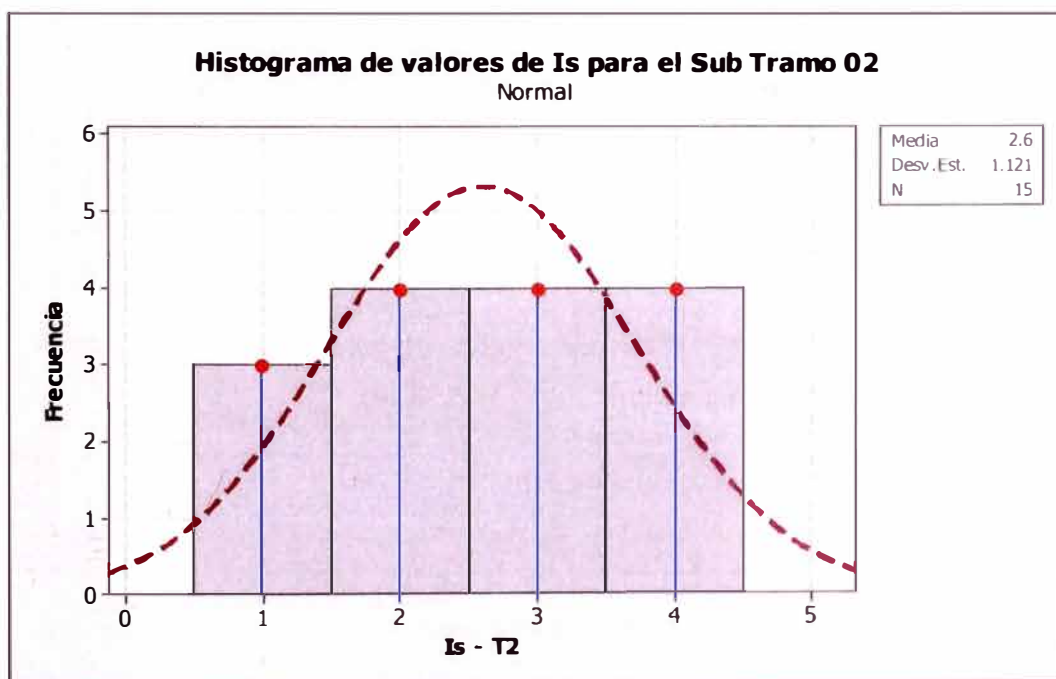
	<p><b>Km134+300 al Km 134+400</b></p> <p>Se ve el desprendimiento de la película ligante PL, y parcheo de huecos antiguos, este tramo es considerado como REGULAR.</p>
<p><b>Km134+700 al Km 134+800</b></p> <p>Tramo con despredimiento de película ligante, consideración BUENA.</p>	
	<p><b>Km135+000 al Km 135+100</b></p> <p>Tramo con deterioro total, esto debido a la influencia de un acceso, que marca la línea de drenaje sobre la vía, este tramo esta considerado como MALO.</p>

	<p style="text-align: center;"><b>Km135+400 al Km 135+500</b></p> <p>Tramo con deterioro total, debido a que es una zona de derrumbes, esta es la causa más probable de su estado superficial., tiene calificación 6, ya que al inicio de este tramo, hay una parte en condiciones aceptables MALO.</p>
--	---

Fuente: Elaboración Propia

**Tramo 02:** 136+000 al 137+500, que representa al 30.% del sector en estudio, muestra 46.67% de su sector como bueno, 53.33% como Regular y 0 % como malo.

**FIGURA A6-05 HISTOGRAMA DE VALORES DEL "Is", PARA EL SUBTRAMO 02, CON UN AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN NORMAL**



Fuente: Elaboración Propia

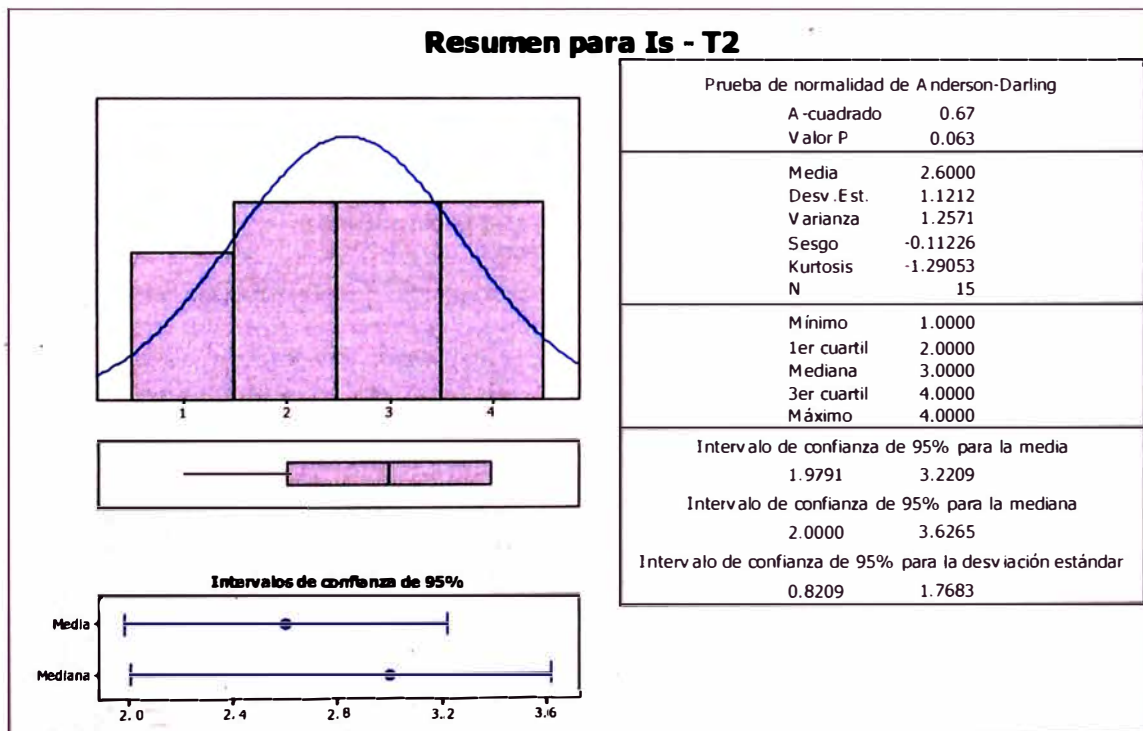
La figura A6-05, muestra al histograma de los datos para este caso 15 muestras, con una Media de 2.6 y una Mediana de 3 y Desviación Estándar de 1.142

CUADRO A6-04 ESTADÍSTICOS DE LA DATA DEL SUB TRAMO 02

Estadística descriptiva de: Is - T2 (obtenido del Minitab)								
Variable	N	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Q1	Mediana	Q3
Is - T2	15	2.600	1.121	1.257	43.12	2.0	3.0	4.0
Variable	N para		Sesgo	Kurtosis				
Is - T2	Modo	moda	-0.11	-1.29				
	2, 3, 4	4						

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA A6-06 GRÁFICO RESUMEN DEL SUB TRAMO 02 CON SUS ESTADÍSTICOS RESPECTIVOS



Fuente: Elaboración Propia.

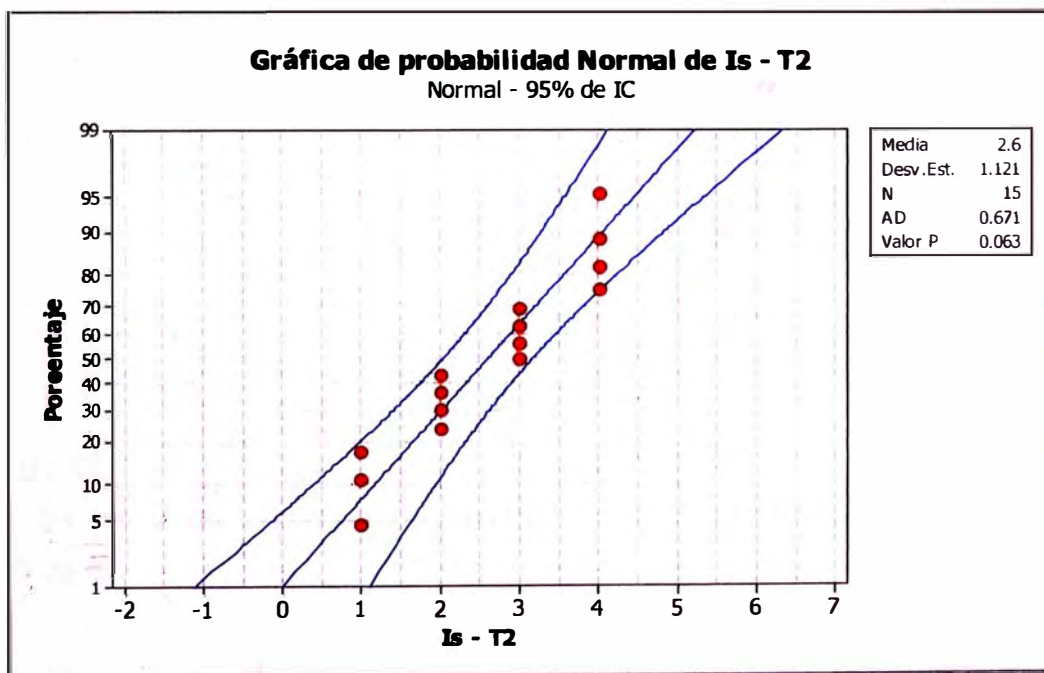
Para la evaluación de la normalidad de los datos, hacemos un test de normalidad con una prueba de normalidad de “Anderson Darling” al 95% de confiabilidad, esto con ayuda del Minitab, el valor de  $p = 0.063 < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , que en este caso es la normalidad de los datos.

**¿Por tanto se debería considerar los datos de este subtramo como NO normales?**

En si vemos que esto es cuestionable, ya que si revisamos el Test de probabilidad, la gráfica gaussiana nos muestra un dibujo acampanado, que nos da la idea de normalidad de los datos, pero recordemos que significa los valores de 1,2,3 y 4 del “Is”.

Estos valores indican condiciones del estado superficial de la vía. Y si comparamos los Test de probabilidad del Is-T1 con el Is-T2, vemos que el primero muestra valores del Is desde 1 hasta el 7. Indicando que efectivamente datos bien distribuidos, pero en realidad eso no es lo que se quiere, lo que se desea es tener vías con valores de “Is” buenos y a lo mucho regulares, como es el caso del Is-T2. Por tanto estas consideraciones se deberían analizar a través del Análisis de Exploración de Datos.

FIGURA A6-07 GRÁFICO DEL TEST DE NORMALIDAD OBTENIDOS EN EL SUBTRAMO 01



Fuente: Elaboración Propia

## Registro fotográfico de sub tramo 02

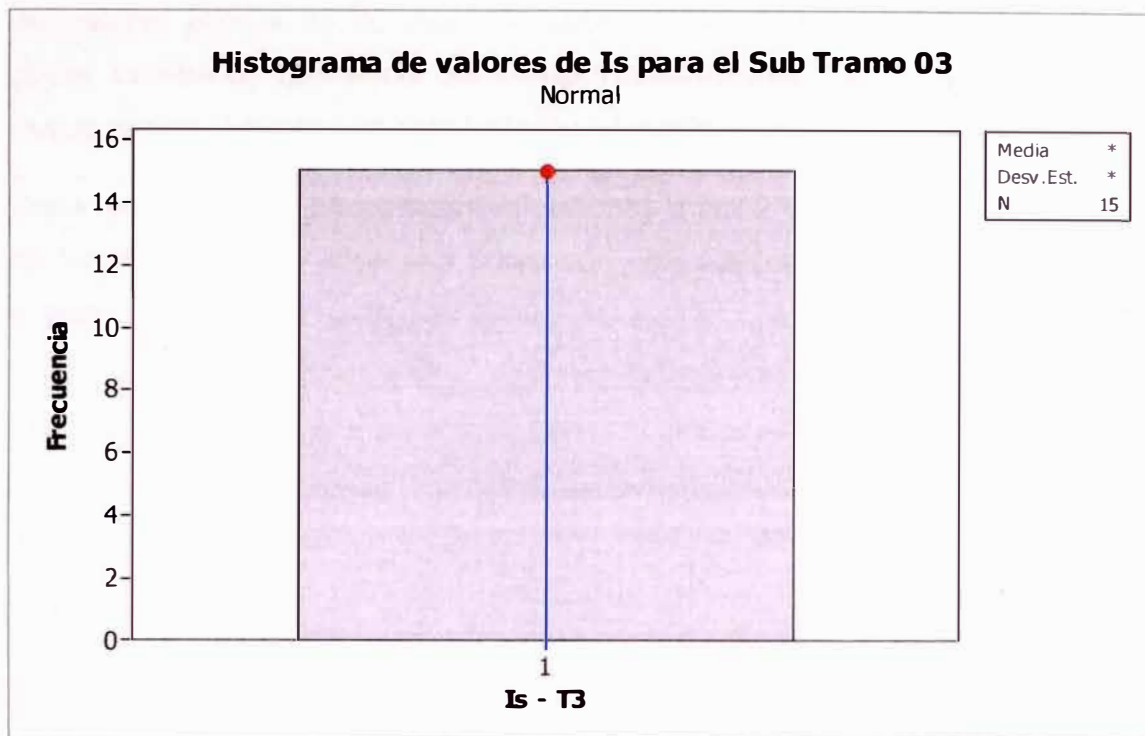
CUADRO A06-05: CUADRO DE SUB TRAMOS DEL TRAMO HOMOGÉNEO 02  
(136+000 AL 137+500)

	<p><b>Km136+000 al Km 136+100</b></p> <p>Se ve el desprendimiento de la película ligante PL, y parcheo de huecos antiguos, este tramo es considerado como REGULAR.</p>
<p><b>Km136+300 al Km 136+400</b></p> <p>Tramo en buenas condiciones, es considerado como BUENO.</p>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tramo 03:** 137+500 al 139+000, que representa al 30% del sector en estudio, muestra 100% como condición buena, originándose una línea recta que indica similitud en la condición superficial.

**FIGURA A6-08 HISTOGRAMA DE VALORES DEL "Is", PARA EL SUBTRAMO 03, CON UN AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN NORMAL**



Fuente: Elaboración Propia

Como se ve, este subtramo se encuentra en óptimas condiciones y por tanto no es necesario, hacer mayores consideraciones.

### **Registro fotográfico de sub tramo 03**

**CUADRO A06-06: CUADRO DE SUB TRAMOS DEL TRAMO HOMOGÉNEO 03 (137+500 AL 139+000)**

	<p><b>Km138+200 al Km 138+300</b></p>
	<p>Tramo en buenas condiciones, es considerado como BUENO.</p>
	<p>Cabe recordar que este tramo homogéneo 03, tiene un tratamiento superficial que se efectuó en Noviembre del 2010, es decir un mes atrás.</p>

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que esta es la primera medición con esta metodología en esta vía, por tanto sería interesante realizar mayores evaluaciones de este tipo a fin de obtener puntos de la condición superficial en función del tiempo y poder gestar **curvas de tendencia del comportamiento del "Is"**. Actualmente no se puede realizar, ya que con este trabajo se tendría el primer punto de evaluación.

Sería recomendable hacer más evaluaciones quizá 2 ó 3 veces al año, con esto se tendría en 2 ó 3 años una curva con una adecuada cantidad de puntos a evaluar.



## **ANEXO 07: RESEÑA DEL SOFTWARE MINITAB**



Minitab es un paquete estadístico que abarca todos los aspectos necesarios para el aprendizaje y aplicación de la Estadística en general.

Incluye análisis descriptivo, contrastes de hipótesis, regresión lineal y no lineal, series temporales, análisis de tiempos de fallo, control de calidad, análisis factorial, ANOVA, análisis clúster, etc., una potente capacidad gráfica, total compatibilidad con las herramientas de Office, mediante las opciones de "copiar y pegar" es posible exportar datos, gráficos y texto, herramientas de gestión de proyectos, conectividad ODBC para bases de datos, y un potente lenguaje de macros que permite automatizar y personalizar muchas de las tareas.

Minitab Inc. es una compañía privada cuya sede principal se encuentra en State College, Pensilvania, y tiene subsidiarias en el Reino Unido, Francia y Australia. Además, Minitab tiene representantes y distribuidores en muchos países alrededor del mundo.

El programa Minitab® Statistical Software fue desarrollado en 1972 por tres profesores de Estadística de Penn State University. Uno de los desarrolladores originales, Barbara Ryan, es la presidenta y directora ejecutiva de Minitab.

En poco tiempo, Minitab llegó a ser, y continúa siendo, el principal software del mundo para la enseñanza de estadística. En todo el mundo, Minitab ha sido el software con el que más estudiantes han aprendido estadística.

Asimismo, Minitab es el software utilizado con mayor frecuencia en Six Sigma, la principal metodología del mundo para el mejoramiento de la calidad.

Más de 450 empresas de la clasificación Fortune 500 utilizan Minitab, y prácticamente todas las organizaciones importantes de consultoría y

capacitación para el mejoramiento de la calidad usan y recomiendan el software de la compañía.

En 2007, Minitab recibió el premio Liderazgo en Valor para el Cliente otorgado por Frost & Sullivan, la empresa número 1 del mundo en materia de consultoría para el crecimiento empresarial. También en 2007, The Wall Street Journal incluyó a Minitab entre los finalistas de su clasificación mejores mitos para trabajar (Industria Mediana) de Norteamérica.

Minitab Inc. cuenta con la certificación Women's Business Enterprise y es miembro mundial de la organización Business Software Alliance.

Con 39 años de experiencia, Minitab es uno de los líderes mundiales por lo que a la docencia de la estadística se refiere, estando hoy en día presente en las más prestigiosas empresas (Motorola, Toshiba, etc.) y universidades más importantes del mundo (Universidad Politécnica de Cataluña, Harvard, MIT, etc.). Además, Minitab es una herramienta compacta, versátil y de fácil manejo. La confiabilidad de sus algoritmos estadísticos y la sólida combinación de potencia y amigabilidad le han hecho merecer la confianza de usuarios de todo el mundo.

Minitab cuenta entre otros, con los siguientes procedimientos estadísticos:

Estadística básica y avanzada:

- Importación, exportación y manipulación de datos
- Lenguaje de macros.
- Regresión y ANOVA
- SPC
- DOE – Diseño de experimentos
- Gage R&R
- Análisis de Confiabilidad
- Tamaño de muestra y capacidad
- Series de tiempo y predicción

Entre otros

Para mayores referencias es recomendable visitar la página web:  
[www.minitab.com](http://www.minitab.com).

## **ANEXO 08: PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO DE DAÑOS**

La finalidad de la inspección del estado superficial de las carreteras es determinar el **porcentaje de área de pavimento afectado**, estableciendo los **tipos de daño** que se presentan, su **extensión, severidad y recurrencia**; factores que orientan al ingeniero en el momento de definir las posibles causas de los daños o de programar actividades de campo y de laboratorio para su estudio.

### **FORMATO DE TRABAJO DE CAMPO**

El levantamiento de los datos correspondientes a los daños del pavimento durante la inspección visual, fue plasmado en un formato que permitió registrar los tipos de deterioro especificando cada daño con su severidad y dimensiones características (longitud y ancho en la mayoría de los casos).

Este formato es el brindado por el INVIAS de Colombia, el cual solo ha sufrido algunas variaciones de nombres de las fallas para nuestro país.

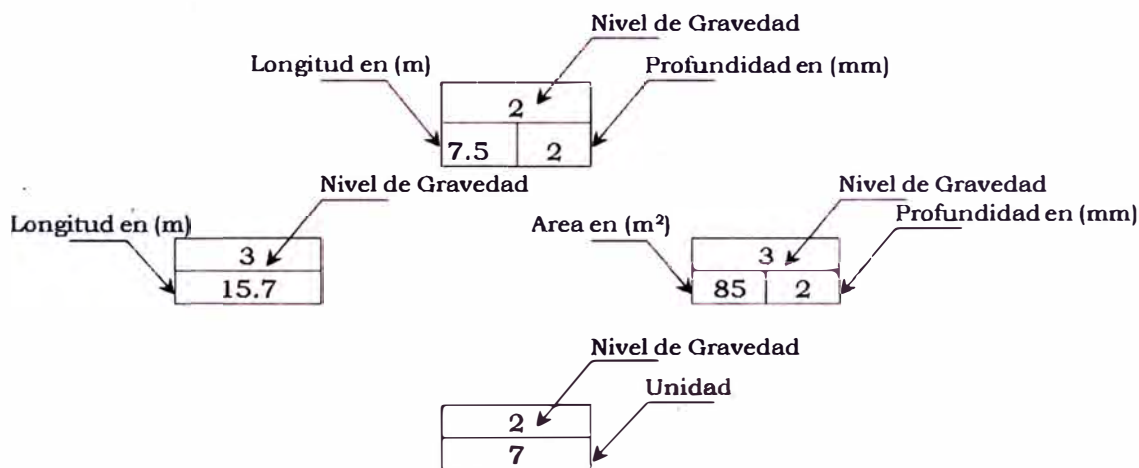


De igual forma, se debe registrar el tipo de sección vial (corte, terraplén o sección mixta), el número de carriles que constituyen la sección vial, el carril inspeccionado.

**Parte 2.** Es el lado izquierdo del formato, el cual incluye la calificación del nivel de gravedad o severidad del deterioro, la longitud, área y en algunos casos la profundidad. El registro se debe realizar de manera secuencial, siguiendo el registro del abscisado de la parte superior, el cual debe representar una sección de 100 metros de longitud, abscisada cada 10 metros. El formato incluye el registro de los deterioros de los tipos A y B, claramente separados.

De igual forma, presenta un campo específico para cada tipo de deterioro y abscisa, donde se debe registrar en la parte superior el nivel de gravedad (1, 2 o 3) y en la parte inferior la longitud, profundidad, área o unidad, según sea el caso. En la Figura B.2, se presentan cuatro posibilidades en el registro de los deterioros.

FIGURA A08-02: EJEMPLOS DE REGISTRO DE DETERIOROS




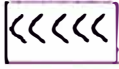
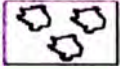
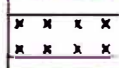





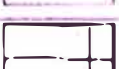







Fuente: INVIAS - Colombia

**Parte 3.** Corresponde a la parte derecha del formato, donde se registra de forma gráfica en un tramo de 100 metros (sección), el esquema de los deterioros con

las simbologías asociadas a cada uno de ellos, en acuerdo con la Figura siguiente

**FIGURA A08-03: SIMBOLOGÍA PARA EL REGISTRO DE LOS DETERIOROS EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS PARA**

Ahuellamiento		Pérdida de película de ligante	PL
Depresiones o hundimiento longitudinal		Pérdida de agregado	
Depresiones o hundimiento transversal		Descascaramiento	
Fisuras piel de cocodrilo		Pulimento de agregados	
Bacheos y parcheos		Exudación	
Fisuras longitudinales de junta de construcción		Afloramiento de mortero	AM
Fisuras transversal de junta de construcción		Afloramiento de agua	AA
Fisura de contracción térmica		Desintegración de los bordes del pavimento	DB
Fisuras parabólicas		Escalonamiento entre calzada y berma	
Fisuras de borde		Erosión de bermas	EB
Huecos		Segregación	S
Abultamiento o desplazamiento de la mezcla			

Fuente: INVIAS Colombia

**Parte 4.** En este espacio se deben registrar las observaciones que el ingeniero considere de interés sobre el levantamiento de los deterioros en el pavimento objeto de la inspección.

Ahora se indicaran lo referente al reporte de daños.

## **REPORTE DE DAÑOS**

Una vez realizado el levantamiento se debe iniciar el procesamiento y análisis de la información de campo, con el fin de generar un informe donde se reporten los resultados de la inspección visual de daños.

A continuación se presentan los lineamientos principales para la elaboración del informe.

### **1) ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS**

A partir de la información contenida en los formatos de campo, se procede a analizar la información agrupando los daños encontrados por tipo de deterioro, severidad y por tramo de 100 m. en una hoja de cálculo, donde se calculan:

- Los porcentajes de afectación por tipo de daño, severidad y por tramo.
- Los porcentajes de afectación general para toda la vía, esto con el fin de establecer los daños más frecuentes, los tramos más afectados y las áreas totales de daño.

Para esta etapa, es necesario separar los daños en la berma del resto del análisis, ya que se encuentran localizados en una zona que no afecta directamente la transitabilidad de la vía.

Por otra parte, aunque los daños superficiales también se analizan de manera independiente para evitar la superposición de áreas afectadas con otros daños, se incluyen dentro del análisis de los daños en los carriles.

**1.1.- Daños en los carriles.** El procesamiento de los datos tanto para este caso como para los daños superficiales y los daños en bermas se realiza en una hoja de cálculo que debe contener la siguiente información:

- Tramo
- Abscisa inicial y final de cada tramo

- Área total de cada tramo
- Daños encontrados por severidad en cada tramo
- Áreas totales de daños para cada tramo
- Porcentajes de afectación de cada tramo
- Área total de cada daño y por severidad
- Peso de cada tipo de daño y severidad dentro del área total afectada
- Área total afectada en la vía
- Porcentaje de afectación de la vía

El área de cada tramo se calcula multiplicando el ancho total de la calzada (o calzadas en ambos carriles) sin incluir las bermas por la longitud del tramo.

Con relación a esta área se calcula el porcentaje de afectación de cada tramo. El porcentaje de afectación de la vía se calcula dividiendo el área total afectada (que resulta de la suma de los daños encontrados en cada tramo, sin incluir los daños superficiales) entre el área total inspeccionada (que resulta de la suma de las áreas de cada tramo).

### **1.2.- Consideraciones para deterioros del tipo Fisuras.**

Como se sabe las medidas de las fisuras normalmente realizadas a las vías se les cuantifica con una medida lineal es decir el metro, para fines prácticos se estiman el pasarlo a valores de área con la idea de cuantificar su futura reparación. Para el análisis de las fisuras longitudinales, fisuras transversales, fisuras en juntas de construcción, fisuras por reflexión de juntas de pavimentos rígidos y fisuras de borde; **la longitud registrada debe multiplicarse por un ancho de referencia de 0,6 m**, con el fin de manejar unidades consistentes en cuanto al área de daño.

Un ejemplo es si tenemos la siguiente data:

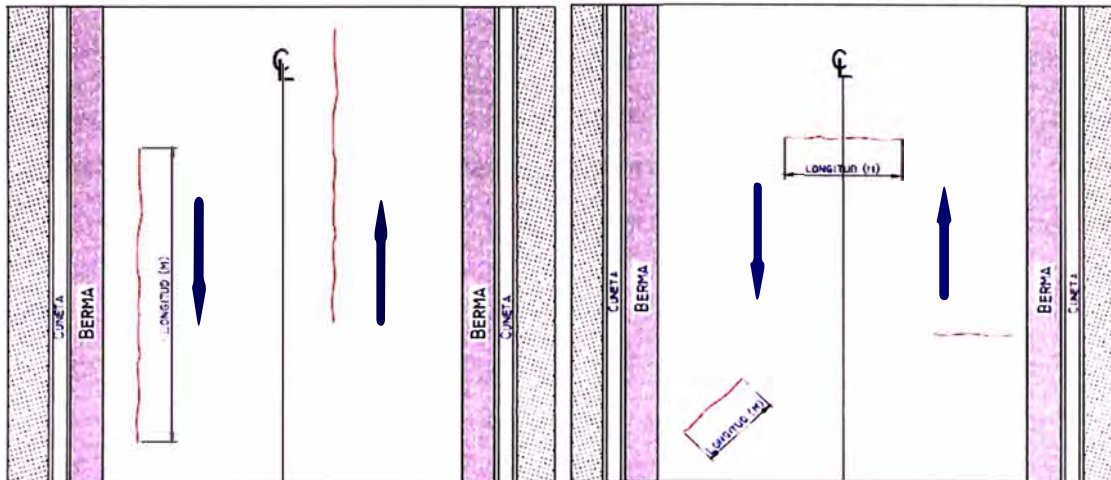


- Una fisura longitudinal de severidad media, de 0,4 m de longitud
- Una piel de cocodrilo de severidad baja, de 5,0 m x 1,0 m
- Una fisura longitudinal de severidad alta de 0,5 m de longitud
- Un parche de severidad alta de 7,0 m x 2,0 m
- Una piel de cocodrilo de severidad alta de 0,7 m x 0,7 m
- Los datos para este ejemplo se deben considerar como sigue:
- Fisura longitudinal severidad media de  $0,24 \text{ m}^2 = (0,4 \times 0,6)$
- Fisura longitudinal severidad alta de  $0,30 \text{ m}^2 = (0,5 \times 0,6)$
- Piel de cocodrilo severidad baja de  $5,0 \text{ m}^2 = (5,0 \times 1,0)$
- Piel de cocodrilo severidad alta de  $0,49 \text{ m}^2 = (0,7 \times 0,7)$
- Parche severidad alta de  $14 \text{ m}^2 = (7,0 \times 2,0)$

Si por ejemplo este tramo tiene un área de 600 m<sup>2</sup>. Tendríamos lo siguiente:

- Área total: 600 m<sup>2</sup> (ancho de calzada de 6,0 m X longitud del tramo de 100 m)
- Área afectada: 20,03 m<sup>2</sup> (=  $0,24 + 0,30 + 5,0 + 0,49 + 14$ )
- Porcentaje de afectación: 3,3 % (=  $100 \times 20,03 / 600$ )

**FIGURA A08-04: FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES, SE CONSIDERAN UN ANCHO DE 0.60M, RECOMENDABLE A FIN DE DAR CONSISTENCIA A LAS MEDIDAS DEL ÁREA DE AFECTACIÓN DE CADA TRAMO**



Fuente: INVIAS – Universidad Nacional de Colombia

## B) REPORTE DE DAÑOS EN EL INFORME

El informe debe incluir por separado el reporte de los daños en los carriles y los daños en las bermas. Además debe incluir los registros fotográficos relacionando la fecha de toma, localización y tipo de daño. En la presentación de resultados se debe mostrar la siguiente información:

- Abscisas inicial y final del levantamiento (solo al inicio del informe)
- Área total inspeccionada (para cada caso)
- Área total afectada (para cada caso)
- Porcentaje de afectación (para cada caso)
- Los deterioros (con sus severidades) más frecuentemente encontrados (en cada caso)
- El porcentaje de afectación representado por dichos deterioros (en cada caso)
- Los deterioros menos frecuentes (en cada caso)
- El porcentaje de afectación representado por dichos deterioros (en cada caso)
- Los tramos de vía más afectados (abscisas, áreas afectadas y porcentajes de afectación, en cada caso)

Adicionalmente se deben presentar las gráficas de áreas afectadas por tramos, la distribución de los daños por severidades y la hoja de cálculo si tiene un

tamaño adecuado, de lo contrario se deben presentar en un anexo al final del informe junto con los formatos de campo diligenciados.

En el informe además se deben consignar las aclaraciones y comentarios más relevantes reportados durante el levantamiento y en general, toda la información importante que sea útil para el estudio del origen de los daños.

## ANEXO 09: MODELOS DE REGRESIÓN

Es necesario añadir este anexo a fin de poder conocer los diversos modelos que se pueden aplicar al momento de querer relacionar nuestros parámetros en nuestros datos y por evidenciar su comparación o de manera más certera su correlación entre sí.

### 1. Introducción

Una de las cuestiones de mayor interés en las Ciencias Experimentales consiste en obtener un modelo matemático que relacione dos o más variables a partir de un número limitado de observaciones experimentales. En la mayor parte de los fenómenos que son objeto de investigación experimental no es posible deducir una relación exacta entre las variables involucradas pues la dependencia perfecta no existe en la Naturaleza.

En cualquier caso, es frecuente observar una dependencia aproximada entre las variables que es posible expresar de forma analítica (por medio de una función). Este tipo de dependencia se denomina correlación; de esta forma, dos variables (por ejemplo, peso y estatura) se dice que guardan o que tienen correlación cuando es posible encontrar una relación funcional que expresa aproximadamente una en términos de la otra. Los casos extremos de esta situación son la dependencia funcional exacta en la que la función describe fielmente las observaciones y la independencia que es la situación opuesta: no existe una función que se ajuste a los datos observados.

Supongamos que tenemos dos variables  $x$  e  $y$  que representan el peso (en kilos) y la estatura (en centímetros) respectivamente. Si en la clase somos exactamente  $n = 80$  alumnos, entonces disponemos de 80 observaciones de la forma  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  que se corresponden con  $n$  puntos en el plano  $xy$  (se suele llamar a esta configuración geométrica una nube de puntos). Nuestro objetivo consiste en encontrar una relación funcional del tipo  $y = f(x)$  que se adapte lo mejor posible a esta distribución de puntos en el plano, de forma que el valor de la función en cada uno de los puntos  $x_i$  (esto es, el número  $f(x_i)$ ) esté razonablemente próximo a  $y_i$  para  $i = 1, 2, \dots, 80$ . Como esto será posible para unos puntos sí  $y$  para otros no, lo deseable es que se de esta proximidad en media

La función  $y = f(x)$  que aproxima los datos se denomina función de regresión y puede ser de distintos tipos: lineal, polinómica, potencial, exponencial, etc. Dependiendo del fenómeno que estemos estudiando. Por otro lado, los valores  $y_i$  son los valores observados o empíricos mientras que los valores  $f(x_i)$  son los valores predichos o teóricos.

A continuación, vamos a estudiar algunos preliminares de estadística que son imprescindibles para abordar el problema de la regresión.

## 2. Covarianza y Correlación

Partimos de  $n$  observaciones efectuadas para las variables  $x$  e  $y$ . Podemos organizarlas en la siguiente tabla

$x_i$	$x_1$	$x_2$	$\dots$	$x_n$
$y_i$	$y_1$	$y_2$	$\dots$	$y_n$

Y se definen entonces las medias de las variables “ $x$ ” e “ $y$ ” como:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}.$$

Además se definen las varianzas de “ $x$ ” e “ $y$ ” respectivamente como:

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}.$$

Por último, se define la covarianza entre “ $x$ ” e “ $y$ ” como

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}.$$

**Hecho:** La covarianza es una medida del grado de dependencia lineal entre las variables  $x$  e  $y$ .

Así si  $S_{xy} = 0$  podemos afirmar que existe dependencia entre “ $x$ ” e “ $y$ ” y ésta es, en función del signo de la covarianza:

- *Directa* (cuando  $S_{xy} > 0$ ) en la cual incrementos positivos de “x” se corresponden con incrementos positivos de “y”.
- *Inversa* (cuando  $S_{xy} < 0$ ) en la cual incrementos positivos de “x” se corresponden con incrementos negativos de “y”.

Cuando  $S_{xy} = 0$  entonces “x” e “y” son independientes y no guardan relación lineal alguna.

**Nota:** La covarianza se expresa en las mismas unidades que las variables a partir de las cuales se calcula. Así por ejemplo, si “x” es el peso (en kilos) e “y” la estatura (en cm) la covarianza se expresa en kilos por centímetros

**Nota 2:** Un problema que presenta la covarianza es que es una **magnitud absoluta** y no indica si el grado de dependencia entre las variables es elevado o no. Tan sólo nos dice si existe dependencia (o no) y su tipo (directa o inversa).

Para solventar esta última dificultad, se introduce el **coeficiente de correlación lineal** entre “x” e “y” de la forma

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y}$$

Siendo  $S_x$  y  $S_y$  las raíces cuadradas (positivas) de las varianzas  $S^2x$  y  $S^2y$ . Este coeficiente es una medida adimensional del grado de dependencia/independencia lineal entre las variables  $x$  e  $y$ . Tiene el mismo signo que la covarianza  $S_{xy}$  y además cumple

$$-1 \leq r \leq 1.$$

Finalmente, cuanto más se aproxime  $r$  a 1 ó -1 mayor sería la dependencia lineal entre las variables (el signo indica si la dependencia es directa o inversa). En tal caso, una recta aproximaría casi de forma perfecta la relación entre ambas variables. Si  $r$  es próximo a cero, no existirá una dependencia lineal entre las

variables, aunque bien podrá existir otro tipo de dependencia: polinómica, potencial, exponencial, etc.

### 3. Ajuste por mínimos cuadrados

Para buscar una función  $f$  que aproxime los datos observados para las variables  $x$  e  $y$  un primer paso consiste en determinar qué tipo de función necesitamos. Salvo que se tenga, a priori, alguna información sobre el tipo de dependencia que existe entre las variables, resulta muy útil representar en el plano la nube de puntos  $(x_1; y_1); (x_2; y_2); \dots; (x_n; y_n)$  y observar cómo se sitúan para anticipar qué clase de función es la que mejor se adapta.

Una vez seleccionado el posible tipo de función de ajuste (lineal, potencial...) el siguiente paso consiste en determinar dicha función, esto es, determinar los parámetros que la caracterizan por completo. Por ejemplo:

- si se trata de una recta,  $f(x) = a + bx$ , se trata de determinar el valor de la pendiente  $b$  y la ordenada en el origen  $a$ ;
- si se trata de un polinomio  $f(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_nx^n$  se trata de determinar los coeficientes  $a_0; a_1; \dots; a_n$ ;
- si se trata de una exponencial,  $f(x) = ae^{bx}$ , se trata de determinar el valor de las constantes  $a; b$ .

Existen diversos métodos para el cálculo de los parámetros de las funciones de ajuste (nosotros veremos en el próximo epígrafe como calcular los valores  $a; b$  para una función lineal). En general, se aplica el denominado método de los mínimos cuadrados que consiste en imponer a la función  $f$  la condición de que la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados (los valores empíricos  $y_i$ ) y los valores teóricos (valores predichos  $f(x_i)$ ) sea mínima. En otras palabras, lo que se pide es que la cantidad

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$$

Sea mínima. A partir de esta imposición, se obtienen los coeficientes que determinan a la función de ajuste (veremos esto en la próxima sección para el caso de una función lineal  $f(x) = a + bx$ ).

Una vez obtenida la función de aproximación, la manera de medir la precisión (la bondad) del ajuste consiste en calcular el **error típico o error estándar**, que depende de cada función de **ajuste  $f$**  y se define como

$$c(f) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2}{n}}$$

De esta forma, si tenemos dos posibles funciones para ajustar unos datos experimentales, basta calcular el error típico asociado a cada una de ellas y el menor sería el que nos daría la mejor función de ajuste.

Nota: El número  **$e(f)$**  no es una medida absoluta de lo bueno que es el ajuste por la función  **$f$** , sino que es una medida que nos sirve para comparar si, dada otra función de ajuste  **$g$** , esta es mejor o peor que la  **$f$** .

#### 4. Regresión lineal

Queremos buscar una función de ajuste que sea lineal, esto es, una función del tipo  **$f(x) = a + bx$**  para representar la relación existente entre las variables  **$x$**  e  **$y$**  partiendo de unos datos experimentales  **$(x_1; y_1); (x_2; y_2); \dots; (x_n; y_n)$** . Se trata de calcular los mínimos de la función  **$F(a; b)$**  donde:

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - (a + bx_i))^2$$

y el mínimo  **$(a; b)$**  obtenido nos daría la función lineal  **$f(x) = a + bx$**  que mejor se aproxima a la nube de puntos. Después de unas cuentas se calcula  **$a$**  y  **$b$**  y se obtiene que:

$$b = \frac{S_{xy}}{S_x^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}.$$

Por tanto, la ecuación de la recta de regresión (por el método de mínimos cuadrados) de  **$y$**  sobre  **$x$**  es:



$$y - \bar{y} = \frac{S_{xy}}{S_x^2}(x - \bar{x}).$$

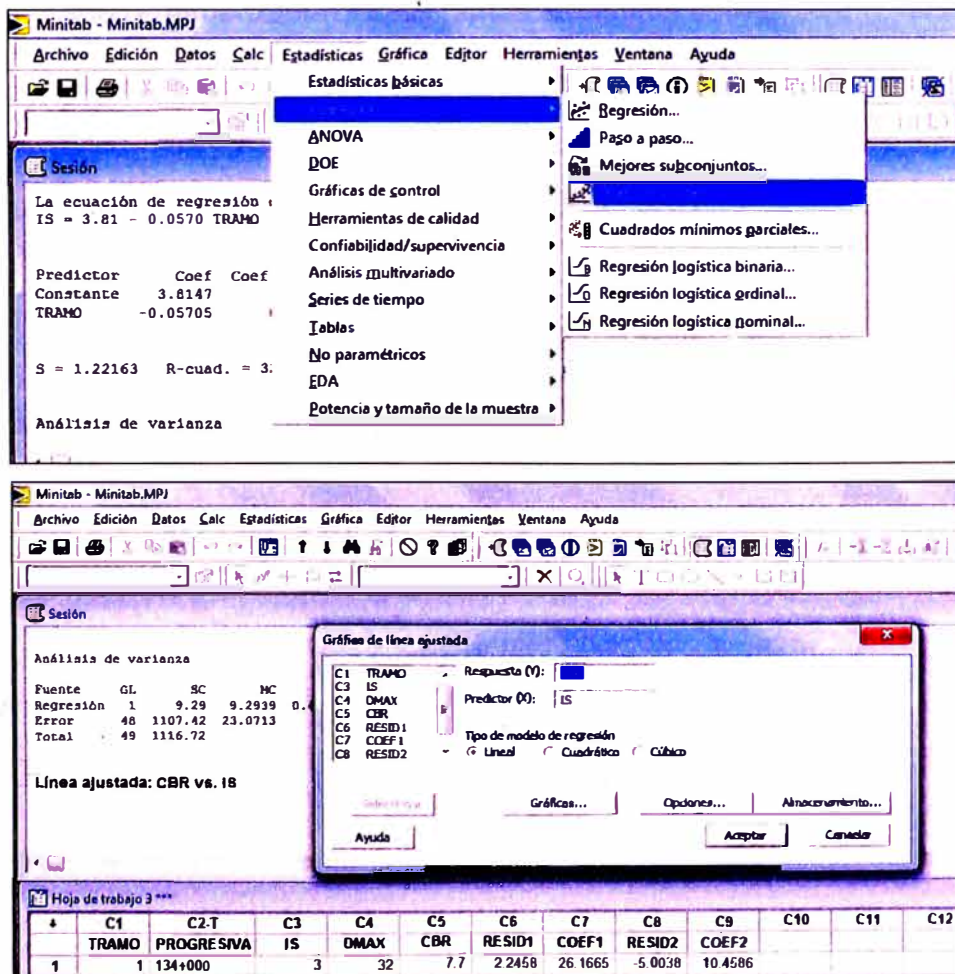
Esta recta es el mejor ajuste lineal para la nube de puntos  $(x_1; y_1); (x_2; y_2); \dots; (x_n; y_n)$ . Los números  $(a; b)$  los calcula el software MINITAB.

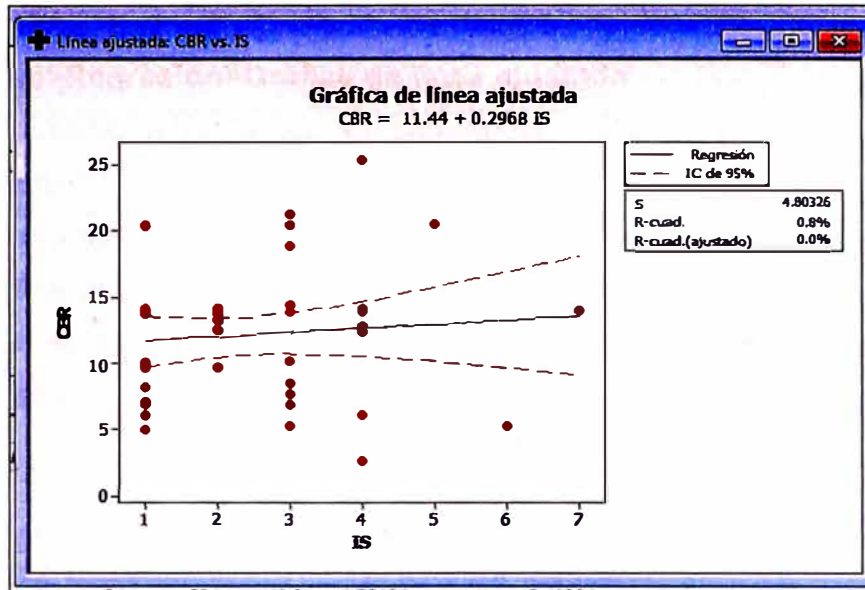
Con el MINITAB, una vez ingresados los datos a comparar, la ruta sería:

**Estadísticas>Regresión>Gráfica de línea ajustada**

- Se selecciona las variables o parámetros respectivos
- Se selecciona: *Ajuste Lineal*
- En opciones para una mejor vista, se pide dibujar los rangos que muestre el 95% de confiabilidad de datos.
- Si se quiere almacenar datos se puede evaluar el guardar coeficientes, errores, etc. Se acepta y la gráfica nos muestra un cuadro con el valor del coeficiente de correlación.

FIGURA A09-01: PROCESO DE CÁLCULO DE AJUSTE POR REGRESIÓN LINEAL





Fuente: Elaboración Propia

## 5. Regresión parabólica o cuadrática

En esta ocasión, el ajuste se realiza mediante una función polinómica de segundo grado (una parábola). Esta puede escribirse como:

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2.$$

Por tanto, hay que buscar el mínimo de la función:

$$F'(a_0, a_1, a_2) = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2)^2$$

Y resulta que el mínimo (**a0; a1; a2**) se obtiene resolviendo el sistema

$$\left. \begin{aligned} na_0 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^3 &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^4 &= \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \end{aligned} \right\}$$

Evidentemente, esto lo hace también el software MINITAB.

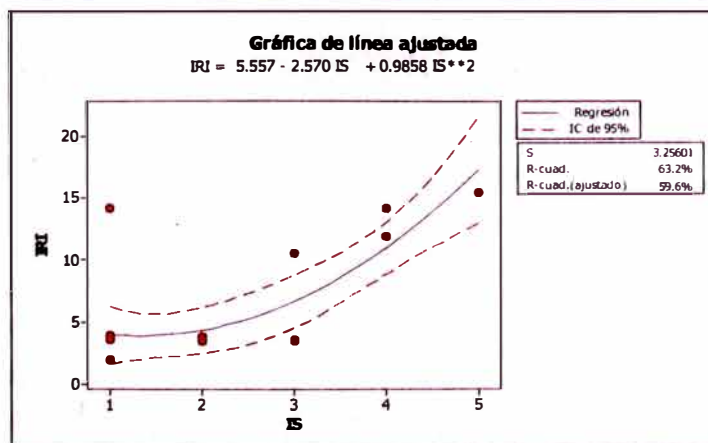
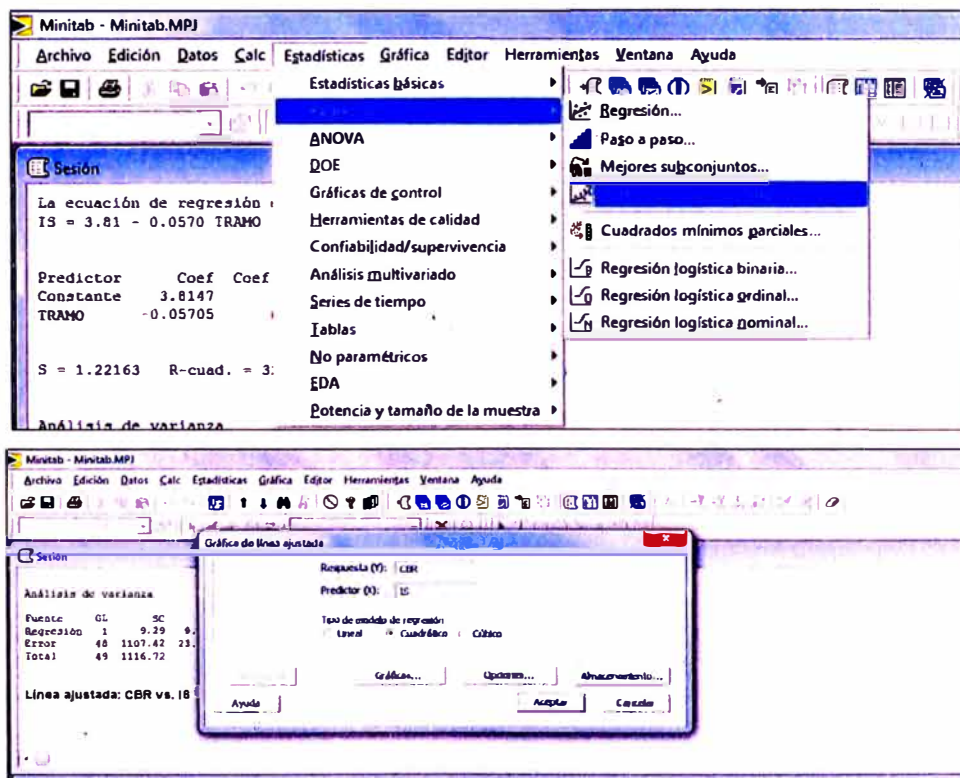
Con el MINITAB, una vez ingresados los datos a comparar, la ruta sería:

**Estadísticas>Regresión>Gráfica de línea ajustada**

- Se selecciona las variables o parámetros respectivos
- Se selecciona: *Ajuste Cuadrática*
- En opciones para una mejor vista, se pide dibujar los rangos que muestre el 95% de confiabilidad de datos.

Si se quiere almacenar datos se puede evaluar el guardar coeficientes, errores, etc. Se acepta y la gráfica nos muestra un cuadro con el valor del coeficiente de correlación.

FIGURA A09-02: PROCESO DE CÁLCULO DE AJUSTE POR REGRESIÓN CUADRÁTICA



Fuente: Elaboración Propia