

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



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO
DEL PCI. CARRETERA CAÑETE-CHUPACA.
METODOLOGIA DE LA DISCRIMINACIÓN DE DATOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ROBERTO JHONNY JARA TRUJILLO

**Lima - Perú
2011**

INDICE

RESUMEN	03
LISTA DE CUADROS	04
LISTA DE GRAFICOS	05
LISTA DE FOTOS	06
LISTA DE SÍMBOLOS	07
INTRODUCCIÓN	08
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES	
1.1 ANTECEDENTES	09
1.2 UBICACIÓN	11
1.3 CARACTERISTICAS DE LA CARRETERA	12
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	
2.1 DEFINICIÓN DEL PCI	14
2.2 TIPOS DE FALLAS	17
2.2.1 Grieta Piel de Cocodrilo	18
2.2.2 Exudación de Asfalto	20
2.2.3 Grietas de Contracción en Bloque	21
2.2.4 Elevaciones y Hundimientos	22
2.2.5 Corrugaciones	23
2.2.6 Depresiones	24
2.2.7 Grieta de Borde	25
2.2.8 Grieta de Reflexión de juntas	26
2.2.9 Desnivel Calzada-Hombrillo	28
2.2.10 Grietas Longitudinales y Transversales	28
2.2.11 Baches y Zanjas Reparadas	30
2.2.12 Agregado Pulido	31
2.2.13 Huecos	32
2.2.14 Acceso y Salida a Puentes, Rejilla de Drenaje, Líneas Férreas	34
2.2.15 Ahuellamientos	35
2.2.16 Deformación	36
2.2.17 Grietas de Deslizamiento	37
2.2.18 Hinchamiento	38

2.2.19 Disgregación y Desintegración	40
2.3 HERRAMIENTAS	41
CAPÍTULO 3: DISCRIMINACIÓN DE DATOS APLICADO AL PCI	
3.1 CLASIFICACION SEGÚN TIPO DE FALLA	44
3.2 CÁLCULO DEL PCI	45
3.3 DISCRIMINACIÓN DE DATOS	48
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	89

RESUMEN

La evaluación superficial de pavimentos permite analizar la condición de las carreteras en el Perú, siendo este un método sencillo y el cual depende de la experiencia del evaluador.

En el presente trabajo se desarrolla la metodología del PCI, haremos recorrido tocando los temas de las características de la carretera en estudio, la parte teórica del PCI, en el cual vamos a tener conocimiento de los tipos de fallas y sus clasificaciones según la severidad de las mismas.

Se mostrara el registro de fallas halladas en campo, sectorizadas por tramos de 1 Km, para posteriormente centrarnos en la metodología de la discriminación de datos, en el cual usando herramientas de estadística vamos a poder comprobar que la data recogida en campo cumple las pruebas de hipótesis y por lo tanto son datos confiables que nos va a permitir al momento de procesar toda la información recogida, poder obtener el PCI real del tramo evaluado.

LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro N° 1.01	Datos Generales de la Carretera	10
Cuadro N° 1.02	Ubicación de la Carretera	11
Cuadro N° 1.03	Longitud de Subtramos de la Carretera	12
Cuadro N° 1.04	Datos Generales de la Carretera	13
Cuadro N° 2.01	Características del Método del PCI	15
Cuadro N° 2.02	Rango de Calificación del PCI	16
Cuadro N° 2.03	Cuadro de Calificación del PCI	16
Cuadro N° 2.04	Cuadro de Estado del Pavimento	17
Cuadro N° 2.05	Tipos de Fallas del método PCI	18
Cuadro N° 2.06	Niveles de Severidad de la Falla 13	33
Cuadro N° 2.07	Formato de metrados de Falla del PCI	43
Cuadro N° 3.01	Longitudes de Unidades de Muestreo para Carreteras Asfálticas	48
Cuadro N° 3.02	Metrado de Fallas y Cálculo del PCI en el Tramo Km 129+000 – Km 130+000	51
Cuadro N° 3.03	Metrado de Fallas y Cálculo del PCI en el Tramo Km 130+000 – Km 131+000	52
Cuadro N° 3.04	Metrado de Fallas y Cálculo del PCI en el Tramo Km 130+000 – Km 131+000	53
Cuadro N° 3.05	Metrado de Fallas y Cálculo del PCI en el Tramo Km 131+000 – Km 132+000	54
Cuadro N° 3.06	Metrado de Fallas y Cálculo del PCI en el Tramo Km 132+000 – Km 133+000	55
Cuadro N° 3.07	Cuadro Tipo de error	62
Cuadro N° 3.08	Homogenización de Tramos	85
Cuadro N° 3.09	Agrupamiento de Subtramos	85

LISTA DE GRAFICOS

		Página
Grafico N° 1.01	Datos Generales de la Carretera	8
Grafico N° 2.01	Ventana de Aplicación del Programa para el Calculo del PCI	42
Grafico N° 3.01.	Gráfico de Distribución Normal	58
Grafico N° 3.02.	Gráfico de Distribución Lognormal	59
Grafico N° 3.03.	Límite de decisión	62
Grafico N° 3.04.	Reporte de Minitab	70

LISTA DE FOTOS

		Página
Foto N° 2.01	Grieta Piel de Cocodrilo	19
Foto N° 2.02	Exudación de Asfalto	20
Foto N° 2.03	Grietas de Contracción en Bloque	22
Foto N° 2.04	Elevaciones y Hundimientos	23
Foto N° 2.05	Corrugaciones	24
Foto N° 2.06	Depresiones	25
Foto N° 2.07	Grieta de Borde	26
Foto N° 2.08	Grieta de Reflexión de Juntas	27
Foto N° 2.09	Desnivel Calzada Hombrillo	28
Foto N° 2.10	Grietas Longitudinales y Transversales	30
Foto N° 2.11	Baches y Zanjas Reparadas	31
Foto N° 2.12	Agregado Pulido	32
Foto N° 2.13	Huecos	34
Foto N° 2.14	Acceso y Salida a Puentes	35
Foto N° 2.15	Ahuellamientos	36
Foto N° 2.16	Deformación por empuje	37
Foto N° 2.17	Grietas de Deslizamientos	38
Foto N° 2.18	Hinchamiento	39
Foto N° 2.19	Disgregación y Desintegración	41
Foto N° 2.20	Wincha	41
Foto N° 2.21	Regla Metálica	42

LISTA DE SÍMBOLOS

- PCI : Índice de condición del pavimento
- m_i : Número máximo admisible
- HDVi : Mayor valor deducido individual
- CDV : Máximo valor deducido
- n : Número de unidades de muestra a evaluar
- N : Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento
- e : Error permisible en determinación del PCI
- σ : Desviación estándar del PCI
- L : Condición baja del pavimento
- M : Condición media del pavimento
- H : Condición alta del pavimento

INTRODUCCIÓN

La evaluación superficial de carreteras de bajo volumen de tránsito es un tema de investigación que se está desarrollando en nuestro país, por lo que hay bastante información y data disponible para poder desarrollar esta investigación.

De las diversas alternativas que existen para realizar evaluaciones superficiales la metodología del PCI es una opción sencilla y económica debido a que es una evaluación visual no requiere de muchas herramientas ni de aparatos sofisticados y los resultados obtenidos son confiables.

En el capítulo I se menciona las características de la carretera que fue evaluada, en ella desarrollamos sus antecedentes, ubicación y características actuales de cómo se encuentra la vía.

En el capítulo II se desarrolla la teoría del PCI, su definición, los tipos de fallas con los que clasifica a la superficie de los pavimentos y los diversos tipos de herramientas que se emplean para realizar la evaluación superficial con la metodología del PCI.

En el capítulo III se desarrolla la metodología de la discriminación de datos en el cual haciendo uso de herramientas estadísticas analizaremos los datos obtenidos en campo, veremos si estos datos son confiables con el programa Minitab y finalmente haremos un análisis de los resultados obtenidos con este software

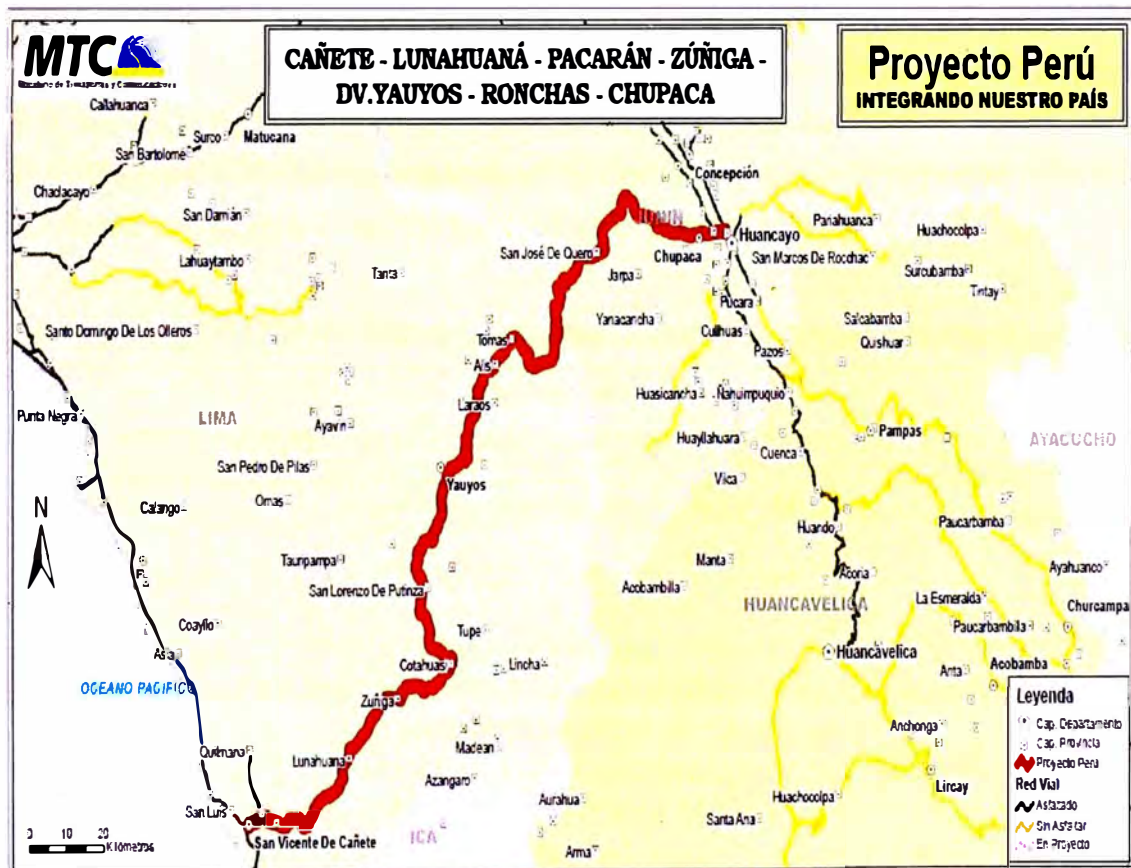
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La carretera Cañete-Yauyos (130 Km) forma parte de la ruta nacional No PE-24 uniendo las capitales de provincia de Cañete y Yauyos, ambos pertenecientes al departamento de Lima.

También es parte del Corredor Vial N° 13: Cañete - Lunahuaná - Pacarán - Chupaca y Zúñiga- Dv. Yauyos - Ronchas de 281 Km. De longitud, donde se realiza el Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio a cargo del programa de infraestructura vial denominado Proyecto Perú.

Grafico N° 1.01 Mapa de ubicación carretera Cañete - Chupaca



Fuente: Pagina web del MTC

Proyecto Perú es un programa bajo responsabilidad de PROVIAS NACIONAL, es un programa de infraestructura vial diseñado para mejorar las vías de

integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar las condiciones de mejoría en estas zonas alejadas del país. Este programa busca mantener la vía con una adecuada serviciabilidad, interviniendo de forma oportuna y metódicamente mediante las actividades de Conservación Rutinaria, Conservación Periódica, Reparaciones Menores y atención de emergencias.

La conservación vial por niveles de servicio de la carretera Cañete - Lunahuana - Pacarán - Chupaca y la Rehabilitación del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas, está a cargo del Contratista Consorcio Gestión de Carreteras (CCGC), formado por ICCGSA, CORPORACION MAYOC S.A.C, EMPRESA DE MANTENIMIENTO VIAL LA MARGINAL S.R.L mediante el contrato N° 288-2007-MTC/20 firmado el 27 de Diciembre del 2007 con una duración de 5 años.

La supervisión y administración de este contrato está bajo la responsabilidad de la Unidad Zonal de Lima de Provias Nacional, el cual ha firmado un convenio (018-2008-MTC/20) con la Universidad Nacional de Ingeniería para que realice el monitoreo y seguimiento de los trabajos de conservación vial.

Cuadro N° 1.01 Datos Generales Carretera Cañete - Chupaca

CORREDOR VIAL	
CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - DV YAUYOS - RONCHAS - CHUPACA	
Carretera :	Cañete - Lunahuana - Yauyos - Chupaca
Longitud Total:	281.73 Km
Contrato:	N° 288-2007-MTC/20
Contratista:	CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS (ICCGSA, CORPORACION MAYOC S.A.C, Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal SRL)
Valor Referencial	S/. 131'895,292.01
Monto del Contrato:	S/. 131'589,139.71
Duracion del Contrato:	05 Años
Inicio de Contrato:	01. Febrero.2008

Fuente: Elaboración Propia

Descripción del proyecto

La carretera cañete – Yauyos- Chupaca, es parte del programa: Proyecto Perú, el cual aspira a ser un sistema de contratación mediante el cual se de mantenimiento preventivo a la infraestructura vial, mediante la firma de contratos, en lo que las prestaciones se controlen por niveles de servicios y por plazos iguales o superiores a los 3 años, los cuales implican el concepto de transferencia de riesgo al Contratista

Bajo este sistema no se realizarán modificaciones a la geometría de la vía, sino lo que busca el Estado es desarrollar una cultura preventiva, a fin de evitar el deterioro prematuro de las vías, además esto nos permitirá tener a la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

1.2 UBICACIÓN

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, pertenece a la Red Vial Nacional con código de ruta R22 de 271.73 KM de longitud. La carretera une las localidades de San Vicente de Cañete, Lunahuana, Pacarán, Zúñiga, San Juan , San Jerónimo , Catahuasi, Chichicay , Capilluca , Calachota, Magdalena, Tinco Huantán, LLapay , Ális , Tomas, Tinco Yauricocha, San José de Quero , Chachicocha , Collpa , Roncha y Chupaca. El tramo a evaluar de la carretera es del km 129+000 al km 133+000, el cual se ubica a la altura del Desvío Yauyos – Magdalena a 2289 m.s.n.m.

Cuadro N° 1.02 Ubicación de la Carretera Cañete - Chupaca

Departamento:	Lima - Junín	
Provincia:	Cañete - Chupaca	
Region Geográfica:	Costa y Sierra	
Altitud:	71 m.s.n.m (Cañete) - 4751 m.s.n.m (Abra Chupaca)	
Latitud:	13°04'38.08"S	76°24'11.45"O (San Vicente)
	12°03'35.29"S	75°17'13.47"O (Chupaca)
Coordenadas:	348,000.55 E	8'553,201.88 S (San Vicente)
	468,680 E	8'666,783 S (Chupaca)

Fuente: Elaboración Propia

1.3 CARACTERISTICAS DE LA CARRETERA

Entre las características de la carretera tenemos:

- El Diseño de la Carretera es a media ladera y a su vez paralela al río Cañete.
- Número de Carriles Variables y a su vez también los anchos (3.2 – 6.60 m.)
- Tratamiento Superficial del Pavimento en estudio – Monocapa
- Diseño geométrico no estandarizado.
- Drenaje superficial escaso – cunetas de tierra – alcantarillas artesanales.
- Moderada vegetación – áreas de cultivo en terrazas.
- Escasa protección de talud inferior en tramos sinuosos.
- Une centros poblados (Zúñiga – San Juan – San Jerónimo – Catahuasi – Chichicay – Capillucas – Calachota – Magdalena).

Cuadro N° 1.03 Longitud de Sub-Tramos Carretera Cañete - Chupaca

TRAMO	KILOMETRO	LONGITUD
Cañete - Lunahuana	1+850 - 42+755	40.95 km
Lunahuana - Pacarán	42+755 - 54+662	11.91 km
Pacarán - Zuñiga	54+662 - 58+405	3.74 km
Zuñiga - Dv. Yauyos	58+405 - 128+805	70.4 km
Dv. Yauyos - Roncha	128+805 - 256+990	128.19 km
Roncha - Chupaca	256+990 - 273+531	16.54 km

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 1.04 Datos Generales Carretera Cañete - Chupaca

Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura (Antes)	Tipo de Superficie de rodadura (Despues)	Longitud
Cañete - Lunahuana	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	Carpeta Asfáltica	40.95
Lunahuana -Pacarán	Asfaltada	Tratamiento Superficial	Tratamiento Superficial	11.907
Pacarán - Zuñiga	Afirmado	Afirmado	Slurry Seal	3.743
Zuñiga - Dv. Yauyos	Afirmado	Afirmado	Monocapa	70.4
Dv. Yayos - Roncha	Afirmado	Afirmado	Monocapa	128.185
Roncha - Chupaca	Afirmado	Afirmado	Afirmado	16.541
TOTAL				271.73

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

2.1 DEFINICION DEL PCI

El PCI es un método de evaluación superficial de pavimentos, fue desarrollado por M.Y. Shahin y S.D.Khon y publicado por el cuerpo de Ingenieros de la armada de Estados Unidos en el Reporte Técnico M-268 en el año 1978 para su primera versión y luego fue actualizado en TM5-623.

En la actualidad el método para calcular el PCI, se encuentra estandarizado según la Norma ASTM D6433-07 "Procedimiento Estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos", que fue aprobada originalmente en el año 1999.

De igual manera la Norma ASTM D5340 – 09 "Método de Evaluación Normalizado para la Obtención del Índice de Condición del Pavimento en Aeropuertos, tiene como propósito a través de inspecciones visuales determinar la condición de los pavimentos en los aeropuertos.

El Índice de Condición del Pavimento (P.C.I., por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad.

La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituye el sistema.

El deterioro de la estructura del pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los valores deducidos, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El P.C.I. no puede medir la capacidad estructural ni la medida directa de la resistencia al deslizamiento o rugosidad, pero proporciona una base objetiva y racional para determinar la necesidad de conservación y reparación según su prioridad. El monitoreo continuo del P.C.I. es usado para establecer la tasa de

deterioro del pavimento, que permite una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación mayor.

Cuadro N° 2.01 Características del Método PCI

CARACTERISTICAS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL PCI
El procedimiento es visual
Es fácil de emplear
No requiere de ningun equipo especial de evaluación
Ofrece buena repetibilidad y confiabilidad estadística de los resultados
Suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, tanto su severidad como área afectada.

Fuente: Elaboración Propia

Rango de calificación del PCI

El PCI. se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenidos como parte del inventario, ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

El P.C.I. es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento, el cual proporciona una medida de la condición presente del pavimento basada en las fallas observadas en la superficie del pavimento, que también indican la integridad estructural y condición operacional de la superficie (rugosidad localizada y seguridad).

Este índice numérico varía desde cero (0), para un pavimento colapsado (fallado) o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

Cuadro N° 2.02 Rango de Calificación del PCI

RANGO	CALIFICACIÓN
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
10.-25	Muy Malo
10-0	Fallado

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2.03 Cuadro de Calificación del PCI

RANGO	CALIFICACIÓN
100	Pavimento en "perfecto" estado.
70	Punto en que el pavimento comienza a mostrar pequeñas fallas localizadas, es decir el punto en que deben iniciarse acciones de mantenimiento rutinario y/o preventivo menor.
55	Punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes. Condición para corregir fallas fuertes. Su condición de rodaje sigue siendo "buena" pero su deterioro o reducción de calidad de rodaje comienza a aumentar.
40	Punto en el que pavimento muestra fallas más acentuadas y su condición de rodaje puede calificarse como "regular" o "aceptable", el deterioro aumenta rápidamente. Este punto es cercano al definido como punto "óptimo" de rehabilitación.
0	El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el tráfico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera "fallado" y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial de un alto porcentaje de su área.

Fuente: Elaboración Propia

El Cuadro N°2.03, resume la acción a tener en cuenta de acuerdo al valor del P.C.I. Calculado para cada vía. Se aprecia además el estado del pavimento asociado a este mismo valor.

Cuadro N° 2.04 Cuadro de Estado del Pavimento

PCI	ESTADO	INTERVENCIÓN
0-30	Malo	Construcción
31-70	Regular	Rehabilitación
71-100	Bueno	Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

Trabajos de Mantenimiento (P.C.I. > 70) están referidos a la actividad de “aumentar” la vida útil de la estructura de pavimento, en términos de comodidad y seguridad. Puede constituir una práctica preventiva y/o correctiva.

Trabajos de Rehabilitación ($70 > \text{P.C.I.} > 30$) se refiere a la necesidad de “devolver” a la estructura de pavimento las condiciones de soporte de carga con las que inicialmente se construyó así como su nivel de servicio en términos de seguridad y comodidad

Trabajos de Construcción (P.C.I. < 30) se vinculan a la caracterización de una estructura de pavimento nueva sobre vías en afirmado o tierra o que por su estado de deterioro se considera deben ser reconstruidas.

2.2 TIPOS DE FALLA

El PCI considera diecinueve (19) tipos de fallas en el deterioro del pavimento.

Cuadro N° 2.05 Tipos de Fallas del método del PCI

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
1	Grieta Piel de Cocodrilo	m2
2	Exudación de Asfalto	m2
3	Grietas de Contracción en bloque	m2
4	Elevaciones y Hundimientos	m2
5	Corrugaciones	m2
6	Depresiones	m2
7	Grieta de borde	m
8	Grieta de reflexión de juntas	m
9	Desnivel calzada-hombrillo	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Baches y zanjas reparadas	m2
12	Agregado pulido	m2
13	Huecos	No.
14	Acceso y salida a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas	m2
15	Ahuellamientos	m2
16	Deformación por empuje	m2
17	Grietas de deslizamientos	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Disgregación y desintegración	m2

Fuente: Elaboración Propia

2.2.1 Grieta Piel de Cocodrilo

Descripción: Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que

se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como "grietas en bloque", el cual no es un daño debido a la acción de la carga). La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Niveles de severidad

L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M (Médium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad. Sobrecarpeta. Reconstrucción

H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción

Foto N° 2.01 Grieta Piel de Cocodrilo



Fuente: Manual Ingepav

2.2.2 Exudación de Asfalto

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento.

Niveles de severidad:

L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas al año.

H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

Medida:

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentado si fuera necesario).

Foto N° 2.02 Exudación del Asfalto



Fuente: Manual Ingepav

2.2.3 Grietas de contracción (en bloque)

Descripción: Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Niveles de severidad

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.

M: Bloques definidos por grietas de severidad media.

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

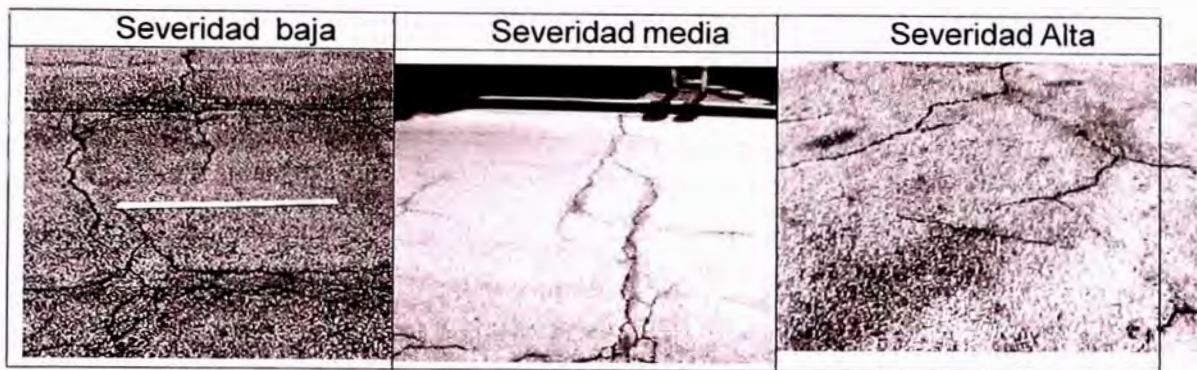
Opciones de reparación

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre carpeta.

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

Foto N° 2.03 Grietas de Contracción



Fuente: Manual Ingepav

2.2.4 Elevaciones y Hundimientos

Descripción: Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado "tenting").

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento.

Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman "ondulaciones".

Niveles de severidad

L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad

M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

Medida

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

Opciones de reparación

L: no se hace nada

M: reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

H: reciclado (fresado) en frío. Parcheo o parcial. Sobrecarpeta.

Foto N° 2.04 Elevaciones y Hundimientos



Fuente: Manual Ingepav

2.2.5 Corrugaciones:

Descripción: La corrugación (también llamada "lavadero") es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

Niveles de severidad

L: Corrugaciones producen una calidad de transito de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una calidad de transito de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una calidad de transito de alta severidad.

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Foto N° 2.05 Corrugaciones



Fuente: Manual Ingepav

2.2.6 Depresiones

Descripción: Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

Niveles de severidad:

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm

M: 25.0 a 51.0 mm

H: más de 51.0 mm

Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del area afectada.

Opciones de reparación

L: No se hace nada

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.

Foto N° 2.06 Depresiones



Fuente: Manual Ingepav

2.2.7 Grieta de borde

Descripción: Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del Pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

Niveles de severidad

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a los largo del borde.

Medida

La grieta de borde se mide en pies lineales (ó metros lineales)

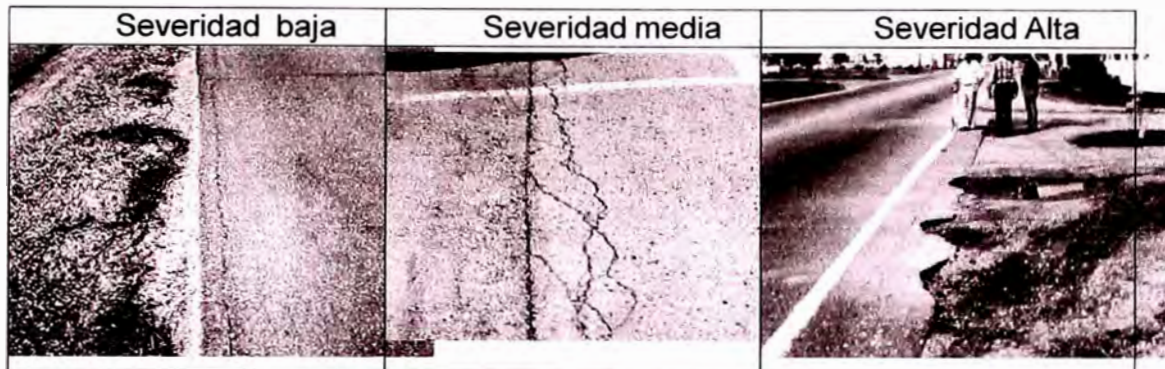
Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial – profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.

Foto N° 2.07 Grieta de Borde



Fuente: Manual Ingepav

2.2.8 Grieta de reflexión de junta

Descripción: Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada.

Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10 mm
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material Llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones

1. Grieta sin relleno de ancho entre 10 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

H: Existe una de las condiciones

1. Grieta sin relleno o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.
2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

Medida

La grieta de reflexión de junta se mide en pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

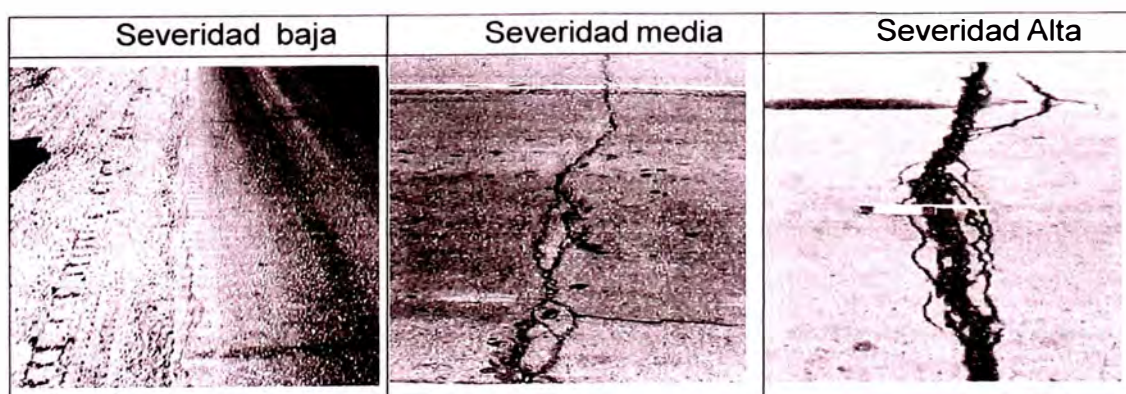
Opciones de Reparación.

L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

H: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.

Foto N° 2.08 Grieta de Reflexión de Junta



Fuente: Manual Ingepav

2.2.9 Desnivel Calzada - Hombrillo

Descripción: El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

Niveles de severidad.

L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

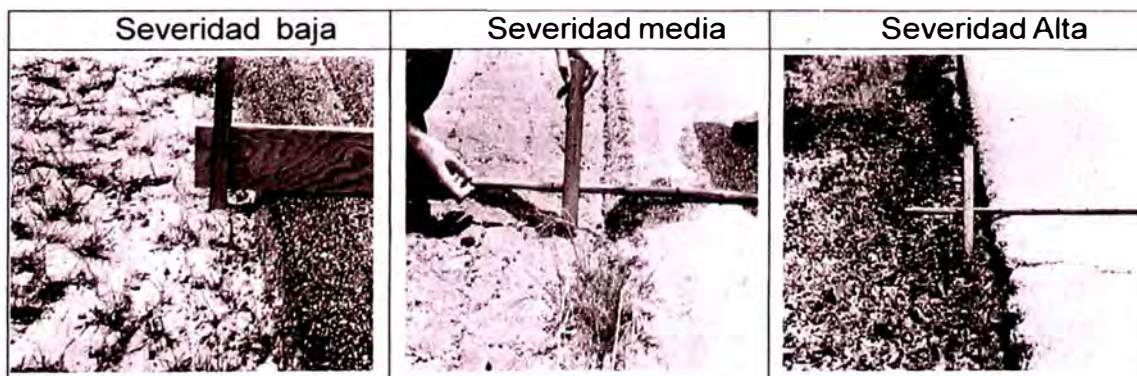
Medida

El desnivel carril / berma se miden en pies lineales (ó metros lineales).

Opciones de reparación

L, M, H: Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.

Foto N° 2.09 Desnivel Calzada de Hombrillo



Fuente: Manual Ingepav

2.2.10 Grietas Longitudinales y Transversales

Descripción: Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.

3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Medida

Las grietas longitudinales y transversales se miden en pies lineales (ó metros lineales). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

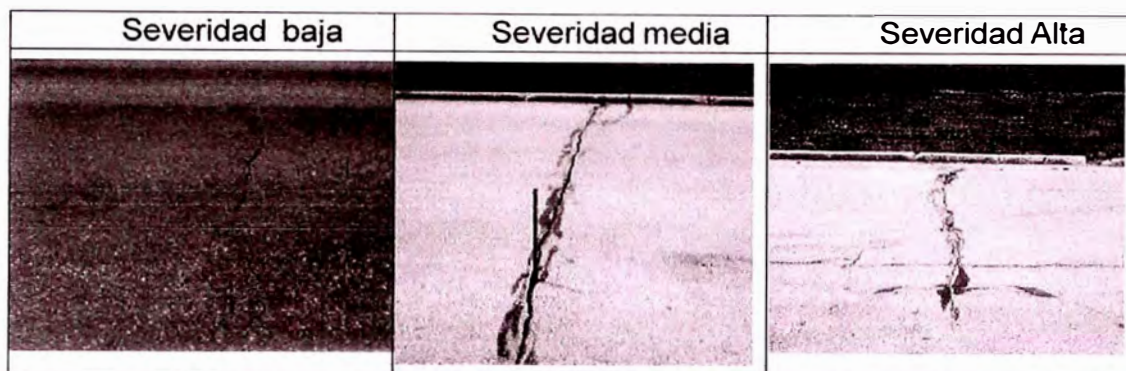
Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.

Foto N° 2.10 Grietas Longitudinales y Transversales



Fuente: Manual Ingepav

2.2.11 Baches y Zanjas Reparadas

Descripción: Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

Niveles de Severidad.

L: El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

M: El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Medida.

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m²

puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del parche.

H: Sustitución del parche.

Foto N° 2.11 Bacnes y Zanjas Reparadas



Fuente: Manual Ingepav

2.2.12 Agregado Pulido

Descripción: Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

Niveles de severidad.

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

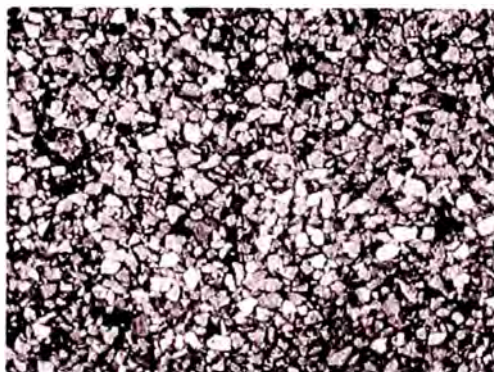
Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

Opciones de reparación

L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.

Foto N° 2.12 Agregado Pulido



Fuente: Manual Ingepav

2.2.13 Huecos

Descripción: Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o

meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro 13.1. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Cuadro N° 2.06 Niveles de Severidad de la Falla 13

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
>25.4 a 50.8 mm	L	M	H
>50.8 mm	M	M	H

Fuente: Manual Ingepav

Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

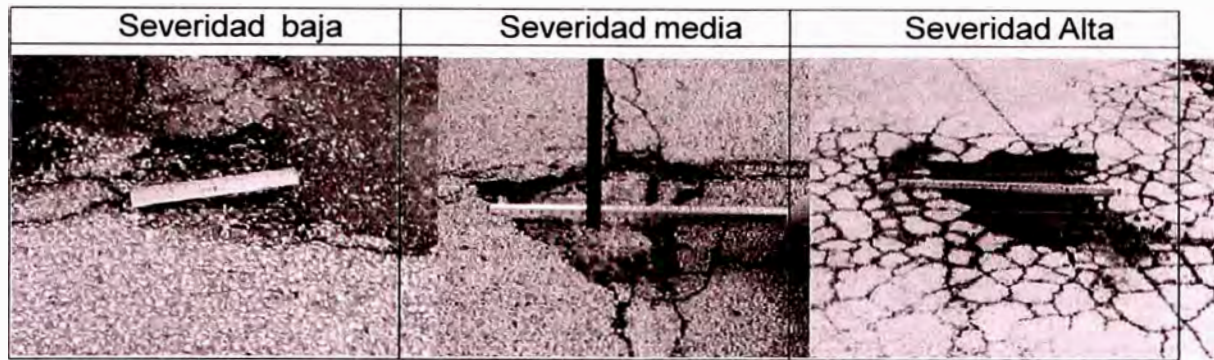
Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.

M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo.

Foto N° 2.13 Huecos



Fuente: Manual Ingepav

2.2.14 Acceso y salida a Puente, Rejilla de Drenaje, Líneas Férreas

Descripción: Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.

Niveles de severidad

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

H: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

Medida

El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

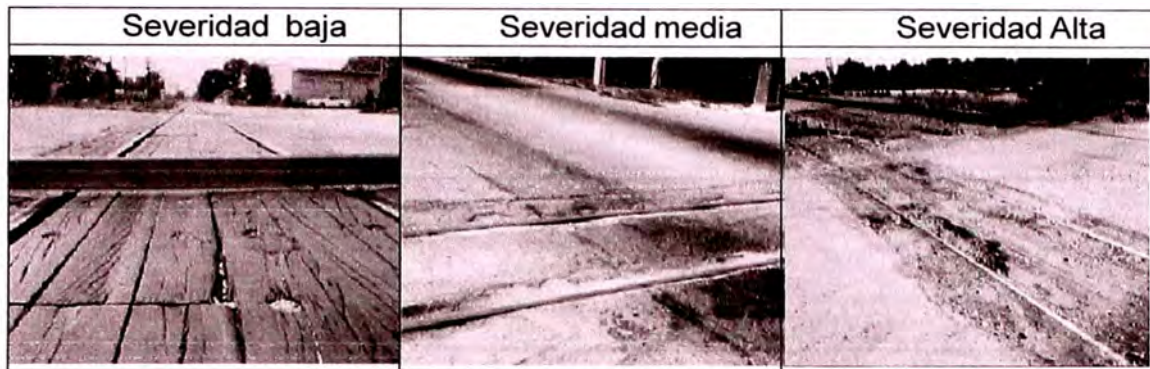
Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

Foto N° 2.14 Acceso y Salida a Puesto



Fuente: Manual Ingepav

2.2.15 Ahuellamiento

Descripción: El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

Medida

El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

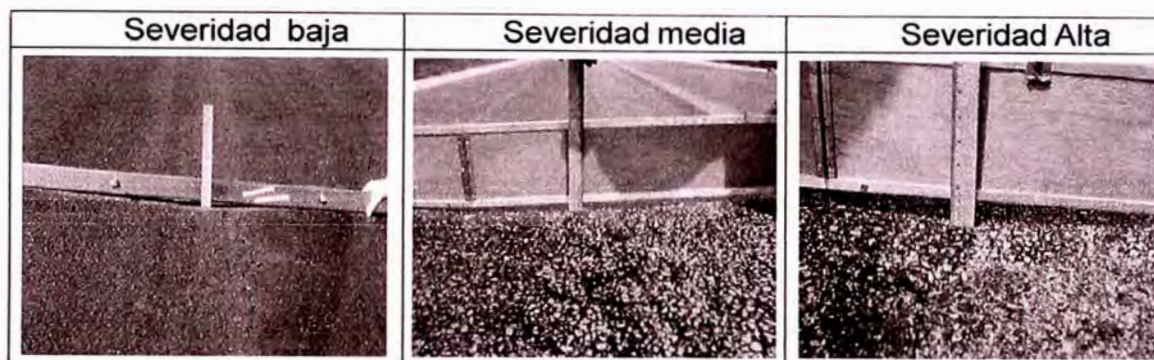
Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

Foto N° 2.15 Ahuellamiento



Fuente: Manual Ingepav

2.2.16 Deformación por empuje

Descripción: El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Pórtland se incrementa causando el desplazamiento.

Niveles de severidad

L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

Los desplazamientos se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.

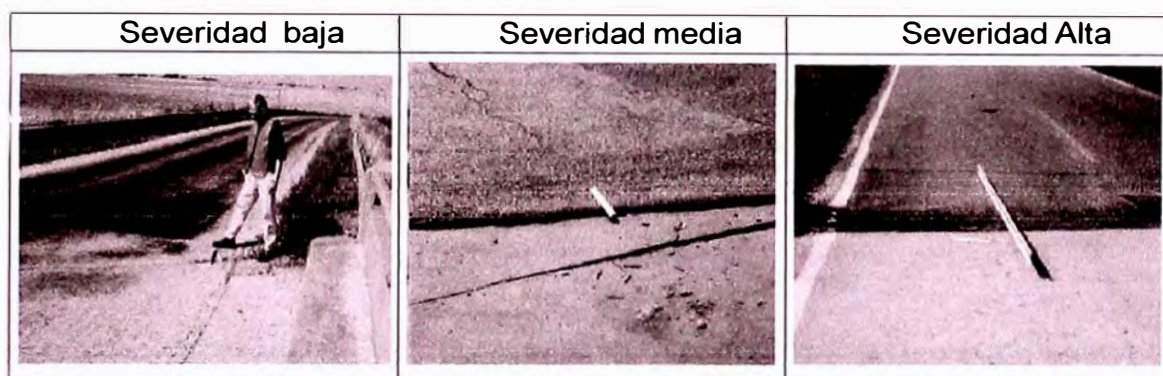
Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

H: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

Foto N° 2.16 Deformación por Empuje



Fuente: Manual Ingepav

2.2.17 Grietas de Deslizamientos

Descripción: Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

Nivel de severidad

L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.

2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Medida

El área asociada con una grieta parabólica se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

Foto N° 2.17 Grietas por Deslizamiento



Fuente: Manual Ingepav

2.2.18 Hinchamiento

Descripción: El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

Nivel de severidad

L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Medida

El hinchamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

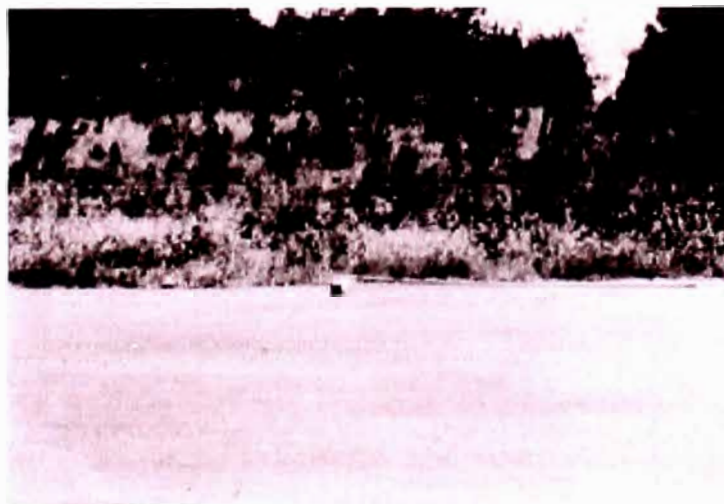
Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Foto N° 2.18 Hinchamiento



Fuente: Manual Ingepav

2.2.19 Disgregación y desintegración

Descripción: La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento

Niveles de severidad:

L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

Medida:

La meteorización y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.

Foto N° 2.19 Disgregación y Desintegración



Fuente: Manual Ingepav

2.3 HERRAMIENTAS

Las herramientas utilizadas para levantar información en campo son:

Hojas de datos, o cualquier sistema de almacenamiento de información en campo que permita registrar: fecha, ubicación, componente, sección, tamaño de la unidad de muestra, número y tamaño de losa, tipos de falla, grado de severidad, cantidades, y nombre del encargado de la inspección.

Además hemos desarrollado un programa de computo que facilitara el cálculo del PCI usando una ventana de aplicación, en esta se colocara los datos generales de la carretera: Tramo, evaluador, fecha.

Luego se colocará el área del tramo a evaluar, los tipos de fallas encontrados, su grado de severidad y el programa procederá a calcular la densidad, valor de reducción y por último el valor del PCI.

También deberá emplearse cintas métricas para realizar las mediciones (de 5m y 30m) de los diversos tipos de fallas, además se utilizara una regla metálica de 1.50m perfectamente alineada.

Foto N° 2.20 Wincha



Fuente: Internet

Foto N° 2.21 Regla de Metálica



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 2.01 Imagen de la Ventana de Aplicación del Programa para el cálculo del PCI

Método de Evaluación del PCI

PAVIMENTO DE ASFALTO DIAGRAMA:

HOJA DE INSPECCIÓN DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA

Carretera: Pavimento: Tramo:

Evaluador: Fecha: Área de la muestra: m²

1. Piel de cocodrilo	6. Depresiones	11. Bacheos y zanjas reparadas	16. Deformación por empuje
2. Exudación	7. Grietas de borde	12. Agregado Pulido	17. Grietas por deslizamiento
3. Grietas en bloque	8. Grietas de Reflexión de Juntas	13. Huecos	18. Hinchamiento
4. Elevación y Hundimiento	9. Desnivel Calzada Hombrillo	14. Acceso a puentes	19. Peladura
5. Corrugaciones	10. Grietas long. y transv.	15. Ahuellamiento	

	Tipo	Severidad	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Total	%Densidad	Valor de Reducción
*	▼	▼									

Actualizar

VRC máx:


PCI:

Limpiar

Exportar

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 2.07 Formato de Metrado de Fallas del PCI

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA CURSO DE TITULACION PROFESIONAL 2010-II EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL POR EL METODO DEL PCI</p>							
CONDICIÓN DE PAVIMENTO								
CARRETERA:		Pavimento:						
TRAMO		AREA (m2):						
EVALUADOR:		FECHA:						
NUMERACION DE FALLAS								
1	Piel de cocodrilo	7	Grietas de Borde	13	Huecos			
2	Exudacion	8	Gr. De R. Juntas	14	Acceso a Puentes			
3	Grietas en bloque	9	Desnivel Calzada Hombrillo	15	Ahuellamiento			
4	Elev. Y Hundimiento	10	Grietas Long. Y Trans.	16	Deformacion por Empuje			
5	Corrugaciones	11	Bacheo y zanjas Reparadas	17	Grietas de deslizamientos			
6	Depresiones	12	Agregado Pulido	18	Hinchamientos			
	Severidad: A=Alta	M= Media	B= Baja	19	Peladura			
VALOR DEDUCIDO POR FALLAS				ITERACION PARA CALCULO DE VDC max				
i	Codigo	Area (m2)	% Incidencia	VDi	Vdi	Densidad Total	q	VDC
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Calculo del PCI, de acuerdo a la norma ASTM-D6433-03					VALOR MAXIMO ADMISIBLE DE VD			
					$m=1+(9/98)(100-HDV)<10$			
					HDV=			
RESULTADO								
VDC max= _____								
PCI _____								
Condicion= _____								
OBSERVACIONES:								

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III: DISCRIMINACION DE DATOS APLICADO AL PCI

3.1 CLASIFICACION SEGÚN TIPO DE FALLA

Para realizar la clasificación se tendrá en cuenta 3 criterios:

1. La clase, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros.
2. La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la percepción que tiene el usuario al evaluar; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

Bajo, (B): se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero no provoca incomodidad.

Medio, (M): las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.

Alto, (A): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad del tránsito se determina recorriendo la sección de un pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad especificada por el límite legal. Las secciones del pavimento cercanas a las señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

3. La extensión, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro.

3.2 CÁLCULO DEL PCI

Luego de realizar la inspección de campo, la información obtenida de los daños encontrados en carretera se utiliza para calcular el valor del PCI. El cálculo puede obtenerse de forma manual utilizando los ábacos o con la ayuda de un programa de computación, ambas formas se basan en los cálculos de los "Valores Deducidos" de cada daño de acuerdo con el metrado de cada falla y la severidad reportada de cada una de ellas.

Para la determinación del valor del P.C.I., se desarrolla el método empleando el catálogo mostrado en la Cuadro 3.3, que muestra el número de falla, una breve descripción de la falla y la unidad empleada para el relevamiento. En este caso se deberá respetar la numeración asociada a la falla, que permitirá efectuar un proceso computarizado.

El relevamiento, registra información obtenida del campo y de la inspección visual.

Estas características corresponden a:

- Tipos de Falla: Cada falla en el pavimento evaluado debe ser clasificada dentro de los distintos tipos de falla descritos en el método y según se muestra en el catálogo.
- Severidad de Falla: En vista de las variaciones de severidad que presentan los tipos de fallas, se han descrito los diferentes niveles contemplados en el método para cada una de ellas.
- Valor de Dedución: Estos valores (VD) son determinados en función del tipo de falla, su severidad y su densidad en el pavimento.

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

a. Totalizar cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna "total" del formato de metrado de fallas. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

b. Dividir la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esa es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

c. Determinar el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan en el anexo al final del informe, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

a. Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c. 2.

b. Liste los valores deducidos individuales de mayor a menor.

c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV. El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

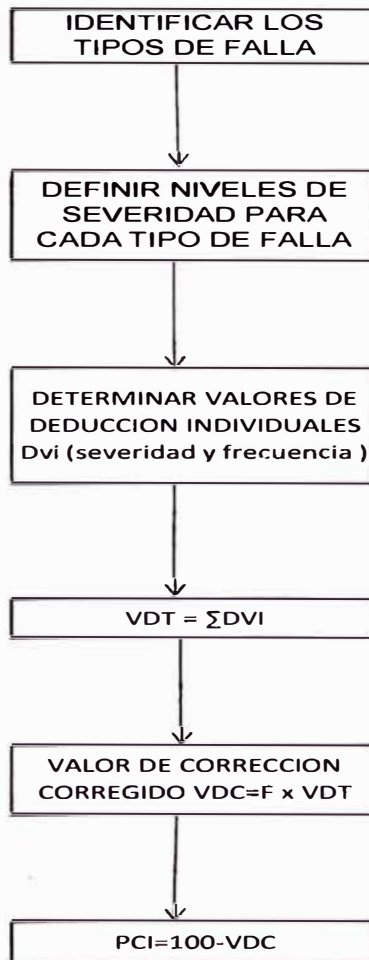
a. Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.

- b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.
- e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

Por lo tanto el P.C.I. = 100 – CDV

Figura N° 3.01 Diagrama de Flujo del PCI



Fuente: Elaboración Propia

3.3 DISCRIMINACION DE DATOS

Sectorización y muestreo

Una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la inspección del pavimento, en el caso de Pavimentos de Asfalto con un ancho menor a 7.30 m. el área de muestreo debe estar entre 230 ± 93 m². En el siguiente cuadro se presentan algunas relaciones longitud ancho de calzada pavimentada.

Cuadro Nº 3.01 Longitudes de Unidades de Muestreo para Carreteras Asfálticas

ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTRA (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (máx.)	31.50

Fuente: Elaboración Propia

No todas las unidades de muestra requieren tener el mismo tamaño de muestra, pero deben tener similares patrones para asegurar la exactitud en cálculo del PCI.

El primer paso en el muestreo de la evaluación de un proyecto, es la determinación del número mínimo de unidades de muestreo (n) que deberá ser encuestado para obtener un cálculo aproximado del PCI de la sección. Este número mínimo, es determinado por medio de la siguiente ecuación:

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

Donde:

n: número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N: número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento

e: error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e=\pm 5\%$)

σ : desviación estándar del PCI entre las unidades

Si la obtención del nivel de confianza del 95% es crítica, se debe verificar si el número de unidades de muestra inspeccionadas es adecuado. El número de unidades de muestra se determinó inicialmente en base a una desviación estándar asumida. Se debe calcular la desviación estándar actual de acuerdo a la siguiente ecuación.

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

Donde:

PCI_i : PCI de la unidad de muestra i

PCI_f : PCI promedio de las unidades de muestra analizadas

n: número total de unidades de muestra analizadas

s: desviación estándar

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar. Esta técnica se la conoce como “*sistema aleatorio*” descrito en los siguientes tres pasos:

1. El intervalo de muestreo (i), es determinado por:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: número total de unidades de muestreo disponible.

n: número mínimo de unidades a evaluar.

i: intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

2. El inicio al azar es o son seleccionados entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i .
3. Las unidades de muestreo para la evaluación se identifican como "s", "s+i", "s+2i", etc. Si la unidad seleccionada es 3, y el intervalo de muestreo es 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serian 6, 9, 12 etc.

Análisis:

En este caso debido a que los anchos de las calzadas desde el Km 129+000 al Km133+00 varían entre 3.6 m. y los 6.0 m, consideramos un ancho promedio de 5 m y según el Cuadro 3.01 consideraremos tramos de 50m. en el cual hemos dividido los 5 Km. Que fueron asignados para levantar información y hacer un análisis de la condición actual de la carretera.

A continuación se muestra la data recopilada por kilometro de vía y dividida en tramos de 50m cada una, para el análisis de normalidad y homogeneidad respectivo.

Cuadro N°3.02 Metrado de Fallas y Cálculo del PCI en el Tramo Km 129+000 – Km 130+000

EVALUACIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO DEL PCI

OBRA: SERVICIO DE CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA

PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACIÓN DEL TRAMO ZUÑIGA - DV YAUYOS - RONCHAS

EVALUACIÓN: TRAMO : DEL KM 129+000 AL KM 130+000

Tramo	Progresivas		BACHE LEVE			BACHE MODERADO			LEVE	LEVE	LEVE	Ancho Promedio	PCI
			Cantidad	Área Promedio	Área total	Cantidad	Área Promedio	Área total	Falla de Borde	Falla Longitudinal	Falla en Bloque		
DEL KM 129+000 AL KM 130+000	129+000	129+050	23	0.2500	5.7500	38	0.3600	13.680				4.3	70.00
	129+050	129+100	34	0.2500	8.5000	45	0.3600	16.200				4.3	67.00
	129+100	129+150	24	0.3000	7.2000	63	0.3000	18.900	14			4.8	68.00
	129+150	129+200	34	0.2500	8.5000	45	0.3600	16.200				4.3	67.00
	129+200	129+250	25	0.2500	6.2500	41	0.3600	14.760				4.8	70.00
	129+250	129+300	24	0.2500	6.0000	39	0.3600	14.040	30			4.8	71.00
	129+300	129+350	25	0.2500	6.2500	44	0.5000	22.000	19			4.8	66.00
	129+350	129+400	24	0.2500	6.0000	51	0.5000	25.500	8	12		4.8	62.00
	129+400	129+450	24	0.3000	7.2000	63	0.3000	18.900	14			4.8	68.00
	129+450	129+500	27	0.3000	8.1000	60	0.3000	18.000		16		4.8	69.00
	129+500	129+550	34	0.2500	8.5000	45	0.3600	16.200				4.3	67.00
	129+550	129+600	25	0.3000	7.5000	64	0.3000	19.200				4.8	70.00
	129+600	129+650	25	0.3000	7.5000	62	0.3000	18.600	22		12	4.8	66.00
	129+650	129+700	24	0.3000	7.2000	63	0.3000	18.900	14			4.8	68.00
	129+700	129+750	27	0.2500	6.7500	45	0.3600	16.200			8	4.8	69.00
	129+750	129+800	29	0.3025	8.7725	49	0.3600	17.640				4.8	70.00
	129+800	129+850	34	0.2500	8.5000	45	0.3600	16.200				4.3	67.00
	129+850	129+900	28	0.3025	8.4700	60	0.3600	21.600				5.6	70.00
129+900	129+950	29	0.2500	7.2500	63	0.3600	22.680				5.6	69.00	
129+950	130+000	24	0.3000	7.2000	63	0.3000	18.900	14			4.8	68.00	

Cuadro N°3.03 Metrado de fallas y cálculo del PCI en el Tramo Km 130+000 – Km 131+000

EVALUACIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO DEL PCI

OBRA: SERVICIO DE CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA
PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACIÓN DEL TRAMO ZUÑIGA - DV YAUYOS - RONCHAS

EVALUACIÓN: TRAMO : DEL KM 130+000 AL KM 131+000

Tramo	Progresivas		BACHE LEVE			BACHE MODERADO			LEVE	LEVE	LEVE	Ancho Promedio	PCI
			Cantidad	Área Promedio	Área total	Cantidad	Área Promedio	Área total	Falla de Borde	Falla Longitudinal	Falla en Bloque		
DEL KM 130+000 AL KM 131+000	130+000	130+050	22	0.2000	4.4000	24	0.5000	12.000				5.0	76.00
	130+050	130+100	24	0.2000	4.8000	26	0.5000	13.000				5.0	75.00
	130+100	130+150	26	0.2000	5.2000	27	0.6000	16.200	12			5.0	70.00
	130+150	130+200	25	0.2000	5.0000	25	0.6000	15.000	12			5.0	72.00
	130+200	130+250	21	0.2500	5.2500	30	0.6000	18.000				5.0	71.00
	130+250	130+300	25	0.2500	6.2500	28	0.6000	16.800	22			5.0	70.00
	130+300	130+350	25	0.2500	6.2500	30	0.6000	18.000	17			5.0	69.00
	130+350	130+400	23	0.2500	5.7500	25	0.6000	15.000				5.0	73.00
	130+400	130+450	24	0.2500	6.0000	25	0.4500	11.250	28			5.0	74.00
	130+450	130+500	26	0.2500	6.5000	29	0.4500	13.050			12	5.0	73.00
	130+500	130+550	28	0.2500	7.0000	23	0.4500	10.350				5.0	77.00
	130+550	130+600	24	0.2000	4.8000	27	0.4500	12.150			8	5.0	74.00
	130+600	130+650	25	0.2000	5.0000	30	0.4500	13.500				5.0	70.00
	130+650	130+700	23	0.2000	4.6000	34	0.5000	17.000				5.0	72.00
	130+700	130+750	23	0.2000	4.6000	33	0.5000	16.500				5.0	72.00
	130+750	130+800	22	0.2500	5.5000	27	0.5000	13.500				5.0	63.00
	130+800	130+850	24	0.2500	6.0000	25	0.5000	12.500				5.0	75.00
	130+850	130+900	24	0.2500	6.0000	26	0.5000	13.000				5.0	75.00
130+900	130+950	24	0.2500	6.0000	28	0.4500	12.600				5.0	75.00	
130+950	131+000	25	0.2500	6.2500	30	0.4500	13.500				5.0	74.00	

Cuadro N°3.04 Metrado de Fallas y Cálculo del PCI en el Tramo Km 131+000 – 132+000

EVALUACIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO DEL PCI

OBRA: SERVICIO DE CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA

PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACIÓN DEL TRAMO ZUÑIGA - DV YAUYS - RONCHAS

EVALUACIÓN: TRAMO : DEL KM 131+000 AL KM 132+000

Tramo	Progresivas		BACHE LEVE			BACHE MODERADO			LEVE	LEVE	LEVE	Ancho Promedio	PCI
			Cantidad	Área Promedio	Área total	Cantidad	Área Promedio	Área total	Falla de Borde	Falla Longitudinal	Falla en Bloque		
DEL KM 131+000 AL KM 132+000	131+000	131+050	34	0.2500	8.5000	45	0.3600	16.200				4.3	67.00
	131+050	131+100	23	0.2500	5.7500	38	0.3600	13.680				4.3	70.00
	131+100	131+150	24	0.2500	6.0000	39	0.3600	14.040	30			4.8	71.00
	131+150	131+200	25	0.2500	6.2500	44	0.5000	22.000	19			4.8	66.00
	131+200	131+250	25	0.2500	6.2500	30	0.6000	18.000	17			5	69.00
	131+250	131+300	23	0.2500	5.7500	25	0.6000	15.000				5	73.00
	131+300	131+350	21	0.2500	5.2500	30	0.6000	18.000				5	71.00
	131+350	131+400	25	0.2500	6.2500	28	0.6000	16.800	22			5	70.00
	131+400	131+450	25	0.3000	7.5000	62	0.3000	18.600	22		12	4.8	66.00
	131+450	131+500	26	0.2500	6.5000	59	0.3000	17.700				4.8	70.00
	131+500	131+550	26	0.2500	6.5000	59	0.3000	17.700				4.8	70.00
	131+550	131+600	26	0.2500	6.5000	29	0.4500	13.050			12	5	73.00
	131+600	131+650	28	0.2500	7.0000	23	0.4500	10.350				5	77.00
	131+650	131+700	25	0.2500	6.2500	30	0.6000	18.000	17			5	69.00
	131+700	131+750	23	0.2500	5.7500	25	0.6000	15.000				5.0	73.00
	131+750	131+800	24	0.0195	0.4680	29	0.6300	18.270				4.0	68.00
	131+800	131+850	15	0.0180	0.2700	17	0.5000	8.500				3.5	76.00
131+850	131+900	17	0.0340	0.5780	19	0.4550	8.645				3.9	77.20	
131+900	131+950	30	0.3025	9.0750	58	0.3600	20.880				5.6	70.00	
131+950	132+000	28	0.3025	8.4700	60	0.3600	21.600				5.6	70.00	

Cuadro N°3.05 Metrado y Cálculo del PCI en el Tramo Km 132+000 – Km 133+000

EVALUACIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO DEL PCI

OBRA: SERVICIO DE CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA

PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACIÓN DEL TRAMO ZUÑIGA - DV YAUYOS - RONCHAS

EVALUACIÓN: TRAMO : DEL KM 132+000 AL KM 133+000

Tramo	Progresivas		BACHE LEVE			BACHE MODERADO			LEVE	LEVE	LEVE	Ancho Promedio	PCI
			Cantidad	Área Promedio	Área total	Cantidad	Área Promedio	Área total	Falla de Borde	Falla Longitudinal	Falla en Bloque		
DEL KM 132+000 AL KM 133+000	132+000	132+050	21	0.2000	4.2000	23	0.3600	8.280			10.8	4.8	77.00
	132+050	132+100	8	0.0225	0.1800	16	0.4800	7.680				4	69.00
	132+100	132+150	11	0.0240	0.2640	8	0.3000	2.400	7			4.9	63.00
	132+150	132+200	11	0.0200	0.2200	7	0.3000	2.100	10		14	5.0	65.00
	132+200	132+250	19	0.0300	0.5700	10	0.3600	3.600	45	20	22.1	5.1	83.00
	132+250	132+300	13	0.0400	0.5200	22	0.3600	7.920	32	15	12	4.2	73.00
	132+300	132+350	12	0.0168	0.2016	8	0.3000	2.400				4.2	72.00
	132+350	132+400	15	0.0180	0.2700	17	0.5000	8.500				3.5	76.00
	132+400	132+450	17	0.0340	0.5780	19	0.4550	8.645				3.9	77.20
	132+450	132+500	8	0.0225	0.1800	16	0.4800	7.680				4.0	69.00
	132+500	132+550	15	0.0120	0.1800	15	0.3600	5.400	10			4.2	65.00
	132+550	132+600	12	0.0168	0.2016	8	0.3000	2.400				4.2	72.00
	132+600	132+650	12	0.0169	0.2028	9	0.3600	3.240				4.1	76.00
	132+650	132+700	8	0.0225	0.1800	16	0.4800	7.680				4	69.00
	132+700	132+750	24	0.2500	6.0000	39	0.3600	14.040	30			4.8	71.00
	132+750	132+800	24	0.0195	0.4680	29	0.6300	18.270				4.0	68.00
	132+800	132+850	12	0.0140	0.1680	23	0.5400	12.420				3.95	68.60
132+850	132+900	10	0.0150	0.1500	18	0.3600	6.480				3.9	61.00	
132+900	132+950	13	0.0140	0.1820	15	0.4800	7.200				3.7	68.00	
132+950	133+000	8	0.0240	0.1920	16	0.5600	8.960				3.5	75.00	

Cuadro N°3.06 Metrado de Fallas y Cálculo del PCI en el Tramo Km 133+000 – Km 134+000

EVALUACIÓN SUPERFICIAL POR EL MÉTODO DEL PCI

OBRA: SERVICIO DE CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE LA CARRETERA CAÑETE - LUNAHUANA

PACARAN - CHUPACA Y REHABILITACIÓN DEL TRAMO ZUÑIGA - DV YAUYOS - RONCHAS

EVALUACIÓN: TRAMO : DEL KM 133+000 AL KM 134+000

Tramo	Progresivas		BACHE LEVE			BACHE MODERADO			LEVE	LEVE	LEVE	Ancho Promedio	PCI
			Cantidad	Área Promedio	Área total	Cantidad	Área Promedio	Área total	Falla de Borde	Falla Longitudinal	Falla en Bloque		
DEL KM 133+000 AL KM 134+000	133+000	133+050	27	0.2500	6.7500	45	0.3600	16.200			8	4.8	69.00
	133+050	133+100	13	0.0400	0.5200	22	0.3600	7.920	32	15	12	4.2	73.00
	133+100	133+150	34	0.2500	8.5000	45	0.3600	16.200				4.3	67.00
	133+150	133+200	17	0.0340	0.5780	19	0.4550	8.645				3.9	77.20
	133+200	133+250	8	0.0225	0.1800	16	0.4800	7.680				4.0	69.00
	133+250	133+300	15	0.0120	0.1800	15	0.3600	5.400	10			4.2	65.00
	133+300	133+350	21	0.2500	5.2500	30	0.6000	18.000				5	71.00
	133+350	133+400	13	0.0140	0.1820	15	0.4800	7.200				3.7	68.00
	133+400	133+450	25	0.3000	7.5000	62	0.3000	18.600	22		12	4.8	66.00
	133+450	133+500	21	0.2500	5.2500	30	0.6000	18.000				5	71.00
	133+500	133+550	25	0.2500	6.2500	28	0.6000	16.800	22			5	70.00
	133+550	133+600	15	0.0180	0.2700	17	0.5000	8.500				3.5	76.00
	133+600	133+650	17	0.0340	0.5780	19	0.4550	8.645				3.9	77.20
	133+650	133+700	34	0.2500	8.5000	45	0.3600	16.200				4.3	67.00
	133+700	133+750	13	0.0400	0.5200	22	0.3600	7.920	32	15	12	4.2	73.00
	133+750	133+800	26	0.2250	5.8500	36	0.3600	12.960				4.3	70.00
	133+800	133+850	17	0.0340	0.5780	19	0.4550	8.645				3.9	77.20
	133+850	133+900	13	0.0140	0.1820	15	0.4800	7.200				3.7	68.00
133+900	133+950	25	0.2000	5.0000	25	0.6000	15.000	12			5	72.00	
133+950	134+000	21	0.2500	5.2500	30	0.6000	18.000				5	71.00	

Fundamento Teórico

Distribuciones De Probabilidad

a) Variable aleatoria (v.a.)- Es una función que asocia un número real con cada elemento del espacio muestral.

b) Medidas de estadística descriptiva:

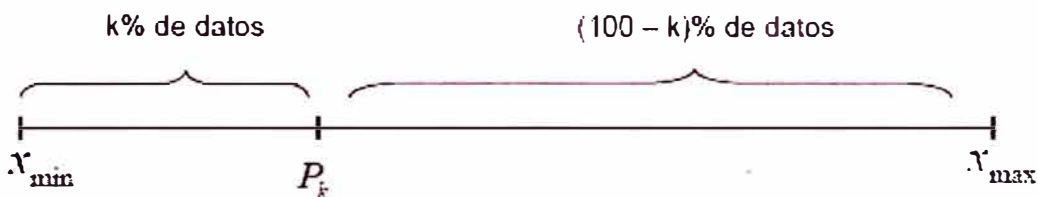
Media.- Valor promedio.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

Mediana.- Valor que deja el 50% de los datos no superior a él y el otro 50% no inferior a él.

Moda.- Valor más común.

Percentil.- Valor que deja el k% de los datos no superior a él y el otro (100-k)% no inferior a él



Rango.- Diferencia entre los valores máximo y mínimo.

Varianza.- Para una variable aleatoria está definido como:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Desviación estándar.-

$$S = \sqrt{S^2}$$

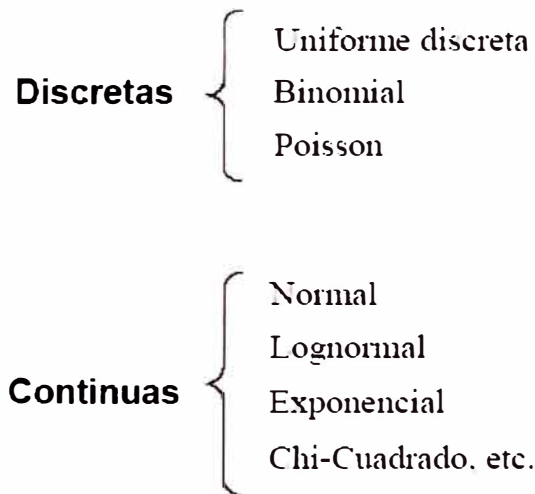
Coficiente de Variación.- Un coeficiente de variación próximo a cero indica menor dispersión relativa.

$$\frac{S_X}{\bar{X}} \times 100$$

c) Distribución de Probabilidad.- Modelo matemático que relaciona el valor de la v.a. con la probabilidad de ocurrencia de este valor en la población.

Si la v.a. solamente puede tomar ciertos valores, como los números enteros 0,1,2,3,..., la distribución de probabilidad es una *distribución discreta*.

Si la v.a. que se mide se expresa en una escala continua, su distribución de probabilidad es una *distribución continua*.



Distribución Binomial o de Bernoulli

Supongamos que tenemos un experimento como lanzar una moneda o un dado repetidamente, escoger una bola de una urna repetidamente, etc. Con cada prueba hay una probabilidad asociada con un suceso particular como la cara en la moneda o el 4 en el dado o la selección de una bola roja. En algunos casos la probabilidad no cambia de una prueba a la siguiente (como en el lanzamiento de la moneda o del dado). A estas pruebas se les llama independientes y se conocen como las pruebas de Bernoulli en memoria de James Bernoulli quien las investigó a finales del siglo XVII.

Distribución Normal

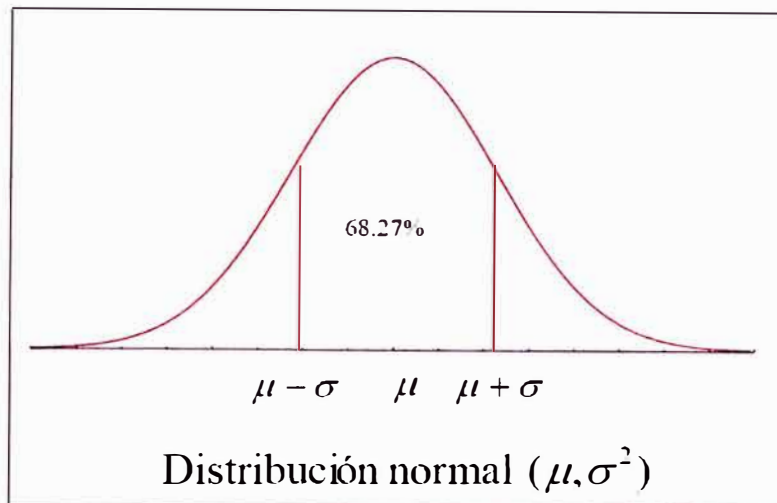
Uno de los más importantes ejemplos de una distribución de probabilidad continua es la distribución normal, algunas veces denominada la distribución

gaussiana. La distribución está dada por la variable aleatoria X en el intervalo de $(-\infty, \infty)$ y con una función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Los parámetros μ y σ^2 son la media y la varianza respectivas de la distribución.

Grafico 3.01. Gráfico de Distribución Normal



(Fuente: Curso de Titulación 2010-II)

Algunas características de una distribución Normal:

- Simetría alrededor de la media.
- Asimetría estandarizada (sesgo) cero.
- Curtosis estandarizada cero.
- Media, moda y mediana son iguales.

Distribución Lognormal

Una variable aleatoria X tiene una distribución lognormal, si la variable $Y=\ln X$ tiene una distribución normal, y con una función de densidad:

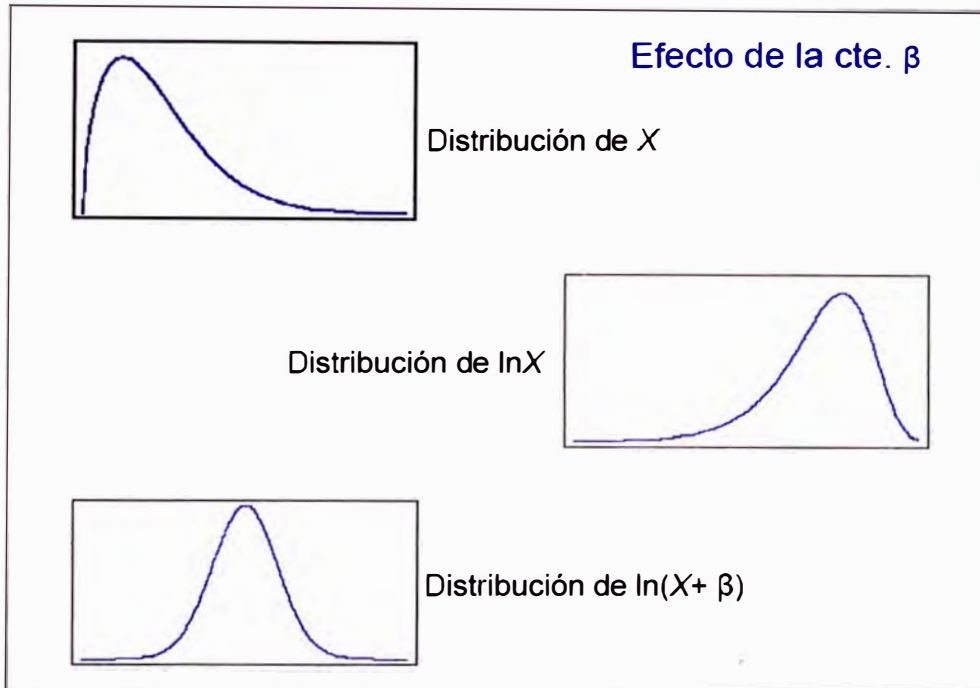
$$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad x > 0$$

μ_y : parámetro de forma (media de $Y=\ln X$)

σ_y : parámetro de localización (desviación estándar de $Y=\ln X$)

Se utiliza cuando distribución de X tiene sesgo positivo. Si X es una v.a. tal que $\ln X$ tiene distribución normal, entonces X tiene una distribución lognormal de dos parámetros. Si X es una v.a. tal que $\ln(X+\beta)$ tiene distribución normal, donde β es constante, entonces X tiene una distribución lognormal de tres parámetros.

Gráfico 3.02. Gráfico de Distribución Lognormal



(Fuente: Curso de Titulación 2010-II)

Hipótesis Estadísticas

Una hipótesis estadística es hacer determinados supuestos o conjeturas acerca de las poblaciones que se estudian, que pueden ser ciertos o no. Para llegar a tomar decisiones. La verdad o falsedad de una hipótesis estadística nunca se sabe con absoluta certidumbre a menos que examinemos toda la población, esto es poco práctico en la mayoría de los casos. Lo práctico es tomar una muestra aleatoria de la población y utilizamos los datos de esta muestra para proporcionar evidencia que apoye o no la hipótesis.

Hipótesis Nula

Por ejemplo, si se quiere decidir si una moneda está cargada, se formula la hipótesis de que la moneda está bien, es decir, $p: 0.5$; donde p es la probabilidad de cara. Si se quiere decidir si un procedimiento es mejor que otro, se formula la hipótesis de que no hay diferencia entre los procedimientos

(Cualquier diferencia observada se debe a fluctuaciones en el muestreo de la misma población). Tales hipótesis se llaman hipótesis nulas y se denotan por H_0 . Cualquier hipótesis que difiera de una hipótesis dada se llama hipótesis alternativa. Por ejemplo, si una hipótesis es $p: 0.5$, hipótesis alternativas son $p: 0.7$; $p \neq 0.5$ ó $p > 0.5$. Una hipótesis alternativa de la hipótesis nula se denota por H_A .

Prueba de Hipótesis

Un problema de estimación incluye un parámetro poblacional θ , para el cual no se tiene una noción de su valor. En tales casos, con base en una muestra aleatoria simple se obtiene una aproximación (estimación) a este valor (puntualmente y por intervalos de confianza). Si se tiene una conjetura de su valor, significa que se está estableciendo una hipótesis respecto del parámetro. Es decir, se está proponiendo una teoría respecto del valor (o los valores) del parámetro θ . Esta teoría debe ser contrastada con la realidad mediante una muestra aleatoria simple de la población

Las pruebas de hipótesis se realizan en todos los ámbitos en los cuales puede contrastarse la teoría con la realidad. Probar una hipótesis implica tomar una decisión al comparar la muestra observada respecto de la conjetura para el parámetro poblacional (realidad). Una prueba estadística consiste en verificar una hipótesis respecto de uno o más valores de los parámetros. Probar su validez indicando (antes de tomar la muestra) que grado de evidencia es necesario para no rechazar la conjetura.

Lineamientos para hacer un test de hipótesis:

Si se pone a prueba una hipótesis sobre el valor de un parámetro θ , la declaración de igualdad siempre se incluye en H_0 . Lo que se detecte o sustente es la hipótesis alternativa. La hipótesis de investigación es H_A , de modo que se espera que los datos lleven a rechazar H_0 y en consecuencia aceptar H_A .

Elementos esenciales en un test de hipótesis:

La hipótesis nula H_0

La hipótesis alterativa H_A

El estadístico de la prueba de H_0

La región de rechazo de H_0

Planteamiento de hipótesis

Hipótesis nulas

$$H_0 : \theta = \theta_0 \text{ (conocido)}$$

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2$$

Hipótesis alternativas

$$H_A : \theta \neq \theta_0 \text{ (bilateral)}$$

$$H_A : \theta_1 \neq \theta_2 \text{ (bilateral)}$$

$$H_A : \theta > \theta_0 \text{ (unilateral)}$$

$$H_A : \theta_1 > \theta_2 \text{ (unilateral)}$$

$$H_A : \theta < \theta_0 \text{ (unilateral)}$$

$$H_A : \theta_1 < \theta_2 \text{ (unilateral)}$$

Comparar con un estándar

Comparar dos poblaciones

Errores en pruebas de hipótesis

Si en el supuesto de que una hipótesis determinada es cierta, se encuentra que los resultados observados en una muestra aleatoria difieren marcadamente de aquellos que cabía esperar con la hipótesis y con la variación propia del muestreo, se diría que las diferencias observadas son significativas y se estaría en condiciones de rechazar la hipótesis (o al menos no aceptarla de acuerdo con la evidencia obtenida). Por ejemplo, si en 20 lanzamientos de una moneda se obtienen 16 caras, se estaría inclinado a rechazar la hipótesis de que la moneda está bien, aunque sería posible que fuese un rechazamiento erróneo.

Los procedimientos que facilitan el decidir si una hipótesis se acepta o se rechaza o el determinar si las muestras observadas difieren significativamente de los resultados esperados se llaman ensayos de hipótesis, ensayos de significación o reglas de decisión.

Errores de Tipo I y Tipo II

Si se rechaza una hipótesis cuando debería ser aceptada, se dice que se comete un error del Tipo I. Si por el contrario, se acepta una hipótesis que debería ser rechazada, se dice que se comete un error del Tipo II. En cualquiera de los dos casos se comete un error al tomar una decisión equivocada.

Para que cualquier ensayo de hipótesis o reglas de decisión sea bueno, debe diseñarse de forma que minimice los errores de decisión. Esto no es tan sencillo como pueda parecer puesto que para un tamaño de muestra dado, un intento de

disminuir un tipo de error, va generalmente acompañado por un incremento en el otro tipo de error. En la práctica, un tipo de error puede tener más importancia que el otro, y así se tiende a conseguir poner una limitación al error de mayor importancia. La única forma de reducir en el tiempo ambos tipos de errores es incrementar el tamaño de la muestra, lo cual puede ser o no posible.

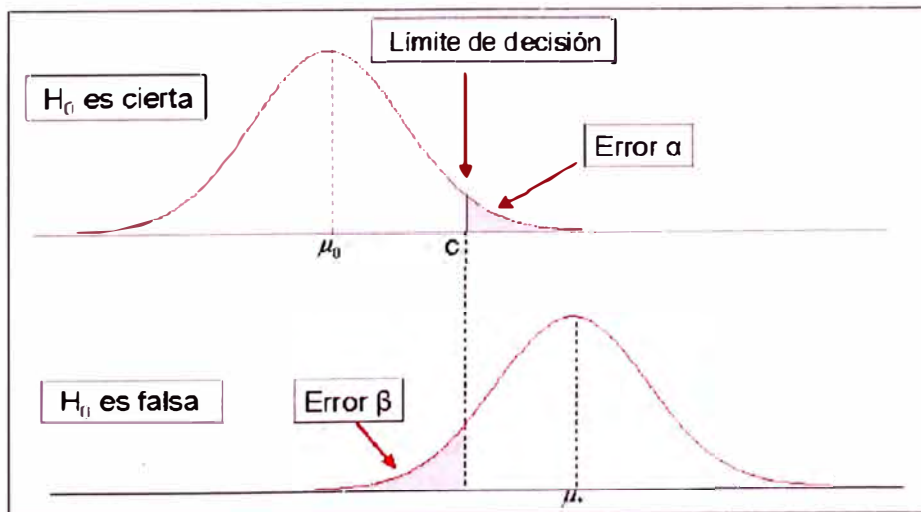
Cuadro N° 3.07 Cuadro Tipo de error

		Muestra / Pruebas (Decisión)	
		NO RECHAZAR H_0	RECHAZAR H_0
VERDAD Población / Realidad	H_0 VERDADERA	Decisión correcta $1 - \alpha$	Error tipo I α
	H_0 FALSA	Error tipo II β	Decisión correcta $1 - \beta$

(Fuente: Curso de Titulación 2010-II)

En el error de Tipo I: α define un límite de decisión c (valor crítico) para rechazar H_0 .

Grafico N° 3.03. Limite de decisión



(Fuente: Curso de Titulación 2010-II)

β depende de α y de los valores que realmente tienen los parámetros.

Estimación

A) Sección

Prueba de Hipótesis

El objetivo de la prueba de hipótesis es comparar la distribución de la muestra con una Distribución Normal. Se tiene un conjunto de “n” datos asociados a una medición:

$$X_1, X_2, \dots, X_n$$

Se prueba la hipótesis:

H₀: La muestra sigue una distribución normal

Contra la hipótesis alternativa:

H_A: La muestra no sigue una distribución normal

Anderson y Darling proponen un método para probar la hipótesis H₀. A valores más pequeños del estadístico de Anderson - Darling mejor es el ajuste a la distribución normal. Una medida cuantitativa para la calidad del ajuste de los datos a la distribución normal la proporciona un valor probabilístico p (p-value).

En las pruebas de significación y diseño de experimentos, Fisher utilizó el valor p (p-value) que es la probabilidad que permite declarar la significación de una prueba. El estudio hecho por CONREVIAl sugiere utilizar un nivel de significación de 0.05 o 5%. Si p-value es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis nula.



El método de Anderson – Darling también se puede utilizar para verificar otras distribuciones de probabilidades continuas.

Test de Normalidad

Un Test de Normalidad es un método estadístico para determinar si la distribución de una muestra tiene las características de una distribución normal.

Mediante el software MINITAB 15.1 se puede verificar hasta de 4 formas diferentes el Test de Normalidad.

- Graph > Probability plot
- Stat > Basic Statistics > Normality test
- Stat > Basic Statistics > Graphical Summary
- Stat > Quality tools > Individual distribution identification

Intervalos de confianza

X_1, X_2, \dots, X_n es una muestra aleatoria simple de una distribución normal con media μ y varianza σ^2 .

Entonces el mejor estimador de μ es $\rightarrow \hat{\mu} = \bar{X}$

Análogamente

$$\hat{\sigma}^2 = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\hat{\sigma} = S = \sqrt{S^2}$$

Las estadísticas muestrales se aproximan a los parámetros poblacionales.

Grados de Libertad

Considerar una m.a.s. de tamaño $n=5$; X_1, X_2, X_3, X_4, X_5

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{5} = 12$$

Con promedio

Es claro que existe una gran cantidad de muestras de tamaño 5, con promedio 12.

$$\sum_{i=1}^5 x_i = 60$$

Es decir

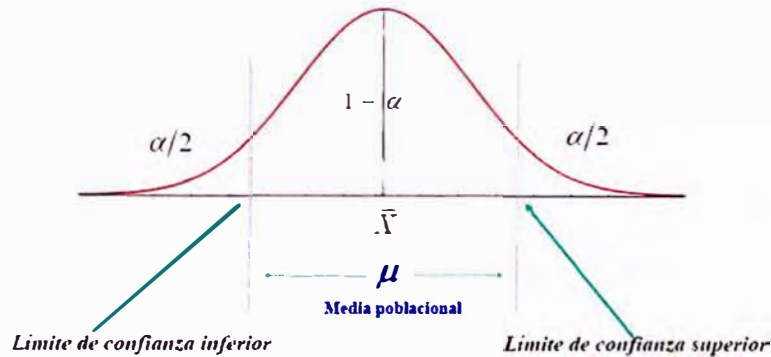
Para que la suma sea siempre 60, basta con seleccionar cuatro de ellas.

Entonces, para un tamaño de muestra n , y un promedio \bar{X} fijado existen $(n-1)$ grados de libertad para tomar observaciones; la n -ésima esta necesariamente determinada.

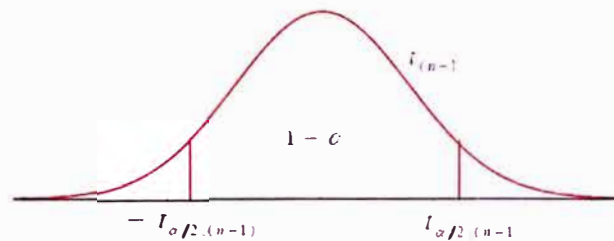
Intervalo de confianza para la media poblacional

Basado en:

$$\frac{(\bar{X} - \mu)}{S/\sqrt{n}} \text{ tiene distribución } t_{(n-1)}$$



$$\Pr\left(\bar{X} - t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha$$

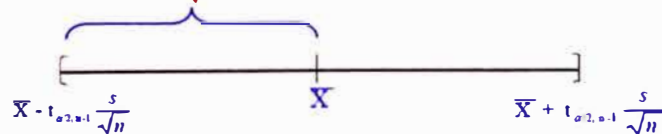


En un intervalo de confianza para la media poblacional de la forma:

$$\bar{X} - t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\frac{S}{\sqrt{n}} = \text{Error estándar (SE)}$$

$$t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} = \text{Error de estimación}$$



Mediante el software MINITAB 15.1 se puede observar el intervalo de confianza.

Graph > Probability plot > single > ok

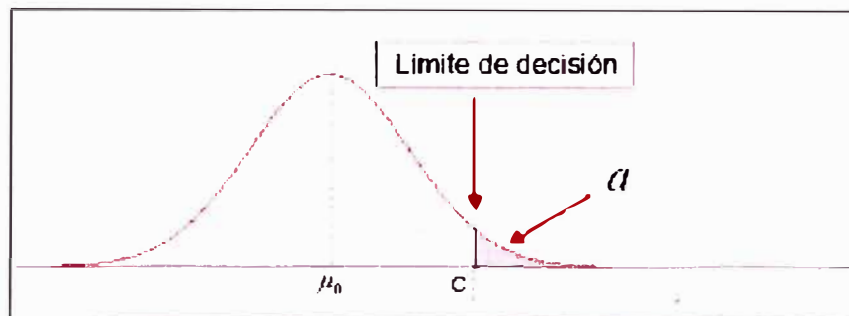
Secciones

Nivel de Significación

La probabilidad máxima con la que en el ensayo de una hipótesis se puede cometer un error del Tipo I se llama nivel de significación del ensayo. Esta

probabilidad se denota frecuentemente por α ; generalmente se fija antes de la extracción de las muestras, de modo que los resultados obtenidos no influyen en la elección.

En la práctica se acostumbra a utilizar niveles de significación del 0.05 ó 0.01, aunque igualmente pueden emplearse otros valores. El estudio hecho por CONREVIAl sugiere utilizar un nivel de significación de 0.05 o 5%. Si, por ejemplo se elige un nivel de significación del 0.05 o 5%, al diseñar un ensayo de hipótesis, entonces hay aproximadamente 5 ocasiones en 100 en que se rechazaría la hipótesis cuando debería ser aceptada, es decir, se está con un 95% de confianza de que se toma la decisión adecuada. En tal caso se dice que la hipótesis ha sido rechazada al nivel de significación del 0.05, lo que significa que se puede cometer error con una probabilidad de 0.05.



El valor crítico (límite de decisión) define una región de rechazo de la Hipótesis nula. En el caso del gráfico, se rechazará H_0 con nivel de significación α , si el estadístico de prueba de H_0 es mayor o igual al valor c .

Potencia de la Prueba de Hipótesis

Según la Teoría de Neyman-Pearson, cuya estructura matemática es aceptada hasta nuestros días, establece dos hipótesis posibles: la nula y la alternativa. Según los autores existen dos fuentes de error: rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera (nivel de significación, α o error de tipo I) y no rechazar la cuando es falsa (β o error de tipo II). Sus contrapartidas, en sentido probabilística, son las decisiones correctas de no rechazar una hipótesis cuando es verdadera ($1-\alpha$) y rechazarla cuando es falsa ($1-\beta$), esto último es la potencia de la prueba de hipótesis.

Se ha visto cómo el error del Tipo I puede limitarse eligiendo adecuadamente un nivel de significación. Es posible evitar el riesgo de error del Tipo II totalmente,

simplemente no aceptando nunca la hipótesis. Sin embargo, en muchos casos prácticos esto no puede hacerse. En tales casos se utilizan a menudo curvas características de la operación o curvas OC, que son gráficos que muestran las probabilidades de errores del Tipo II bajo diferentes hipótesis. Estas suministran información de cómo en ensayos dados se logra minimizar los errores del tipo II, es decir, indican la potencia de un ensayo para evitar el tomar decisiones equivocadas. Son útiles en diseño de experimentos por mostrar, por ejemplo, qué tamaños de muestras deben emplearse.

La potencia del test es la probabilidad de rechazar correctamente la hipótesis nula, es decir es: $1 - \beta$

El error de tipo II y la potencia del test dependen de la hipótesis alternativa. Por lo tanto, *de la magnitud de la diferencia entre el valor del parámetro en la hipótesis nula y el valor del parámetro en la hipótesis alternativa.*

Hipótesis:

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_A : \mu \neq \mu_0$$

$$H_{A1} : \mu > \mu_0$$

$$H_{A2} : \mu < \mu_0$$

Comparar la media poblacional con un estándar

Test – t de una muestra

Supuestos:

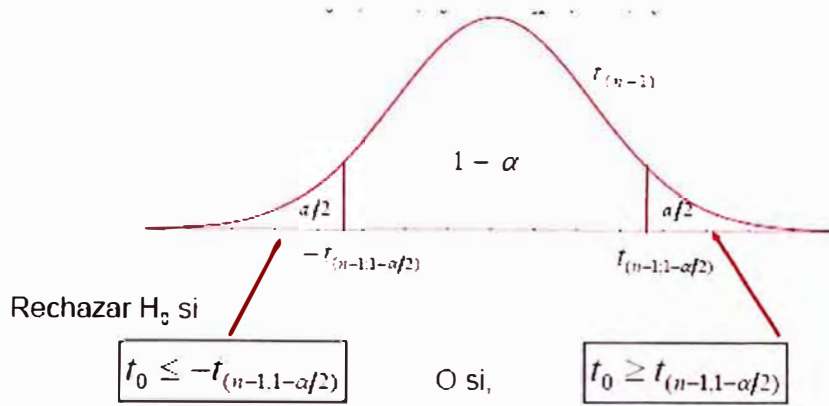
- a) Muestra aleatoria simple
- b) Datos con distribución normal

$$x_1, x_2, \dots, x_n \text{ m.a.s. de la población}$$

Estadístico de prueba de Ho

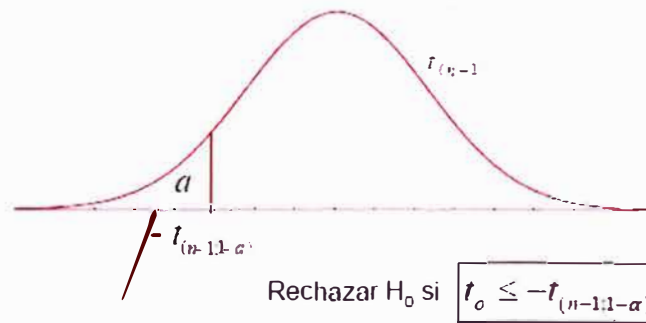
$$t_0 = \frac{(\bar{X} - \mu_0)\sqrt{n}}{S} \sim t_{(n-1)}$$

Ho: $\mu = \mu_0$ vs. HA: $\mu \neq \mu_0$



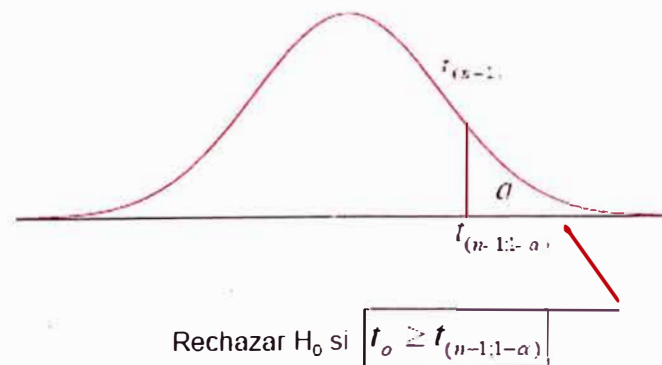
Uso de software { Rechazar H_0 si $p\text{-valor} \leq \alpha$
 $p\text{-valor} = \text{Pr ob}(t_{(n-1)} \leq -t_0) + \text{Pr ob}(t_{(n-1)} \geq t_0)$

$H_0: \mu = \mu_0$ vs. $H_A: \mu < \mu_0$



Uso de software { Rechazar H_0 si $p\text{-valor} \leq \alpha$
 $p\text{-valor} = \text{Pr ob}(t_{(n-1)} \leq -t_0)$

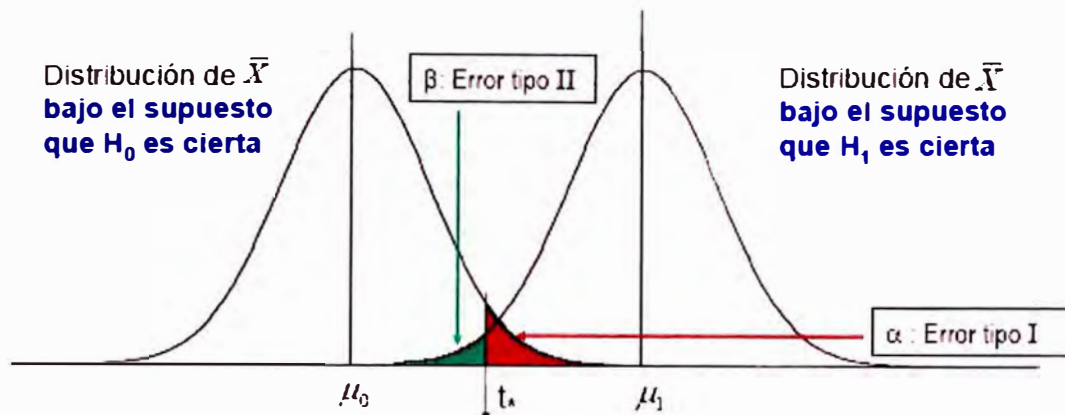
$H_0: \mu = \mu_0$ vs. $H_A: \mu > \mu_0$



Uso de software { Rechazar H_0 si $p\text{-valor} \leq \alpha$
 $p\text{-valor} = \text{Pr ob}(t_{(n-1)} \geq t_0)$

Considerar el test de hipótesis:

$$H_0: \mu = \mu_0 \text{ vs. } H_A: \mu = \mu_1 \quad \mu_0 < \mu_1$$



Si $\bar{X} > t_*$, se asume que \bar{X} está significativamente alejada de $\mu = \mu_0$, entonces se tiende a concluir que más bien la distribución de la población tiene media μ .

$$\beta = \Phi\left(-z_{\alpha/2} - \frac{\delta}{\sigma} \sqrt{n}\right) - \Phi\left(-z_{\alpha/2} - \frac{\delta}{\sigma} \sqrt{n}\right) \quad \delta = \mu_1 - \mu_0$$

Test de hipótesis sobre la diferencia de dos medias poblacionales $\mu_1 - \mu_2$

Hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_{A_1}: \mu_1 > \mu_2$$

$$H_{A_1}: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

$$H_{A_2}: \mu_1 < \mu_2$$

$$H_{A_2}: \mu_1 - \mu_2 < 0$$

Supuestos:

- Muestras aleatorias independientes
- Distribuidas aproximadamente normales
- Con varianzas iguales

Estadístico de prueba de H_0

$$x_1, x_2, \dots, x_n \text{ m. a. s. de } N(\mu_1, \sigma^2)$$

$$y_1, y_2, \dots, y_m \text{ m. a. s. de } N(\mu_2, \sigma^2)$$

Independientes

$$t_0 = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{(n+m-2)} \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right)}}$$

Mediante el software MINITAB 15.1 se puede verificar el test de hipótesis.

Stat > Basic Statistics > 2-Sample t

Grafico N° 3.04. Reporte de Minitab

Two-Sample T-Test and CI: Seccion I (74-75): Seccion II (75-76)				
Two-sample T for Seccion I (74-75) vs Seccion II (75-76)				
				SE
	N	Mean	StDev	Mean
Seccion I (74-75)	28	1903	282	53
Seccion II (75-76)	22	1666	203	43
Difference = mu (Seccion I (74-75)) - mu (Seccion II (75-76))				
Estimate for difference: 236.8				
95% CI for difference: (93.4; 380.3)				
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 3.32 P-Value = 0.002 DF = 48				
Both use Pooled StDev = 250.4166				

(Fuente: Curso de titulación 2010-II)

Homogenización de Sub- tramos.

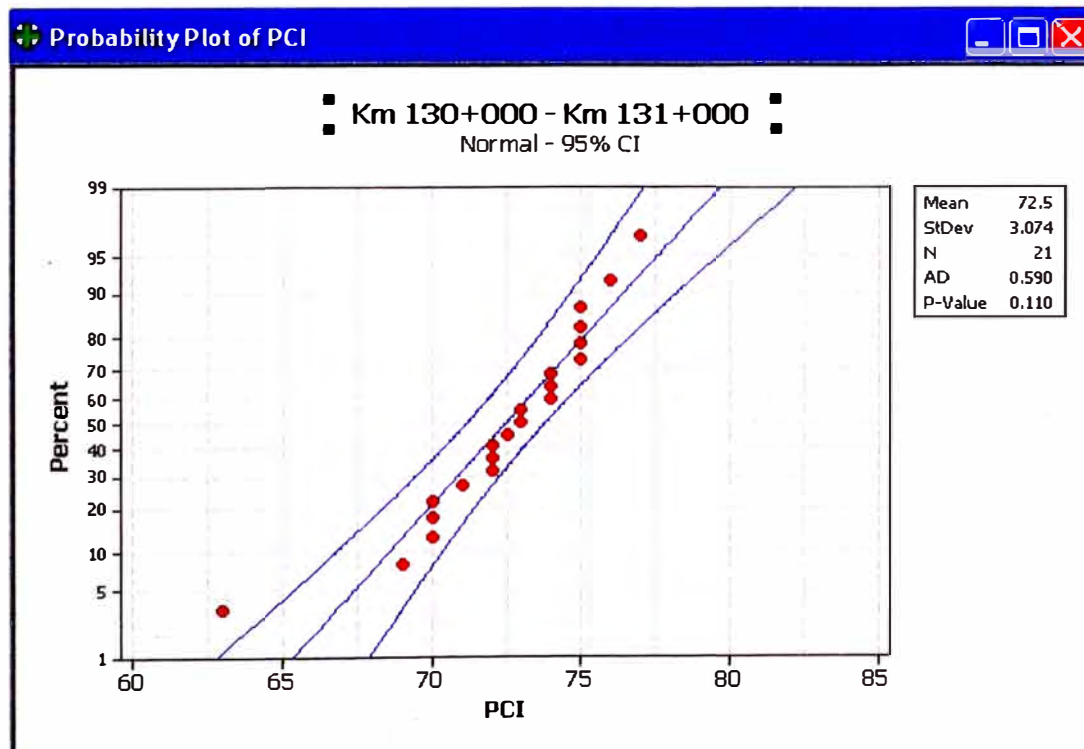
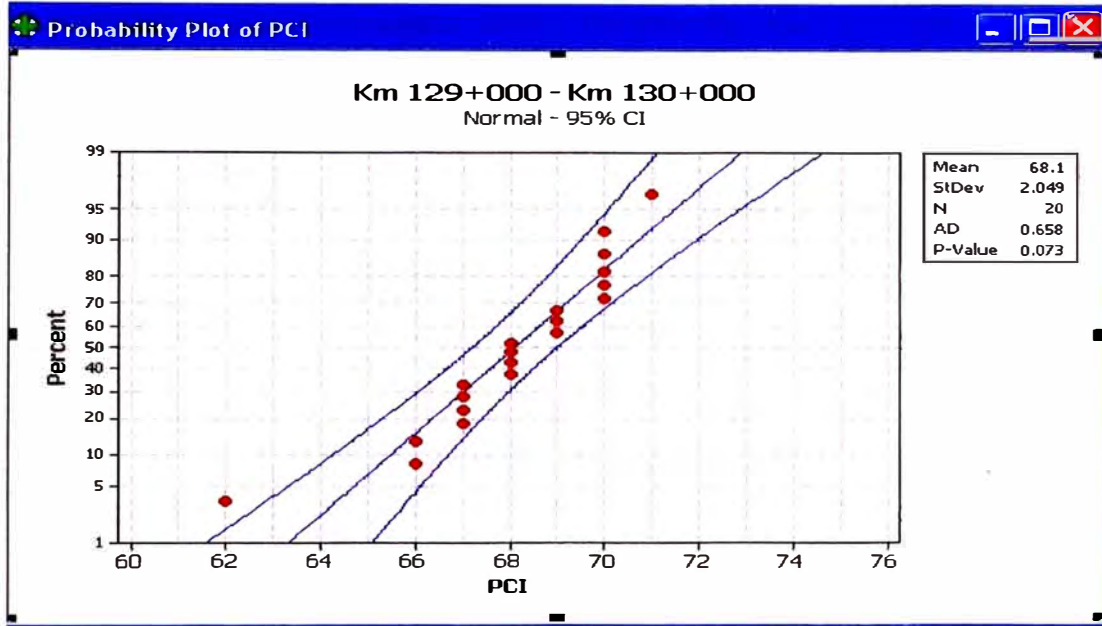
La Homogenización de la data de cada sub-tramo juega un papel relevante al momento de la toma de decisiones en cuanto a políticas de mantenimiento para este procedimiento se utilizara el programa Minitab especializado en estadística. Básicamente el proceso de homogenización consistirá en lo siguiente:

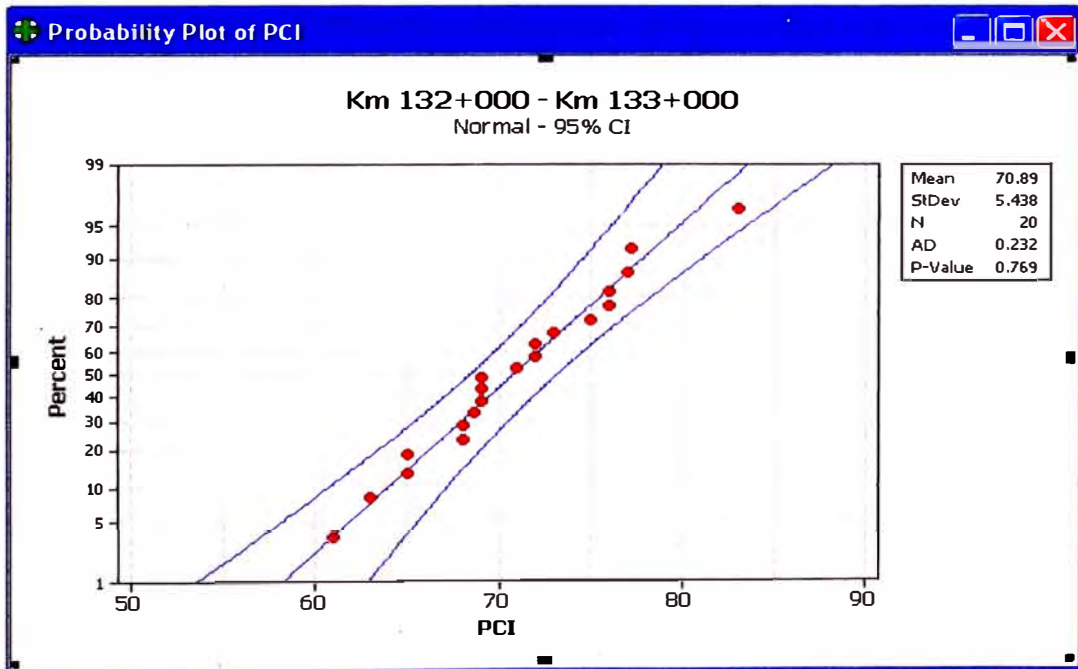
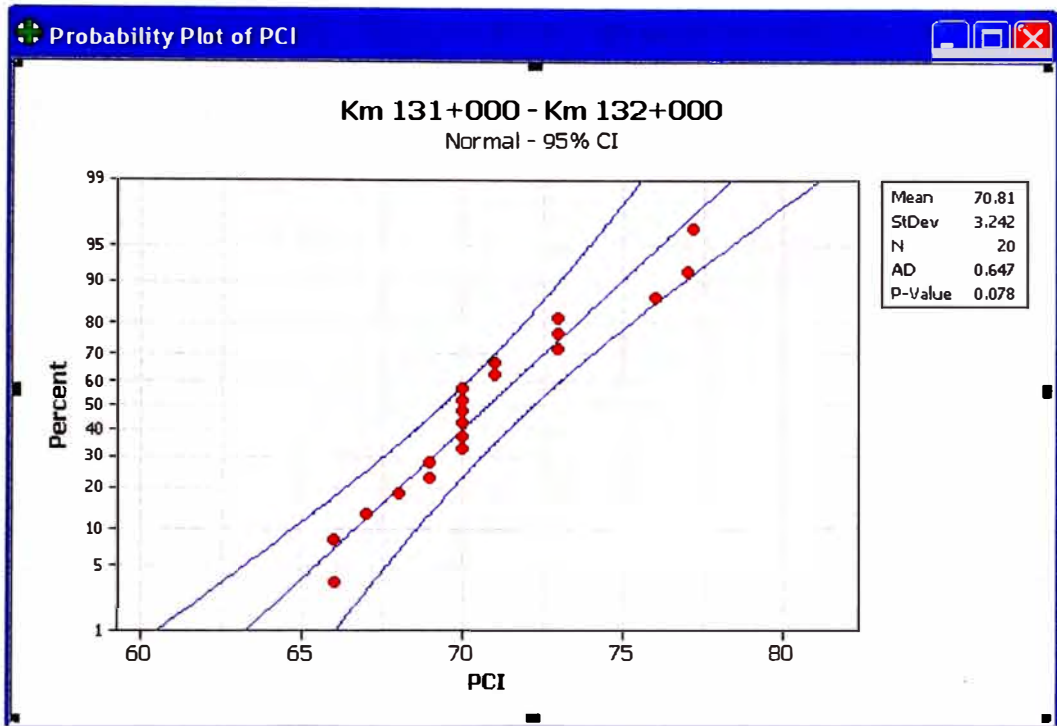
En primer término, una vez agrupada la data en términos de PCI por tramos de 50m como figura en los cuadros 3.02 al 3.06 se procede a realizar el análisis de cada subtramo y luego mediante herramientas estadísticas comprobamos la confiabilidad de la data recopilada en campo.

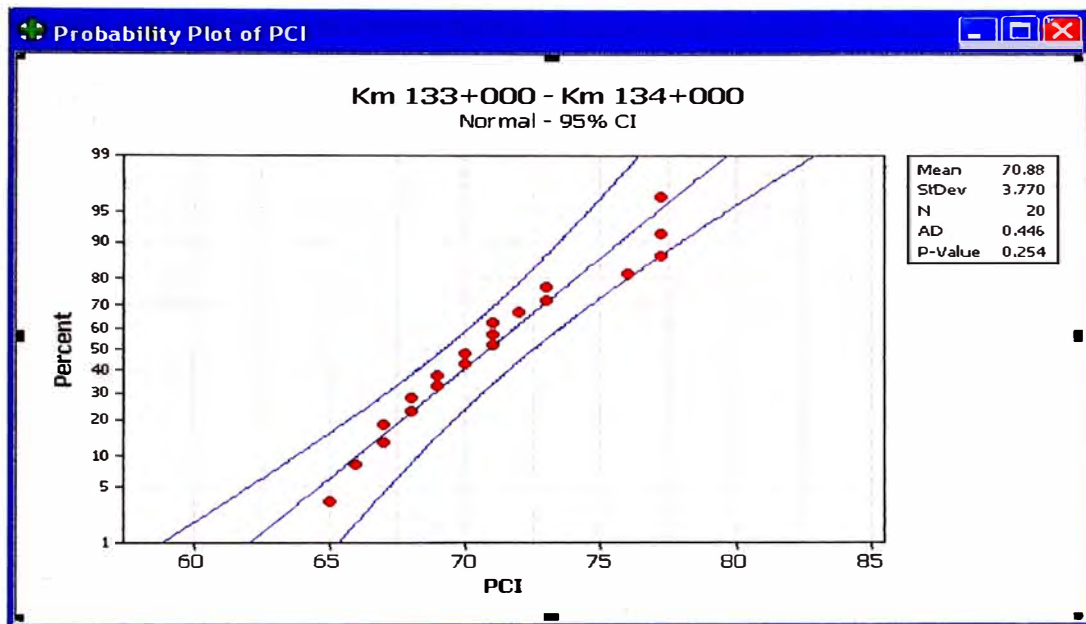
- a. A continuación, toda la data se considera que presenta un comportamiento de una distribución normal, para esto se realiza el test de normalidad a cada grupo de datos, en el programa Minitab el cual utiliza la prueba de normalidad Anderson – Darling entonces si el parámetro P-value resulta mayor a 0.05 se consideran de comportamiento normal caso contrario se concluye lo contrario.
- b. Luego viene la prueba de homogeneidad de varianzas la cual se aplica a tramos tomados de dos en dos, con lo cual si resulta P-value mayor a 0.05 entonces se consideran varianzas homogéneas y el procedimiento consiste en configurar esto en la aplicación de la posterior prueba de hipótesis en el programa Minitab en caso contrario si resulta menor a 0.05 se considera varianzas diferentes entonces de la misma forma esto se debe configurar en el momento de la aplicación de esta prueba en el programa Minitab.
- c. Finalmente, después de haber realizado los pasos a y b se procede a la aplicación del test de hipótesis T – student para todos los tramos tomados de 2 en 2, con lo cual se realizara finalmente la homogenización de los tramos después de haber procesado absolutamente todos ellos. De la misma forma que las anteriores pruebas, si el parámetro P – value es mayor a 0.05 se considera al conjunto de datos que se comporta estadísticamente igual de modo contrario se concluye que no son homogéneos.

Test de normalidad:

Ahora se procede a realizar el primer paso el cual consiste en corroborar el comportamiento como distribución normal de todos los conjuntos de datos, como se ve a continuación en las siguientes figuras:

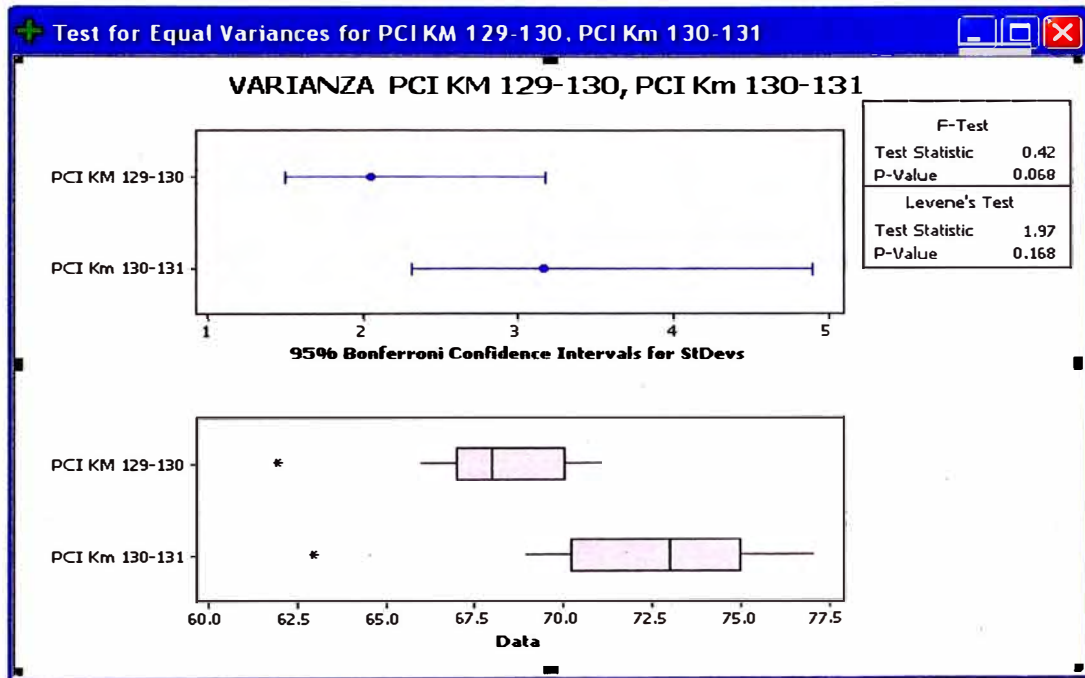






Se Observa en las graficas que los 5 sub-tramos analizados el valor de P-value es mayor a 0.05, por lo que podemos inferir que los valores se comportan como una distribución normal y cumplen la primera condición para luego aplicar la prueba de homogeneidad de varianzas

Homogeneidad de Varianzas y Test de Hipótesis



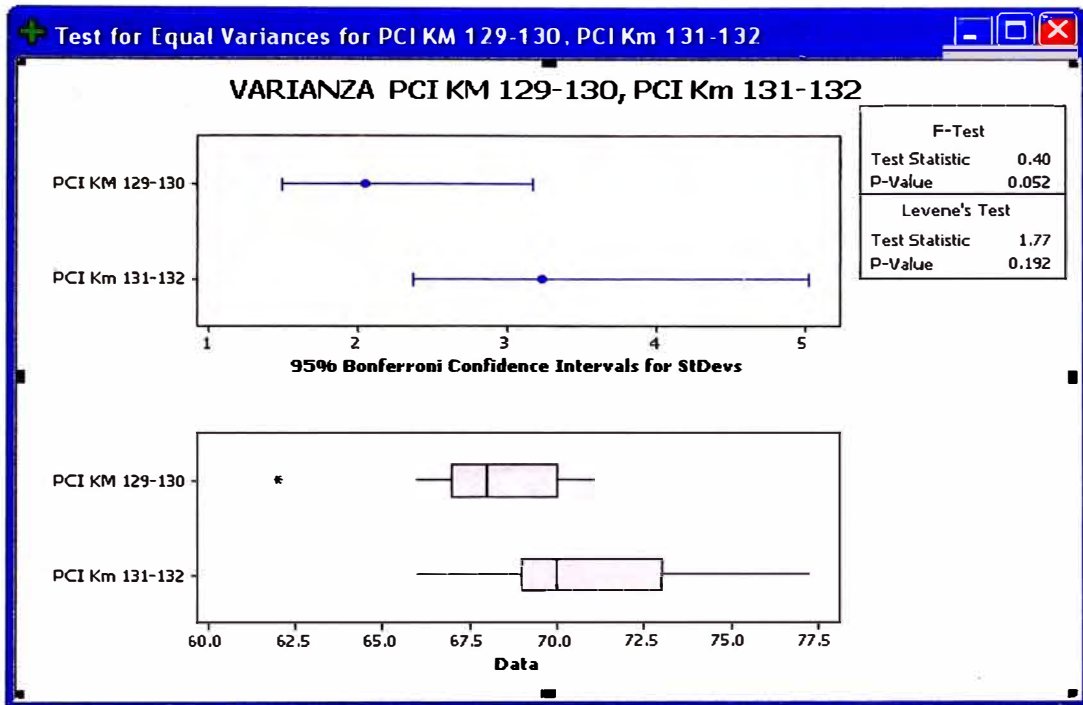
Session

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI KM 129-130	20	68.10	2.05	0.46
PCI Km 130-131	20	72.50	3.15	0.71

Difference = mu (PCI KM 129-130) - mu (PCI Km 130-131)
 Estimate for difference: -4.400
 95% CI for difference: (-6.103, -2.697)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -5.23 P-Value = 0.000 DF = 38
 Both use Pooled StDev = 2.6596

Hoja1

	C1	C2	C3	C4	C5
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00



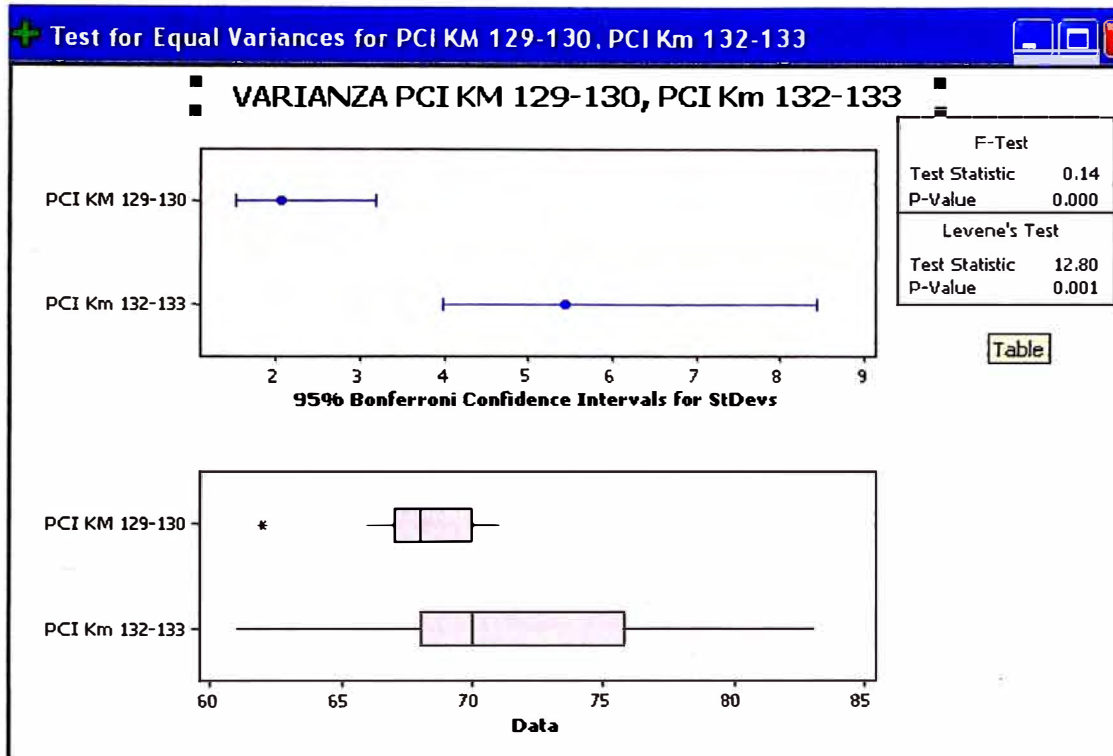
Session

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI KM 129-130	20	68.10	2.05	0.46
PCI Km 131-132	20	70.81	3.24	0.72

Difference = mu (PCI KM 129-130) - mu (PCI Km 131-132)
 Estimate for difference: -2.710
 95% CI for difference: (-4.446, -0.974)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -3.16 P-Value = 0.003 DF = 38
 Both use Pooled StDev = 2.7121

Hoja1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00



Session

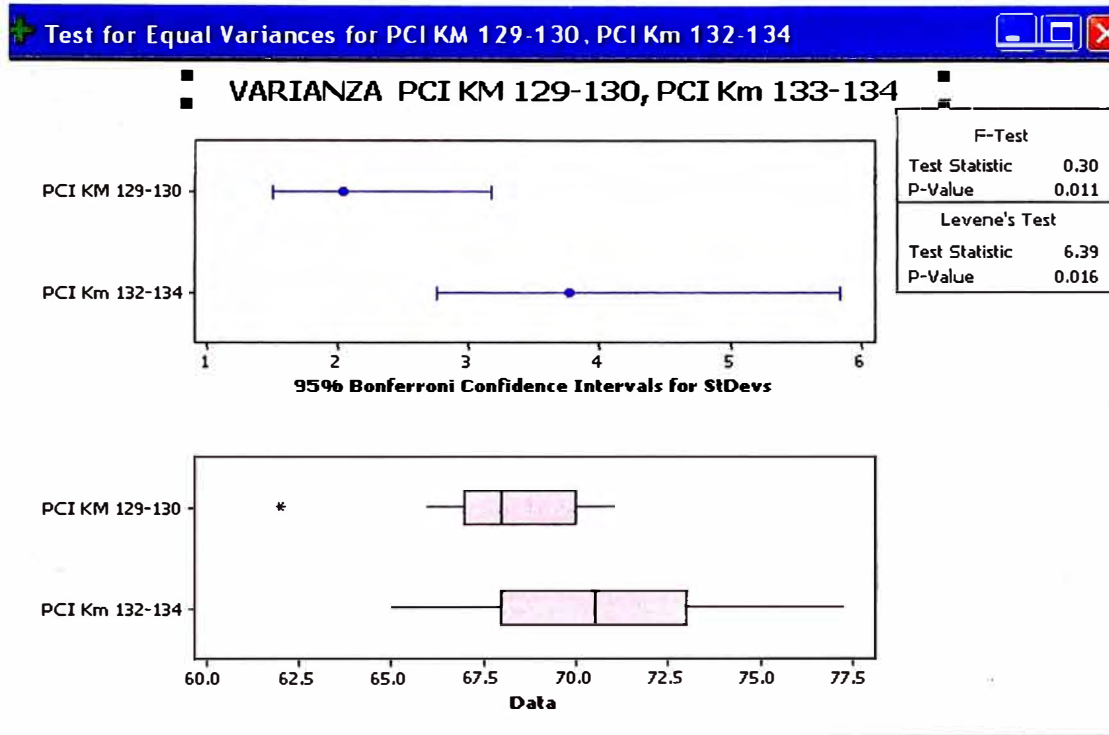
Two-sample T for PCI KM 129-130 vs PCI Km 132-133

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI KM 129-130	20	68.10	2.05	0.46
PCI Km 132-133	20	70.89	5.44	1.2

Difference = μ (PCI KM 129-130) - μ (PCI Km 132-133)
 Estimate for difference: -2.79
 95% CI for difference: (-5.47, -0.11)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -2.15 P-Value = 0.042 DF = 24

Hoja1

	C1	C2	C3	C4	C5
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00



Session

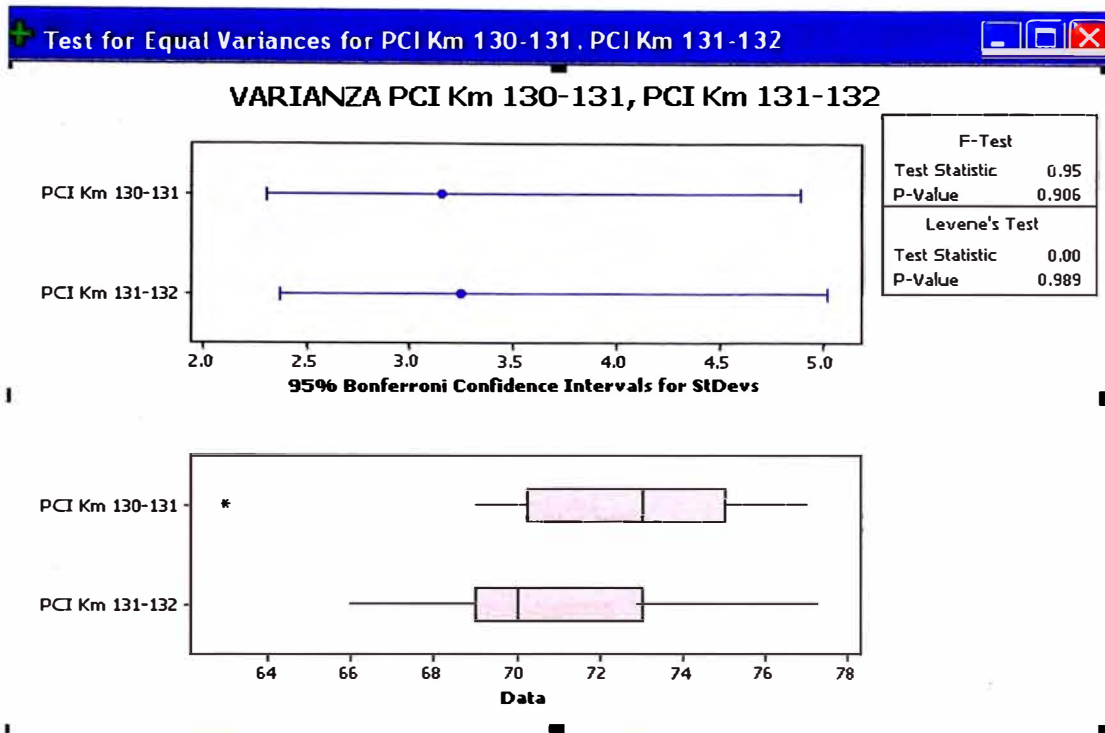
Two-sample T for PCI KM 129-130 vs PCI Km 132-134

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI KM 129-130	20	68.10	2.05	0.46
PCI Km 132-134	20	70.88	3.77	0.84

Difference = mu (PCI KM 129-130) - mu (PCI Km 132-134)
 Estimate for difference: -2.780
 95% CI for difference: (-4.742, -0.818)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -2.90 P-Value = 0.007 DF = 29

Hoja1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00



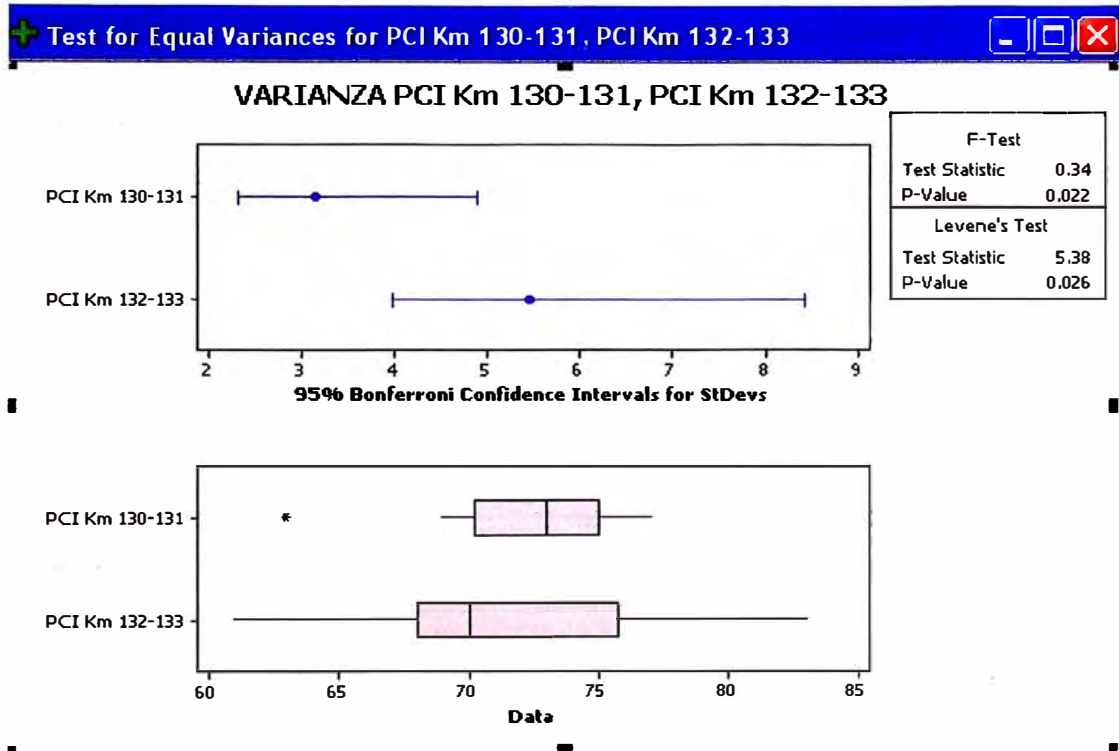
Session

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI Km 130-131	20	72.50	3.15	0.71
PCI Km 131-132	20	70.81	3.24	0.72

Difference = mu (PCI Km 130-131) - mu (PCI Km 131-132)
 Estimate for difference: 1.69
 95% CI for difference: (-0.36, 3.74)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.67 P-Value = 0.103 DF = 38
 Both use Pooled StDev = 3.1983

Hoja1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134	
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00	
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00	
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00	
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20	
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00	
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00	
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00	
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00	
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00	
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00	



Session

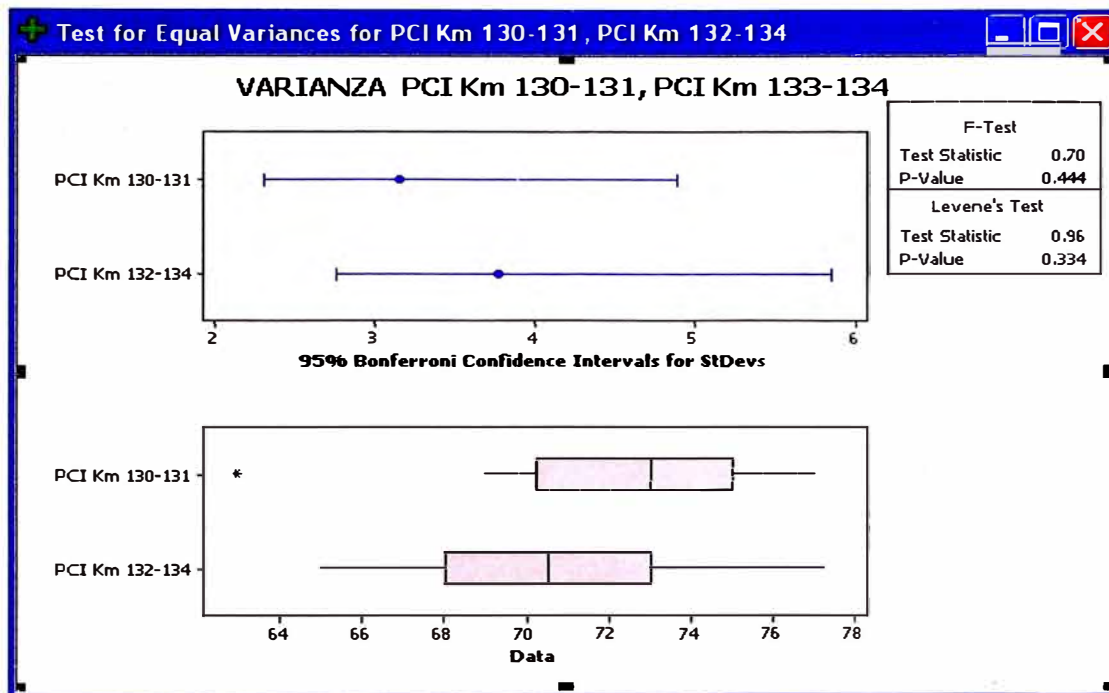
Two-sample T for PCI Km 130-131 vs PCI Km 132-133

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI Km 130-131	20	72.50	3.15	0.71
PCI Km 132-133	20	70.89	5.44	1.2

Difference = μ (PCI Km 130-131) - μ (PCI Km 132-133)
 Estimate for difference: 1.61
 95% CI for difference: (-1.26, 4.48)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.15 P-Value = 0.261 DF = 30

Hoja1

	C1	C2	C3	C4	C5
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00



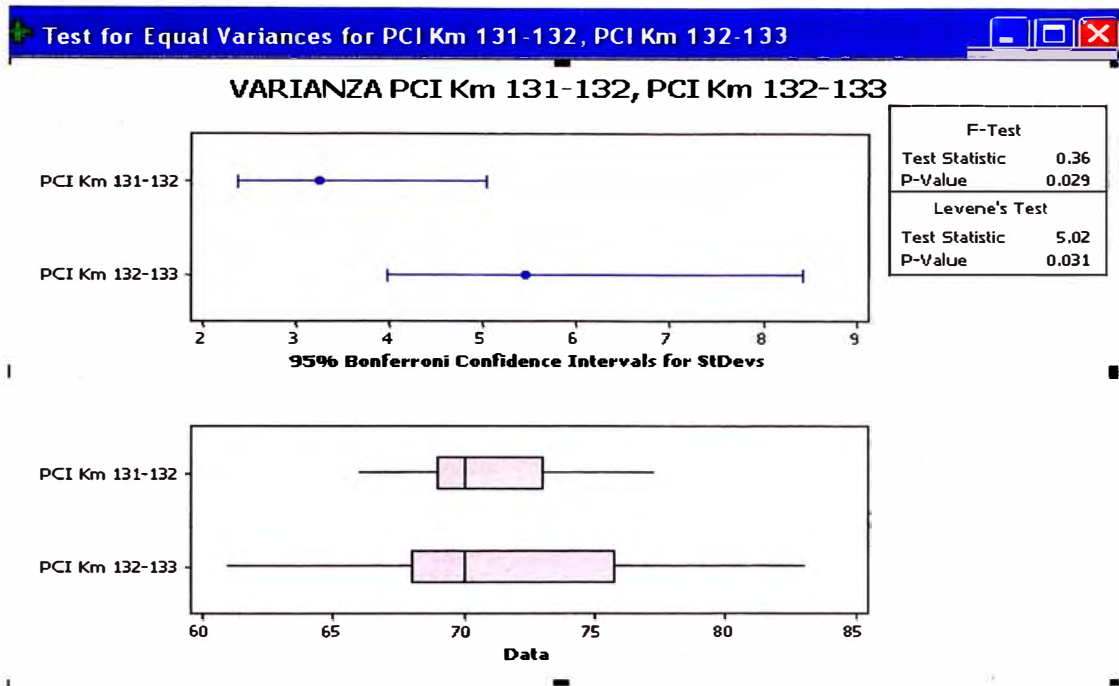
Session

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI Km 130-131	20	72.50	3.15	0.71
PCI Km 132-134	20	70.88	3.77	0.84

Difference = mu (PCI Km 130-131) - mu (PCI Km 133-134)
 Estimate for difference: 1.62
 95% CI for difference: (-0.60, 3.84)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.47 P-Value = 0.149 DF = 38
 Both use Pooled StDev = 3.4756

Hoja1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00



Session

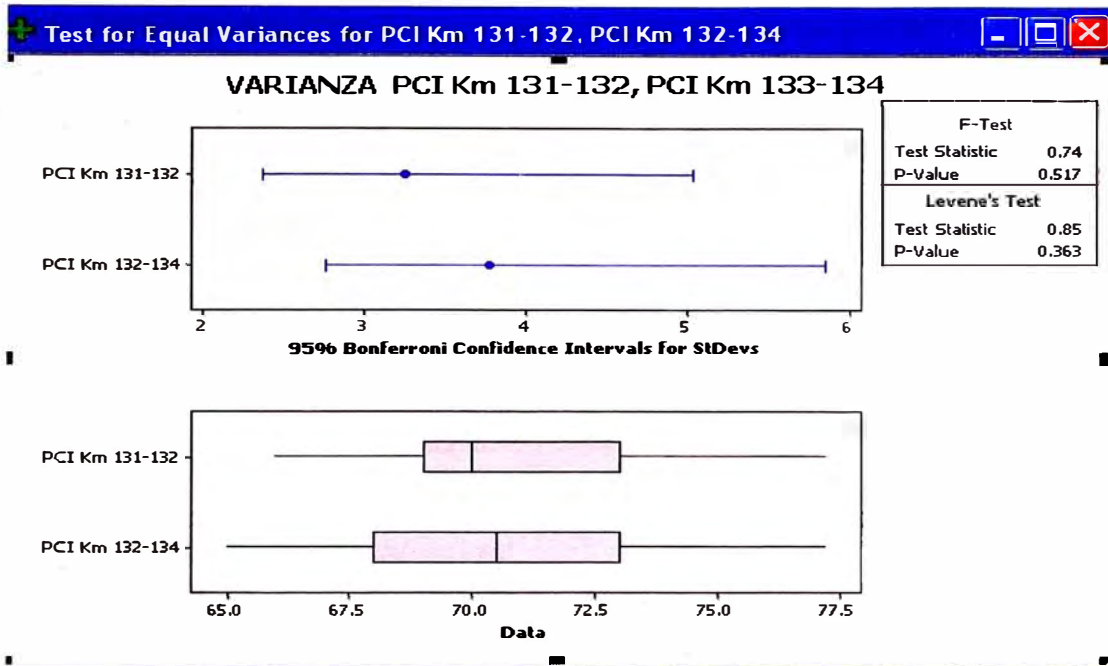
Two-sample T for PCI Km 131-132 vs PCI Km 132-133

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI Km 131-132	20	70.81	3.24	0.72
PCI Km 132-133	20	70.89	5.44	1.2

Difference = μ (PCI Km 131-132) - μ (PCI Km 132-133)
 Estimate for difference: -0.08
 95% CI for difference: (-2.97, 2.81)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.06 P-Value = 0.955 DF = 30

Hoja1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134	
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00	
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00	
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00	
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20	
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00	
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00	
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00	
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00	
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00	
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00	



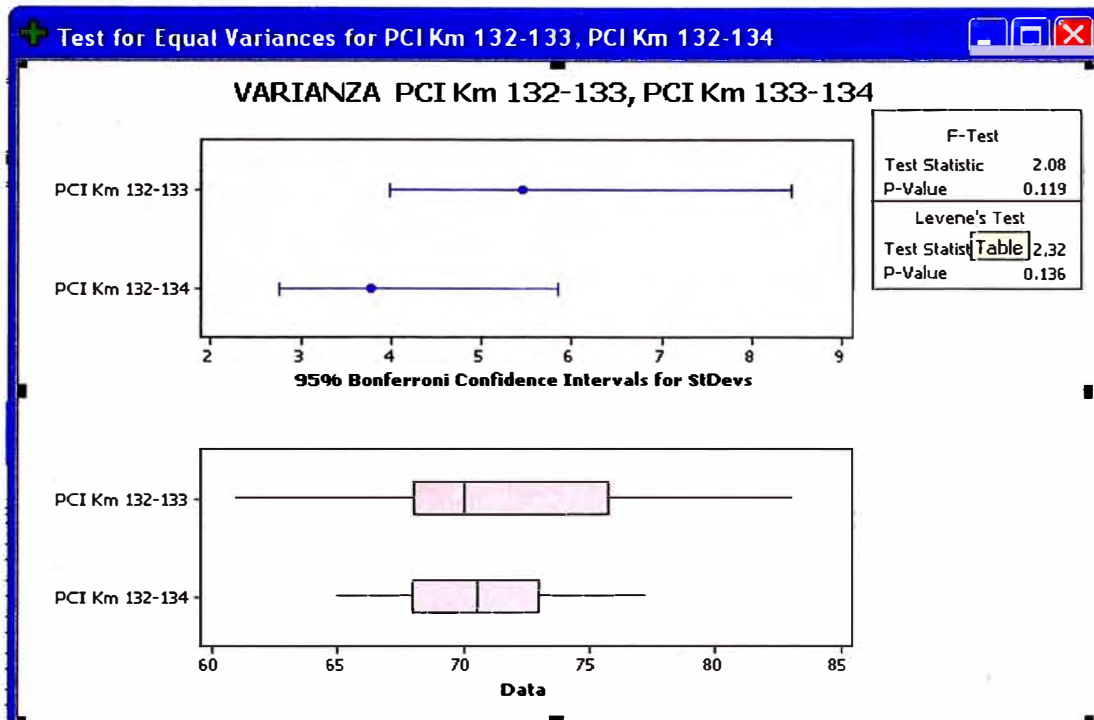
Session

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI Km 131-132	20	70.81	3.24	0.72
PCI Km 132-134	20	70.88	3.77	0.84

Difference = mu (PCI Km 131-132) - mu (PCI Km 133-134)
 Estimate for difference: -0.07
 95% CI for difference: (-2.32, 2.18)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0.06 P-Value = 0.950 DF = 38
 Both use Pooled StDev = 3.5159

Hoja1 ***

	C1	C2	C3	C4	C5
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00



Session

	N	Mean	StDev	SE Mean
PCI Km 132-133	20	70.89	5.44	1.2
PCI Km 132-134	20	70.88	3.77	0.84

Difference = μ (PCI Km 132-133) - μ (PCI Km 133-134)
 Estimate for difference: 0.01
 95% CI for difference: (-2.99, 3.01)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0.01 P-Value = 0.995 DF = 38
 Both use Pooled StDev = 4.6792

Hoja1

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	PCI KM 129-130	PCI Km 130-131	PCI Km 131-132	PCI Km 132-133	PCI Km 132-134	
1	70.00	76.00	67.00	77.00	69.00	
2	67.00	75.00	70.00	69.00	73.00	
3	68.00	70.00	71.00	63.00	67.00	
4	67.00	72.00	66.00	65.00	77.20	
5	70.00	71.00	69.00	83.00	69.00	
6	71.00	70.00	73.00	73.00	65.00	
7	66.00	69.00	71.00	72.00	71.00	
8	62.00	73.00	70.00	76.00	68.00	
9	68.00	74.00	66.00	77.20	66.00	
10	69.00	73.00	70.00	69.00	71.00	

Luego de haber realizado la Homogeneidad de Varianzas y la Prueba de Hipótesis entre los tramos en estudio, los resultados obtenidos aparecen en el cuadro N° 3.07, el cual indica que tramos son homogéneos al momento de hacer los análisis antes mencionados.

En el cuadro N°3.08 aparecen los tramos ya homogenizados , es decir los datos del tramo Km130+000 al Km 134+000 tienen las mismas características o su grado de confiabilidad es parecida entre si por lo que en vez de utilizar 4 datas se podría reducir a solo una , y la data del km 129+000 – Km 130+000 no tiene características similares al grupo anterior por lo que de los 5 grupos de datos inicialmente analizados podemos concluir que se podría trabajar con 2 grupos de ellos

Cuadro N°3.08 Homogenización de Tramos

Km vs Km	Homogenización de Tramos				
	129-130	130-131	131-132	132-133	133-134
129-130		NO	NO	NO	NO
130-131			SI	SI	SI
131-132				SI	SI
132-133					SI
133-134					

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 3.09 Agrupamiento de Subtramos

GRUPOS	SUBTRAMOS A HOMOGENIZAR			
I	129-130			
II	130-131	131-132	132-133	133-134

Fuente : Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Los pocos tipos de fallas encontrados en la carretera, además de su reciente mantenimiento, demuestra que el valor obtenido del PCI es el correcto ya que indicaría que el estado de la carretera es muy bueno.
- El criterio tomado para dividir el tramo asignado cada 50m considerando un ancho promedio de 5m, ha permitido usar criterios estadísticos para poder trabajar con valores confiables para su análisis.
- El programa desarrollado para calcular el valor del PCI permitirá reducir el tiempo que conlleva realizar los cálculos matemáticos y permitirá obtener valores exactos.
- Luego de realizar la homogenización de datos se concluye que la data desde el tramo Km 130+000 al Km 134+000 tiene valores similares y por lo tanto esa data se puede simplificar y considerar como si fuera una sola, debido a que esos tramos presentan características similares.
- El método del PCI al ser de fácil aplicación permitirá en campo obtener un valor aproximado debido a la experiencia del personal que realice la inspección y cuando se realiza los trabajos en gabinete se podrá corroborar estos resultados.

RECOMENDACIONES

- A pesar que el valor de PCI del tramo KM 129+000 – Km 130+000 sea el único que es menor a 70, se recomienda que se realice una rehabilitación para mantener la carretera en óptimas condiciones de serviciabilidad.
- En los tramos Km 130+000 - 133+000 el valor del PCI obtenido es mayor a 70, por lo que se recomienda hacer un preventivo debido a que la carretera tiene una condición de muy buena.
- El programa desarrollado para el cálculo del PCI, es un primer esfuerzo para reducir el tiempo de obtención de los resultados, por lo que deberá ser mejorado de tal forma que pueda servir a las futuras investigaciones de este tema.
- Al momento de hallar la longitud y ancho del tramo con el cual se va a realizar el análisis, se deberá tener cierto criterio y no regirse solamente por las normas o experiencias anteriores, ya que de esto depende que los valores obtenidos sean confiables para realizar los análisis estadísticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Armijos Salinas, Christian Rolando – “Evaluación Superficial de Algunas Calles de la Ciudad de Loja”; tesis de Grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, Loja, Ecuador, 2009
- Lozano, Eduardo; Tabares González, Ricardo – “Diagnóstico de vía existente y Diseño del Pavimento Flexible de la nueva vía mediante parámetros obtenidos del Estudio en Fase I de la vía acceso al Barrio Ciudadela del Café Vía la Badea”; Monografía para optar por el Título de Especialista en Vías de Transporte, Manizales, Colombia, 2005
- Norma ASTM D 5340 Índice de Condición de Pavimentos en Aeropuertos (PCI)
- Norma ASTM D 5340 Índice de Condición de Pavimentos en Aeropuertos (PCI), Apéndice X1 (Evaluación de Pavimentos de Concreto Asfáltico)
- Vásquez Varela, Luis Ricardo – “Pavement Condition Index (PCI) Para pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras”; Ingeniería de Pavimentos Manual de PCI, Manizales, Colombia, 2002

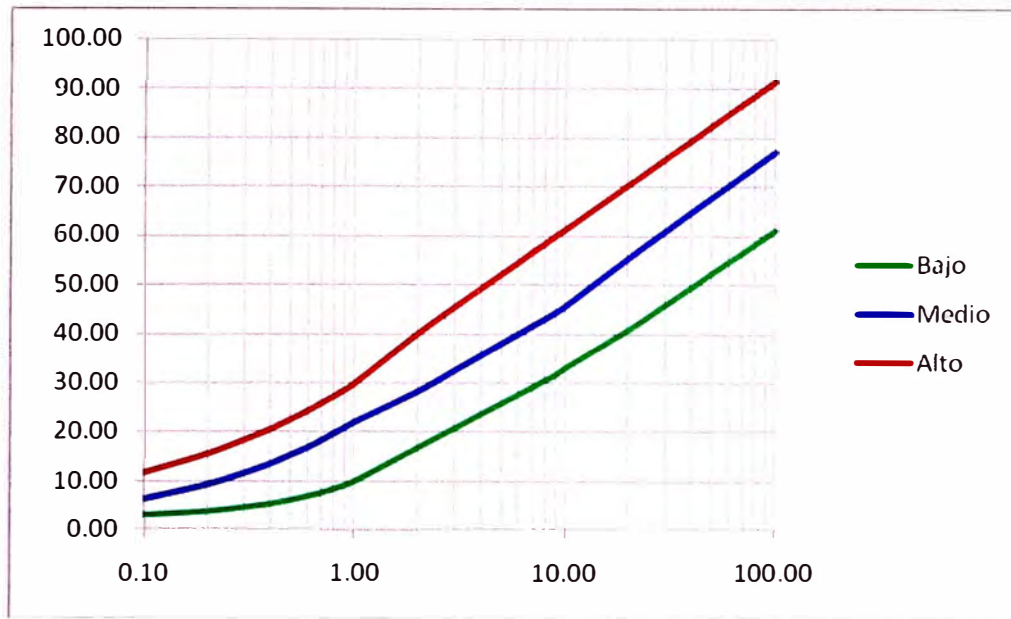
ANEXOS

Anexo 01: Abacos

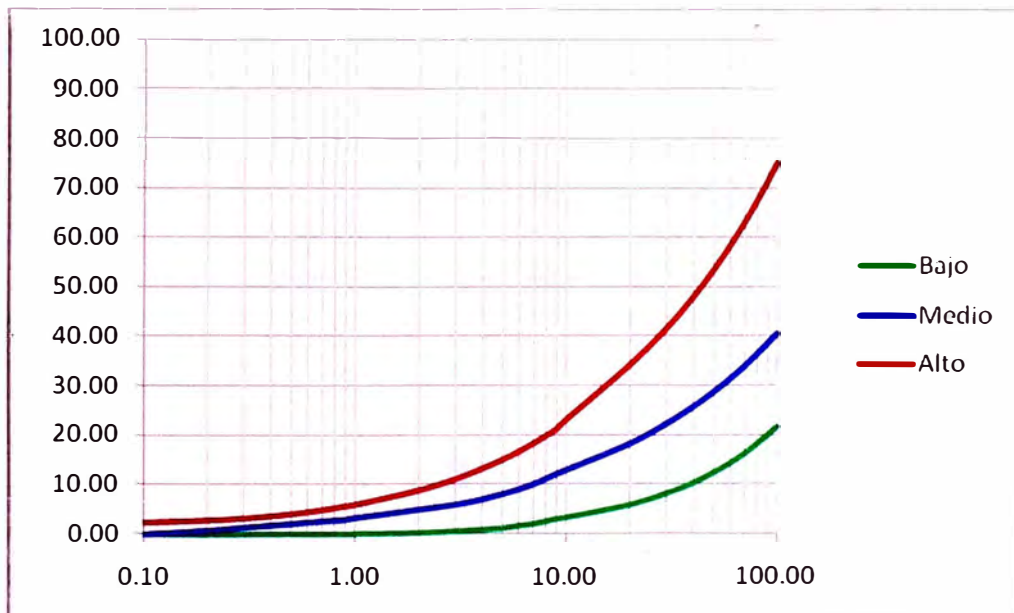
ANEXO 01

Ábacos

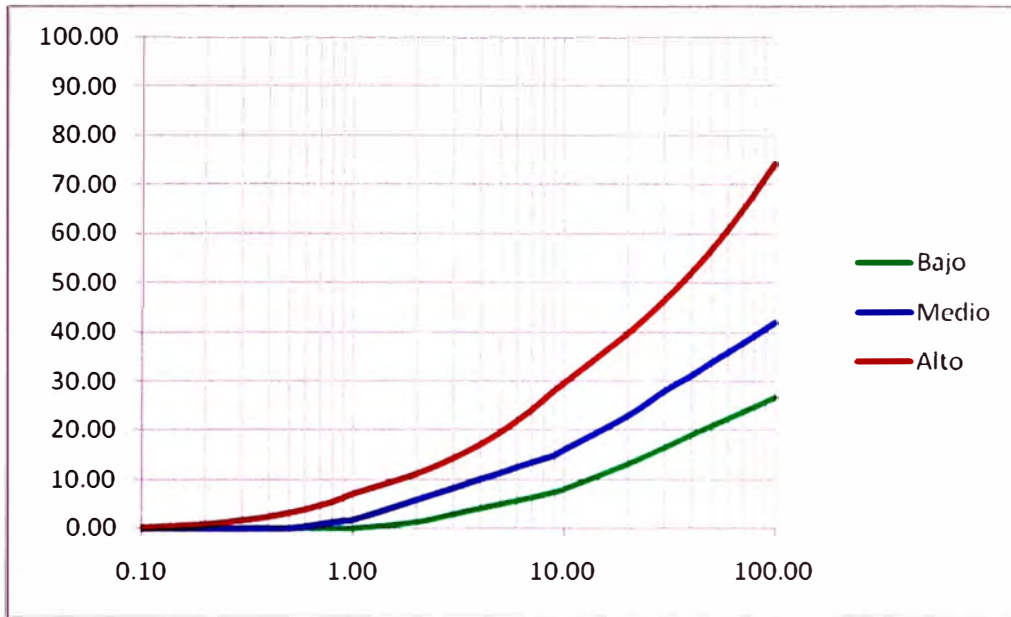
FALLA 1. PIEL DE COCODRILO



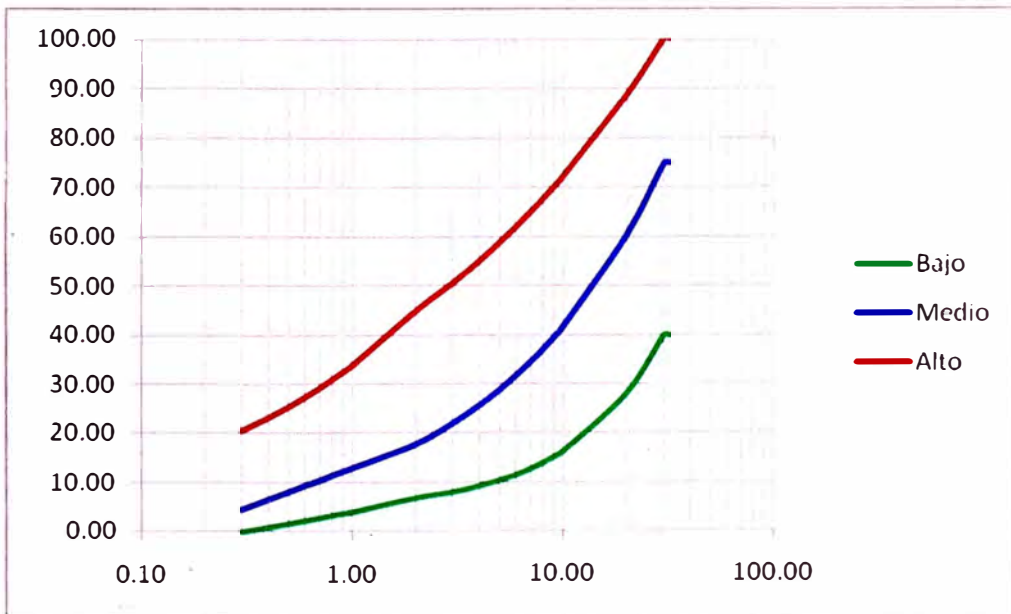
FALLA 2. EXUDACIÓN



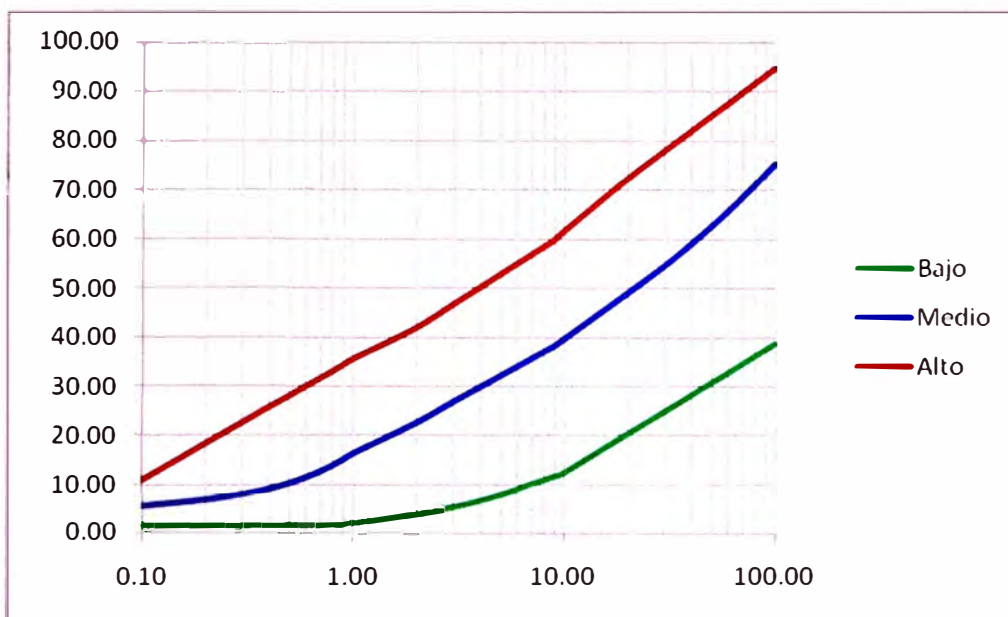
FALLA 3. GRIETA EN BLOQUE



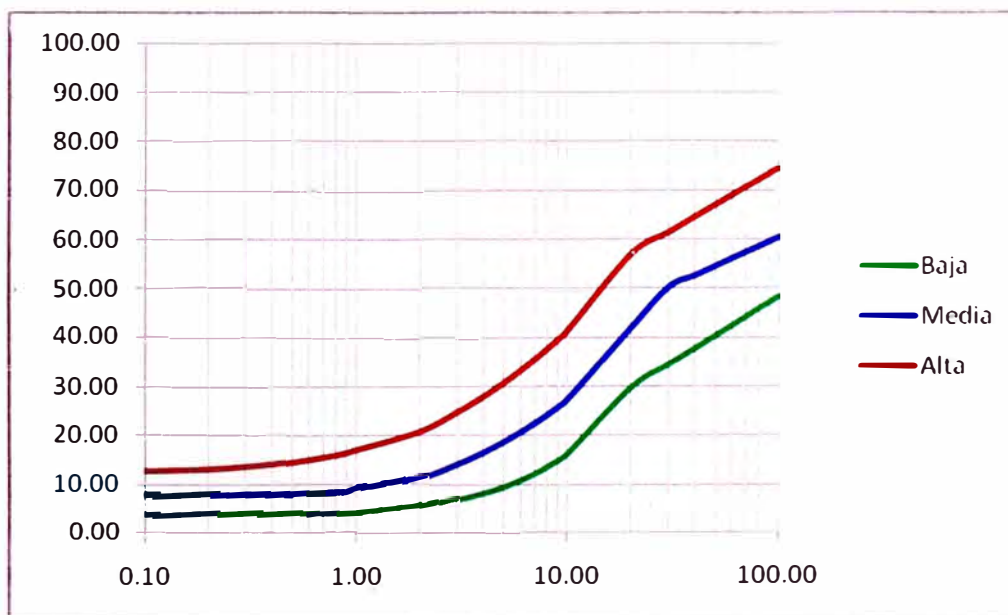
FALLA 4. ELEVACIÓN Y HUNDIMIENTO



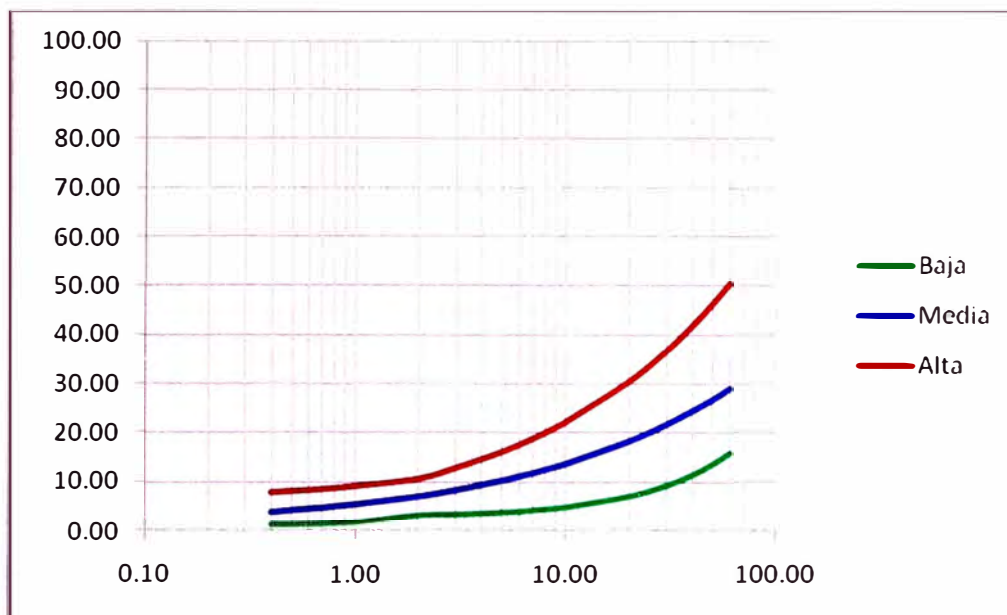
FALLA 5. CORRUGACIÓN



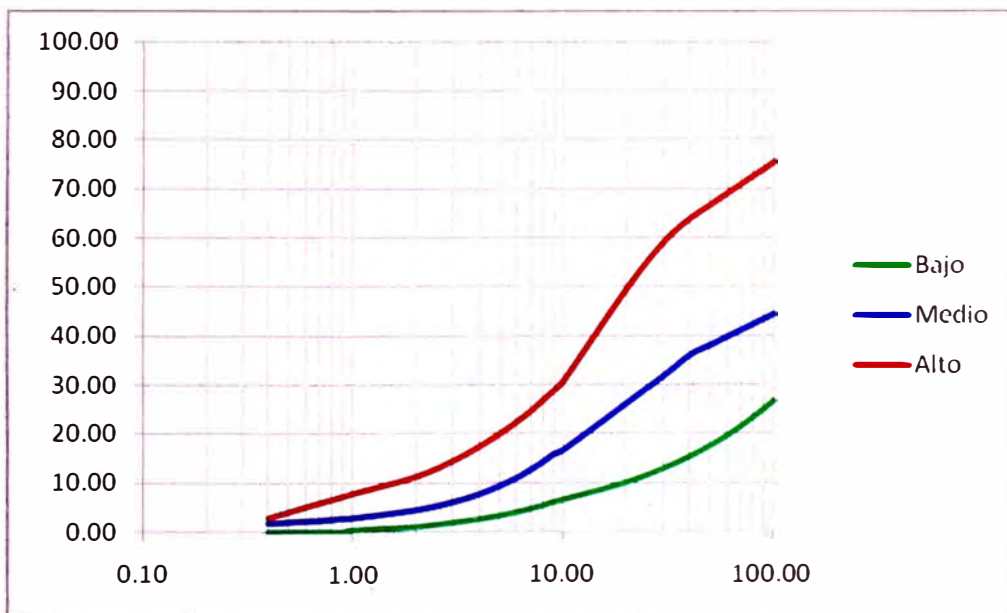
FALLA 6. DEPRESIONES



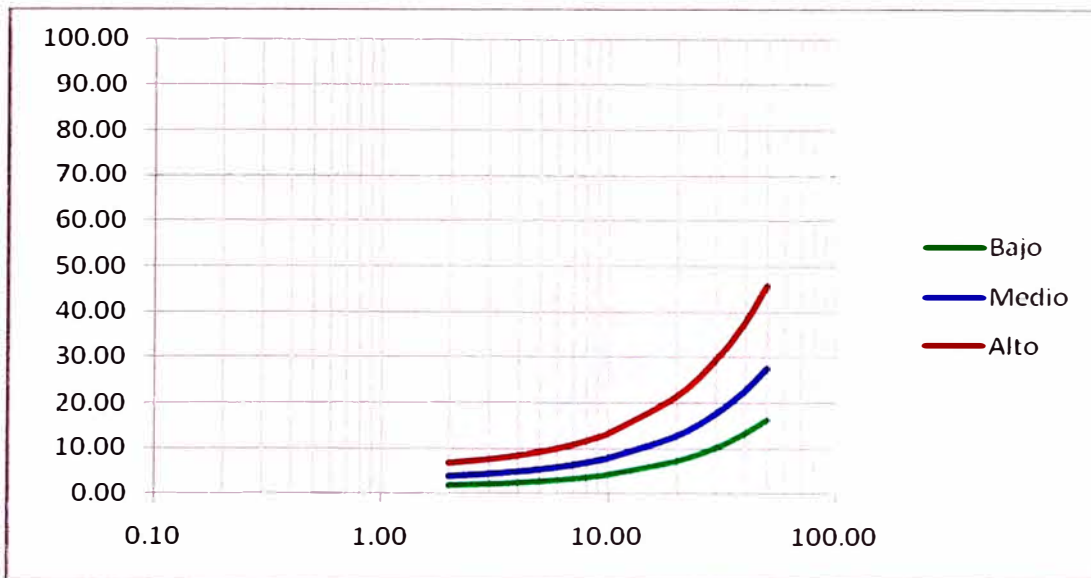
FALLA 7. GRIETA DE BORDE



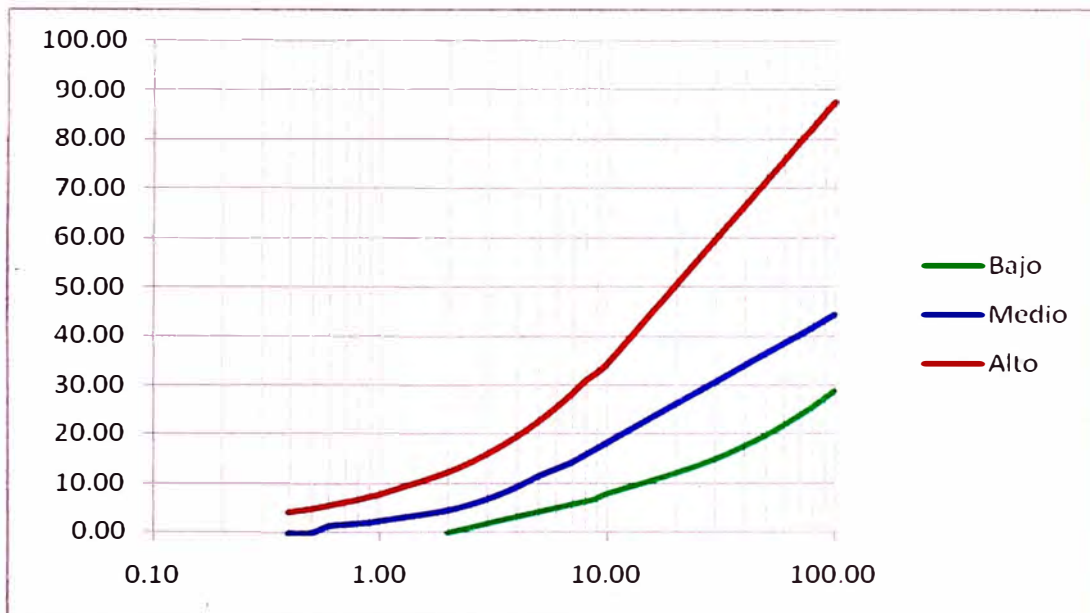
FALLA 8. GRIETA EN JUNTAS



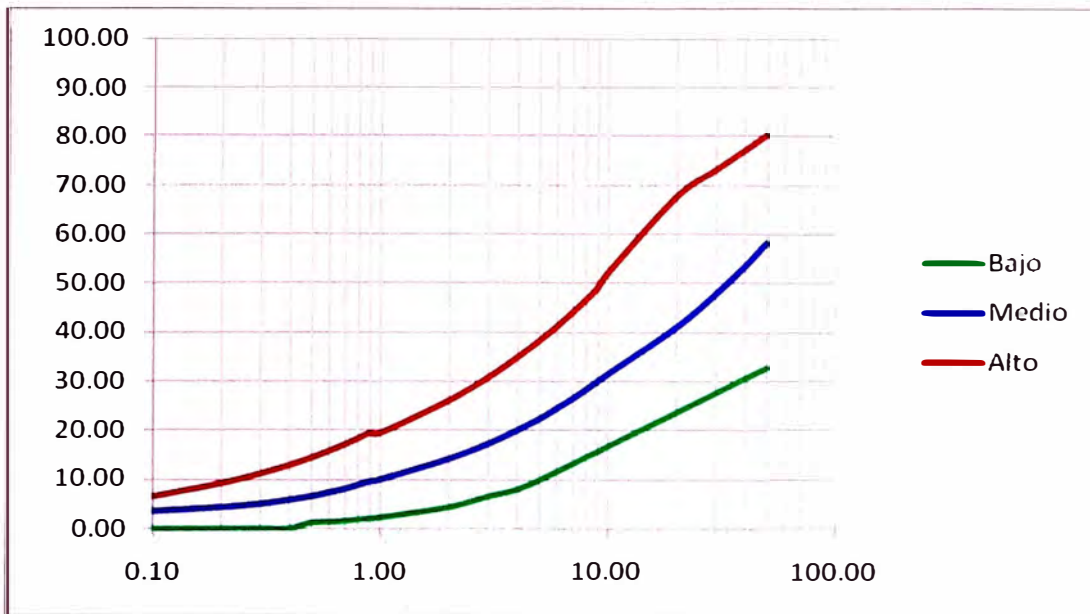
FALLA 9. DESNIVEL DE CALZADA



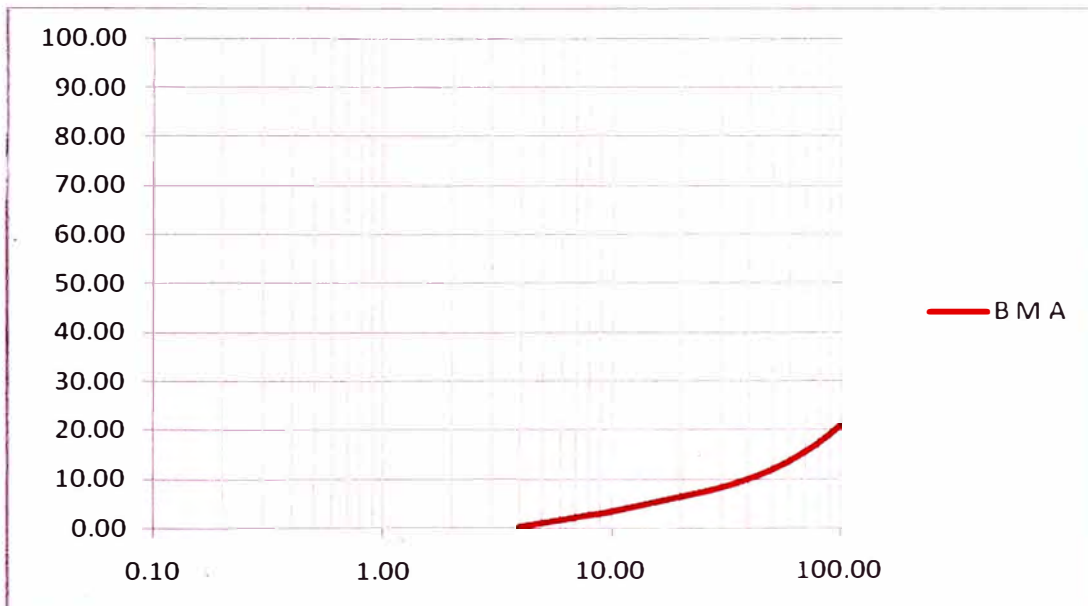
FALLA 10. GRIETA LONGITUDINAL



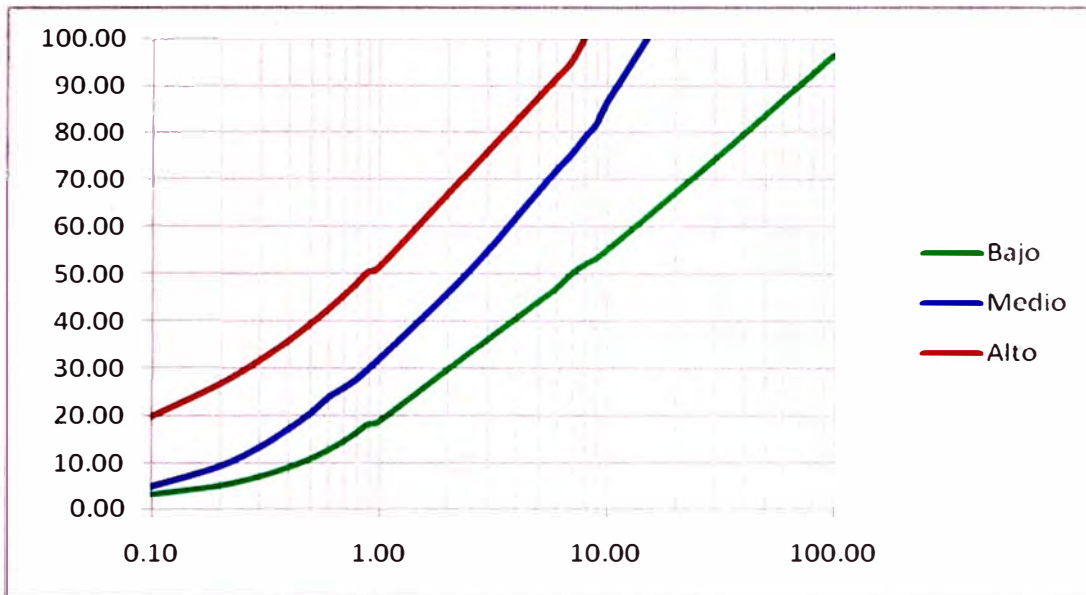
FALLA 11. BACHEO



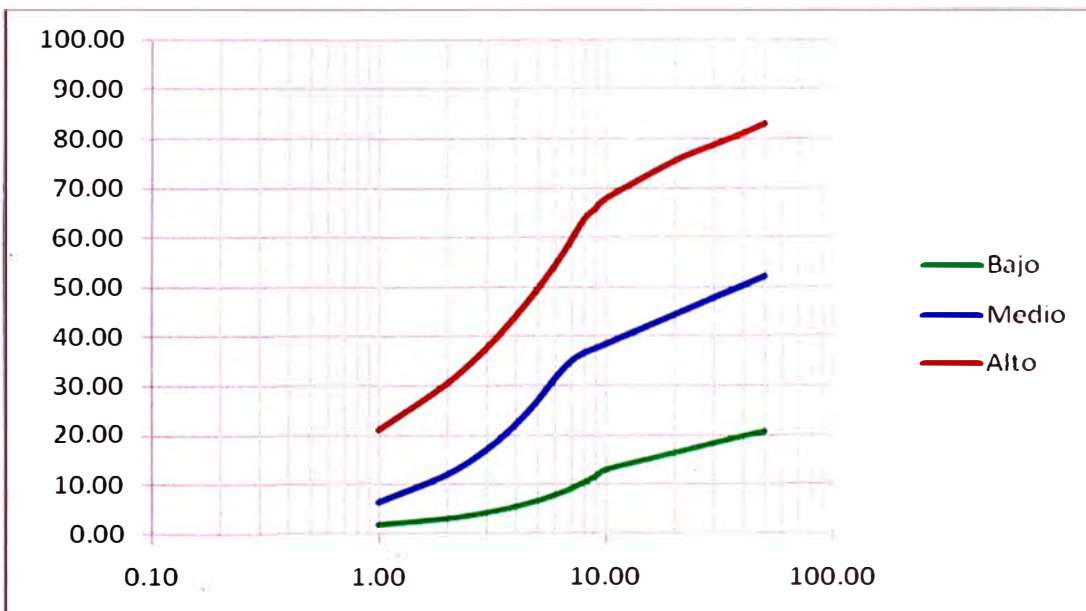
FALLA 12. AGREGADO PULIDO



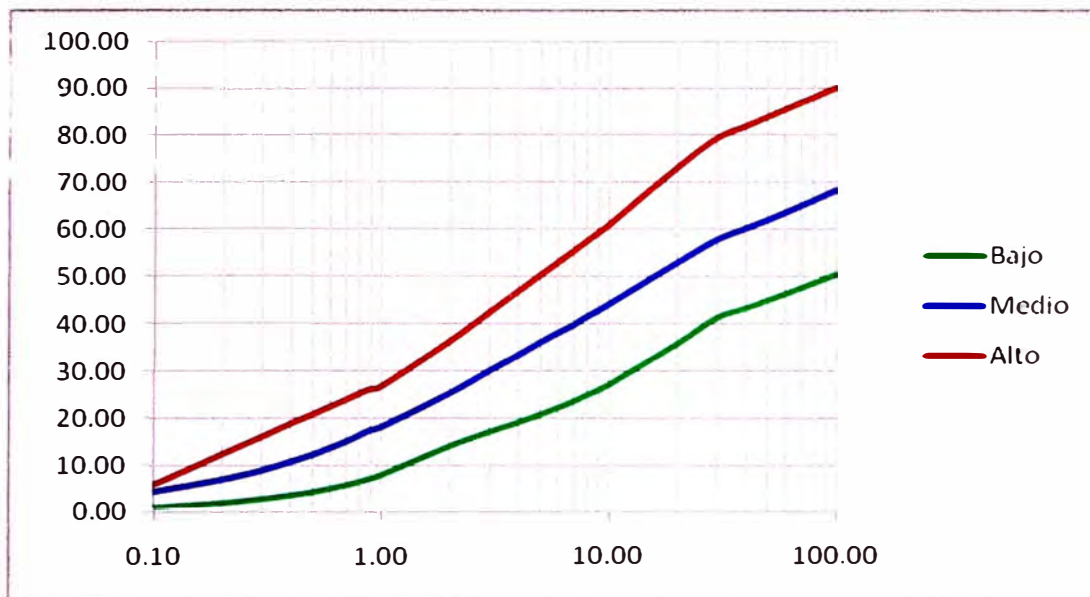
FALLA 13. HUECOS



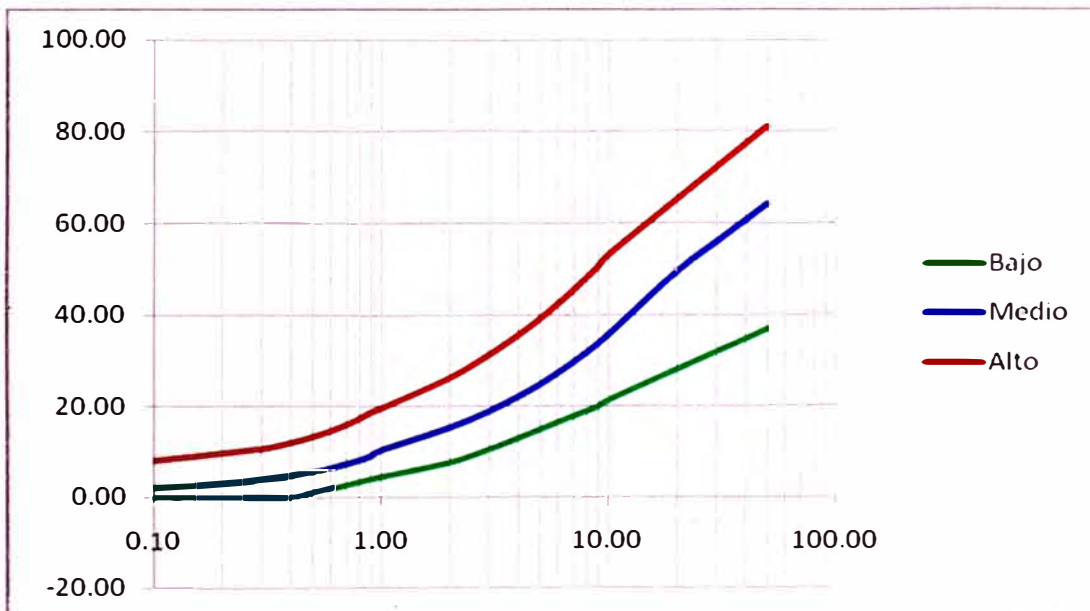
FALLA 14. ACCESO A PUENTES



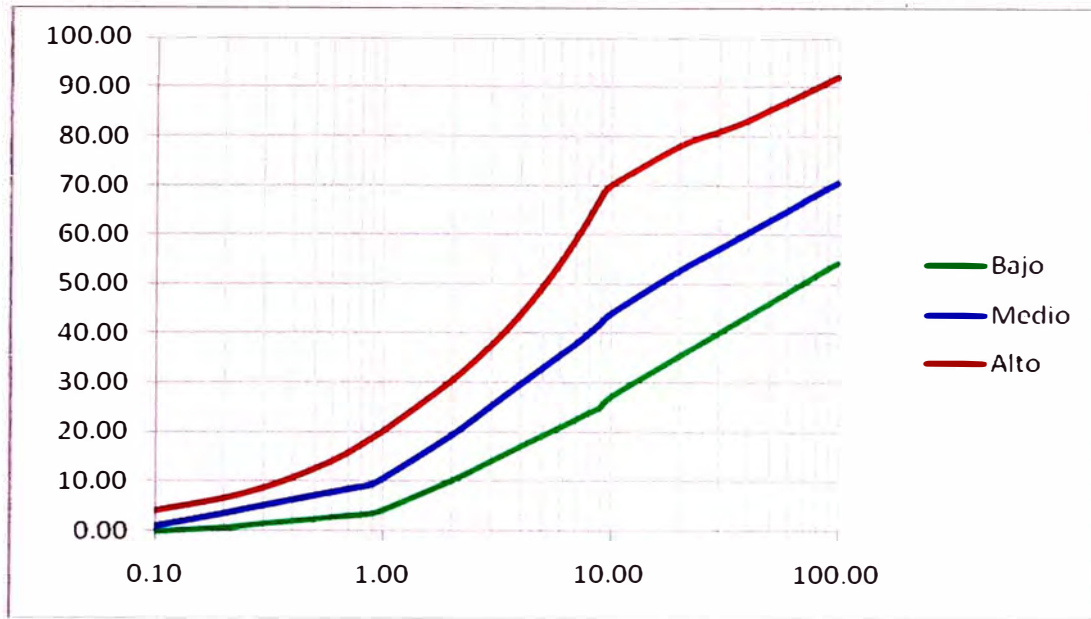
FALLA 15. AHUELLAMIENTO



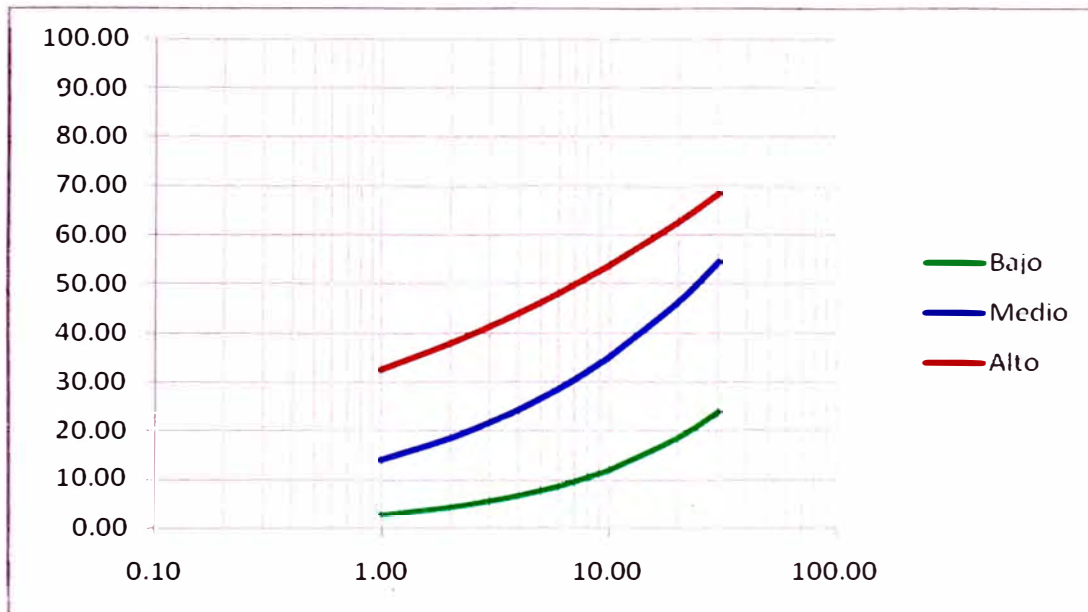
FALLA 16. DEFORMACION POR EMPUJE



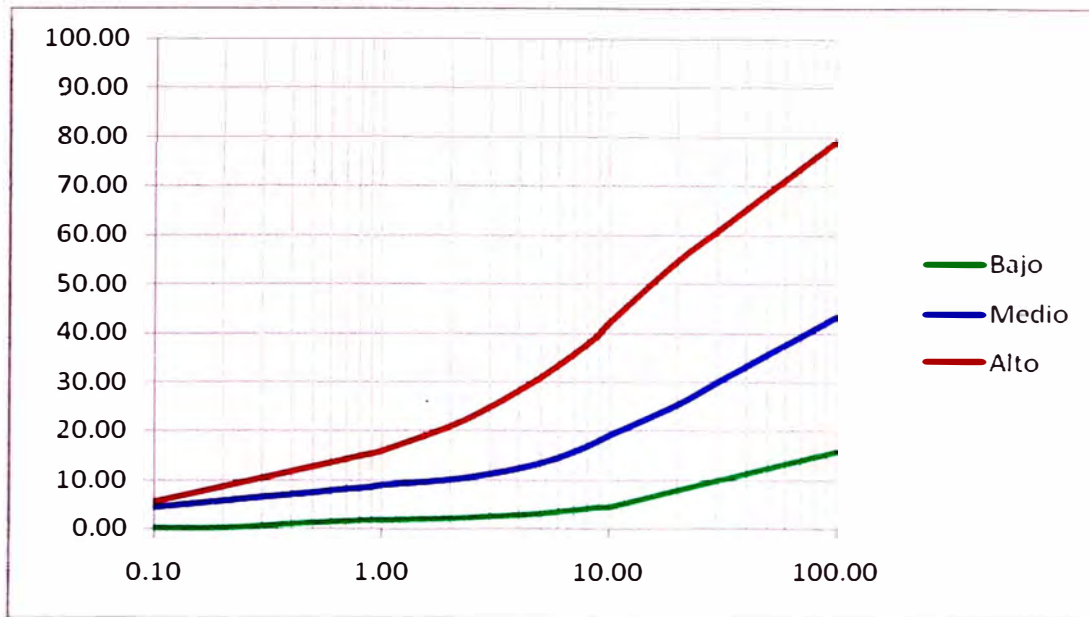
FALLA 17. GRIETA DE DESLIZAMIENTO



FALLA 18. HINCHAMIENTO



FALLA 19. PELADURA



CORRECCIÓN DE VALOR DEDUCIDO

