

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



**EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO CON VIGA BENKELMAN -
MÉTODO EMPIRICO, CARRETERA CAÑETE – CHUPACA
SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO Y PROPUESTA DE MANUAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

FREDDY CASTILLEJO SILVA

Lima- Perú

2011

El presente trabajo está dedicado a Mariangela,
Carolina y Clever quienes son el futuro del país.

ÍNDICE

RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE GRÁFICOS	5
SÍMBOLOS Y SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 UBICACIÓN DE LA CARRETERA	10
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA	11
1.3.1 Descripción de la carretera	11
1.3.2 Clima	12
1.3.3 Geomorfología	14
1.3.4 Geología	15
1.3.5 Flora	15
1.3.6 Fauna	16
1.3.7 Descripción de los materiales de fundación	17
1.4 TRAMO EN ESTUDIO	19
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.6 OBJETIVOS	20
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE	
2.1 SISTEMAS DE ANÁLISIS	22
2.1.1 Técnicas de análisis con Matrices de tabulación estadística	22
2.1.2 Análisis de datos cuantitativos con SPSS para Windows	23
2.1.3 Programa Informático para Sistematización de procesos InfoDeser	24
2.2 MANUALES DE OPERACIÓN Y FUNCIONAL DE MANTENIMIENTO VIAL	25
2.3 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	30
2.3.1 Equipo Viga Benkelman	30
2.3.2 Equipo Dynaflec	31
2.3.3 Equipo Road Rater	32
2.3.4 Equipo RDD	32
2.3.5 Equipo FWD (Falling- Weight deflectometer)	33
2.3.6 Equipo KUAB – FWD	34

CAPITULO III: MARCO TEORICO

3.1	SISTEMATIZACION DEL PROCESO	35
3.2	PROPUESTA DE MANUAL	37
3.3	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	38
3.4	VIGA BENKELMAN	38
3.5	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y PROCESO DE DATOS	39
3.6	DEFLECTOMETRÍA MÉTODO EMPÍRICO CONREVIAL	40
3.6.1	Medición de Deflexiones con la Viga Benkelman	41
3.6.2	Corrección por temperatura	42
3.6.3	Corrección por estacionalidad	42
3.6.4	Cálculo del radio de curvatura	43
3.6.5	Análisis estadístico de las deflexiones	44
3.6.6	Deflexión característica	44
3.6.7	Deflexión admisible	45
3.6.8	Graficas deflectométricas	45

CAPITULO IV: APLICACIÓN AL TRAMO Km 74+000 – Km 84+000

4.1	RECOPIACIÓN DE DATOS	46
4.2	PROCESAMIENTO DE DATOS	47
4.3	ANÁLISIS DE LOS DATOS	48
4.4	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	49

CAPITULO V: SISTEMATIZACION DEL PROCESO Y PROPUESTA DE MANUAL

5.1	GENERALIDADES	52
5.2	SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO	52
5.3	PROPUESTA DE MANUAL	54
5.3.1	Procedimiento Operativo	54
5.3.2	Procedimiento de toma de datos	54
5.3.3	Procedimiento de análisis de datos	55
5.3.4	Procedimiento del procesamiento de datos	56
5.3.5	Procedimiento para el modelo de deterioro del pavimento básico	57

CONCLUSIONES 58

RECOMENDACIONES 59

BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS	61
ANEXO 01: Manual de procedimiento operativo	
ANEXO 02: Manual de procedimiento de toma de datos	
ANEXO 03: Manual de procedimiento de análisis de datos	
ANEXO 04: Manual de procedimiento del procesamiento de datos	
ANEXO 05: Manual de procedimiento del modelo de deterioro del pavimento básico	

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia es desarrollado en la Carretera Cañete – Yauyos con aplicación en el Km. 74+000 al Km. 84+000, distrito de Catahuasi, provincia de Yauyos, departamento de Lima.

En la actualidad no se cuenta con procedimientos para la aplicación de la Viga Benkelman en carreteras de bajo volumen de tránsito con pavimento básico por lo que el presente informe de suficiencia tiene como objetivo principal es brindar los procedimientos operativos y funcionales de esta herramienta de trabajo para la evaluación estructural de carreteras de bajo volumen de tránsito.

La evaluación del pavimento, se realizó mediante el método empírico, midiendo las deflexiones utilizando la Viga Benkelman, que se usa frecuentemente en el mantenimiento de carreteras en nuestro país, por consiguiente el presente informe de suficiencia pretende ser un instrumento de utilidad cuando se aplique este método detallando los criterios a utilizar.

Se incluye en el presente informe, los datos de las deflexiones medidos en campo, así como la descripción de la Viga Benkelman, su funcionamiento, el procedimiento para realizar las mediciones de las deformaciones de la estructura de dicho pavimento y para el análisis estadístico defiectométrico. Los datos procesados nos permiten realizar la grafica del modelo de deterioro con el cual podemos establecer una política de mantenimiento a la carretera.

Para la toma de datos, análisis y procesamiento de datos tomados en campo se propone el procedimiento a seguir, utilizando un programa estadísticos que sirva para el soporte en los cálculos matemáticos, se propone la sistematización de todo el proceso con diagrama de flujos y formatos establecidos para poder comparar datos tomados en diferentes estaciones.

Se muestra como resultado la propuesta los procedimientos operativos y funcionales para la toma de datos en el análisis estructural usando la Viga Benkelman.

© 2011, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Informe de Suficiencia en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Castillejo Silva, Freddy
freddy.castillejo@hotmail.com
985059856 - 5741718

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASHTO	:	Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes.
ASTM	:	Sociedad Americana de Ensayos de Materiales.
CBR	:	Relación de Soporte de California.
EE	:	Eje Equivalente.
GLB	:	Global.
HDM	:	Gestión de Desarrollo de Carreteras.
IGV	:	Impuesto General a las Ventas.
IMD	:	Índice Medio Diario.
ISSA	:	Sociedad Internacional de Mortero Asfáltico.
MTC	:	Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

LISTA DE CUADROS

- CUADRO N°2.1 Formato Matriz de tabulación
- CUADRO N°3.1 Corrección por estacionalidad
- CUADRO N°3.2 Deformaciones catalogo CONREVIAl

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA N°1.1 Esquema de la red nacional R22
- FIGURA N°1.2 Esquema de la red nacional R22
- FIGURA N°2.1 Pantalla de aplicación de software InfoDeser
- FIGURA N°2.2 Viga Benkelman
- FIGURA N°2.3 Equipo Dynaflec
- FIGURA N°2.4 Equipo Road Rater
- FIGURA N°2.5 Equipo DRR
- FIGURA N°2.6 Equipo Falling- Weight Deflectometer
- FIGURA N°2.7 Equipo KUAB - FWD
- FIGURA N°3.1 Esquema Sistematización de procesos
- FIGURA N°3.2 Viga Benkelman
- FIGURA N°3.3 Principio de operación de Viga Benkelman
- FIGURA N°3.4 Deformada del pavimento y parámetros de comparación
- FIGURA N°3.5 Deflectograma de via expresa
- FIGURA N°4.1 Procedimiento de medición de deflexiones
- FIGURA N°4.2 Deflectograma datos 2010 Carril Izquierdo
- FIGURA N°4.3 Deflectograma datos 2010 Carril derecho
- FIGURA N°4.4 Deflectograma datos 2010
- FIGURA N°4.5 Resumen de resultados Carril Izquierdo
- FIGURA N°4.6 Resumen de resultados Carril derecho
- FIGURA N°4.7 Resumen de resultados Deflexión Característica
- FIGURA N°4.8 Resumen de resultados Deflexión Admisible
- FIGURA N°4.9 Periodo de conservación
- FIGURA N°5.1 Flujo de Sistematización de proceso

INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Suficiencia ha sido desarrollado con la finalidad de describir los procedimientos para la recopilación de datos, análisis, procesamiento y sistematización del proceso para la evaluación estructural utilizando la Viga Benkelman, aportar con la propuesta de procedimientos que permita evaluar la estructura de una carretera de bajo volumen de tránsito con un pavimento básico, aplicados a la obra Carretera Cañete – Yauyos del Km. 74+000 al Km. 84+000 que forma parte del Programa de Desarrollo Vial "Proyecto Perú.

El primer capítulo brinda información a modo de resumen del estudio de Pre-inversión a Nivel de Perfil de la Carretera Cañete-Yauyos, datos del clima, flora, fauna, ubicación exacta, geología y geomorfología

El segundo capítulo es el estado del arte, lo cual permite saber los estudios que se han realizado en otras partes del mundo con respecto a este tema en este capítulo describimos algunos programas informáticos que se aplican para la sistematización de procesos, describimos otros equipos que permiten realizar la toma de deflexiones para carreteras de bajo volumen de tránsito, también se describen manuales usados para la evaluación de carreteras de bajo volumen de tránsito.

El tercer capítulo es el marco teórico, el cual contiene las teorías aplicables, los criterios de diseño usados para el desarrollo del trabajo, las consideraciones de diseño para el monitoreo de la estructura del pavimento básico, teorías aplicadas a la sistematización de procesos, también se muestran las metodologías para plantear los procedimientos a seguir.

En el tercer capítulo se evalúa la zona de estudio y se indica las pautas que se han considerado en la elaboración de los programas de conservación con la finalidad de preservar el patrimonio vial y garantizar su buena transitabilidad.

El cuarto capítulo es la aplicación de la recopilación, análisis y procesamiento de datos en el tramo que comprende el Km. 74+000 al Km. 84+000 la carretera Cañete – Yauyos

El Quinto capítulo esta descrito el procedimiento para la sistematización de datos tomados en campo y la propuesta del procedimiento operativo y funcional de la Viga Benkelman para la evaluación estructural de pavimento básico en estudio.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La carretera de penetración y enlace entre Cañete – Yauyos – Chupaca (actualmente corredor vial N° 13), fue proyectada y ejecutada por partes durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía entre la década de 1920 a 1930, mediante la Ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú. Durante los últimos años de este gobierno en el avance de los trabajos en el cañón de Uchco, por circunstancias fatales mueren seis obreros y coincidiendo con la caída del gobierno, quedaron paralizados todos los trabajos de la carretera.

Por el lado de la costa durante el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche, entre los años 1940 y 1944 se avanza con los trabajos de la carretera desde Cañete, llegando a Yauyos en abril de 1944, siendo inaugurado por el propio Presidente en junio del mismo año. En 1954 el Gobierno Central a través del Ministerio de Fomento continuó con los trabajos para culminar con el tramo faltante entre Yauyos-Tomas, las obras estuvieron a cargo del Ing. Máx. Atuncar, siendo esto hecho realidad en 1957.

En el año 1998 la Comisión de Promoción de Concesiones Privadas (PROMCEPRI) adjudicó la buena Pro al Consorcio “Asociación Aguas y Estructuras (AYESA) – ALPHA CONSULTA SA” para realizar el servicio de consultoría a nivel de estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lunahuaná – Huancayo.

En el marco del programa “Proyecto Perú” que fue creado por Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02 y modificado por Resolución Ministerial N°408-2007-MTC/02 y que es parte del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional (PROVIAS NACIONAL), se suscribió el CONTRATO DE SERVICIOS N° 288-2007 MTC/20 de 27 de diciembre del 2007, con el CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS por un monto total de S/. 131'589,139.31 y con un plazo de contrato de cinco años, a fin que éste brinde el Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca y Rehabilitación del Tramo: Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas.

Como parte de los compromisos contraídos por el **CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS**, según los términos de referencia, dentro de la fase pre-operativa se realizó un **Inventario Vial Calificado** (obtención de un registro de todas las estructuras y obras que conforman la carretera), el cual se ejecutó durante los meses de abril, mayo y junio del 2008.

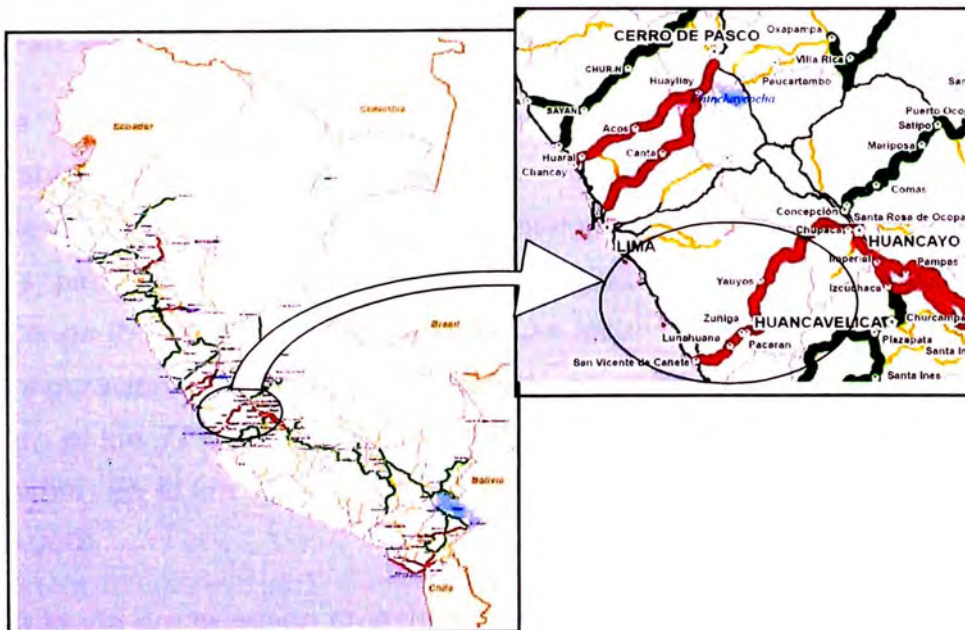
El MTC a través de **PROVIAS NACIONAL** suscribió un convenio de cooperación interinstitucional con la Universidad Nacional de Ingeniería el 22 de agosto del 2008 por un periodo de cinco años, con el propósito de implementar un sistema de acompañamiento y monitoreo del contrato de conservación vial por niveles de servicio que se vienen llevando a cabo en el corredor vial N° 13.

1.2 UBICACIÓN

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca forma parte del corredor vial N° 13, perteneciente a la Ruta N° 22 de la Red Vial Nacional.

Se encuentra ubicado en la región central del país y su ámbito de desarrollo está entre las provincias de Cañete y Yauyos en el departamento de Lima y las provincias de Concepción y Chupaca en el departamento de Junín.

FIGURA N° 1.1 ESQUEMA DE LA RED NACIONAL R22



Fuente: MTC

FIGURA Nº 1.2 ESQUEMA DE LA RED NACIONAL R22



Fuente: MTC

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

1.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA CARRETERA

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

Continúa “la quebrada” que se forma a manera de una estrecha garganta cuanto más se aproxima a los contrafuertes andinos. Todas las superficies de los cerros son pétreas, rocallosas, reseca y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua. Esta área corresponde a la región Yunga (500 msnm – 2300 msnm). Las localidades que se encuentran con esta configuración son: Zúñiga (821 msnm) en el km 56+600, Catahuasi (1206 msnm) en el km 77+000, Capillucas (1581 msnm) en el km 94+640, Calachota (1740 msnm) en el km 105+040, y Dv. Yauyos o Magdalena (2289 msnm) en el km 127+000).

Continúa la vía por la región Quechua (2300 msnm – 3500 msnm), donde por lo general luego de una estrecha garganta o pongo, se abre una nueva quebrada cuyos fondos planos son relativamente estrechos y son inmediatamente

continuados por las faldas de los cerros de suave declive, interrumpidas por lomas. Localidades ubicadas en esta región son: Tinco Huantan (2640 msnm) en el km 140+360, Llapay (2950 msnm) en el km 154+300, y Alis (3261 msnm) en el km 163+100. Al otro lado de la cordillera se ubica Ronchas (3358 msnm) en el km 255+185.

Se continúa ascendiendo llegando a la región Suni (3500 msnm a 4000 msnm), donde el escenario cambia a bruscas ascensiones de acantilados, peñoleras y cerros. En este sector normalmente no se encuentran valles, mas por el contrario se tienen quebradas estrechas que abren cañones muy profundos, erosionando las rocas vivas, de modo que al recorrer esta región por el fondo de las quebradas, a orillas del río, el horizonte perceptible se cierra en circuitos pequeños que dan la sensación de un lugar amurallado.

La localidad llamada Tomas (km 171+090) está ubicada en esta región. Se encuentra a 3566 msnm. Al otro lado de la cordillera se ubican: San José de Quero (3908 msnm) en el km 229+300, Chaquicocha (3650 msnm) en el km 239+600, y Collpa (3508 msnm) en el km 246+200.

La carretera atraviesa también la región Puna, que comprende alturas entre los 4000 msnm y 4800 msnm. Esta región aparece a ambos lados del declive andino, separando cumbres nevadas entre si, reuniendo las cumbres, de menos de 4800 metros para formar nudos y mesetas, y hendiendo las cordilleras para dar paso a las otras. Se considera a la Puna como una gran llanura elevada o altiplano; sin embargo esta región ofrece muy variados relieves en relación con su ubicación. En esa región ubicamos localidades o lugares como: Tinco Yauricocha (4040 msnm) en el km 181+680, Abra Chauca (4751 msnm) en el km 193+510, Abra Negro Bueno (4666 msnm) en el km 211+320.

1.3.2 CLIMA

a) Temperatura

Como se visto, el área comprometida en el proyecto se ubica en diferentes regiones, según la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (expuesta en su tesis "Geografía del Perú").

A continuación se señalan las temperaturas típicas que se dan en estas regiones:

Yunga Marítima: Esta región se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20 y 27°C durante el día; las noches son frescas, a causa de los vientos que bajan de las regiones más altas.

Quechua: El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; las mínimas entre 7°C y -4°C.

Suni: El clima es frío debido a la elevación y a los vientos locales. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, máximas superiores a 20°C y mínimas invernales de -1°C a -16°C. El aire es transparente y las nubes se presentan en grandes cúmulos aborregados, simulando nítidas y caprichosas esculturas, muy blancas y brillantes.

Puna: La temperatura media anual es superior a 0°C e inferior a 7°C. La máxima entre setiembre y abril, es superior a 15°C llegando hasta 22°C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre -9°C y -25°C.

b) Precipitación

En el tramo existen tres zonas bien diferenciadas en cuanto a niveles de precipitación:

La primera corresponde al tramo comprendido entre Cañete (71 msnm) y Catahuasi (1206 msnm). Donde las precipitaciones promedio anuales son escasas variando de 10mm en Cañete a 29mm en Catahuasi.

Un segundo tramo correspondiente a la cuenca alta del río Cañete; de la cota de 3500 msnm hasta el nivel de cumbre superiores a los 4500 msnm donde la precipitación se incrementa considerablemente como lo indican las estaciones de Carania 551 mm (3825 msnm – Yauyos) y Yauricocha (4522 msnm – Alis) 944.1 mm.

En cuanto se refiere a la variación de la precipitación promedio mensual, es conocido que en toda la zona altoandina existe una marcada estacionalidad. A partir de septiembre se inician las primeras lluvias incrementándose paulatinamente hasta el mes de marzo o abril. En el periodo entre enero y marzo se concentra el mayor volumen de precipitación. Entre los meses de abril y agosto son escasas las lluvias.

1.3.3 GEOMORFOLOGÍA

El relieve en el tramo carretero puede subdividirse en tres zonas bioclimáticas que presentan patrones geomorfológicos más o menos definidos: zona alto andina, zona meso andina y la zona del matorral desértico.

Zona Alto Andina (cuena alta)

Comprende relieves de topografía agreste, de vertientes de altura relativa superior a 500 metros (entre la cima y base de las elevaciones) y pendiente generalmente superior a 50%.

Las laderas presentan considerables superficies en las que predominan las exposiciones del substrato rocoso, que se alternan con taludes coluviales periglaciares y depósitos morrénicos solifluidos.

Zona Meso Andina (cuena media)

Está constituida por un conjunto de vertientes montañosas, de topografía predominantemente agreste, que se encuentra a altitudes comprendidas aproximadamente entre 2400 y 3800 msnm. Aquí las glaciaciones cuaternarias no han ejercido acciones morfológicas directas, y el clima holocénico o actual es relativamente templado y húmedo, es decir, que sus temperaturas y precipitaciones permiten desde hace siglos el desarrollo de la tradicional agricultura andina de las vertientes.

En este conjunto se destaca la presencia de áreas encañonadas, de grandes vertientes y paredes rocosas, que con frecuencia superan los mil metros de desnivel entre la cima y base de las elevaciones. A este respecto cabe mencionar el impresionante cañón de paredes rocosas calcáreas ubicado sobre el río Alis, cinco kilómetros aguas abajo del distrito de Tomás.

Zona del Matorral desértico (cuena baja)

Los sectores más llanos corresponden a la llanura aluvial reciente del río Cañete, donde las acumulaciones aluviales modernas han cubierto prácticamente todas las irregularidades topográficas salvo algunas lomadas y colinas que aparecen sobre el llano a modo de "montes relictos". En forma más localizada, algunos sectores de llanura interior, alejados del curso fluvial, tienen también muy poca

pendiente, debido en parte a la actividad eólica y aluvial de los últimos milenios que contribuyó a rellenar las depresiones regularizando las superficies.

Pero de manera dominante, las llanuras interiores tienen numerosos accidentes topográficos, como disecciones, ondulaciones, exposiciones del substrato rocoso y dunas, que se deben a las acciones eólicas y eventuales lluvias en los últimos miles de años.

Los relieves de colinas y montañas que enmarcan las llanuras costeras, son el resultado de la orogenia y elevación plio pleistocénica de los Andes, a consecuencia de la cual, se encajonaron los cursos de agua dando lugar a la configuración de la configuración montañosa actual de la cordillera andina, especialmente en la sierra y selva alta.

En la costa, las colinas y montañas corresponden de manera general a las estribaciones occidentales finales de la Cordillera Occidental, y conjuntamente con las planicies, conforman los grandes conjuntos morfológicos fisiográficos de la costa.

1.3.4 GEOLOGÍA

De acuerdo a la información obtenida del ONERN¹ se puede indicar que la composición frecuentemente observada son las rocas ígneas intrusivas las que constituyen el batolito andino de la Costa que aflora desde la localidad de Trujillo en el Norte de forma ininterrumpida, hasta las cercanías de la quebrada de Pescadores, Arequipa, en el sur del país.

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

1.3.5 FLORA

La determinación de la flora en el tramo de la carretera, se basó en observaciones de campo, información proporcionada por los pobladores locales,

trabajo de gabinete y revisión de otros estudios realizados en la zona. Como resultado se obtuvo la siguiente información:

Vegetación en ambientes terrestres se tienen 12 especies identificadas en la zona de vida estepa-Montano Tropical; 16 especies en bosque húmedo-montano tropical; 9 especies en páramo muy húmedo – Subalpino Tropical; y algunas especies hemocriptofíticas entremezcladas con algunas gramíneas del género *Stipa* en Tundra pluvial-Alpino Tropical.

Se cuenta con las siguientes especies importantes: aliso (*Alnus jorullensis*), anojisha (*Opuntia subulata*), taya (*Parastrephia lepidophylla*), chachas (*Escallonia Pendula*), tarwi (*Lupinus mutabilis*), quinuai (*Polylepis racemosa*), quishuar (*Buddleia incana*), colle (*buddleia coriácea*), yanacara (*Gynoxis sp*), karkac (*Escallonia Corymbosa*), huamanpinta (*Chuquiraga espinosa*), roque (*Colletia spinosissima*), sauco (*Sambucus peruviana*), mutuy (*Cassia sp*). En las partes más altas se encuentra *Calamagrostis vicunarum*, *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostisrigescens*, *hipochoeris taraxacoides*, *Calamagrostis intermedia*, *Distichia muscoides*, *Alchemilla pinnata*, *Plantago tubulosa azorella spp*, *Urtica spp*.

1.3.6 FAUNA

En cuanto a especies de aves ligadas a ambientes acuáticos, se registran 26 especies y 46 especies de aves ligadas a ambientes terrestres, lo cual indica la importancia de estos ecosistemas como zona de tránsito y hábitat para las aves. También se refiere un número de 17 especies de mamíferos identificados en el área de estudio.

Las aves ligadas a los ambientes acuáticos son relativamente numerosas. En general estas especies tienen una densidad bastante baja, la más abundantes son los patos, el zambullidor y las garzas. Las aves ligadas a ambientes terrestres están representadas por la gran cantidad de especies típicas de la sierra peruana como: picaflores (*Agleactis cupripennis*, *Myrtis Fanny*, *patagona gigas*, *Phalcobaenus albogularis*, *Polyonymus caroli*), *Cotinga (Ampelio rubrocristatu)*, *cotorra (aratinga wagleri)*, *lechuza (athene culicularia)*, *perico andino (bolborhynchus obbygnesius)*, *búho (búho virginianus)*, *gorrión cordillerano (zonotrichia capensis)* y *aguilucho común (buteo polyosoma)* entre otros.

Entre los principales mamíferos se tiene a los roedores Akodon boliviensis, Orizomys sp., Phyllotis pictus, phyllotis spp., cuy andino (cavia tschudii), zorrino (conepeatus rex), muca (didelphis marsupialis), zorro andino (dusicyon culpaeus), puma (felis concolor), gato silvestre (felis colocolor), felis jacobita, alpaca (lama glama pacos) llama (lama glama), vizcacha (lagidium peruanum), marmosa (marmosa elegans), venado gris (odocoileus virginianus), vicuña (vicugna vicugna).

1.3.7 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES DE FUNDACIÓN

Del análisis de los resultados de campo y laboratorio se puede configurar el perfil estratigráfico, de la siguiente manera, los datos fueron extraídos del expediente técnico elaborado por el Consorcio Gestión de Carreteras

Km 57+000 – km 63+650. Se tiene una capa superior de 30 cm de espesor como mínimo, que corresponde a antiguos trabajos de mantenimiento del afirmado, se trata de una arenas y gravas limosas que clasifica en el Sistema SUCS como SC-SM y GC-GM, mientras que en el sistema AASHTO como A-1-b(0) y A-1-a(0); la forma de los agregados gruesos es subangular, su matriz de color marrón claro es de escasa plasticidad; tiene bolonería comprendido entre 3% y 10% con tamaño máximo de 7"

Bajo él se encuentra un material areno-limoso, cuya clasificación SUCS es SC y AASHTO es A-2-4(0), siendo los agregados gruesos también de forma subangular; este estrato también contiene bolonerías entre 2% y 8% cuyo tamaño máximo es de 6"

Km 63+650 – km 88+600. Sector de carretera donde, en su gran mayoría el material de la plataforma vial clasifica en el sistema SUCS como SC-SM y en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0) y A-2-4(0). Los agregados gruesos de este material arenoso son de forma subangular, mientras que la matriz tiene plasticidad comprendida entre escasa a moderada (como máximo I.P. = 6%).

En la subrasante se han encontrado bolonerías, sin embargo a partir del km 67+700, se encuentran aproximadamente a partir de los 0,40 m (en promedio) mayor concentración de ellos, entre 40% y 50% y en tamaños variables entre 4" a 8". Desde el km 63+650 al km 66+600, la plataforma vial también se encuentra rodeada por áreas de cultivo. A partir del km 66+600 el panorama es desértico y

trascurre a media ladera por la quebrada, observándose en los taludes sectores con material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortas en rocas macizas.

Km 88+600-km 91+500 La subrasante es un arena arcillosa cuya plasticidad promedio es de $IP = 12\%$. Su clasificación de suelos en el sistema SUCS es SC. Mientras que en el sistema AASHTO es A-6(2). También en este estrato a partir de los 0,40m se ha encontrado bolonería entre 40% y 50% cuyo tamaño máximo es de 7". La capacidad de soporte de este suelo expresado en CBR es de 7% al 95% de la Máxima Densidad Seca del material.

Km 91+500 – km 96+600. En este sector mayoritariamente se tiene mayoritariamente suelos gravosos que en el sistema SUCS clasifican como GC-GM, mientras que en el sistema AASHTO es A-1-a(0) a A-1-b(0). Su índice de Plasticidad varia se encuentra entre 4.9% y 6.1%. En estos suelos también se aprecia la presencia de bolonería, la cual se incrementa a partir de 0.40m a valores comprendidos entre 40% y 60%.

Km 96+600 – km 106+600 Presencia mayoritaria de arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0).

Su plasticidad es baja y variable entre 4.9% y 6.0%, Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0.50 aumentaría su presencia a 50%.

Km 106+600 – km 114+600. En los estratos se encuentran gravas y arenas de matriz limo-arcillosas. Estos materiales clasifican en el sistema SUCS como GC-GM y SC-SM, y en el AASHTO como A-1-b(0). Las bolonerías se encuentran en todo el estrato, pero a partir de 0.40m aproximadamente, se encuentra mayor concentración de éstos (aproximadamente entre 40% y 50%). Por debajo de esta capa se encuentra roca a partir de 1.50 m.

Km 114+600 – 130+000 Arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4.6% y 6.4%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0.50 aumenta su presencia entre 40% y 50%.

Km 130+000 – km 220+000 Arenas y gravas limosas y arcillosa, de mediana a baja plasticidad, clasificando en el sistema SUCS como GC, GC-GM, SC, SC-SM y en el AASHTO A-2-4(0). La plasticidad es variable entre 5.7 % y 9.2%, Varias perforaciones no han llegado al 1.50m, debido a que aproximadamente desde los 0.30 hasta los 1.50m, se ha ubicado roca.

Km 220+000 – km 240+000 Sector de carretera donde en la mayoría de los casos se tiene una capa granular superficial entre 0.20m y 0.30m que clasifica como GM-GC o SC-SM, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0). Subyacente se encuentra una capa de arena – arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-2-6 y A-6(4), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

Km 240+000 – km248+000 Arena arcillosa y arena limo-arcillosa que clasifica en el sistema SUCS como SC o SM-SC, y en el sistema AASHTO como A-2-4(0). Su plasticidad es media, encontrándose que varía entre 6.8% y 9.7%.

Km 248+000 – km 258+000 En este sector se tiene también una capa granular superficial entre 0.20m y 0.30m que clasifica como GC y GM–GC, mientras que en el AASHTO es A-2-4(0).

Subyacente se encuentra una capa de arena-arcillosa y de arcilla SC, CL y en AASHTO A-6(1), cuya capacidad de soporte CBR es bajo.

De acuerdo a los resultados del estudio de suelos se ha sectorizado la carretera en función a su capacidad de soporte. Según esto se debe indicar que se han ubicado suelos gravosos y arenosos con matriz arcillosa de mediana plasticidad.

1.4 TRAMO EN ESTUDIO

El tramo en estudio donde se realizaron la toma de datos para la evaluación estructural del pavimento básico con la Viga Benkelman del presente Informe de Suficiencia comprende las progresivas Km 74+000 – Km 84+000.

Según el estudio de suelos presentados en el expediente técnico elaborados por el Consorcio Gestión de Carreteras, este tramo tiene las siguientes características, en su gran mayoría el material de la plataforma vial clasifica en el sistema SUCS como SC-SM y en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0)

y A-2-4(0). Los agregados gruesos de este material arenoso son de forma subangular, mientras que la matriz tiene plasticidad comprendida entre escasa a moderada (como máximo I.P. = 6%).

En la subrasante se han encontrado bolonerías, sin embargo a partir del km 74+700, se encuentran aproximadamente a partir de los 0,40 m (en promedio) mayor concentración de ellos, entre 40% y 50% y en tamaños variables entre 4" a 8". Desde el km 74+650 al km 76+600, la plataforma vial también se encuentra rodeada por áreas de cultivo. A partir del km 76+600 el panorama es desértico y transcurre a media ladera por la quebrada, observándose en los taludes sectores con material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortas en rocas macizas.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los trabajos de conservación por niveles de servicio, no tienen establecidos procedimientos para la evaluación de los pavimentos básicos, lo cual no permite realizar una adecuada supervisión de los trabajos a realizar. Los procedimientos descritos para hallar las deflexiones utilizando la Viga Benkelman, son aplicados en pavimentos asfaltados, por lo que se debe realizar un procedimiento adecuado para la aplicación de esta herramienta en los pavimentos básicos (monocapa, Slurry Seal).

En el presente caso, se realizara la evaluación del pavimento empleando la Viga Benkelman mediante las mediciones de deflexiones, En el cual se presenta el procedimiento que nos permita obtener datos confiables y así poder generar un modelo de deterioro que nos muestre la vida útil y estado de la carretera, y de esta manera realizar el mantenimiento más adecuado a la vía.

1.6 OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar el modo operativo del proceso de la toma de datos aplicando la Viga Benkelman en carreteras con pavimento básico (monocapa, Slurry Seal) y presentar un procedimiento que permita trabajar con datos confiables, su correcto análisis y procesamiento, asimismo se propondrá un manual para el modelamiento de deterioro del pavimento.

Objetivos Específicos:

- a) Identificar todo los componentes y factores externos que nos permitan la recopilación correcta de las deflexiones.
- b) Realizar procedimientos para la correcta evaluación de las correcciones de los datos obtenidos en campo.
- c) Realizar procedimientos para el modelamiento de deterioro del pavimento básico.
- d) Sistematizar el proceso del análisis y procesamiento de los datos obtenidos de la evaluación estructural en campo de la carretera.

CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE

2.1 SISTEMAS DE ANÁLISIS

La información propuesta sobre sistematización presentada en el presente informe de suficiencia, está basada en teorías de sistematización de procesos de estudios cuantitativos y cualitativos, no se ha encontrado una teoría aplicable a la sistematización de procesos para la propuesta de un manual de procedimientos, por lo que esta teoría será una guía y la base para realizar la sistematización del proceso para la evaluación estructural de un pavimento básico de carreteras de bajo volumen de tránsito usando Viga Benkelman.

Se entiende por sistematización como el proceso de ordenamiento de una o más procedimientos, es mostrar una lógica del proceso realizado mediante tablas, flujos, cuadros, programas informáticos, existe una gran variedad en las formas de presentación de un sistema de análisis, pero todos nos llevan a un solo resultado, el que es comprender y poder mejorar los procesos.

A continuación se presentan algunas técnicas para el proceso de sistematización.

2.1.1 Técnicas de análisis con Matrices de tabulación estadística

Son herramientas útiles para organizar, describir y analizar los datos recogidos con los instrumentos de investigación.

A continuación se presentan la descripción de la matriz de tabulación

Matriz de tabulación

La matriz de tabulación es una tabla de doble entrada, de filas por columnas que contiene toda la información obtenida mediante los instrumentos cuantitativos.

Cada columna representa un indicador de las muestras variables y cada fila representa un sujeto de la muestra. Se tendrá tantas columnas como variables se tenga. Si se tiene n indicadores, entonces se tendrá n columnas. La cantidad de columnas depende de cuantos indicadores se tenga.

CUADRO Nº 2.1 FORMATO MATRIZ DE TABULACIÓN

Medidas (Unidad de Análisis)	Medicion 1	Medicion 2	Medicion 3	Indices	Variable

Fuente: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/matriztab.pdf>

- a) Explorar los datos obtenidos en la recolección analizar descriptivamente los datos por variable
- b) Visualizar los datos por variable
- c) Evaluar la confiabilidad, validez y objetividad de los instrumentos de medición utilizados.
- d) Analizar e interpretar mediante pruebas estadísticas las hipótesis planteadas (análisis Estadístico Inferencial)
- e) Realizar análisis adicionales
- f) Preparar los resultados para presentarlos

2.1.2 Análisis de datos cuantitativos con SPSS para Windows

La aplicación del programa informático SPSS está en el procesamiento de datos y al análisis estadístico. Comprende su análisis en las teorías, aspectos metodológicos, estadísticos básicos que fundamentan el análisis de datos.

Etapas del procesamiento de programa Informático SPSS

- a) Ubica la etapa del procesamiento de datos en el contexto del proceso de investigación.
- b) Reconoce la oportunidad de aplicación de los diversos procedimientos estadísticos a los datos disponibles.
- c) Efectúa los procedimientos de manejo de bases de datos y efectúa operaciones de transformación de las variables.
- d) Fácil Interpretación de la salida de resultados del programa SPSS.
- e) Elabora tabulados simples y presentaciones gráficas.

2.1.3 Programa Informático para Sistematización de procesos InfoDeser

El presente programa informático se ha extraído de la Sección de Maestría de la Universidad de Córdoba – Argentina, el fin de este programa informático es analizar y Sistematizar datos estadísticos integrales para la construcción de carreteras, ordena, analizar, caracteriza datos integrales para analizar cuál es la zona que tiene mayor prioridad para la construcción de carreteras, este programa se podría adaptar a los datos obtenidos en campo para la caracterización de los tramos en estudio y del tramo total para el mantenimiento de la vía.

Programa computacional para sistematización de datos asociados a procesos de construcción de carreteras, plataforma para análisis estadístico.

Sistematización de Datos

Fijación de estándares comunes.

- Eficiencia en el uso de recursos.
- Disponibilidad y circulación de datos.

Análisis Estadísticos

Modelación de los procesos para la construcción y mantenimiento de carreteras sin dejar de lado las componentes aleatorias.

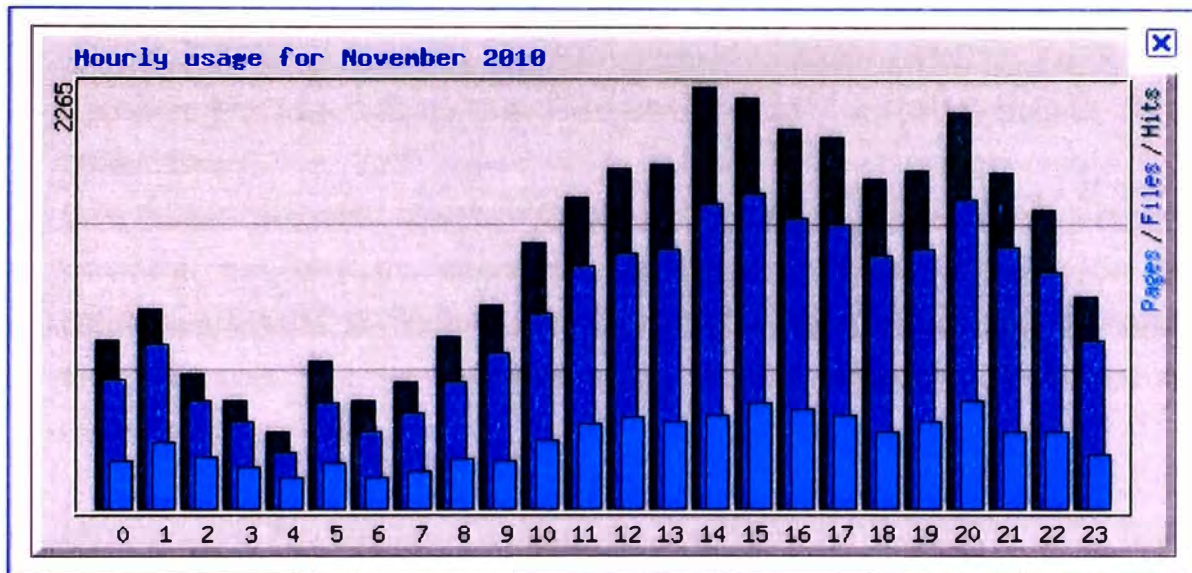


Características del software

InfoDeser aborda la construcción y mantenimiento de carreteras como un aspecto multidimensional, permitiendo trabajar con bases de datos de indicadores físicos, sociales y económicos. Datos de distintos tipos de indicadores y de distinta naturaleza (cuantitativa y cualitativa) pueden combinarse mediante distintas técnicas de análisis multivariado para construir índices y mapas basados en esos índices.

Las bases de datos se construyen bajo el difundido concepto de planilla electrónica. Permite re-categorizar datos y unificar archivos bajo distintos criterios de indexación (por ejemplo, por departamento, localidad, latitud, longitud y altitud)

FIGURA Nº 2.1 PANTALLA DE APLICACIÓN DE SOFTWARE INFODESER



Fuente: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/DCSyLD/File/Deser%20rosatti.pdf>

Consideraciones finales

InfoDeser es un programa de desarrollo local que resume la experiencia de investigadores argentinos, y que por sus características, podría usarse exitosamente para complementar las actividades que se realicen con otros programas de sistematización de datos para la construcción y mantenimiento de carreteras.

2.2 MANUALES DE OPERACIÓN Y FUNCIONAL DE MANTENIMIENTO VIAL

En los últimos años se han producido un gran número de manuales en el sector vial, mayormente para la construcción o la conservación vial de carretas o de caminos rurales. Países como: Colombia, Bolivia, Chile, Uruguay, Costa Rica, Brasil, Panamá y Perú.

Muchos de estos tienen un enfoque especial hacia aspectos ambientales o al menos cubren los aspectos ambientales más importantes. Algunos manuales abarcan los asuntos de participación comunitaria en las tareas de construcción y

conservación de los caminos rurales y otros se orientan hacia la conservación vial.

A continuación se enumeran a manera de resumen la descripción de los manuales de mantenimiento de carreteras que existente en América Latina y el Caribe.

- Ministerio de Transporte, 2000. Programa Nacional de Cultura Vial y Tecnologías Limpias en la Gestión Socio-Ambiental y Predial del Sector Carretero en Colombia, Instituto Nacional de Vías, Santafé de Bogotá, D.C., 2000.379pp.

Este manual pretende contribuir en la definición de un marco conceptual para minimizar los conflictos aparentes que existen entre la conservación del patrimonio natural, la integridad social y cultural de las poblaciones humanas afectadas por los proyectos viales y los impostergables requerimientos de desarrollo que requiere.

- Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. 1997. Guía Ambiental para la Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales. Proyecto Especial Rehabilitación Infraestructura de Transportes –Programa de Caminos Rurales- Perú. 1997. 56pp.

Se revisaron los aspectos legales y procedimentales de los países de EIA, su aplicación práctica, la percepción de expertos y los aspectos de sustentabilidad ambiental para una muestra de estudios de impacto. Los esfuerzos desplegados han permitido obtener un conjunto de antecedentes que dan cuenta de las tendencias, fortalezas y debilidades de los sistemas y estudios en relación con el proceso clásico de evaluación de impacto ambiental.

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas.1997. Manual Ambiental para Obras y Actividades del Sector Vial. República del Uruguay. Dirección Nacional de Vialidad, 1º de Octubre de 1997. 100pp.

Presentación

Prólogo

Instrucción

A. Objetivos del manual

B. Estructura del manual

C. Instrucciones de uso

- Proyecto MOPT/GTZ. 1998. Conservación de Caminos -Un modelo Participativo. Convenio Costarricense- Alemán de Cooperación Técnica. San José, Costa Rica 1998. 484pp.

Las actividades de conservación ofrecen diversidad, así como la clave y tipo de carretera, la sección transversal a mantener, los deterioros presentados y los recursos disponibles. Sin embargo los métodos generales propuestos aquí para cada actividad (con algunas excepciones) encajan en los titulares siguientes:

- La tarea
- Deterioros
- Recursos
- Método de conservación

Las opciones para ejecutar los trabajos son:

- i) Equipo pesado
- ii) Métodos con uso de tractores
- iii) Métodos basados en mano de obra

- Ministerio de Desarrollo Económico, 2002. Manual Técnico para la Conservación Vial con Microempresas, Servicio Nacional de Caminos (SNC). La Paz, Febrero de 2002. 46pp.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. 2001. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. Raúl Leclair, Consultor. SIECA. 231pp.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. 2002. Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Ing. Jorge Coronado, Consultor, Guatemala, Diciembre del 2000. Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica. 3 tomos.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 2002. Especificaciones Generales para la Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica. CRM 2002. Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). IMNSA. Costa Rica, Mayo 2002. 312pp.

A manera de ejemplo se presenta el índice del manual de Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras: Tomo II realizado por el Ing. Jorge Coronado, Consultor, Guatemala, Diciembre del 2000. Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica.

Tomo II

Condiciones Generales y Especificaciones Técnicas para Actividades de Mantenimiento Contratadas en Base de Estándares o Niveles de Servicio.

Contenido

Introducción

Disposiciones Generales

Sección 10. Disposiciones Generales

Sección 11. Abreviaturas, Medidas y Definiciones

Sección 12. Descripción de los Trabajos

Sección 13. Requisitos y Condiciones para la Licitación

Sección 14. Mantenimiento del Tránsito y Medidas de Seguridad

Sección 15. Control de Calidad

Sección 16. Sanciones por incumplimiento

Sección 17. Garantías

Sección 18. Pago Mensuales al Contratista

Sección 19. Elaboración de Contratos

Especificaciones Generales

Sección 100 Parámetros de Calidad

Sección 200 Indicadores de Estado para el Pavimento

201 Limpieza de la Carretera

202 Rugosidad

203 Ahuellamiento

204 Baches

205 Grietas

Sección 300 Indicadores de Estado para las Zonas Laterales

301 Agrietamientos en hombros

302 Limpieza de Hombros

303 Baches en los Hombros

304 Parches en los Hombros

305 Taludes: Desmonte

306 Chapeo del Derecho de Vía

- 307 Taludes de Terraplenes
- 308 Taludes en Corte
- 309 Vegetación
- 310 Limpieza del Derecho de Vía
- Sección 400 Indicadores de Estado del Drenaje Menor
- 401 Cunetas Revestidas
- 402 Cunetas en Tierra
- 403 Contracunetas
- 404 Alcantarillas y/o Cajas
- 405 Entradas y Salidas de obras de Arte
- 406 Bordillos
- Sección 500 Indicadores de Estado para la Señalización Vial
- 501 Señales Verticales
- 502 Violetas u Ojos de Gato
- 503 Mojones de Referencia
- 504 Defensas
- 505 Captafaros
- 506 Amortiguadores
- 507 Señalamiento Horizontal
- Sección 600 Indicadores de Estado del Drenaje Mayor
- 601 Puentes Metálicos
- 602 Puentes de Concreto
- 603 Sub-Estructura
- 604 Juntas y Apoyos
- 605 Muros de Contención
- Sección 700 Indicadores para Servicio a los Usuarios

Organizaciones responsables de los Manuales de construcción y mantenimiento vial

- Banco Interamericano de Desarrollo: <http://www.iadb.org/> Consejo Nacional de Vialidad, Costa Rica: <http://www.mopt.go.cr/conavi/index.html>
- Dirección Nacional de Vialidad, Uruguay: <http://www.dnvuruguay.com./>
Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS), Honduras: <http://www.fhis.hn/>

- Instituto Nacional de Vías, Colombia:
http://www.invias.gov.co/portal_final/index.htm
- Ministerio de Transporte e Infraestructura, Nicaragua: <http://www.mti.gob.ni/> o info@mti.gob.ni
- Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, Perú:
<http://www.mtc.gob.pe/>
- Secretaría de Integración Económica Centroamericano (SIECA):
<http://www.sieca.org.gt/>
- Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda, Aptdo. 3821, Barrio La Bolsa, Comayagua, M.D.C., Honduras, Fax: 504 225 0994
- Servicio Nacional de Caminos de Bolivia: <http://www.snc.gov.bo/>
- Sistema Nacional de Mantenimiento de Carretera, Perú:
<http://www.sinmac.gob.pe/>

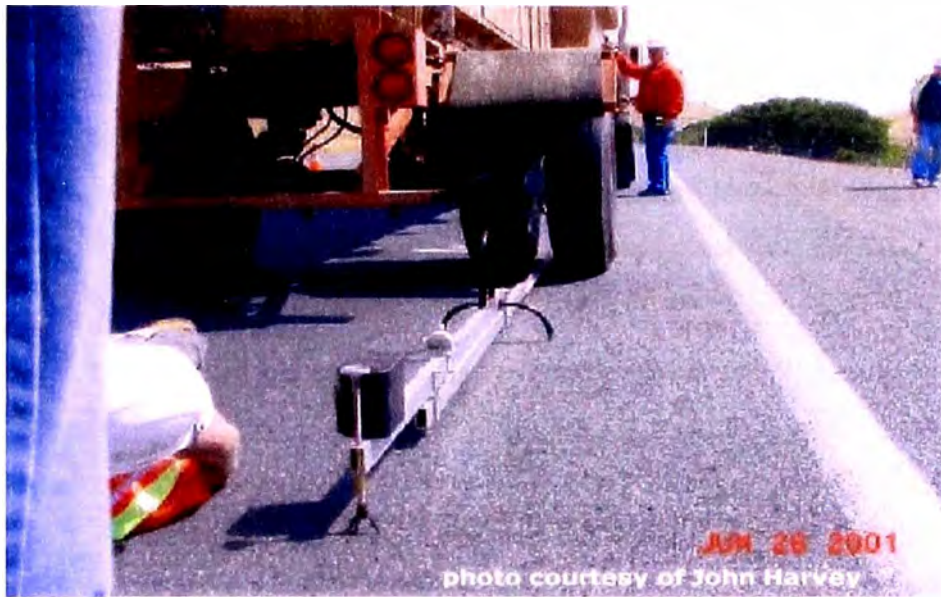
2.3 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Son aquellos que se realizan, sin la necesidad de realizar calicatas o perforaciones en la vía, mediante el uso de equipos especializados en medir deformaciones del terreno a través de las aplicaciones de cargas estáticas y/o dinámicas.

2.3.1 Equipo Viga Benkelman

Es un instrumento manual que consta de 02 brazos, uno que va en contacto con el terreno y el otro que sirve de pivote donde se realizan las mediciones producidas por una carga estática normalizada. Este equipo se verá con más detalle en el capítulo III.

FIGURA Nº 2.2 VIGA BENKELMAN



Fuente: <http://mulfin.com/findimages?q=Benkelman>

2.3.2 Equipo Dynaflec

Es un sistema acoplado, montado y puede ser remolcado por un vehículo estándar. Cuenta con un peso estático de 2000 a 2100 libras (8.9 KN a 9.3 KN) el cual se aplica al pavimento con un par de ruedas de acero rígidas. Un generador dinámico se utiliza para producir una fuerza de hasta 4.45 KN.

FIGURA Nº 2.3 EQUIPO DYNAFLEC



Fuente: http://training.ce.washington.edu/WSDOT/Modules/09_pavement_evaluation/09-5_body.htm, 2009)

2.3.3 Equipo Road Rater

Existen varios modelos, los cuales varían fundamentalmente en la magnitud de las cargas estáticas y dinámicas; emplea cuatro sensores para medir la deflexión base. El dispositivo se traslada al lugar de la prueba, donde se coloca la placa de carga y los sensores de deflexión los cuales se colocan sobre el pavimento; una vez finalizada la prueba, la placa y los sensores se levantan del pavimento y el dispositivo está listo para ser trasladado al siguiente punto de prueba.

FIGURA Nº 2.4 EQUIPO ROAD RATER



Fuente: http://training.ce.washington.edu/WSDOT/Modules/09_pavement_evaluation/09-5_body.htm, 2009)

2.3.4 Equipo RDD

El deflectómetro dinámico de balanceo (RDD) es una herramienta para determinar las condiciones del pavimento. Su principal característica es que trabaja con perfiles continuos de deflexiones.

FIGURA Nº 2.5 EQUIPO DRR



Fuente: project summary report 1422-3f, development of a rolling dynamic deflectometer for continuous deflection testing of pavements, mayo 1998

2.3.5 Equipo FWD (Falling- Weight deflectometer)

El falling- weight deflectometer, empleado frecuentemente en Estados Unidos, es el sistema Dynatest modelo 8000. La fuerza de impulso es creada soltando un peso sobre una placa que va apoyada en el pavimento. Este instrumento permite medir las deflexiones del pavimento producidas por una carga senosoidal que impacta sobre una placa de carga, esta ultima posee 07 transductores de medida.

FIGURA N° 2.6 EQUIPO FALLING- WEIGHT DEFLECTOMETER



Fuente: http://training.ce.washington.edu/WSDOT/Modules/09_pavement_evaluation/09-5_body.htm, 2009

2.3.6 Equipo KUAB - FWD

La fuerza de impulso es producida por dos pesos soltados de diferentes alturas. El sistema de pesos se emplea para generar una subida gradual de un pulso de fuerza sobre el pavimento, para detectar rigidez adecuada de la subrasante, a partir de los desplazamientos verticales de la misma.

FIGURA N° 2.7 EQUIPO KUAB - FWD



Fuente: http://training.ce.washington.edu/WSDOT/Modules/09_pavement_evaluation/09-5_body.htm, 2009)

CAPITULO III: MARCO TEORICO

3.1 SISTEMATIZACION DEL PROCESO

La sistematización es la construcción de un sistema lógico y ordenado que explica los procedimientos secuencias que se deben seguir para determinar el correcto desarrollo de un proceso.

Cada una de las partes de un sistema lógico y ordenado nos permite conceptualizar el procedimiento representado

La investigación estadística es la búsqueda sistematizada y objetiva de hechos o de explicación de fenómenos.

El método de investigación estadística comprende las cinco fases siguientes:

- Preparación del trabajo.
- Recopilación de los datos.
- Evaluación y depuración de los datos.
- Presentación de los datos
- Análisis e interpretación.

FIGURA Nº 3.1 ESQUEMA DE SISTEMATIZACION DE PROCESOS



Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen cada uno de los procesos descritos en la sistematización de la Figura 3.1

Preparación del trabajo

Este es el proceso donde se establece la herramienta a utilizarse para la evaluación solicitada, esta tiene que describir un procedimiento del modo operativo del equipo, así como una descripción de cada uno de los elementos, componente y utilidad en el proceso.

Recopilación de los datos

En este proceso se describen el procedimiento para la toma de datos, las directivas que se tienen que seguir para obtener datos confiables que nos permita realizar una correcta evaluación de lo solicitado.

Evaluación y depuración de los datos

Es el proceso donde se realizar el análisis y procesamiento de los datos para los cuales se tienen que aplicar las teóricas y directivas para la evaluación solicitada, es de mucha utilidad en este proceso el uso de un programa informático que ayude como soporte de evaluación.

Presentación de los datos.

La presentación de los datos se tienen que realizar bajo una metodología de estudio, esta presentación tiene que ser modelo para toda las presentaciones que se requiera realizar en la evaluación de los solicitados, deben seguir un orden y patrón para su fácil lectura y comprensión.

Análisis e interpretación.

Para el análisis se tiene que presentar cuadros y gráficos comparativos los cuales nos permitan tener un panorama de todo el estudio de evaluación, tener valores comparables históricamente y sirvan para tener conclusiones exactas.

3.2 PROPUESTA DE MANUAL

Los Manuales son los documentos en los que se integra toda la información operativa y administrativa de las unidades, con la finalidad de lograr la estandarización de operaciones, procesos, procedimientos, imagen y servicio. Los manuales pueden variar en cuanto a las necesidades requeridas por los diferentes sistemas.

Para la presentación de manual operativo y funcional se usara la estructura presentada por el Sistema de Gestión Integrada (ISO)

Estructura ISO 9001 del Sistema Integrado de Gestión

La norma ISO 9001:2008 está estructurada en ocho capítulos, refiriéndose los tres primeros a declaraciones de principios, estructura y descripción de la empresa, requisitos generales es decir, son de carácter introductorio. Los capítulos cuatro a ocho están orientados a procesos y en ellos se agrupan los requisitos para la implantación del sistema propuesto.

Los ocho capítulos de ISO 9001 son:

1. Guías y descripciones generales, no se enuncia ningún requisito.
 1. Objetivo
 2. Alcance
2. Normativas de referencia.
3. Términos y definiciones.
4. Responsabilidades de la Dirección: contiene los requisitos que debe cumplir los involucrados en el procedimiento, asegurar que las responsabilidades y autoridades están definidas.
 1. Responsabilidad, autoridad y comunicación.
 2. Revisión gerencial.
5. Descripción de procedimiento
6. Referencias
7. Registros
8. Anexos

3.3 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

La evaluación estructural tiene por objetivo estudiar la capacidad del pavimento para "soportar" las cargas de tráfico actuantes durante su vida útil.

La evaluación estructural de pavimentos consiste básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema de pavimento-subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil, o cuando va a cambiar su función.

Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos en una red aumentan a medida que se completan el diseño y la construcción de una red nacional o regional y consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación y rehabilitación.

3.4 VIGA BENKELMAN

Se entiende por deflexión a la deformación elástica que sufre un pavimento flexible bajo la acción de una carga rodante estándar. Mediante ella es posible evaluar el debilitamiento progresivo de la estructura debido a las solicitaciones del tránsito que lo utiliza. Es importante indicar que la medición de las deflexiones solo se puede aplicar a pavimentos flexibles.

Para efectuar las medidas existen diversos métodos y equipos, cuya selección se basa en su disponibilidad, costo y necesidades de avance.

Siendo la deflexión una medida de la respuesta estructural del conjunto pavimento-subrasante frente a una determinada sollicitación de carga, se puede efectuarse un análisis deflectométrico para conocer la siguiente información:

Un indicador para determinar la capacidad de soporte del pavimento existente para resistir las cargas de tráfico durante su vida útil.

Análisis estadístico de las deflexiones del tramo en evaluación.

Determinar los periodos críticos que originan los mayores deterioros del pavimento, basándose en la variación estacional de las deflexiones.

Una correlación de valores de deflexiones y la posibilidad de establecer un rango de valores tolerables en relación al tránsito.

En los métodos empíricos las deflexiones convenientemente procesadas se relacionan con los valores admisibles, mientras que en los métodos más modernos basados en métodos racionales, se utilizan para ajustar los módulos elásticos de las capas estructurales y calibrar los módulos.

3.5 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y PROCESO DE DATOS

La viga modificada consta de dos palancas de un mismo bastidor. Se trata de dos vigas desplazadas 0.25 m. Una de otra, de manera que cuando la punta de prueba de la viga 1 o principal, se sitúa entre las llantas de la rueda dual, la correspondencia a la rueda 2 queda ubicada a 0.25 m de aquella. La ventaja radica en que permite la determinación simultánea de la deflexión bajo carga y a 0.25 m de la misma, de utilidad para una mejor caracterización del pavimento, según se describa más adelante. La viga utiliza dos diales con una precisión de 0.01mm para medir las deflexiones en campo. Ver Figura 3.2

FIGURA N.º. 3.2: EQUIPO VIGA BENKELMAN



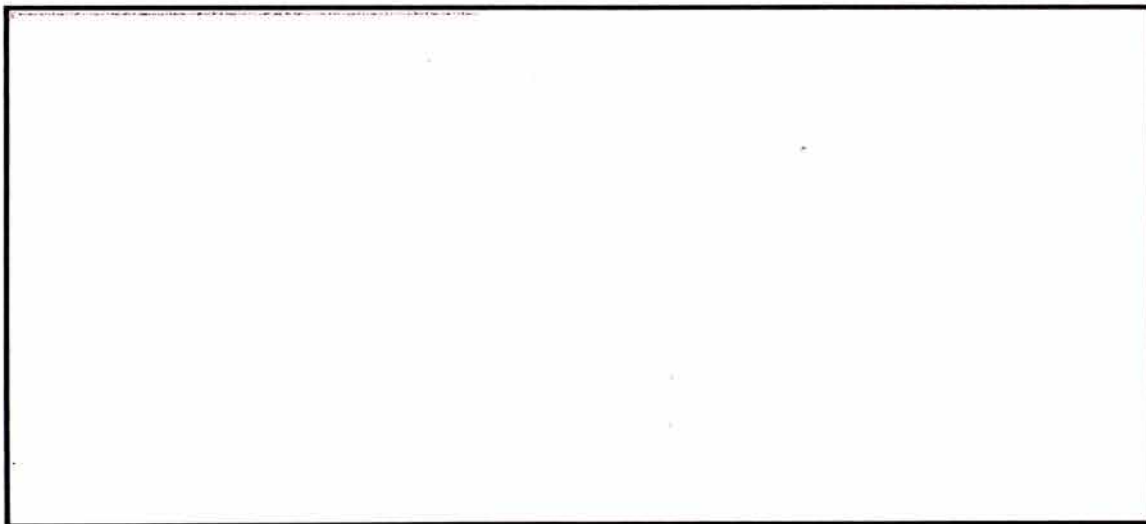
Fuente: Elaboración Propia

PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LA VIGA BENKELMAN

Como se puede ver en la figura 3.2 “Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman”, al viga consta de dos partes: (1) un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante 3 apoyos (dos delanteros fijos “A” y uno posterior regulable “B” y (2) un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro en pivote “C”, uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (Punto D), y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (Punto E).

El equipo posee adicionalmente un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o de cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

FIGURA N°3.3.: ESQUEMA PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE LA VIGA BENKELMAN.



Fuente: <http://www.camineros.com/docs/cam039.pdf>

3.6 DEFLECTOMETRIA METODO EMPIRICO CONREVIAL

Se tiene que tomar en cuenta las recomendaciones de cálculo y corrección establecidos por el método de CONREVIAL, para el empleo de la viga Benkelman doble. Entre las recomendaciones más importantes se resumen lo siguiente.

- La deflexión total (dt) correspondiente a la flecha hacia debajo de la deformación producida por la carga.

- La deflexión recuperada o elástica (d_r) correspondiente a la flecha hacia arriba de la recuperación de la superficie que se produce al retirar la carga.
- La deflexión permanente o residual (d_p) correspondiente a la diferencia entre la superficie antes de aplicar la carga y después de retirarla.

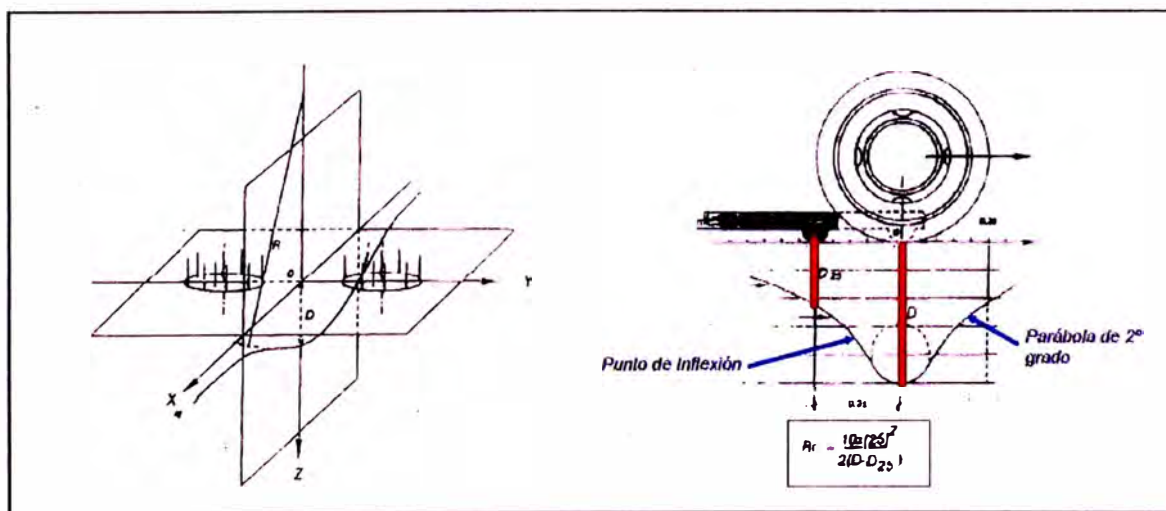
Se observa que: $d_r = d_r + d_p$

En cuanto al proceso de los datos, las diferencias entre las dos series de valores de los dos flexímetros permiten conocer las deflexiones recuperables (deflexión máxima y a 25 cm del eje).

3.6.1 Medición de Deflexiones con la Viga Benkelman

Los trabajos de evaluar estructuralmente los pavimentos, están referidos a determinar las características mecánicas de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento y su comportamiento integral con respecto a los suelos de cimentación o sub rasante. Se diferencian dos tipos de ensayos, los no destructivos (END) y los destructivos (ED). La Viga de brazo doble y su método empírico, genera una deformada del tipo parábola. La figura 3.3 muestra la deformada y el círculo inscrito de radio de curvatura (R_c).

FIGURA Nº3.4: DEFORMADA DEL PAVIMENTO Y PARÁMETROS DE COMPARACIÓN



Fuente: Tesis para optar el Grado de Magister en Ciencias Ing. Wilfredo Gutiérrez

3.6.2 Corrección por temperatura

La temperatura medida, Se ajusta para una temperatura estándar de 20 C, para la cual se usa la formula siguiente.

$$D_{20C} = Dt / (10 e (t-20) + 1)$$

Donde:

Dt = Deflexiones recuperable en centésimo de mm. medida a la temperatura "t" C

D20C = Deflexión recuperable a la temperatura estándar (20C)

e = Espesor de la subrasante en cm medio a un borde de la via.

Luego, se calcula el radio de curvatura con la formula siguiente

$$R = 6250 / 2 (D_o - D_{25})$$

Donde:

R = Radio de curvatura en metros

D_o = Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga en centésimas de mm para la temperatura estándar de 20C

D₂₅ = Deflexión recuperable a 25 cm del eje de la carga en centésimas de mm para la temperatura estándar de 20C.

3.6.3 Corrección por estacionalidad

La capacidad de deformación de los suelos está influenciada por el grado de saturación que experimentan, por lo tanto, es deseable que la medición de deflexiones se realice durante la estación de lluvias, durante la cual los suelos se encuentran en la situación más crítica. De no ser así, se debe efectuar la corrección de las medidas a fin de tomar en cuenta dicho aspecto. Para fines prácticos se propone el uso de los siguientes factores de corrección, considerando el tipo de suelo de subrasante y la época en que se realizaron los ensayos.

CUADRO N°. 3.1: CORRECCIÓN POR ESTACIONALIDAD

TIPO DE SUELO DE SUBRASANTE	ESTACION LLUVIOSA	ESTACION SECA
Arenosa-permeable	1.0	1.1 a 1.3
Arcillosa-sensible al agua	1.0	1.2 a 1.4

Fuente: <http://www.camineros.com/docs/cam039.pdf>**3.6.4 Cálculo del radio de curvatura**

El grado de curvatura de la línea elástica de Deflexión es una característica de fundamental importancia, que determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas elásticas al flexionar bajo las cargas, y en consecuencia, en el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo.

El radio de curvatura queda definido por la siguiente relación, en la cual se considera que la línea de Deflexión se aproxima a una parábola hasta una distancia algo mayor de 25 cm del eje de carga, para sufrir luego una inflexión y tender asintóticamente hacia la horizontal, la curvatura de la parábola queda definida por su parámetro, que en la zona de máxima curvatura se confunde practicante con el radio del círculo osculador en dicho punto.

$$R = 10 \cdot (25^2) = 6250$$
$$2(D_o - D_{25}) \quad 2(D_o - D_{25})$$

Donde:

R = Radio de Curvatura en metros

D_o = Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga, en centésimas de milímetrosD₂₅ = Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga, en centésimas de milímetros, a 25 del eje de carga

10 = Coeficiente por cambio de unidades

Siguiendo la metodología de CONREVIAl se determinó los valores de deflexiones corregidos por temperatura y estacionalidad, se elaboró el deflectograma y se analizó a fin de definir sectores homogéneos y determinar valores representativos en base a la deflexión característica con una confiabilidad de 95%.

Adicionalmente se determinó el radio de curvatura, que expresa el grado de curvatura de la línea elástica de deflexión, es una característica de fundamental importancia que determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas asfálticas al flexionar bajo carga y en consecuencia en el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo.

3.6.5 Análisis estadístico de las deflexiones

El Deflectograma constituye un elemento fundamental para el análisis de la variabilidad de la capacidad estructural. En este sentido cabe destacar que el principal objetivo de la medición de deflexiones radica en poder diferenciar secciones de distinta capacidad estructural en un mismo tramo.

Por lo tanto, es en base al deflectograma que se procede a:

- Diferenciar secciones de distinta capacidad estructural y/o comportamiento considerando deflexiones, fallas observadas y estructura del pavimento, las que son posteriormente procesadas estadísticamente.
- Eliminar valores extremos aislados, no representativos y que distorsionan los resultados.
- Obtenidos los parámetros estadísticos, ubicar las perforaciones requeridas para interpretar los resultados, en zonas representativas de buen y mal comportamiento.
- Delimitar secciones en las que se requiere intensificar los estudios o realizar estudios especiales.

3.6.6 Deflexión característica

La Deflexión Característica (D_c) es la deflexión representativa del tramo en estudio y es obtenida de un análisis estadístico que involucra el valor medio, la desviación estándar y el grado de confianza. Para efectos de análisis se considera el Rebote Representativo de la Deflexión establecido por la metodología del Instituto del Asfalto, la cual es:

$RRD = (DMEDIA + 2.0 \times Dv) \times C$ Donde:

RRD = El Rebote Representativo de la Deflexión

DMEDIA = la media aritmética de los valores individuales ajustados por temperatura

3.6.7 Deflexión admisible

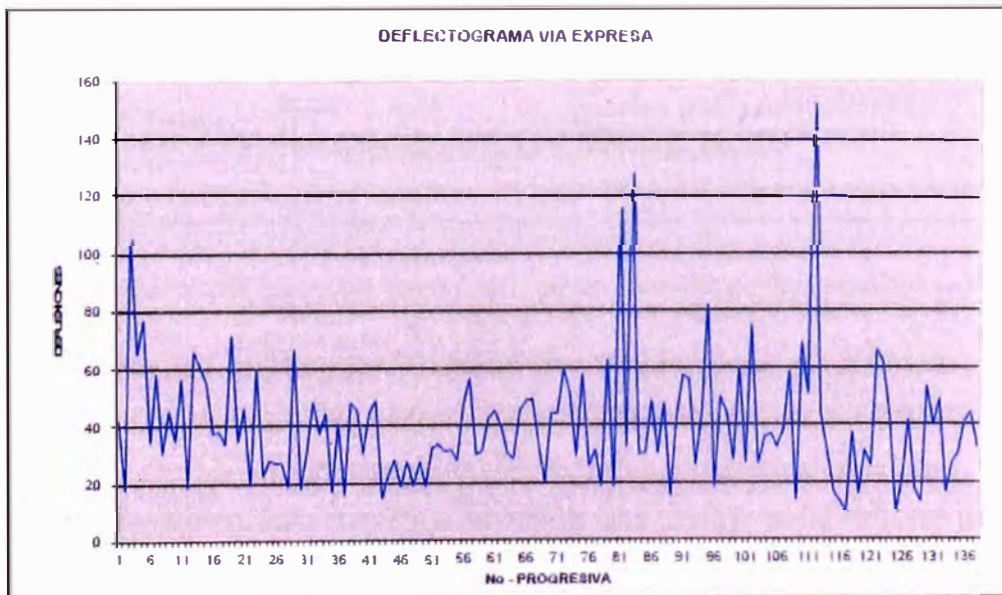
La Deflexión Admisible (Da) que garantice un comportamiento satisfactorio del pavimento, es función del número de repeticiones acumuladas de las cargas que produce el tráfico durante el período de diseño del pavimento

La deflexión característica para una carretera según CONREVIAL es función inversa al número de ejes equivalentes acumulados durante la vida útil del proyecto

3.6.8 Graficas deflectométricas

Una vez tomados los datos de campo, el cálculo de las deflexiones para cada estación consiste en sustraer la lectura final del punto de referencia de deflexión cero a cada una de las otras, representando las respectivas diferencias la deformación en dichos puntos, las cuales en conjunto definen la curva de deflexión de superficie del pavimento. Se muestra el ejemplo de la deflectometría de la Vía Expresa de Lima en la Figura 3.4.

FIGURA Nº3.5: DEFLECTOGRAMA DE VIA EXPRESA



Fuente: Tesis para optar el Grado de Magister en Ciencias Ing. Wilfredo Gutiérrez

CAPITULO IV: APLICACIÓN AL TRAMO Km 74+000 – Km 84+000

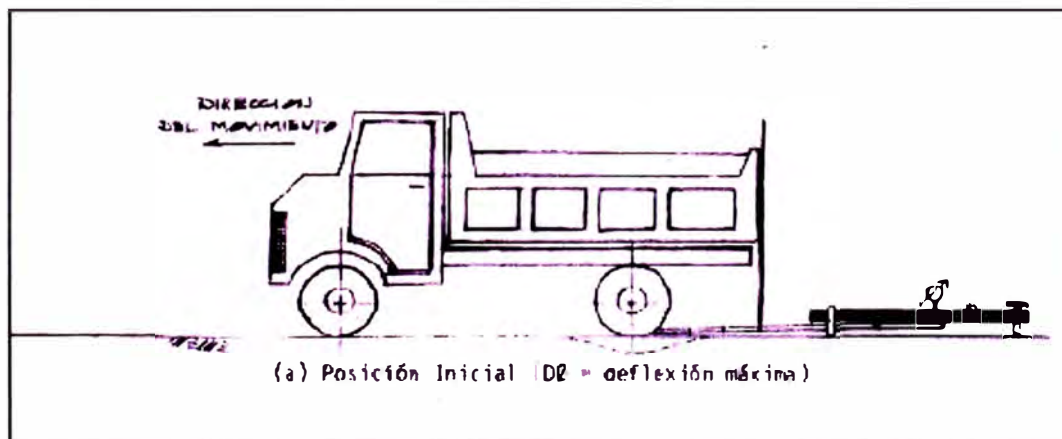
4.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

Para hallar las deflexiones en el tramo en estudio, se aplicó el siguiente procedimiento.

La vía en estudio está formada por una sub base, base y una monocapa de Slurry Seal de 1mm, las deformaciones que se hallen son las deformaciones sufridas por la estructura de la base y sub base.

Se determinan las deflexiones en 3 puntos marcados en la Viga Benkelman, una a 25 cm, 50 cm y 80 cm de la posición inicial la cual está marcada por la varilla del camión, esta medida se realiza cada 200 metros hasta cubrir el total del tramo en estudio. El procedimiento de la toma de datos está detallado en el Anexo 01 del presente informe de suficiencia.

FIGURA 4.1: PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE DEFLEXIONES



Fuente: Extraído del curso de caminos II, de la Universidad Nacional de la Plata.

Una vez halladas las deflexiones en cada una de las zonas se procede a realizar una gráfica de las deflexiones versus las progresivas, se hallan los sectores de estudio de acuerdo al comportamiento característico de las deflexiones, una vez hallada la deflexión característica en cada uno de los sectores, se procede a realizar un modelo de deterioro el cual nos permitirá evaluar el comportamiento de las deflexiones a través del tiempo, se halla las deflexiones admisibles la cual está en función al tiempo y a las proyecciones de IMD, esto nos permite evaluar la política de mantenimiento a realizar en la carretera, comparando las deflexiones características de acuerdo al modelo presentado y las deflexiones

admisibles proyectadas en función al tiempo. Para saber si se solo se requiere mantenimiento o una rehabilitación a la carretera en estudio.

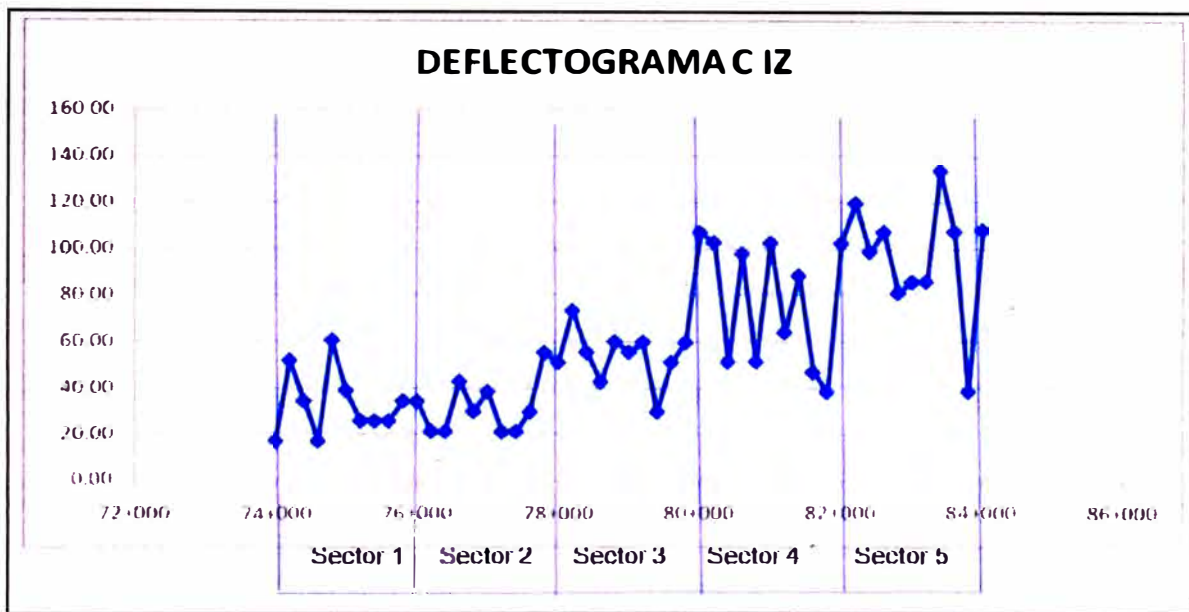
Los datos presentados son las deflexiones halladas en la visita de campo desarrollado en noviembre del 2010, en el tramo correspondiente la Km 74 + 000 al Km 84 + 000, los cuales se presentan a continuación.

Progresiva (km)	Carril	Deflexión máxima D0 x 10-2mm	Carril	Deflexión máxima D0 x 10-2mm	Progresiva (km)	Carril	Deflexión máxima D0 x 10-2mm	Carril	Deflexión máxima D0 x 10-2mm	Sectores Inciales
74+000	Izquierdo	17.39	Derecho	21.74	74+000	Izquierdo	17.39	Derecho	21.74	Sector 1
74+200	Izquierdo	52.24	Derecho	52.24	74+200	Izquierdo	52.24	Derecho	52.24	
74+400	Izquierdo	34.73	Derecho	21.70	74+400	Izquierdo	34.73	Derecho	21.70	
74+600	Izquierdo	17.38	Derecho	30.41	74+600	Izquierdo	17.38	Derecho	30.41	
74+800	Izquierdo	60.96	Derecho	39.19	74+800	Izquierdo	60.96	Derecho	39.19	
75+000	Izquierdo	39.17	Derecho	39.17	75+000	Izquierdo	39.17	Derecho	39.17	
75+200	Izquierdo	26.10	Derecho	17.40	75+200	Izquierdo	26.10	Derecho	17.40	
75+400	Izquierdo	26.07	Derecho	34.77	75+400	Izquierdo	26.07	Derecho	34.77	
75+600	Izquierdo	26.02	Derecho	21.69	75+600	Izquierdo	26.02	Derecho	21.69	
75+800	Izquierdo	34.67	Derecho	47.68	75+800	Izquierdo	34.67	Derecho	47.68	
76+000	Izquierdo	34.58	Derecho	47.55	76+000	Izquierdo	34.58	Derecho	47.55	Sector 2
76+200	Izquierdo	21.61	Derecho	17.29	76+200	Izquierdo	21.61	Derecho	17.29	
76+400	Izquierdo	21.52	Derecho	34.43	76+400	Izquierdo	21.52	Derecho	34.43	
76+600	Izquierdo	43.12	Derecho	38.81	76+600	Izquierdo	43.12	Derecho	38.81	
76+800	Izquierdo	30.09	Derecho	42.99	76+800	Izquierdo	30.09	Derecho	42.99	
77+000	Izquierdo	38.74	Derecho	30.13	77+000	Izquierdo	38.74	Derecho	30.13	
77+200	Izquierdo	21.40	Derecho	38.53	77+200	Izquierdo	21.40	Derecho	38.53	
77+400	Izquierdo	21.52	Derecho	47.33	77+400	Izquierdo	21.52	Derecho	47.33	
77+600	Izquierdo	29.98	Derecho	25.69	77+600	Izquierdo	29.98	Derecho	25.69	
77+800	Izquierdo	55.67	Derecho	51.39	77+800	Izquierdo	55.67	Derecho	51.39	
78+000	Izquierdo	51.31	Derecho	47.04	78+000	Izquierdo	51.31	Derecho	47.04	Sector 3
78+200	Izquierdo	73.80	Derecho	65.12	78+200	Izquierdo	73.80	Derecho	65.12	
78+400	Izquierdo	55.82	Derecho	68.70	78+400	Izquierdo	55.82	Derecho	68.70	
78+600	Izquierdo	42.89	Derecho	42.89	78+600	Izquierdo	42.89	Derecho	42.89	
78+800	Izquierdo	60.38	Derecho	86.26	78+800	Izquierdo	60.38	Derecho	86.26	
79+000	Izquierdo	55.65	Derecho	25.68	79+000	Izquierdo	55.65	Derecho	25.68	
79+200	Izquierdo	60.14	Derecho	47.25	79+200	Izquierdo	60.14	Derecho	47.25	
79+400	Izquierdo	29.97	Derecho	42.81	79+400	Izquierdo	29.97	Derecho	42.81	
79+600	Izquierdo	51.37	Derecho	34.24	79+600	Izquierdo	51.37	Derecho	34.24	
79+800	Izquierdo	59.95	Derecho	42.82	79+800	Izquierdo	59.95	Derecho	42.82	
80+000	Izquierdo	107.47	Derecho	94.58	80+000	Izquierdo	107.47	Derecho	94.58	Sector 4
80+200	Izquierdo	103.15	Derecho	60.17	80+200	Izquierdo	103.15	Derecho	60.17	
80+400	Izquierdo	51.61	Derecho	133.32	80+400	Izquierdo	51.61	Derecho	133.32	
80+600	Izquierdo	98.30	Derecho	128.22	80+600	Izquierdo	98.30	Derecho	128.22	
80+800	Izquierdo	51.66	Derecho	116.24	80+800	Izquierdo	51.66	Derecho	116.24	
81+000	Izquierdo	102.96	Derecho	107.25	81+000	Izquierdo	102.96	Derecho	107.25	
81+200	Izquierdo	64.26	Derecho	64.26	81+200	Izquierdo	64.26	Derecho	64.26	
81+400	Izquierdo	88.85	Derecho	97.31	81+400	Izquierdo	88.85	Derecho	97.31	
81+600	Izquierdo	47.09	Derecho	94.17	81+600	Izquierdo	47.09	Derecho	94.17	
81+800	Izquierdo	38.53	Derecho	81.34	81+800	Izquierdo	38.53	Derecho	81.34	
82+000	Izquierdo	102.74	Derecho	111.31	82+000	Izquierdo	102.74	Derecho	111.31	Sector 5
82+200	Izquierdo	120.16	Derecho	107.29	82+200	Izquierdo	120.16	Derecho	107.29	
82+400	Izquierdo	99.07	Derecho	86.15	82+400	Izquierdo	99.07	Derecho	86.15	
82+600	Izquierdo	107.67	Derecho	60.50	82+600	Izquierdo	107.67	Derecho	60.50	
82+800	Izquierdo	81.36	Derecho	47.10	82+800	Izquierdo	81.36	Derecho	47.10	
83+000	Izquierdo	86.10	Derecho	43.05	83+000	Izquierdo	86.10	Derecho	43.05	
83+200	Izquierdo	86.21	Derecho	60.34	83+200	Izquierdo	86.21	Derecho	60.34	
83+400	Izquierdo	134.09	Derecho	125.44	83+400	Izquierdo	134.09	Derecho	125.44	
83+600	Izquierdo	107.82	Derecho	56.07	83+600	Izquierdo	107.82	Derecho	56.07	
83+800	Izquierdo	38.80	Derecho	86.22	83+800	Izquierdo	38.80	Derecho	86.22	
84+000	Izquierdo	108.55	Derecho	43.42	84+000	Izquierdo	108.55	Derecho	43.42	

4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

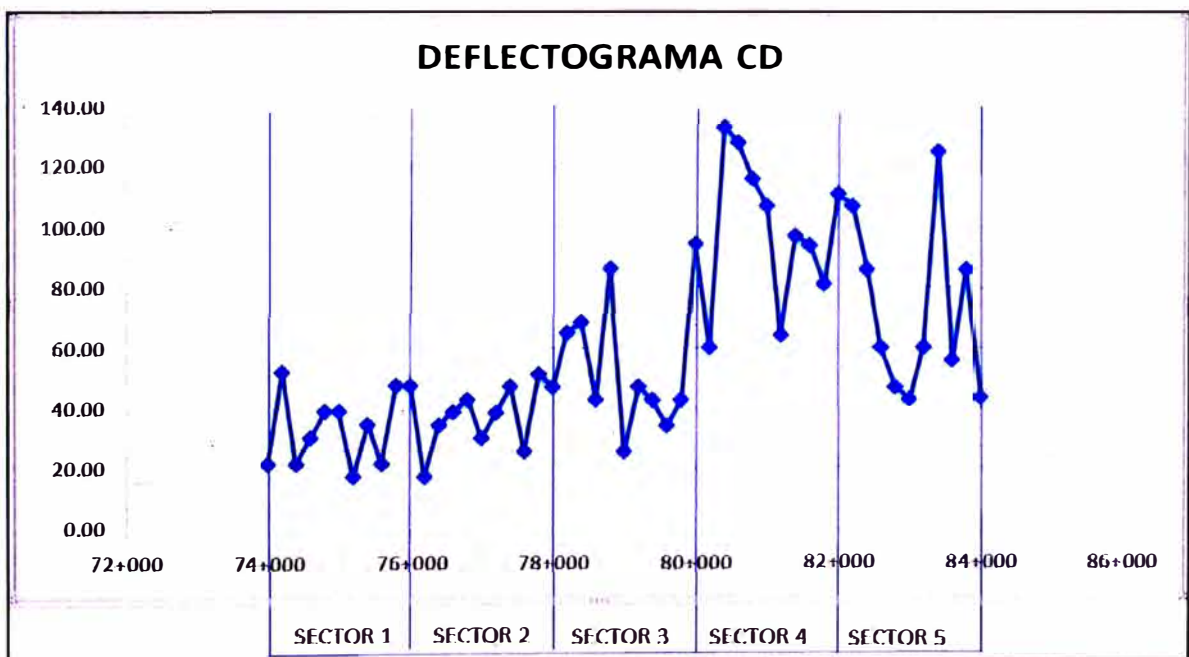
De la Información recopilada en campo en noviembre del 2010 se grafica el deflectograma para cada carril en estudio. Mostrando el sector de análisis tal como se indica en la figura 4.2 y 4.3

FIGURA 4.2: DEFLECTOGRAMA DATOS 2010 CARRIL IZQUIERDO



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.3: DEFLECTOGRAMA DATOS 2010 CARRIL DERECHO



Fuente: Elaboración propia

4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se calcula los parámetros estadísticos (promedio, desviación estándar, y la mediana) de los sectores con distribución Normal.

CUADRO 4.4: DEFLECTOGRAMA DATOS 2010 CARRIL DERECHO

Sector	μ	σ	Mediana
Sector 1	33.47	14.24	30.39
Sector 2	31.82	11.47	30.03
Sector 3	54.13	11.68	55.73
Sector 5	97.51	24.86	102.74

Fuente: Elaboración propia

Una de las formas de comprobar estadísticamente la homogenización de sectores de datos con distribución Normal es observando la semejanza que existe entre sus parámetros estadísticos. Para este caso, se logra observar que el sector 1 y 2 tienen parámetros semejantes, por lo que se da a entender que estos dos sectores son homogéneos.

Este tipo de comparaciones, solo es posible cuando las distribuciones sean normales.

Se observa que en la tabla no figura el Sector 4, debido que sus datos no siguen una distribución normal, en consecuencia no es posible compararlo con otros sectores mediante sus parámetros estadísticos.

Si se comprueba que tan solo uno de los sectores es no homogéneo entonces se trabaja con la estadística no paramétrica, que a continuación se detalla.

Homogenización de sectores con distribución no normal para deflexiones

La discriminación de datos para distribuciones No normales o No paramétricas se analizan por dos métodos:

- El Test de Mann-Whitney.
- La Gráfica de la Función Empírica de Distribución Acumulada.

CUADRO 4.5: RESUMEN DE RESULTADO CARRIL IZQUIERDO

Sector	Homogeneo	año 2009		año 2010		
		Dc	Da	Dc	Da	Rcc
Sector 1	Homogeneo 1	40.57	147.49	42.22	123.46	262.47
Sector 2						
Sector 3	Homogeneo 2	46.33	147.49	61.11	123.46	126.72
Sector 4	Homogeneo 3	91.60	147.49	92.12	123.46	209.09
Sector 5	Homogeneo 4	58.85	147.49	110.49	123.46	100.77

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.6: RESUMEN DE RESULTADO CARRIL DERECHO

Sector	Homogeneo	año 2009		año 2010		
		Dc	Da	Dc	Da	Rcc
Sector 1	Homogeneo 1	59.61	147.49	43.07	123.46	131.63
Sector 2						
Sector 3	Homogeneo 2	53.00	147.49	60.30	123.46	161.22
Sector 4	Homogeneo 3	61.96	147.49	112.60	123.46	103.46
Sector 5	Homogeneo 4	58.97	147.49	92.90	123.46	106.82

Fuente: Elaboración propia

4.4 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

De los resultados obtenidos del deflectograma en la margen izquierda del carril, se obtuvieron las deflexiones características para cada sector en estudio.

CUADRO 4.7: RESUMEN DE RESULTADO DEFLEXION CARACTERISTICA

Sectores	Homogéneo	Deflexiones Características (mm)
Sector 1	Homogéneo 1	43.07
Sector 2		
Sector 3	Homogéneo 2	60.30
Sector 4	Homogéneo 3	112.60
Sector 5	Homogéneo 4	92.90

Fuente: Elaboración propia

Así también se tiene como dato las deflexiones admisibles para los años 2010, 2011, 2012 y 2014, proporcionado por la Escuela Profesional de la facultad de Ingeniería Civil. Ver cuadro 4.5

Aplicando la siguiente formula

$$N = \frac{1.15}{D^4} \quad \text{o también,} \quad D_{adm} = \sqrt[4]{\frac{1.15}{N}}$$

Donde:

N: Número de ejes estándares equivalentes de 8,2 toneladas acumuladas en el período de diseño.

D: Deflexión característica admisible (inicial) en mm.

Los valores de N resultan del estudio de tránsito, lo cual integra conteos de vehículos, campaña de pesaje de los vehículos pesados para la determinación del coeficiente de agresividad o factores destructivos y varias tasas de crecimiento anual del tránsito.

CUADRO 4.8: RESUMEN DE RESULTADO DEFLEXION ADMISIBLE

Año	D _{admisible} (mm)
2010	147.49
2011	123.46
2012	111.06
2014	96.81

Fuente: Extraído de los datos proporcionados por Escuela Profesional de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Con la finalidad de obtener la curva de deterioro se tomo los resultados obtenidos como deflexión característica y los años en que se tomaron las mediciones.

Para el desarrollo de la regresión Lineal, se tomo el método de mínimos cuadrados como soporte de desarrollo

Periodo de conservación antes del proceso de mantenimiento

CUADRO 4.9: PERIODO DE CONSERVACION

SECTOR	PROGRESIVA DE SECTORES	PERIODO DE POSIBLE TRABAJO DE CONSERVACION	AÑO POSIBLE TRABAJO DE CONSERVACION
Sector Homogeneo 1	Km 74 + 000 al Km 78 + 000	3 años y 11 meses	2012
Sector Homogeneo 2	Km 78 + 000 al Km 80 + 000	4 años	2013
Sector Homogeneo 3	Km 80 + 000 al Km 80 + 000	4 años y 10 meses	2013
Sector Homogeneo 4	Km 82 + 000 al Km 84 + 000	1 año y 6 meses	2010

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V: SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO Y PROPUESTA DE MANUAL

5.1 GENERALIDADES

Para realizar la Sistematización del proceso de la evaluación estructural del pavimento básico de la carretera en estudio, se plantea una secuencia lógica de procesos que explican paso a paso, desde la toma de datos hasta obtener la curva de deterioro, el cual nos permitirá plantear una política de mantenimiento a tratar en la carretera estudiada.

Los procedimientos se realizarán gráficamente mediante un diagrama de procesos, para luego explicar los objetivos de cada uno de los procesos.

Una vez planteado la sistematización del proceso se realiza un procedimiento que permita explicar desde la parte operativa del equipo de Viga Benkelman hasta el proceso de determinar el modelo de deterioro, para proponer los procedimientos se va a seguir la metodología del ordenamiento propuesto por el Sistema Integrado de Gestión del ISO:2008

5.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO

Se presentan la sistematización del procedimiento mediante proceso los cuales se describen a continuación. Ver Figura 5.1

Proceso 1: Descripción del equipo en estudio para la el análisis estructural del pavimento básico de carreteras de bajo volumen de tránsito.

Proceso 2: Toma de las deflexiones en campo, se realizan por tramos de 200 metros, para la toma se ubican en la parte central de la vía en estudio. El ordenamiento de datos correspondo al uso de tablas según el modelo usado en los manuales donde se indican principalmente la progresiva en que se realizado la toma de datos, ancho de vía, altitud de la vía, temperatura de la vía en el momento del análisis.

Proceso 3: Describe las correcciones que deben realizar a los datos obtenidos de campo antes de su análisis y procesamiento, correcciones como las de temperatura y estacionalidad.

Proceso 4: Se realiza la sectorización de acuerdo al comportamiento de las deflexiones halladas en campo, para poder análisis su comportamiento la cuales tendría que ser normales de no ser normales no se puede aplicar la teoría de CONREVIAl, y su procedimiento es diferente.

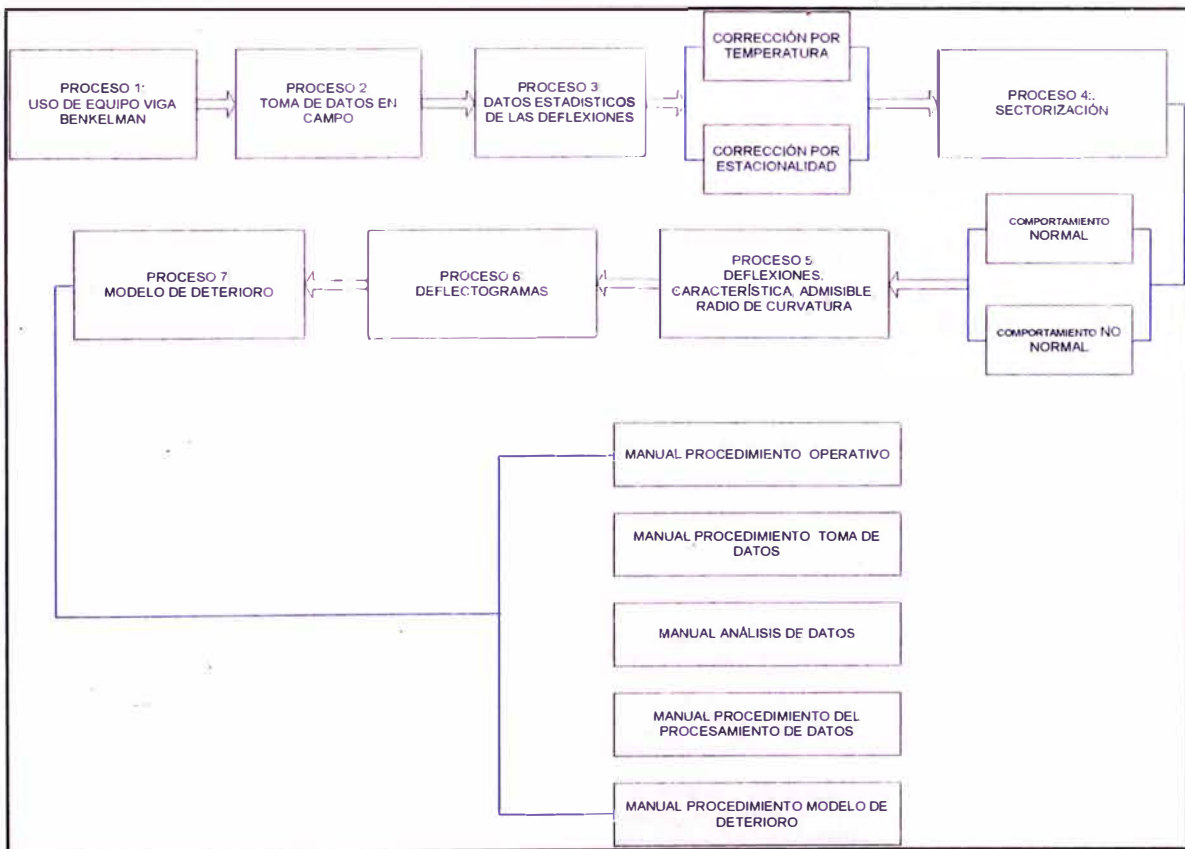
Proceso 5: Luego del análisis estadístico y de realizar la sectorización se hallan la deflexión característica de cada sector, deflexión admisible, y los radios de curvatura característico.

Proceso 6: Se dibujan los deflectogramas para analizar el comportamiento de las deflexiones halladas en campo.

Proceso 7: Se construye el modelo de deterioro para su análisis.

Para el cierre de los procesos se presentan un manual de procedimientos.

FIGURA 5.1: FLUJO DE SISTEMATIZACION DEL PROCESO



Fuente: Elaboración propia

5.3 PROPUESTA DE MANUAL

Estos procedimientos tiene por finalidad proporcionar un instrumento de gestión de conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito que permita conocer el accionar y el procedimiento integral del uso de la Viga Benkelman para una carretera de las mismas condiciones descritas asimismo, contar con toda la documentación que sea necesaria para el desarrollo de las actividades del uso del equipo y posterior procesamiento de datos hasta obtener una modelo de deterioro que nos permita realizar una gestión de conservación de vías.

El procedimiento propuesto sigue la metodología de ordenamiento del sistema de Gestión Integrado del ISO: 2008, en el cual podremos encontrar 5 procedimientos que explican el procedimiento operativo, procedimiento de la toma de datos en campo, procedimiento del análisis de datos, procedimiento del procesamiento de datos y el procedimiento del modelo de deterioro, todo estos procedimientos aplicados a la evaluación Estructural con la Viga Benkelman de un pavimento básico de bajo volumen de tránsito.

A continuación se describen a manera de resumen los procedimientos para la evaluación estructural de un pavimento básico de bajo volumen de tránsito.

5.3.1 Procedimiento Operativo

El objetivo de esta sección es mostrar el procedimiento operativo que se debe cumplir para la aplicación de la Viga Benkelman para la toma de deflexiones en carreteras de bajo volumen de tránsito, en el manual se describen el alcance, objetivo, términos y definiciones, los responsables para la operación del equipo de Viga Benkelman y sus componentes, los involucrados para el manejo del equipo y los accesorios complementarios al equipo, se muestra un panel fotográfico de los accesorios y partes del equipo

El procedimiento tiene como función ser una guía para el buen uso y manejo de la Viga Benkelman aplicado a carreteras de bajo volumen de tránsito.

El desarrollo completo del procedimiento se describe en un formato ISO en el Anexo 01

5.3.2 Procedimiento de toma de datos

El objetivo de esta sección es mostrar el procedimiento de la toma de datos que se debe cumplir para la aplicación de la Viga Benkelman en la toma de deflexiones en carreteras de bajo volumen de tránsito, en el procedimiento se describen el alcance, objetivo, términos y definiciones, los responsables para la toma de las deflexiones con el equipo de Viga, se describe paso a paso el procedimiento para la toma de datos, se adjunto en el procedimiento un formato para el ingreso de las deflexiones tomadas en campo, se muestra un panel fotográfico de los del los involucrados y la forma de la toma de datos en campo

El procedimiento tiene como función ser una guía para la correcta toma de datos en campo de la Viga Benkelman aplicado a carreteras de bajo volumen de tránsito.

El desarrollo completo del procedimiento se describe en un formato ISO en el Anexo 02

5.3.3 Procedimiento de análisis de datos

El objetivo de esta sección es mostrar el procedimiento del análisis de datos que se debe cumplir para la aplicación de la Viga Benkelman en análisis de las deflexiones obtenidas en carreteras de bajo volumen de tránsito, en el procedimiento se describen el alcance, objetivo, términos y definiciones, se describe paso a paso el procedimiento para análisis de datos, describe las herramientas estadísticas a utilizar así como la teoría a aplicarse en cada uno de los pasos hasta llegar a obtener las deflexiones características de cada tramo en estudio, se muestra un panel fotográfico de las graficas obtenidas con el programa Minitab el cual es una herramienta para esta etapa del estudio de las deflexiones.

El procedimiento tiene como función ser una guía para la correcta sectorización de los tramos en estudio con la Viga Benkelman aplicado a carreteras de bajo volumen de tránsito.

El desarrollo completo del procedimiento se describe en un formato ISO en el Anexo 03

5.3.3 Procedimiento del procesamiento de datos

El objetivo de esta sección es mostrar el procedimiento del procesamiento de datos que se debe cumplir para la aplicación de la Viga Benkelman con las deflexiones obtenidas en carreteras de bajo volumen de tránsito, en el procedimiento se describen el alcance, objetivo, términos y definiciones, se describe paso a paso el procedimiento para el procesamiento de datos, describe las herramientas de los cálculos y correcciones que debe realizar a los datos obtenidos en campo, así como la teoría a aplicarse en cada uno de los pasos hasta llegar a obtener las deflexiones características, deflexiones admisibles y radio de curvatura de cada tramo en estudio.

El procedimiento tiene como función ser una guía para hallar las deflexiones características, deflexiones admisibles y radio de curvatura de los tramos en estudio con la Viga Benkelman aplicado a carreteras de bajo volumen de tránsito.

El desarrollo completo del procedimiento se describe en un formato ISO en el Anexo 04

5.3.5 Procedimiento para el modelo de deterioro del pavimento básico

El objetivo de esta sección es mostrar el procedimiento para determinar el modelo de deterioro del pavimento básico, en base a las deflexiones características hallados de con la aplicación de la Viga Benkelman aplicado en carreteras de bajo volumen de tránsito, en el manual se describen el alcance, objetivo, términos y definiciones, se describe paso a paso el desde la obtención de la deflexión característica de cada tramo, descripción de las gráficas deflectométricas hasta hallar el tiempo estimado para el mantenimiento de la vía.

El procedimiento tiene como función ser una guía para hallar el modelamiento del periodo de diseño del pavimento básico en base al estudio con la Viga Benkelman aplicado a carreteras de bajo volumen de tránsito.

El desarrollo completo del procedimiento se describe en un formato ISO en el Anexo 05

CONCLUSIONES

- En el Informe de Suficiencia se presentan 5 procedimientos los cuales forman una guía integral para la aplicación en la toma de las deflexiones con la Viga Benkelman para pavimentos básicos
- El documento de procedimientos presentado muestra la parte operativa y funcional para la evaluación estructural de un pavimento básico, se ha realizado un trabajo in-situ para plasmar las dificultades y consideraciones que deben tomar en la aplicación del equipo.
- Dentro de los objetivos iniciales se planeo un manual de procedimientos para la evaluación estructural de carreteras de bajo volumen de tránsito de pavimento básico, pero dada las condiciones durante el desarrollo del presente informe no se ha llegado a este objetivo, por ser una aplicación solo del tramo estudiado, razón por lo cual a lo más se propone una guía de procedimientos.
- Se presente un esquema grafico de procesos para la sistematización, desde la parte operativa hasta poder obtener el modelo de deterioro del pavimento básico de una carretera de bajo volumen de transito. Cada uno de los procesos son parte de la experiencia que se ha tenido al desarrollar el presente Informe de Suficiencia, en ella se plasman las consideraciones tomadas para desarrollar cada uno de los procesos.
- La sistematización es una forma ordenada del procedimiento seguido por el grupo de trabajo, este procedimiento puede tener variaciones según las circunstancias o situaciones presentadas, no es un patrón rígido, solo una guía para tener un orden, para ciertas situaciones y características presentadas.

RECOMENDACIONES

- Se tiene que realizar una retroalimentación a la guía propuesta con fines de corroborar lo descrito, realizar un seguimiento y analizar cada una de las partes vista en campo ya que lo presentado solo es producto de la revisión del material bibliográfico y una sola visita a campo
- Para proponer procedimientos de aplicación más general para la evaluación de pavimentos básicos de carreteras de bajo volumen de tránsito, se tiene que realizar comparaciones de resultados de futuras evaluaciones en zonas diferentes al tramo de estudio, haciendo estos estudios se podrá presentar recién un manual de procedimientos más general.

BIBLIOGRAFIA

- Guidelines for Review and Evaluation of Backcalculation Results, Research, Development, and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center 6300 Georgetown Pike McLean, VA 22101-2296
- Kramer Carlos y otros. "Ingeniería de Carreteras", Editorial Mc Graw Hill, España Madrid, 2003 – 2004, Tomo I, numerales 20, 21 y 24
- Mendoza Díaz Alberto y otros. "Aplicación Del HDM–III A La Red Carretera Federal Del Estado De Puebla", Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 164, Sanfandila, Qro. 2001
- MTC – Proviás Nacional; Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional: Conservación vial de la Carretera Cañete-Lunahuaná-Pacarán-Chupaca y Rehabilitación del Tramo Zuñiga-Dv. Yauyos-Ronchas, 2008.
- Ministerio de transporte y comunicaciones, Manual de Diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito, MTC Lima – Perú, 2010.
- Sinopsis de Manuales de Construcción y Mantenimiento Vial en América Latina y el Caribe Versión 1 Gunter J. Zietlow Washington DC, diciembre de 2002

Información de páginas de internet:

- <http://www.camineros.com/docs/cam068.pdf>
- <http://www.cecer.army.mil/paver>
- http://www.construccioncivil.puc.cl/revista/Rev_9/_REVISTA_N9_FULL.pdf
- <http://www.dot.ca.gov/hq/maint/MTAGChapter8-SlurrySeals.pdf>
- <http://www.ing.udep.edu.pe>

ANEXOS



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

CODIGO	REVISIÓN	Nº HOJAS	IDIOMA	FECHA DE APROBACIÓN
FIC-UNI-001	00	007	Español	30 / 01 / 2011

PROCEDIMIENTO OPERATIVO

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELA.	REV.	APR.
0	PARA IMPLEMENTACIÓN		FC	FC	FC

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
Nombre y firma	Nombre y firma	Nombre y firma

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO OPERATIVO	Rev.: 00	Fecha.: 30 / 01 / 2011

ÍNDICE

1	objetivo	3
2	alcance	3
3	terminos y definiciones	3
4	RESPONSABLES	4
	4.1 Chofer de camión	4
	4.2 Asistente de chofer de camión	4
	4.3 Ayudantes	4
5	procedimiento	4
	5.1 Equipo Requerido en campo	4
6	referencias	5
7	PANEL FOTOGRAFICO	5

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO OPERATIVO		Rev.: 00

1 OBJETIVO

El presente documento tiene como objetivo principal presentar, las condiciones de manejo de sistema de la Viga Benkelman, antes de uso para la toma de datos.

2 ALCANCE

Se aplica este procedimiento para la evaluación estructural midiendo las deflexiones con la Viga Benkelman a toda las carreteras que cumplan con la características de ser de bajo volumen de transito y de pavimento básico.

3 TERMINOS Y DEFINICIONES

- **Carreteras de bajo volumen de transito (CBVT):** Son aquellas carreteras que tienen un IMD menor a 450 vehiculos entre livianos y pesados.
- **Deflexiones a distancias (D25, D50, D80):** Es medida en mm de la deformación producida a una distancias de 25, 50 y 80 cm de la distancia de apoyo de la Viga Benkelman.
- **Radio de curvatura (Rc):** El radio de curvatura queda definido por la siguiente relación, en la cual se considera que la línea de Deflexión se aproxima a una parábola hasta una distancia algo mayor de 25 cm del eje de carga.
- **Deflexión Característica (Dc):** Es la deflexión representativa del tramo en estudio y es obtenida de un análisis estadístico que involucra el valor medio, la desviación estándar y el grado de confianza.
- **Deflexión Admisible (Da):** Es la Deflexión que garantice un comportamiento satisfactorio del pavimento, es función del número de repeticiones acumuladas de las cargas que produce el tráfico durante el período de diseño del pavimento.

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO OPERATIVO		Rev.: 00
			Fecha.: 30 / 01 / 2011

4 RESPONSABLES

4.1 Chofer de camión

- Encargado de manejar el camión con la carga establecida 8.2 ton, de acuerdo a las recomendaciones que se le brinda.

4.2 Asistente de chofer de camión

- Asistente para la operación del camión, que se complementara con el chofer y el Ing. Asistente. Se encargara del traslado de la viga Benkelman desde el camión hacia el punto de ensayo y viceversa. Informara al chofer de las diferentes ubicaciones donde se encuentra el punto de inicio del ensayo, en las cuales se tendrá que ubicar el vehículo, para la medición.

4.3 Ayudantes

- Se emplean tres ayudantes, de los cuales dos de ellos que controlen el tráfico, tanto en la parte de adelante como la parte posterior del vehículo y el otro tomar las lecturas de la temperatura del pavimento.

5 PROCEDIMIENTO

5.1 Procedimiento de Operativo

Se requiere obtener la información indispensable para hacer el inventario a levantamiento de deterioros con su cuantificación estimada.

- Se realizará una "inspección visual" detallada a pié, a lo largo del tramo bajo estudio. Esto lo llevarán a cabo 2 personas con suficiente experiencia en el reconocimiento de fallas o deterioros en pavimento.
- El recorrido de cada observador deberá cubrir de 1.75 a 2.0 m de ancho, para así cuantificar adecuadamente el ancho total del carril bajo estudio.
- Se registrarán las fallas listadas a continuación, que se consideran las más comunes y representativas en la vía, así como alguna en especial que no se indique en el formato.

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO OPERATIVO		Rev.: 00

5.2 Equipo Requerido en campo

El equipo mínimo para la realización de ensayos de medición de deflexiones es el siguiente:

1. Deflectómetro Viga Benkelman, con relación de brazos 1:2
2. Extensómetro con dial indicador de divisiones cada 0.01 mm
3. Camión cargado, con eje trasero de 18000 libras (8.2 tn) igualmente distribuidas en un par de llantas dobles infladas a una presión de 75 a 85 psi.
4. Vehículo auxiliar para transportar al personal y equipo (camioneta).
5. Balanza portátil para pesaje del camión, con capacidad de 10 toneladas.
6. Accesorios de medición y varios (Cinta métrica de 3 m, plumones de punta gruesa, plomada, destornillador, alicates, hojas de campo, lápices señales de seguridad, termómetro, cincel, martillo, varilla de metal o madera de 2m, alambre de amarre, etc.)
7. Termómetro digital para medir la temperatura del pavimento.
8. Un clavo de 4" acerado para ejecutar los orificios en el pavimento.

6 REFERENCIAS

Procedimiento SIG ISO 9001:2008

7 PANEL FOTOGRAFICO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO OPERATIVO**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

FIGURA: DIALES DE MEDICIÓN DE VIGA BENKELMAN

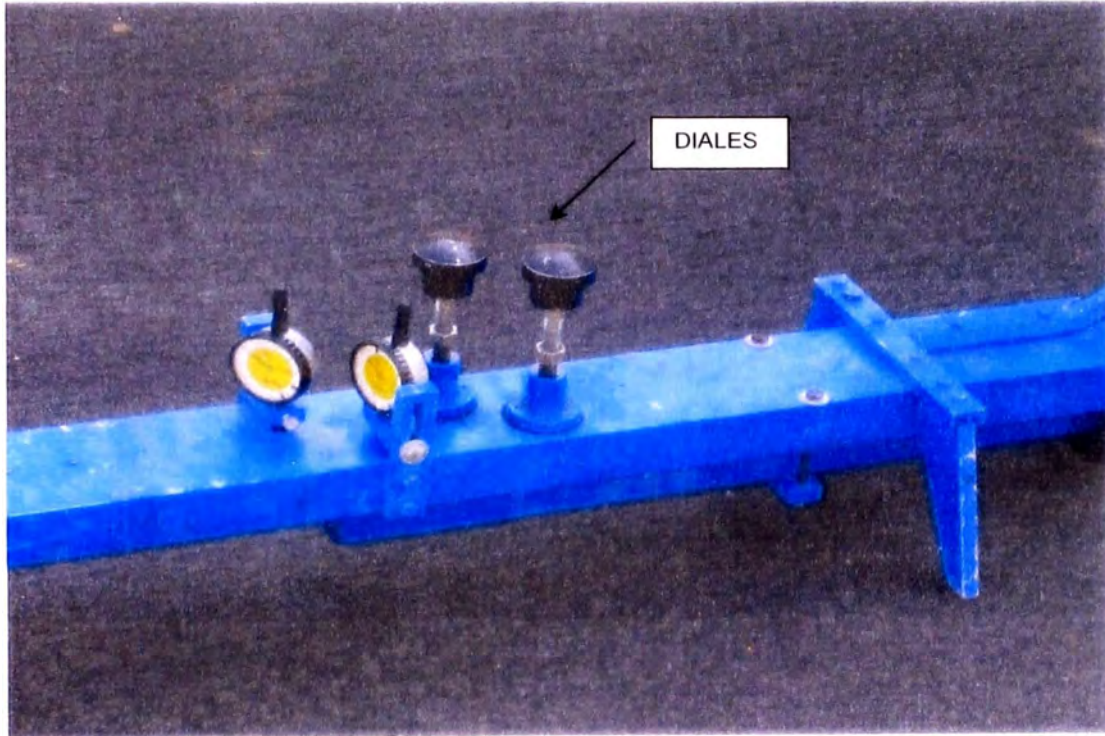
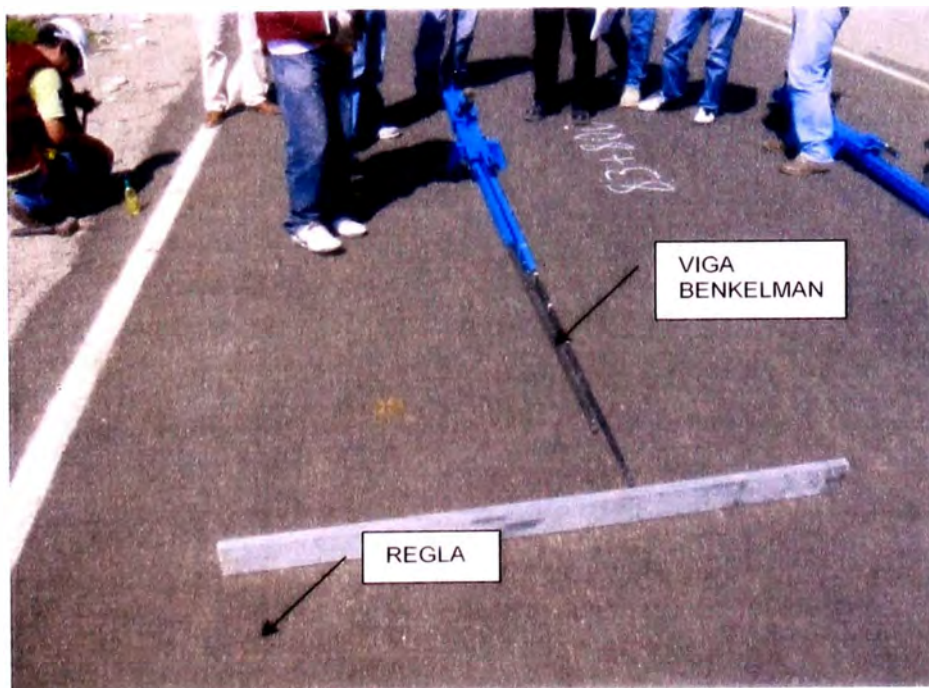


FIGURA : REGLA DE MEDICION Y VIGA BENKELMAL





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO OPERATIVO**

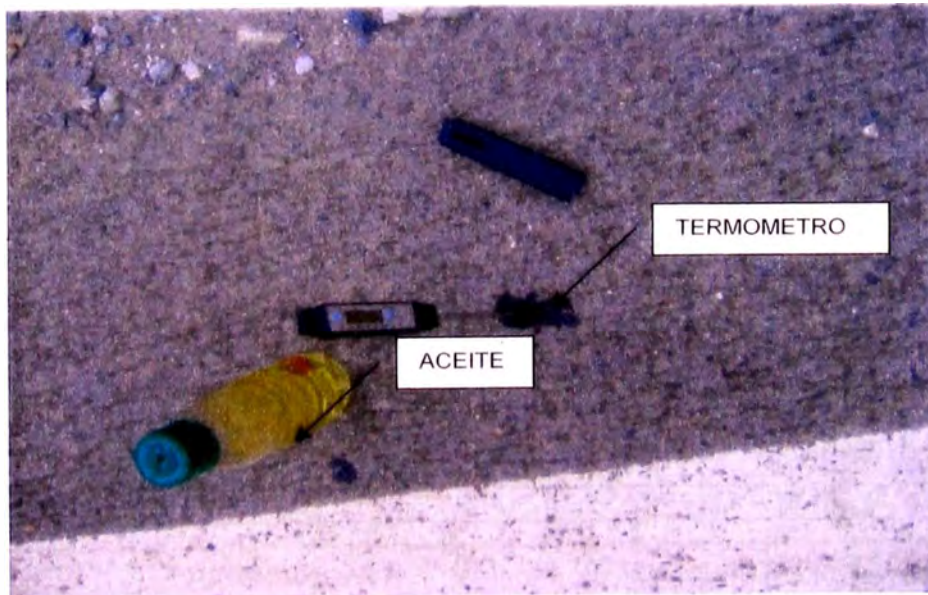
Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

FIGURA: VARILLAS, CAMION Y VIGA BENKELMAN



FIGURA: ACCESORIOS: ACEITE TERMOMETRO






FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

CODIGO	REVISIÓN	Nº HOJAS	IDIOMA	FECHA APROBACIÓN	DE
FIC-UNI-002	00	009	Español	30 / 01 / 2011	

PROCEDIMIENTO DE TOMA DE DATOS

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELA.	REV.	APR.
0	PARA IMPLEMENTACIÓN		FC	FC	FC

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
Nombre y firma	Nombre y firma	Nombre y firma

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO TOMA DE DATOS		Rev.: 00

ÍNDICE

1	objetivo	3
2	alcance	3
3	terminos y definiciones	3
4	RESPONSABLES	4
4.1	Ingeniero Especialista en carreteras	4
4.2	Ingeniero Asistente	4
4.3	Chofer de camión	4
4.4	Asistente de chofer de camión	4
4.5	Ayudantes	4
5	procedimiento	5
5.1	Procedimiento de medición	5
5.2	Formato de Ingreso de datos	6
6	referencias	7
7	PANEL FOTOGRAFICO	8



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO TOMA DE DATOS

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

1 OBJETIVO


El presente documento tiene como objetivo principal presentar un el procedimiento para la toma de datos de la Viga Benkelman para realizar el análisis estructural de un pavimento básico, para determinar las deflexiones producidas en el sector de análisis.

2 ALCANCE

Se aplica este procedimiento para la toma de las deflexiones en campo con la Viga Benkelman a toda las carreteras que cumplan con la características de ser de bajo volumen de transito y de pavimento básico.

3 TERMINOS Y DEFINICIONES

- **Carreteras de bajo volumen de transito (CBVT):** Son aquellas carreteras que tienen un IMD menor a 450 vehículos entre livianos y pesados.
- **Deflexiones a distancias (D25, D50, D80):** Es medida en mm de la deformación producida a una distancias de 25, 50 y 80 cm de la distancia de apoyo de la Viga Benkelman.
- **Radio de curvatura (Rc):** El radio de curvatura queda definido por la siguiente relación, en la cual se considera que la línea de Deflexión se aproxima a una parábola hasta una distancia algo mayor de 25 cm del eje de carga.
- **Deflexión Característica (Dc):** Es la deflexión representativa del tramo en estudio y es obtenida de un análisis estadístico que involucra el valor medio, la desviación estándar y el grado de confianza.
- **Deflexión Admisible (Da):** Es la Deflexión que garantice un comportamiento satisfactorio del pavimento, es función del número de repeticiones acumuladas de las cargas que produce el tráfico durante el periodo de diseño del pavimento.

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO TOMA DE DATOS		Rev.: 00

4 RESPONSABLES

4.1 Ingeniero Especialista en carreteras

- Con experiencia para dirigir todo el trabajo, logrando desenvolverse en la lectura de las deformaciones, en forma precisa y que tenga criterio para realizar diferentes inspecciones visuales, sobre el estado de la superficie en que se podrá encontrar la carretera.

4.2 Ingeniero Asistente

- Encargado de anotar las lecturas de las deformaciones leídas por el ingeniero y se trata de complementar con el asistente del vehículo, también estará capacitado para leer las lecturas de las deformaciones dadas en el dial.

4.3 Chofer de camión

- Encargado de manejar el camión con la carga establecida 8.2 ton, de acuerdo a las recomendaciones que se le brinda.

4.4 Asistente de chofer de camión

- Asistente para la operación del camión, que se complementara con el chofer y el Ing. Asistente. Se encargara del traslado de la viga Benkelman desde el camión hacia el punto de ensayo y viceversa. Informara al chofer de las diferentes ubicaciones donde se encuentra el punto de inicio del ensayo, en las cuales se tendrá que ubicar el vehículo, para la medición.

4.5 Ayudantes

- Se emplean tres ayudantes, de los cuales dos de ellos que controlen el tráfico, tanto en la parte de adelante como la parte posterior del vehículo y el otro tomar las lecturas de la temperatura del pavimento.



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO TOMA DE DATOS

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

5 PROCEDIMIENTO

5.1 Procedimiento de medición

1. El punto de pavimento a ser ensayado deberá ser marcado con una línea transversal.
2. La rueda dual externa deberá ser colocada sobre el punto seleccionado quedando éste ubicado entre ambas llantas.
3. Se coloca la regla sobre el pavimento, detrás del camión perpendicularmente al eje de carga de modo que la punta de prueba coincida con el punto de ensayo y la regla no roce contra las cubiertas de la rueda dual.
4. Se retira la traba de la regla y la base se ajusta por medio del tornillo trasero de modo tal que el brazo de medición quede en contacto con el vástago del dial.
5. El flexímetro se ajusta de modo tal que el vástago tenga un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se gira la esfera del flexímetro hasta que la aguja quede en cero y se verifica la lectura golpeando suavemente con un lápiz y poniendo en marcha el vibrador de la regla. Girar la esfera si es necesario y repetir la operación hasta obtener la posición "0" (cero). El ensayo comenzará cuando se compruebe que dicha lectura permanece constante, asegurando el equilibrio del pavimento bajo carga. Se da por estabilizada la deformación producida por la carga cuando la lectura inicial varía en 0.01 mm/minuta o menos.
6. Establecida la lectura inicial en cero, se hace avanzar suave y lentamente el camión hasta una distancia de 4 m. aproximadamente.
7. Realizar las marcaciones de las medidas en la palanca de la Viga Benkelman a 0.25, 0.50, 0.80 mts. Establecida la lectura inicial en cero, se hace avanzar suave y lentamente el camión hasta una distancia de 0.25, 0.5, 0.8 y 4 m o más del punto de inicio.
8. Anotar las lecturas internas a 0.25, 0.5, 0.8 y la lectura final del dial a 4 a más metros de distancia del punto inicial o hasta que la lectura del dial sea constante.
9. Medir la temperatura de la superficie del pavimento de la siguiente manera: En un punto en no menos de 25 cm del borde del pavimento, realizar un pequeño orificio en el pavimento de 1 cm de profundidad. Se coloca aceite al orificio se coloca el



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO TOMA DE DATOS

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

termómetro y se registrar la medida de la temperatura y al mismo tiempo registrar la temperatura ambiente.

10. Revisar que la presión de las llantas del camión sea uniforme. Esta revisión será antes de utilizar la viga y tendrá 80 psi de presión en las llanta

5.2 Formato de Ingreso de datos

Para llevar un mayor orden en la toma de datos se tiene que estandarizar un formato para la recopilación de las deflexiones tomadas en campo para lo que se presenta un formado donde se tienes que ingresar los siguientes datos:

1. Carga de eje, es decir la carga exacta en cada uno de Iso ejes del camión de prueba
2. Presión de inflado de cada una de las llantas del camión con que se hace la prueba
3. Fecha de la toma de datos
4. Estación, es decir la progresiva con la que se está tomando la medición
5. Cuadro de para el llenado de la lectura de las deflexiones según la posición de media es decir D25 a 25 cm del partido inicial, D50 a 50 cm del partido inicial, D80 a 80 cm del partido inicial.
6. Exististe una zona de llenado para poder anotar las observaciones mas resaltantes que se puedan encontrar en la progresiva de medición
7. Se ha adicionado un campo para el ingreso de los datos de temperatura y altitud en que se están realizando las mediciones.



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO TOMA DE DATOS**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

CUADRO : FORMATO TOMA DE DATOS EN CAMPO

CARGA DE EJE: _____
PRESION DE INFLADO: _____
FECHA: _____
REALIZADO POR: _____

Figura 2-7 Hoja de Campo para recolección de deflexiones.

ESTACION	LECTURAS DE DEPLECTOMIRO				DEFLEXIONES (mm)			OBSERVACIONES
	CC	DR1	DR2	OC	DR1	DR2	DR3	

Fuente: MTC

6 REFERENCIAS

Procedimiento SIG ISO 9001:2008

7 PANEL FOTOGRAFICO



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO TOMA DE DATOS**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

FIGURA: INVOLUCRADOS EN TOMA DE DATOS



Fuente: Propia, Visita de campo Grupo Nro. 01

FIGURA: TOMA DE PROGRESIVA Y MEDIA DE PRESION DE LLANTAS





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO TOMA DE DATOS**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

FIGURA: TOMA DE DE TEMPERATURA CON TERMOMETRO DIGITAL





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

CODIGO	REVISIÓN	Nº HOJAS	IDIOMA	FECHA APROBACIÓN	DE
FIC-UNI-003	00	007	Español	30 / 01 / 2011	

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELA.	REV.	APR.
0	PARA IMPLEMENTACIÓN		FC	FC	FC

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
Nombre y firma	Nombre y firma	Nombre y firma



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO ANALISI DE DATOS**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

ÍNDICE

1	objetivo	3
2	alcance	3
3	terminos y definiciones.....	3
4	RESPONSABLES	4
4.1	Estadístico	4
4.2	Ingeniero Especialista	4
5	procedimiento	4
	Procedimiento del Análisis de datos.....	4
5.1	Seleccionar un programa de Análisis	4
5.2	Ejecutar el Programa	5
5.3	Explorar los Datos.....	5
5.4	Confiabilidad	5
5.5	Prueba de hipótesis	5
5.6	Presentación de los datos	6
5.7	Análisis e interpretación de los datos	6
6	PANEL FOTOGRAFICO	6



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO ANALISI DE DATOS

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

1 OBJETIVO


El presente documento tiene como objetivo principal presentar un el procedimiento para el análisis de datos para el hallar las deflexiones de una carretera de bajo volumen de tránsito con pavimento básico usando como herramienta de medición la Viga Benkelman.

2 ALCANCE

Se aplica este procedimiento para la evaluacion estructural midiendo las deflexiones con la Viga Benkelman a toda las carreteras que cumplan con la características de ser de bajo volumen de transito y de pavimento básico.

3 TERMINOS Y DEFINICIONES

- **Carreteras de bajo volumen de transito (CBVT):** Son aquellas carreteras que tienen un IMD menor a 450 vehículos entre livianos y pesados.
- **Radio de curvatura (R_c):** El radio de curvatura queda definido por la siguiente relación, en la cual se considera que la línea de Deflexión se aproxima a una parábola hasta una distancia algo mayor de 25 cr. del eje de carga.
- **Deflexión Característica (D_c):** Es la deflexión representativa del tramo en estudio y es obtenida de un análisis estadístico que involucra el valor medio, la desviación estándar y el grado de confianza.
- **Deflexión Admisible (D_a):** Es la Deflexión que garantice un comportamiento satisfactorio del pavimento, es función del número de repeticiones acumuladas de las cargas que produce el tráfico durante el período de diseño del pavimento.

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO ANALISI DE DATOS		Rev.: 00
			Fecha.: 30 / 01 / 2011

4 RESPONSABLES

4.1 Estadístico

- Es el responsable del procesamiento de los datos recopilados en campo, responsable de realizar las aplicaciones estadísticas para hallar el valor correspondiente a cada toma de datos.

4.2 Ingeniero Especialista

- Encargado del procesamiento y análisis de los resultados obtenidos por el estadístico, será el encargado interpretación y presentación de los resultados obtenidos en campo.

5 PROCEDIMIENTO

Procedimiento del Análisis de datos


5.1 Seleccionar un programa de Análisis

Minitab

Es un paquete que goza de popularidad por su relativamente bajo costo. Incluye un considerable número de pruebas estadísticas, y cuenta con un tutorial para aprender a utilizarlo y practicar; además, es muy sencillo de manejar.

Tipos de estadísticas:

- Básicas: descriptivas, correlación, covarianza, chi-cuadrada
- Regresión lineal y múltiple
- Análisis de varianza (ANOVA)
- Diagramas de dispersión, pareto, causa-efecto...
- Análisis multivariado; conglomerado, análisis de factores(validación),
- Análisis distante de correspondencia

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO ANALISI DE DATOS		Rev.: 00

5.2 Ejecutar el Programa

Seleccionando las opciones apropiadas. Obviamente antes de tales análisis, se debe verificar que el programa “corra” o funcione en nuestra computadora.

5.3 Explorar los Datos

1. Formulamos la pregunta de investigación que pretendemos contestar.
2. Visualizamos un alcance (exploratorio, descriptivo, correlacional y/o explicativo)
3. Establecimos nuestras hipótesis (o estamos conscientes de que no las tenemos)
4. Definimos las variables
5. Elaboramos un instrumento (conocemos que ítems miden que variables y que nivel de medición tiene cada variable)
6. Recolectamos los datos.

5.4 Confiabilidad

Se calcula aplicando a los participantes la misma prueba dos veces y luego obteniendo el coeficiente de correlación entre las puntuaciones de ambas aplicaciones.

Método de formas alternativas o paralelas

Que se calcula a través de un coeficiente de correlación entre los resultados de dos pruebas supuestamente equivalentes.

Método de mitades partidas

Que se calcula por medio de un coeficiente de correlación entre las puntuaciones de las mitades del instrumento.

5.5 Prueba de hipótesis

Una hipótesis en el contexto de la estadística inferencial es una proporción respecto a uno o varios parámetros, y lo que el investigador hace por medio de la prueba de hipótesis es determinar si la hipótesis es congruente con los datos obtenidos en la muestra.



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO ANALISI DE DATOS

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

Para comprender lo que es la prueba de hipótesis en la estadística inferencial es necesario revisar el concepto de:

- Distribución maestra
- Nivel de significancia

5.6 Presentación de los datos

Los datos suelen estar presentados en forma tabular, en cuadros de doble entrada, proporcionales, porcentuales, o en valores promedios. También suelen representarse gráficamente, mediante: Histogramas, polígonos, diagramas figurados, prismogramas, pictogramas, dibujos acotados, entre otros.

5.7 Análisis e interpretación de los datos

Podría decirse que es ésta la fase más amplia de todas y en la cual la investigación rinde sus mejores frutos. Desde la más remota antigüedad se ha venido aplicando el análisis estadístico a las investigaciones demográficas, socioeconómicas, fiscales, entre otros. Obteniéndose así índices y tendencias de en los datos y muestras tomadas.

La investigación debe desarrollarse sistemáticamente pasando por las etapas de planificación, ejecución y evaluación. En la primera etapa se considera integralmente la investigación, poniéndose por escrito en un documento no solo lo que precede a la obtención de la información en el campo, sino que se toman en cuenta las actividades que se desarrollaran en las etapas restantes.

6 PANEL FOTOGRAFICO

Se muestran las Figuras 1 y 2 extraídos el programa Minitab, que es usado para el análisis de los datos tomados en campo.



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO ANALISI DE DATOS**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

FIGURA 1.- HISTOGRAMA TOMADA DEL REPORTE DE MINITAB

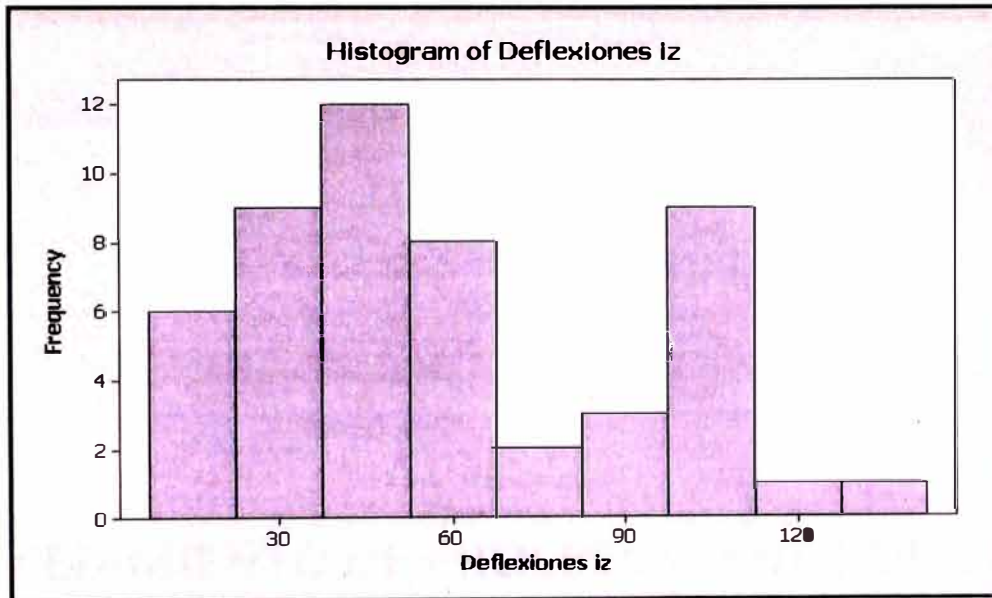
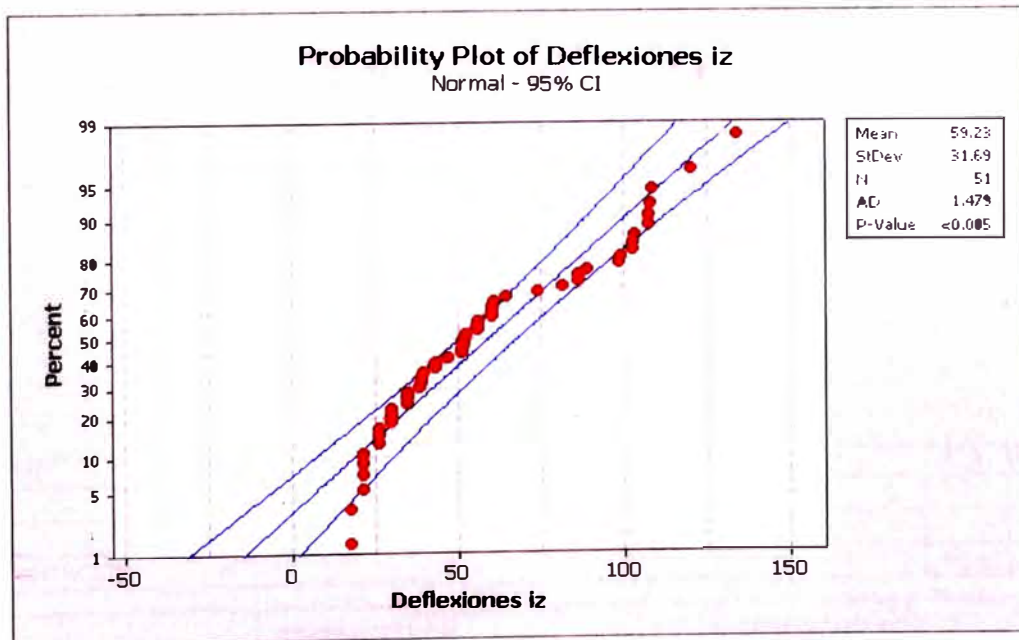


FIGURA 2.- GRÁFICA DE PROBABILIDADES TOMADA REPORTE DE MINITAB





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

CODIGO	REVISIÓN	Nº HOJAS	IDIOMA	FECHA DE APROBACIÓN
FIC-UNI-004	00	007	Español	30 / 01 / 2011

PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELA.	REV.	APR.
0	PARA IMPLEMENTACIÓN		FC	FC	FC

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
Nombre y firma	Nombre y firma	Nombre y firma



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI


**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

ÍNDICE

1	objetivo	3
2	alcance	3
3	terminos y definiciones	3
4	RESPONSABLES	4
4.1	Ingeniero Civil especialista en carreteras	4
5	procedimiento	4
5.1	Método de la evaluación de capacidad estructural	4
5.2	Corrección de las Deflexiones por efecto de la Temperatura	4
5.3	Corrección de las Deflexiones por Estacionalidad	5
5.4	Calculo del Radio de Curvatura	6
5.5	Deflexión Característica (Dc)	6
5.6	Deflexión Admisible (Da)	7

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI	
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS	Rev.: 00
		Fecha.: 30 / 01 / 2011

1 OBJETIVO


El presente documento tiene como objetivo principal presentar un el procedimiento para el procesamiento de datos para el hallar las deflexiones de una carretera de bajo volumen de tránsito con pavimento básico usando como herramienta de medición la Viga Benkelman.

2 ALCANCE

Se aplica este procedimiento para el análisis estructural midiendo las deflexiones con la Viga Benkelman a toda las carreteras que cumplan con la características de ser de bajo volumen de transito y de pavimento básico.

3 TERMINOS Y DEFINICIONES

- **Carreteras de bajo volumen de transito (CBVT):** Son aquellas carreteras que tienen un IMD menor a 450 vehículos entre livianos y pesados.
- **Radio de curvatura (Rc):** El radio de curvatura queda definido por la siguiente relación, en la cual se considera que la línea de Deflexión se aproxima a una parábola hasta una distancia algo mayor de 25 cm del eje de carga.
- **Deflexión Característica (Dc):** Es la deflexión representativa del tramo en estudio y es obtenida de un análisis estadístico que involucra el valor medio, la desviación estándar y el grado de confianza.
- **Deflexión Admisible (Da):** Es la Deflexión que garantice un comportamiento satisfactorio del pavimento, es función del número de repeticiones acumuladas de las cargas que produce el tráfico durante el período de diseño del pavimento.

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI	
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS	Rev.: 00

4 RESPONSABLES

4.1 Ingeniero Civil especialista en carreteras

- Encargado del procesamiento y análisis de los resultados obtenidos por el estadístico, será el encargado interpretación y presentación de los resultados obtenidos en campo.

5 PROCEDIMIENTO

Para el procesamiento de datos se ha tomado como metodología de trabajo las directivas señaladas por CONREVIAl.

5.1 Método de la evaluación de capacidad estructural

Se tiene que tomar en cuenta las recomendaciones de cálculo y corrección establecidos por el método de CONREVIAl, para el empleo de la viga Benkelman doble. Entre las recomendaciones más importantes se resumen los siguiente.

- La deflexión total (dt) correspondiente a la flecha hacia debajo de la deformación producida por la carga.
- La deflexión recuperada o elástica (dr) correspondiente a la flecha hacia arriba de la recuperación de la superficie que se produce al retirar la carga.
- La deflexión permanente o residual (dp) correspondiente a la diferencia entre la superficie antes de aplicar la carga y después de retirarla.

Se observa que: $dt = dr + dp$

En cuanto al proceso de los datos, las diferencias entre las dos series de valores de los dos flexímetros permiten conocer las deflexiones recuperables (deflexión máxima y a 25 cm del eje), a la temperatura medida, Se ajustaron para una temperatura estándar de 20 C.

5.2 Corrección de las Deflexiones por efecto de la Temperatura

Para medir la temperatura del pavimento se realiza un orificio (antes y durante ensayo) y se llena con agua. Una vez pasado el tiempo necesario para que adquiera la temperatura del pavimento, se inserta el termómetro y se lee la temperatura.



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

Para un pavimento dado, la magnitud de las deflexiones aumenta con un incremento en la de la carpeta, atribuido a una menor rigidez de la mezcla. Para corregir la deflexión por efecto de la temperatura, se aplica la siguiente fórmula:

Dt

$$D_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{Dt}{1 \times 10^{-3} (1 / \text{cm } ^{\circ}\text{C}) \times h \times (t - 20^{\circ}\text{C}) + 1}$$

Donde:

Dt = Deflexión recuperable, medida a la temperatura "t" °C en centésimas de mm.

D20 = Deflexión recuperable, medida a la temperatura estándar (20 °C).


h = Espesor de la carpeta asfáltica en cm. medido en el borde del pavimento.

t = temperatura de la carpeta asfáltica al momento de ejecutarse el ensayo.

5.3 Corrección de las Deflexiones por Estacionalidad

La capacidad de deformación de los suelos está influenciada por el grado de saturación que experimentan, por lo tanto, es deseable que la medición de deflexiones se realice durante la estación de lluvias, durante la cual los suelos se encuentran en la situación más crítica. De no ser así, se debe efectuar la corrección de las medidas a fin de tomar en cuenta dicho aspecto. Para fines prácticos se propone el uso de los siguientes factores de corrección, considerando el tipo de suelo de subrasante y la época en que se realizaron los ensayos.

TIPO DE SUELO DE SUBRASANTE	ESTACION	ESTACION
	LLUVIOSA	SECA
Arenosa-permeable	1.0	1.1 a 1.3
Arcillosa-sensible al agua	1.0	1.2 a 1.4

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI		
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS		Rev.: 00

5.4 Calculo del Radio de Curvatura

$$R = 6250 / 2 (D_o - D_{25})$$

Donde:

R = Radio de curvatura en metros

D_o = Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga en centésimas de mm para la temperatura estándar de 20C

D₂₅ = Deflexión recuperable a 25 cm del eje de la carga en centésimas de mm para la temperatura estándar de 20C.

Debido a la variabilidad de las propiedades de los materiales constituyentes el de la carretera, aun en carreteras correctamente proyectadas y construidas, no se puede considerar los valores individuales de las deflexiones independientes, sino que se requiere una evaluación estadísticas para cuyo efecto se elabora un deflectograma que es un grafico, que involucra a todo un tramo.

En el deflectograma las progresivas de la carretera se colocan en el eje de las abscisas y las deflexiones recuperables en el eje de las ordenadas; y en otro grafico similar en el eje de las ordenadas se indican los valores del radio de curvatura, y con cuyos gráficos se puede visualizar y correlacionar globalmente los datos obtenidos.

5.5 Deflexión Característica (D_c)

La Deflexión Característica (D_c) es la deflexión representativa del tramo en estudio y es obtenida de un análisis estadístico que involucra el valor medio, la desviación estándar y el grado de confianza. Para efectos de análisis se considera el Rebote Representativo de la Deflexión establecido por la metodología del Instituto del Asfalto, la cual es:

$$RRD = (DMEDIA + 2.0x D_v) * C \text{ Donde:}$$

RDD = El Rebote Representativo de la Deflexión

DMEDIA = la media aritmética de los valores individuales ajustados por temperatura = $\sum x_i f_i / n$

f_i = factor de ajuste de temperatura de las deflexiones individuales

C = Factor de ajuste por periodo critico

x_i = valores de deflexiones individuales

	FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI	
	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO DE PROCESAMIENTO DE DATOS	Rev.: 00

Dv= Desviación estándar.

5.6 Deflexión Admisible (Da)

La Deflexión Admisible (Da) que garantice un comportamiento satisfactorio del pavimento, es función del número de repeticiones acumuladas de las cargas que produce el tráfico durante el período de diseño del pavimento, en este caso, para su definición se cuenta con la información Proporcionada por Dirección de Caminos (DC)



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

CODIGO	REVISIÓN	Nº HOJAS	IDIOMA	FECHA DE APROBACIÓN
FIC-UNI-005	00	005	Español	30 / 01 / 2011

PROCEDIMIENTO DE MODELO DE DETERIORO

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELA.	REV.	APR.
0	PARA IMPLEMENTACIÓN		FC	FC	FC

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
Nombre y firma	Nombre y firma	Nombre y firma



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

**EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO MODELO DE DETERIORO**

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

ÍNDICE

1	objetivo	3
2	alcance	3
3	terminos y definiciones.....	3
4	RESPONSABLES	4
4.1	Ingeniero Civil especialista en carreteras.....	4
5	procedimiento	4
5.1	Calculo de la grafica del deflectograma.....	4
5.2	Evaluación empleando el Modelo de Regresión Lineal	4
5.3	Desarrollo de la curva de deterioro	5



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO MODELO DE DETERIORO

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

1 OBJETIVO

El presente documento tiene como objetivo principal presentar un el procedimiento para el procesamiento del modelo de deterioro de una carretera de bajo volumen de tránsito con pavimento básico usando como herramienta de medición la Viga Benkelman.

2 ALCANCE

Se aplica este procedimiento para el análisis estructural midiendo las deflexiones con la Viga Benkelman a toda las carreteras que cumplan con la características de ser de bajo volumen de transito y de pavimento básico.

3 TERMINOS Y DEFINICIONES

- **Carreteras de bajo volumen de transito (CBVT):** Son aquellas carreteras que tienen un IMD menor a 450 vehículos entre livianos y pesados.
- **Radio de curvatura (Rc):** El radio de curvatura queda definido por la siguiente relación, en la cual se considera que la línea de Deflexión se aproxima a una parábola hasta una distancia algo mayor de 25 cm del eje de carga.
- **Deflexión Característica (Dc):** Es la deflexión representativa del tramo en estudio y es obtenida de un análisis estadístico que involucra el valor medio, la desviación estándar y el grado de confianza.
- **Deflexión Admisible (Da):** Es la Deflexión que garantice un comportamiento satisfactorio del pavimento, es función del número de repeticiones acumuladas de las cargas que produce el tráfico durante el periodo de diseño del pavimento.



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI

EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON VIGA BENKELMAN PROCEDIMIENTO MODELO DE DETERIORO

Rev.:
00

Fecha.:
30 / 01 / 2011

4 RESPONSABLES

4.1 Ingeniero Civil especialista en carreteras

- Encargado del procesamiento y análisis de los resultados obtenidos por el estadístico, será el encargado interpretación y presentación de los resultados obtenidos en campo.

5 PROCEDIMIENTO

5.1 Calculo de la grafica del deflectograma

La graficas deflectométricas, actuales e históricos son desarrolladas con el uso del programa Minitab.

5.2 Evaluación empleando el Modelo de Regresión Lineal

Con la finalidad de obtener la curva de deterioro se toman los resultados obtenidos como deflexión característica y los años en que se tomaron las mediciones.

Para el desarrollo de la regresión Lineal, se toma el método de mínimos cuadrados como soporte de desarrollo, sabiendo que:

$$y = a + b \cdot x$$

Donde:

$$b = \frac{\sum (x - x_{prom})(y - y_{prom})}{\sum (x - x_{prom})^2}$$

$$a = y_{prom} - b \cdot x_{prom}$$

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL -UNI****EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO BASICO CON
VIGA BENKELMAN
PROCEDIMIENTO MODELO DE DETERIORO**Rev.:
00Fecha.:
30 / 01 / 2011**5.3 Desarrollo de la curva de deterioro**

Para realizar la regresión lineal la cual interprete el deterioro del pavimento se emplea el método de mínimos cuadrados

De la evaluación realizada, se obtienen los valores, para elaborar la curva de deterioro de la carretera.

Las curvas tanto de Deflexión Admisible como la Característica se extrapolan con la finalidad de obtener una cantidad de datos que se encuentre dentro del plan de mantenimiento propuesto para la carretera

Para la presentación de los datos se adjunta un cuadro modelo.

Tabla de periodo de conservación antes del proceso de mantenimiento

Sección	Año en que se requiere el mantenimiento	Periodo antes de mantenimiento