

METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APOORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS
GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL
RAP



ANEXO No 2

APLICACION METODOLOGIA - PROYECTO ESPECIFICO

Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector
Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.
Sector PR 94+0960 al PR 97

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

INSTITUTO DE POSTGRADO EN INGENIERÍA CIVIL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

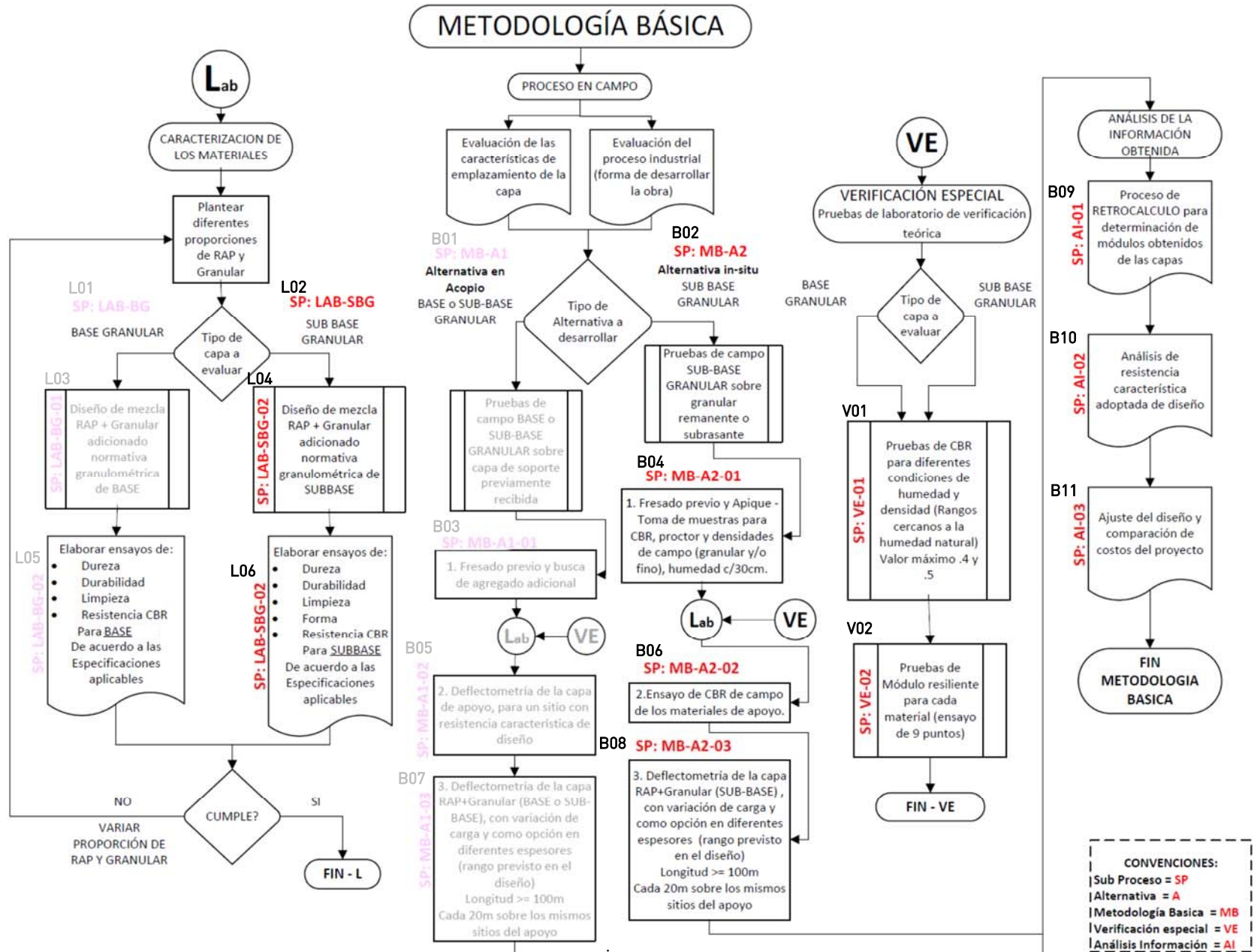


ANEXO No 2 - APLICACION DE LA METODOLOGIA - PROYECTO ESPECIFICO

CONTENIDO


No	COD	PROCESO	DESCRIPCIÓN	Folios	Pág.
1			DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGIA BASICA APLICADA A REHABILITACION Y SUB-BASE GRANULAR	1	3
2	B02	SP: MB-A2	Evaluación de emplazamiento de la capa y del proceso industrial - Rehabilitación	1	4
3	B04	SP: MB-A2-01	Desarrollo Prueba piloto fresado y recomendación agregado adicional - Rehabilitación	1	5
4	L02	SP: LAB-SBG	Identificación y resultados de caracterización en laboratorio - Sub-Base granular	11	6
5	L04	SP: LAB-SBG-01-01	Diseño de mezcla de granular por peso y volumen - Sub-Base Granular RAP60%- SBG50 40%	12	17
6	L04	SP: LAB-SBG-01-02	Diseño de mezcla de granular por peso y volumen - Sub-Base Granular RAP70%- SBG50 30%		18
7	L04	SP: LAB-SBG-01-03	Diseño de mezcla de granular por peso y volumen - Sub-Base Granular RAP100%		19
8	L06	SP: LAB-SBG-02-01	Caracterización de los materiales - Sub-Base Granular -SBG-50	1	29
9	L06	SP: LAB-SBG-02-02	Caracterización de los materiales - Sub-Base Granular -RAP	1	30
10	V01	SP: VE-01	Comparación de pruebas de cbr para diferentes proporciones de rap y material granular adicionado	1	31
11	V02	SP: VE-02	Evaluación de resistencia mediante el ensayo de Módulo Resilente.	1	32
12	B06	SP: MB-A2-02	Determinación de resistencia de capas de apoyo -CBR	3	33
13	B06	SP:MB-A2-02-CBR	Registro de Ensayo de CBR de Campo	5	36
14	B08	SP:MB-A2-03	Ensayos de defletometria de la capa granular con RAP - (Posterior a ensayos CBR)	1	41
15	B09	SP: MB-AI-01	Recopilación de datos de resistencia de las capas y análisis de Retrocalculo.	28	42
16	B10	SP: MB-A2	Análisis de resistencia característica adoptada para el diseño	1	70
17	B10		Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto (sin variar modulos)	2	71
18	B10		Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto (Modulos AASHTO93).	4	78
19	B10		Optimización del Diseño del Pavimento en las apropiadas condiciones según soportes del informe de diseño.	5	83
20	B10		Calculo de la Curva Maestra de la MDC - Optimización del Diseño del Pavimento.	5	73
21	B11	SP: MB-A3	Ajuste del diseño y comparación de costos	3	88

METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP



Grafica. Metodología básica para reutilizar el RAP como insumo de Sub-base granular - Proyecto específico

Fuente: Elaboración propia.

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Alternativa: En acopio o In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: MB-A2 Descripción: Evaluación de emplazamiento de la capa y del proceso industrial
---	---	---	--	---

EVALUACIÓN DE EMPLAZAMIENTO DE LA CAPA Y DEL PROCESO INDUSTRIAL

Objeto: El presente reporte es la consignación de la evaluación de emplazamiento de la capa granular a ser candidata para ser reutilizada en ella el RAP como insumo para su elaboración.

Tipo de proyecto: Rehabilitación **Alcance del proyecto:** Reconstruir la estructura del pavimento, construir el drenaje y subdrenaje.

ENTRADAS Y SALIDAS

1) Evaluación de condiciones del proyecto geométrico del proyecto :

Se evalúa geométricamente la posibilidad de aprovechar el RAP como material para aprovechamiento en función de su emplazamiento:

CARACTERÍSTICA DEL TRAZADO	% DECISIÓN	SE CONSERVA DISEÑO EXISTENTE?	EL TRAZADO NUEVO ESTA CERCA DEL EXISTENTE?	PROPORCIÓN DEL ANCHO DE CALZADA NUEVA VS ANTIGUA?	SE REQUIERE FRESAR LA CAPA ASFÁLTICA?	VIABLE UTILIZAR RAP EN ACOPIO O IN SITU?
Diseño en planta Vs Geometría existente	70	SI, 100%	SI, se tiene acceso 100%	100%	SI, Se establece en el contrato la actividad.	Económicamente es viable en acopio o utilizar In situ.
Diseño vertical Vs Geometría existente	30	NO, 100%	Se elevará la rasante, Si se puede utilizar directo, 100%	N.A.		

2) Evaluación de condiciones del pavimento existente :

Se evalúa la posibilidad de aprovechar el RAP como material para aprovechamiento en función del estado del pavimento existente:

CARACTERÍSTICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE	% IMPORTANCIA	ESPESOR DISPONIBLE	GRADO DE DETERIORO	HISTORIAL DE LA ÚLTIMA INTERVENCIÓN	CARACTERÍSTICA DE LOS AGREGADOS	VIABLE UTILIZAR RAP EN ACOPIO O IN SITU?
CARPETA ASFÁLTICA	80	15 cm	Fisuración PC y deformaciones por bacheos, 80%.	Se construyó hace 13 años de forma continua.	De aceptable calidad, Especificaciones INVIAS MDC-2 -1998.	Por las deficiencias de pavimento existente se prevé variabilidad del material. Preferiblemente In situ, por menores costos y como Sub-base
GRANULARES	20	40 cm	Se prevé contaminación de los granulados	Se construyó hace 13 años de forma continua	Deficiente, Partículas redondeadas.	

Nota: La condición superficial del pavimento por su alto deterioro y previsible variabilidad de espesor por sobre parcheos, se prevé que el fresado disponga deficiencias y considerable variabilidad que solo permita usarse en una actividad menos exigente como la sub-base granular.

3) Evaluación económica respecto al costo de los materiales y fuentes de materiales :

Se compara los costos del RAP de la capa asfáltica antigua con el material granular en función de sus costos de disposición en la obra:

ORIGEN DE LOS MATERIALES	COSTO PRODUCCIÓN \$/(M3)	COSTO DE TRANSPORTE \$/(m3/Km)	CALIDAD ESPERADA	COSTO ADICIONAL POR MEZCLA \$/(m3)	DISPONIBILIDAD	VIABLE UTILIZAR RAP EN ACOPIO?
RAP	35,382	0	Insumo SBG-50	Mezcla en vía \$3.500	INMEDIATA	Económicamente es viable evaluarlo para la posterior utilización como insumo de la Sub-Base
DE LA FUENTE DE MATERIALES (A 41 Km del sitio de la obra)	38,000	61,500	SBG-50 - Invias 2013	0	Depende del transporte y producción	

4) Proceso administrativo :

El precio unitario de la actividad está incluida en el contrato, pero se requiere el diseño e implementación del protocolo de implementación, lo cual implica el proceso de caracterización y diseño. Ventajas para el ejecutor, desarrollo inmediato y menores costos de operación, ventajas para el contratante disminución del costo de la obra e incremento de las metas físicas.

Por efecto de la limitación de zonas de depósito de escombros cercanas, esta opción se denota importante para la viabilización del proyecto.

5) Proceso industrial previsto :

- Fresar previamente el material posterior a la construcción de filtros para evitar que se contamine el material, hasta un espesor menor del total de la carpeta asfáltica existente y en ello se debe evaluar el tamaño del material esperado.
- Hacer fase de experimentación con el equipo de fresado, caracterización y diseño de mezcla.

Elaboró:


Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Alternativa: In Situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: MB-A2-01 Descripción : Desarrollo Prueba piloto fresado, evaluación del material de adición y muestreo de capas de apoyo
---	---	---	---	---

DESARROLLO PRUEBA PILOTO FRESADO, EVALUACIÓN DEL MATERIAL DE ADICIÓN Y MUESTREO DE CAPAS DE APOYO

Objeto: El presente reporte corresponde al análisis requerido de la actividad del fresado y las características esperadas del RAP y la estimación del material requerido para la adición.

Tipo de proyecto: Rehabilitación **Alcance del proyecto:** Reconstruir la estructura del pavimento, construir el drenaje y subdrenaje.

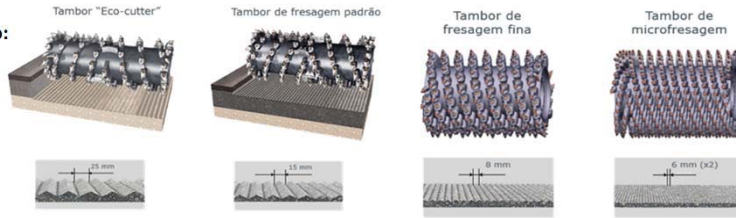
ENTRADAS Y SALIDAS

1) Evaluación del fresado en función del equipo disponible :

Con objeto de establecer las dimensiones del material fresado se hace el siguiente análisis:

1.1 Fresadora disponible: W100 WIRTGEN Ancho de fresado: 1000 mm Profundidad fresado : 0 - 300mm Picas: 100 Und

Tambor de fresado:



X - Diam. 930mm

Tipo de Pica y estado:

Concreto **X: Buena**
 Asfalto



1.2 Condiciones del pavimento existente :

Se evalúa las condiciones del fresado según la máquina y las características del pavimento existente:

CONDICIONES DE FRESADO EN LA CARPETA	ESPESOR DISPONIBLE Vs CAPACIDAD EQUIPO	GRADO DE DETERIORIO	EFFECTO EN LOS COSTOS Y/O RENDIMIENTO	EFFECTO EN EL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DEL RAP	REPORTE DEL FRESADO OBTENIDO EN PRUEBAS	VENTAJAS (V:) Y DESVENTAJAS (D:)?
CARPETA ASFALTICA - UNA UNICA PASADA?	15 cm / Apto	Fisuración PC y deformaciones, 70%. Fisuración > 3 mm, algunos desprendimientos.	En el costo No, el valor se paga por m3. Si se incrementa el rendimiento	Teniendo en cuenta que el material está con alta fisuración de considerable espesor, la gradación se afecta considerablemente. Se espera material grueso.	Gradación abierta, con considerable cantidad de partículas conglomerados sin pulverizar	V: Mayor rendimiento. D: La gradación obtenida se ve afectada por conglomerados
CARPETA ASFALTICA - DOS PASADAS?	Cada 7.5 cm / Apto		En el costo No, el valor se paga por m3. Si se disminuye el rendimiento y transporte	No se evaluó este proceso, lastimosamente no se recibió instrucción	Se hubiese presentado una gradación cerrada, sin sobretamaños	V: Se acondicionan las partículas a la gradación requerida. D: Menor rendimiento

2) Evaluación de los materiales disponibles y sus costos :

Se evalúa las condiciones del material disponible para la adición al RAP:

ORIGEN DE LOS MATERIALES	COSTO \$/(M3)	COSTO DE TRANSPORTE \$/(m3/Obra)	ES POSIBLE QUE EN PLANTA SE ACONDICIONE GRADACIÓN	DISPONIBILIDAD	CARACTERISTICAS DE LA PLANTA EN CUANTO A OPERACIÓN ADECUADA Y CUMPLIMIENTO
BASE GRANULAR SBG-50 - Fuente X	44,760	61,500	Si, puede volverse mas fina o mas gruesa	Suficiente disponibilidad	Aceptable
BASE GRANULAR SBG-38 - Fuente X	48,760	61,500	Si, puede volverse mas fina o mas gruesa	Con dificultad, material de poca salida.	Aceptable

3) Conclusiones:

1. Se acepta la prueba de fresado y las características del equipo ofrecido.
2. Se acuerda realizar el fresado en una (1) pasada a garantizarse que todo el material sea fresado.
3. Dadas las características del fresado obtenido en las muestras, se observa la posibilidad de utilizar el material de la Fuente de Galindez tipo SBG-50.
4. Se envía materiales a laboratorio para diseño de gradación y caracterización.
5. Se toman muestras para clasificación, proctor y CBR de material de subrasante y granular remanente en dos (2) apiques, se hacen ensayo de densidad.

Elaboró:


Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:

 Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular	Formato: SP: LAB-SBG
	Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11	Descripción: Identificación y resultados de caracterización en laboratorio	

IDENTIFICACIÓN Y RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN EN LABORATORIO

Objeto: El presente reporte es la consignación de la planificación y resultados de evaluación del proceso de laboratorio para identificar la gradación de la mezcla más adecuada así como también la caracterización de los materiales que la conforman.

Tipo de capa objeto: Sub-Base granular **Especificación:** INVIAS - 2013 - Artículo 320 - Sub-Base Granular

ENTRADAS

1) Materiales disponibles y sus características:

- 1.1. RAP** Material extraído de la carpeta asfáltica, fresado y dispuesto sobre el mismo sitio después del fresado realizado a profundidad máxima de 15 cm con equipo idóneo y en buen estado tipo Fresadora en frío WIRTGEN W100 con potencia de 208 HP, 0.5m de ancho, 100 picas, 3 velocidades de 0.6 a 1.8 Km/h y capacidad máxima de 30 cm.
Es de anotar que el estado del pavimento antes del fresado se encontraba en mal estado con deterioros piel de cocodrilo y sobre parcheos que generan protuberancias y hundimientos.
El material fresado no se dispone de forma continuo totalmente fresado, se presentan desprendimientos de trozos sin pulverización.
- 1.2. Sub-Base SBG-50** Material proveniente de fuente aluvial, Rio Dos rios, ubicado en Galindez PR 11+0100 Carretera Mojarras - Popayán. Proceso en una zona industrial apropiada con trituradora primaria de quijadas y trituradora secundaria de impacto. Con característica limpia y bien gradada.

SALIDAS

- 1) Proporciones evaluadas de gradación:** Al respecto, se evalúan mezclas por medio del sub-proceso de diseño de gradación por peso y volumen; por peso con objeto de evaluar las condiciones de gradación de acuerdo a las especificaciones señadas y con volumen, considerándose que las proporciones se evalúan por espesor de capas.

PROPORCION	FORMATO	CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	CUMPLE?
RAP 60% Y SBG-50 40%	SP LAB-SBG-01-01	Gradación casi continua con mayor presencia de arenas que gruesos, sin discontinuidad y suficiente cantidad de finos	Porporción adecuada para aprovechar sin riesgos	Presencia de partículas con sobretamaño que debe controlarse	Si
RAP 30% Y SBG-50 70%	SP LAB-SBG-01-02	Cumplimiento limitado por riesgo de exceso de arenas, casi discontinua.	Economicamente ventajoso	Riesgo de no cumplir gradación en proceso constructivo	Si
RAP 100%	SP LAB-SBG-01-03	Gradación discontinua con excesos de arenas.	Resultaria economico ventajoso disponerlo totalmente	Se requiere mayor compactación energética y posible inestabilidad	No

2) Caracterización de los materiales: Comparativo

Inicialmente se debe mencionar que el proyecto corresponde a un tráfico de diseño NT2, con lo cual el material requerido debe cumplir por lo menos las condiciones establecidas para CLASE B, en tal circunstancia se observa que:

CARACTERÍSTICA	REQUERIDO CLASE B	MATERIAL SBG-50	MATERIAL RAP	OBSERVACIONES
Dureza (O)				
Desgaste - maquina de los Angeles (Gradacion A), 500 rev.	< 50	31	26.8	Tanto la Sub-base granular de adición como el RAP disponen de una dureza adecuada.
Degradacion por abrasion en el equipo Micro-Deval	< 35	N.R.	14.1	
Durabilidad (O)				
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, maximo (%)				Aunque no se dispone de resultado del ensayo de Solidez de la sub-base granular de adición, se ha informado que esta cumple con dicha característica. Es de anotar que el material RAP dispone de la durabilidad adecuada para capa de sub-base granular.
- Sulfato de sodio	< 12	N.R.	6.9	
- Sulfato de magnesio	< 18	N.R.	N.R.	
Limpieza (F)				
Limite liquido, maximo (%)	< 25	NL	NL	En general tanto la sub-base granular para adición como el RAP disponen de la limpieza adecuada.
Indice de plasticidad, maximo (%)	< 6	NP	NP	
Equivalente de arena, minimo (%)	> 25	58	74	
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, maximo (%)	< 2	0.4	0	
Resistencia del material (F)				
CBR (%):	> 30	60	26.3	Al respecto se observa deficiencia del material RAP, principalmente influenciado por sus condiciones de gradación.

3. CONCLUSIONES: Diez (10) documentos de laboratorio anexos.

Basado en la gradación y caracterización de los materiales, la mezcla RAP en 60% y SBG-50 en 40% resulta más conveniente por que cumple los en la mezcla. La resisntecia del material debe ser evaluada en las condiciones que se especifique para las condiciones de humedad previstas del diseño.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Aprobó: _____
 Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE
ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE
ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUÉZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la
carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector
Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502,
departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 01

SP: LAB-SBG

Descripción:
DESGASTE M. LOS ANGELES
MATERIAL SBG-50

RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE LOS AGREGADOS (DESGASTE) EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES		FGL-17						
I.N.V. E - 218 y 219 - 13		Versión 02						
		Noviembre de 2014						
		Página 1 de 1						
CLIENTE:	Agregados y Triturados del Cauca	ORDEN SERVICIO No.:	1066					
OBRA:	Planta de trituración y material de arrastre, de materiales para construcción							
LOCALIZACIÓN OBRA:	Kilometro 11, Galindez Municipio de Patía							
CONTRATISTA:	Agregados y Triturados del Cauca							
INTERVENTORIA:	N.A							
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Suelo granular color gris para sub-base granular							
FUENTE:	Areneros de Galindez							
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	Stock en obra							
FECHA DE RECIBO:	22-jul-2017	FECHA DE ENSAYO:	27-jul-2017					
CONDICIÓN DE PRUEBA	SECA							
GRADACIÓN USADA	A							
NUMERO DE ESFERAS	12							
NUMERO DE REVOLUCIONES	500							
P1: MASA MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO, g.	5000							
P2: MASA MUESTRA SECA DESPUÉS DEL ENSAYO LAVADA SOBRE EL TAMIZ No. 12, g	3455							
PERDIDA = P1 - P2, g	1545							
% PÉRDIDA = ((P1 - P2) / P1) x 100	31							
ESPECIFICACION								
MATERIAL ENSAYADO	SUBBASE GRANULAR CLASE A, B o C							
ESPECIFICACIÓN A APLICAR	ART 320 INV - 13							
REQUISITO DE DESGASTE, %	≤ 50 % En seco, 500 Revol. Gradación A							
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑOS		PESO Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA, g.						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	1	2	3
3"	2 1/2"					2500 ± 50		
2 1/2"	2"					2500 ± 50		
2"	1 1/2"					5000 ± 50	6000 ± 50	
1 1/2"	1"	1250 ± 25					6000 ± 25	5000 ± 25
1"	3/4"	1250 ± 25						5000 ± 25
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10					
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10					
3/8"	1/4"			2500 ± 10				
1/4"	No.4			2500 ± 10				
No.4	No.8				5000 ± 10			
TOTALES		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 50	10000 ± 75
No. DE ESFERAS		12	11	6	6	12	12	12
No. REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000
OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por el cliente								
REVISO				APROBO				
 KAREN SOFIA MOSQUERA COORDINADOR DE LABORATORIO - Mat. Profesional # 19516030791 CAU				 FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294 CAU				
GEOFISICA SAS. Nit. 900.224.884-0 Calle 6 No. 11 - 35 int. 5 B/ Valencia Popayán - Cauca Tel: 8224555 Fax: 8223585								



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUÉZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 02

SP: LAB-SBG

Descripción:
LÍMITES DE ATTEMBERG
MATERIAL SBG-50

LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO A) Y LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS LN.V. E - 125 y 126 - 13		FGL-07 Versión 02 Noviembre de 2014 Página 1 de 1					
CLIENTE:	Agregados y Triturados del Cauca		ORDEN SERVICIO No.:	1086			
OBRA:	Planta de trituración y material de arrastra, de materiales para construcción						
LOCALIZACIÓN OBRA:	Kilometro 11, Galindez Municipio de Patía						
CONTRATISTA:	Agregados y Triturados del Cauca						
INTERVENTORIA:	N.A						
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Suelo granular color gris para sub-base granular						
FUENTE:	Areneros de Galindez						
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	Stock en obra						
FECHA DE RECIBO:	22-jul-2017	FECHA DE ENSAYO:	27-jul-2017				
SONDEO N°:	NA	MUESTRA N°:	NA	PROFUNDIDAD (m):	NA		
MÉTODO DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO:	Seco						
DATOS LÍMITE LÍQUIDO			DATOS LÍMITE PLÁSTICO				
Prueba No.	1	2	3	Prueba N°	1	2	
Numero de golpes				Tara N°			
Tara N°				Masa húmeda + tara,g			
Masa húmeda + tara,g				Masa Secca + tara,g			
Masa Secca + tara,g				Masa de Tara,g			
Masa de Tara,g				Humedad, %			
Humedad, %							
Límite Líquido, %				Límite plástico, %			
Límite plástico, %				Índice plasticidad, %			
Índice plasticidad, %				CLASIFICACION, SUCS			
Límite Líquido, %		NL		Límite plástico, %		NP	
Límite plástico, %		NP		Índice plasticidad, %		NP	
Índice plasticidad, %		NP		CLASIFICACION, SUCS		ML	
CURVA DE FLUIDEZ							
MATERIAL ENSAYADO	SUBBASE GRANULAR						
ESPECIFICACIÓN A APLICAR	ART 320 INV - 13						
REQUISITO PARA LÍMITE LÍQUIDO, %	≤ 25 % para SBG Clase A(NT3), B(NT2) y C(NT1)						
REQUISITO PARA ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	≤ 6 % para SBG Clase A(NT3), B(NT2) y C(NT1)						
OBSERVACIONES:	Muestra y datos suministrados por el cliente						
REVISÓ			APROBÓ				
 KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 195100374			 FERNANDO MUÑOZ FUENTES INGENIERO TÉCNICO - Mat. Profesional # 19518001294CAU				
GEOFISICA SAS.							
Nit. 900 224.884-0 Calle 6 No. 11 - 35 Int. 5 B/ Valencia Teléfono: 8224455 Tel: 8224455							
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO							



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 03

SP: LAB-SBG

Descripción:
EQUIVALENTE DE ARENA MATERIAL SBG-50

EQUIVALENTE DE ARENA DE LOS SUELOS Y AGREGADOS FINOS I.N.V. E - 133 - 13

FGL-10

Versión 02

Noviembre de 2014

Página 1 de 1

CLIENTE: Agregados y Triturados del Cauca **ORDEN SERVICIO No.:** 1086

OBRA: Planta de trituración y material de arrastre, de materiales para construcción

LOCALIZACION OBRA: Kilometro 11, Galindez Municipio de Patia

CONTRATISTA: Agregados y Triturados del Cauca

INTERVENTORIA: N.A

DESCRIPCION MATERIAL: Suelo granular color gris para sub-base granular

FUENTE: Areneros de Galindez

LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA: Stock en obra

FECHA DE RECIBO: 22-jul-2017

FECHA DE ENSAYO: 28-jul-2017

ENSAYO No.	1	2	3	PROMEDIO	
LECTURA DE ARENA CON CONSTANTE, mm	345	342	344		
CONSTANTE, mm	254	254	254		
LECTURA DE ARENA, mm	91	88	90		
LECTURA DE ARCILLA, mm	157	155	160		
EQUIVALENTE DE ARENA	58,0	56,8	56,3		58

PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE MUESTRA

A

MATERIAL ENSAYADO

SUBBASE GRANULAR TIPO A, B, o C

ESPECIFICACIÓN A APLICAR

ART 320 INV - 13

REQUISITO DE EQUIVALENTE DE ARENA %

≥ 25 %

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por el cliente

REVISÓ

APROBÓ

Karen Sofia Mosquera
KAREN SOFIA MOSQUERA

GEOFISICA SAS.

Nit. 900.224.884-0

Fernando Muñoz Fuentes
FERNANDO MUÑOZ FUENTES

GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 1951600179CAU

Calle 6 No. 11 / 35 Int. 5 B/ Valencia
Popayán - Cauca

INGENIERO TÉCNICO - Mat. Profesional # 1951600129CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO. ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUÉZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 04

SP: LAB-SBG

Descripción:
TERRONES ARCILLA Y DELEZNABLES MATERIAL SBG-50

TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS

L.N.V. E - 211 - 13

FGL-15

Versión 02

Noviembre de 2014

Página 1 de 1

CLIENTE: Agregados y Triturados del Cauca ORDEN SERVICIO No.: 1088
 OBRA: Planta de trituración y material de arrastre, de materiales para construcción
 LOCALIZACIÓN OBRA: Kilometro 11, Galindez Municipio de Patía
 CONTRATISTA: Agregados y Triturados del Cauca
 INTERVENTORIA: N.A
 DESCRIPCIÓN MATERIAL: Suelo granular color gris para sub-base granular
 FUENTE: Areneros de Galindez
 LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA: Stock en obra
 FECHA DE RECIBO: 22-jul-2017 FECHA DE ENSAYO: 29-jul-2017

FRACCION GRUESA

TAMAÑO DEL AGREGADO		MASA INICIAL, M g	MASA RETENIDO, R, g	% TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES	% RETENIDO GRANULOMETRIA		% TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES CORREGIDO
PASA	RETENIDO				ORIGINAL	CORREGIDO	
MAYOR A 1½"		5000,0	4998,0	0,0	7,4	12,1	0,0
1½"	¾"	3000,0	2994,0	0,2	24,5	40,0	0,1
¾"	3/8"	2000,0	1993,5	0,3	18,7	30,5	0,1
3/8"	Nº4	1000,0	997,1	0,3	10,7	17,5	0,1
% TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES CORREGIDO FRACCION GRUESA							0,1

FRACCION FINA

TAMAÑO DEL AGREGADO		MASA INICIAL, M g	MASA RETENIDO, R, g	% TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DELEZNABLES
PASA	RETENIDO			
Nº 4	Nº 16	25,7	25,6	0,4
% TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES CORREGIDO FRACCION FINA				0,4

MATERIAL ENSAYADO: SUBBASE GRANULAR CLASE A, B o C
 ESPECIFICACIÓN A APLICAR: ART 320 INV - 13
 REQUISITO PARA TERR. DE ARCILLA Y PART. DELEZNABLES %: ≤ 2 %

OBSERVACIONES: Muestra y datos suministrados por el cliente

REVISÓ

APROBÓ

Karen Sofia Mosquera
KAREN SOFIA MOSQUERA
 NIT. 900.224.884-0

Fernando Muñoz Fuentes
FERNANDO MUÑOZ FUENTES

GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 19516001294CAU

Calle 6 No. 11 - 35 Int. 5 B/ Valencia
 Bogotá, Colombia
 Tel: 8224555 Tel: 8223589

SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional # 19516001294CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO
 ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 05

SP: LAB-SBG

Descripción :
DESGASTE M. LOS ANGELES
MATERIAL RAP



ENSAYO DE DESGASTE EN MAQUINA DE LOS ANGELES

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: RAP 100

DESCRIPCION: SUB BASE MUESTRA No.: 1


FECHA: 14-mar-18

ENSAYO N°	1				
GRADACION USADA	A				
N° DE ESFERAS	12				
N° DE REVOLUCIONES	500				
PI PESO INICIAL DE MUESTRA (g)	5.000,0				
PF PESO FINAL DE MUESTRA (g)	3.659,0				
PESO PERDIDA (g)	1341,0				
% DESGASTE = (PI-PF)/PI*100	26,8				
ESPECIFICACION (máximo)	50				

TAMAÑOS EN mm		PESO Y GRADACION DE LA MUESTRA (g)						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
75 - (3")	63 - (2-1/2")					2500		
63 - (2-1/2")	50 - (2")					2500	5000	
50 - (2")	37.5 - (1-1/2")					5000	5000	5000
37.5 - (1-1/2")	25 - (1")	1250						5000
25 - (1")	19 - (3/4")	1250						
19 - (3/4")	12.5 - (1/2")	1250	2500					
12.5 - (1/2")	9.5 - (3/8")	1250	2500					
9.5 - (3/8")	6.3 - (1/4")			2500				
6.3 - (1/4")	4.75 - (N°4)			2500				
4.75 - (N°4)	2.36 - (N°8)				5000			
TOTAL MATERIAL (Gr)		5000	5000	5000	5000	10000	10000	10000
N° DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
N° DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000

NORMA DE ENSAYO : INV - E- 218 Y 219

OBSERVACIONES: _____

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>ANEXO DEL FORMATO: No 06</p> <p>SP: LAB-SBG</p> <p>Descripción : DESGASTE MICRODEVAL MATERIAL RAP</p>
--	--	---	---	---



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA DEL AGREGADO GRUESO A LA DEGRADACION POR ABRASION, ULIZANDO EL APARATO MICRO-DEVAL

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: RAP 100

DESCRIPCION: SUB BASE MUESTRA No.: 1

FECHA: 14-mar-18

ENSAYO N°	1				
GRADACION USADA	1				
N° DE ESFERAS	5000 gr				
N° DE REVOLUCIONES	12000				
PI PESO INICIAL DE MUESTRA (g)	1.500,0				
PF PESO FINAL DE MUESTRA (g)	1.289,0				
PESO PERDIDA (g)	211,0				
% DESGASTE = (PI-PF)/PI*100	14,1				
ESPECIFICACION (máximo)	30				

GRADACION USADA 1		
TAMAÑOS EN mm - Pulg	PESO (g)	
PASA	RETENIDO	
MM - PULG		
19 - (3/4")	63 - (2-1/2")	375
16 - (5/8")	50 - (2")	375
12.5 - (1/2")	37.5 - (1-1/2")	750
TOTAL MATERIAL (Gr)		1500
N° DE ESFERAS		5000
N° DE REVOLUCIONES		12000

NORMA DE ENSAYO : INV - E- 238-13

OBSERVACIONES: _____



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 07

SP: LAB-SBG

Descripción :
SOLIDEZ
MATERIAL RAP



ENSAYO DE SANIDAD DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCION DE LOS SULFATOS DE SODIO O MAGNESIO

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: RAP 100 **MUESTRA No.:** 1

DESCRIPCION: SUB BASE **OBRA** 0

SOLUCION: Sulfato de Sodio anhidro **DENSIDAD:** 1,165 (g/cm³)

FECHA: 14-mar-18 **Nº CICLOS:** 5


FRACCION GRUESA - Análisis cuantitativo						
Tamiz / Grupo	Gradación		Peso Inicial	Peso Final	Perdida (%)	Corregida (%)
	Original (%)	Corregida (%)	(g)	(g)		
2" - 1 1/2"	2,10	3,19	147,0	140,2	4,6	0,15
1 1/2" - 1"	5,37	8,16	376,0	338,9	9,9	0,80
1" - 3/4"	7,87	11,95	551,0	510,6	7,3	0,88
3/4" - 1/2"	17,79	27,01	1245,0	1165,5	6,4	1,72
1/2" - 3/8"	14,69	22,30	1028,0	968,9	5,7	1,28
3/8" - No. 4	18,04	27,40	1263,0	1168,4	7,5	2,05
Total	65,86	100,00				6,9
ESPECIFICACION (máximo)						12

FRACCION GRUESA - Análisis cualitativo						
Tamiz/ Grupo	Nº Partículas	Buen-estado	Escamosas	Agrupadas	Partidas	Desintegradas

FRACCION FINA - Análisis cuantitativo						
Tamiz / Grupo	Gradación		Peso Inicial	Peso Final	Perdida (%)	Corregida (%)
	Original (%)	Corregida (%)	(g)	(g)		
3/8" - Nº4						
Nº4 - Nº8						
Nº8 - Nº16						
Nº16 - Nº30						
Nº30 - Nº50						
Nº50-Nº100						
TOTAL						

NORMA DE ENSAYO : INV-E-220

OBSERVACIONES: _____

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>ANEXO DEL FORMATO: No 08</p> <p>SP: LAB-SBG</p> <p>Descripción : LIMITES DE ATTEMBERG MATERIAL RAP</p>
--	--	---	---	--



ENSAYO LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

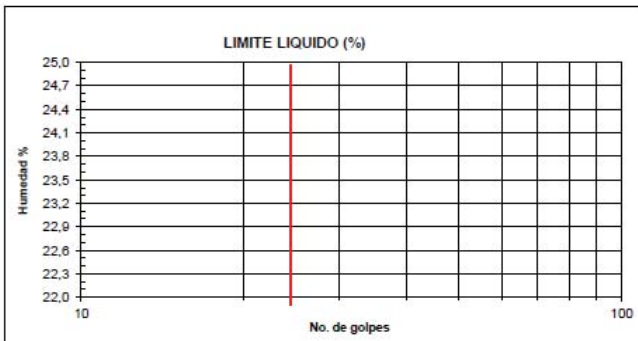
SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: RAP 100 FECHA: 14-mar-18 MUESTRA No.: 1

DESCRIPCION: SUB BASE

ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		HUMEDAD NATURAL	
	1	2	3	1	2		
MUESTRA N°							
N° DE GOLPES							
N° RECIPIENTE							
PESO SUELO HUMEDO +TARA (g)	N.L			N.P			
PESO SUELO SECO +TARA (g)							
PESO TARA (g)							
% HUMEDAD							



HUMEDAD NATURAL (w): _____

LIMITE LIQUIDO (LL): _____

LIMITE PLASTICO (LP): _____

INDICE PLASTICO (IP): _____


% PASA TAMIZ N° 200: _____

CLASIFICACION AASHTO: _____

CLASIFICACION USC: GP

Observaciones: _____

NORMAS DE ENSAYO : INV-E-125 INV-E-126

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>ANEXO DEL FORMATO: No 09</p> <p>SP: LAB-SBG</p> <p>Descripción : EQUIVALENTE DE ARENA MATERIAL RAP</p>
--	--	---	---	--



ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: RAP 100 MUESTRA No. 1


DESCRIPCION: SUB BASE

FECHA: 14-mar-18

Prueba N°		1	2	3	
Lectura de arcilla		3,9	3,9	4,0	
Lectura de arena		2,8	3,1	2,8	
Equivalente de arena (%)		72	80	70	
Promedio (%)					74
Especificación					25 min

NORMA DE ENSAYO : INV-E-133

OBSERVACIONES: _____

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>ANEXO DEL FORMATO: No 10</p> <p>SP: LAB-SBG</p> <p>Descripción : CBR SUMERGIDO MATERIAL RAP</p>
--	--	---	---	---



ENSAYO DE PENETRACION - C. B. R. SUMERGIDO

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

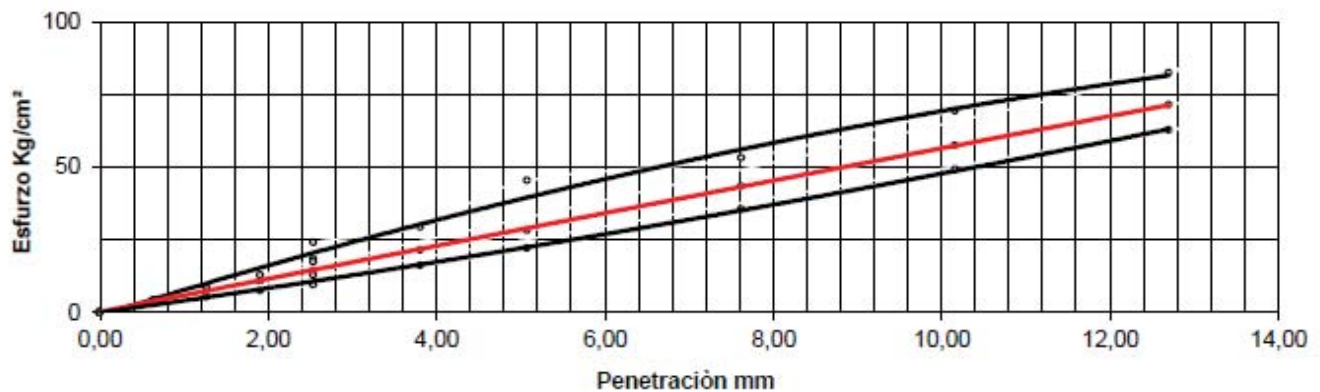
PROCEDENCIA: RAP 100

DESCRIPCION: SUB BASE MUESTRA No.: 1 Página 1 de 3

FECHA: 14-mar-18

Molde N°		1			2			3		
N° de golpes		12			26			56		
Penetración		Carga	Esfuerzo	C.B.R.	Carga	Esfuerzo	C.B.R.	Carga	Esfuerzo	C.B.R.
(pul)	(mm)	kgf	kg/cm ²	Correg %	kgf	kg/cm ²	Correg %	kgf	kg/cm ²	Correg %
0,000	0,000	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0	
0,025	0,635	58,3	3,0		82,7	4,3		75,7	3,9	
0,050	1,270	103,5	5,4		141,8	7,3		166,1	8,6	
0,075	1,905	145,3	7,5		204,4	10,6		249,6	12,9	
0,100	2,540	183,5	9,5	13,5	277,4	14,3	20,4	357,4	18,5	26,3
0,125	2,540	249,6	12,9		336,6	17,4		465,2	24,0	
0,150	3,810	312,2	16,1		416,6	21,5		569,6	29,4	
0,200	5,080	427,0	22,1	20,9	545,2	28,2	26,7	879,1	45,4	43,1
0,300	7,620	687,8	35,5		840,9	43,5		1028,7	53,2	
0,400	10,160	952,2	49,2		1112,1	57,5		1341,7	69,3	
0,500	12,700	1216,5	62,9		1383,4	71,5		1595,6	82,5	

PENETRACION C.B.R.



NORMA DE ENSAYO: INV-E-148

OBSERVACIONES: La muestra se sumergio 5 dias y no hubo lecturas para expansión.



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar:
Sub-Base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

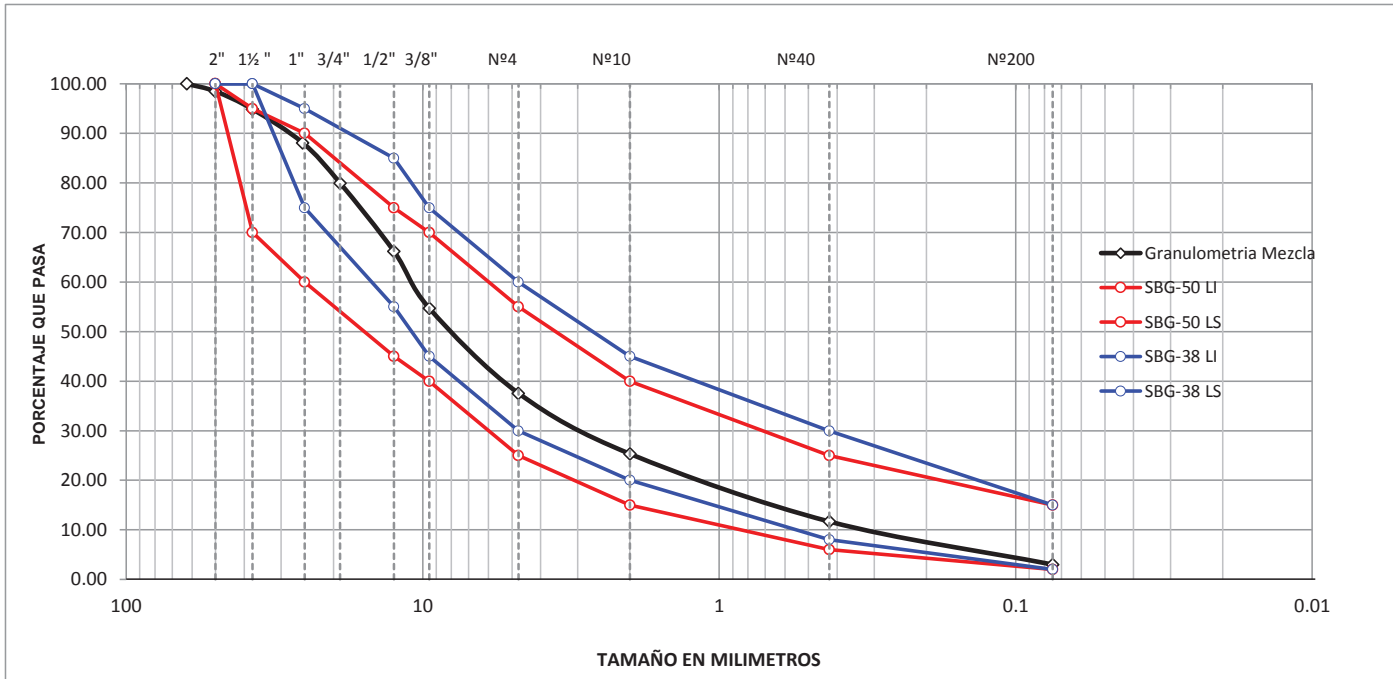
Formato:
SP: LAB-BG-01-01
Descripción :
DISEÑO DE MEZCLA

ESPECIFICACION : INVIAS 2013 - E.G: 320 - Sub-base granular

FECHA: 14/mar/2018

TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO RAP	AGREGADO SBG-50	AGREGADO AG No 2	% A. RAP 60.7	% SBG-50 39.3	% AG No 2 0.0	% MEZCLA 100.0	MEZCLA 100% PASA
2½"	62.5	100.00	100.00		60.67	39.33	0.00	100.00	100.00
2"	50	100.00	96.10		60.67	37.79	0.00	98.47	98.47
1½"	37.5	97.90	90.20		59.40	35.47	0.00	94.87	94.87
1"	25.4	92.50	81.30		56.12	31.97	0.00	88.10	88.10
¾"	19	84.70	72.70		51.39	28.59	0.00	79.98	79.98
½"	12.5	66.90	65.10		40.59	25.60	0.00	66.19	66.19
3/8"	9.5	52.20	58.60		31.67	23.05	0.00	54.72	54.72
Nº4	4.75	34.10	42.90		20.69	16.87	0.00	37.56	37.56
Nº10	2	22.50	29.70		13.65	11.68	0.00	25.33	25.33
Nº40	0.425	11.20	12.40		6.80	4.88	0.00	11.67	11.67
Nº200	0.075	3.70	1.90		2.24	0.75	0.00	2.99	2.99
Pasa No.200									

TAMICES



MEZCLA POR VOLUMEN:

Humedad de equilibrio u óptima (%):
6

CARACTERISTICA	Unidad	MATERIAL			Mezcla
		RAP	SBG-50	AG No 2	
Proporción en peso	%	60.67	39.33		100.00
Densidad aparente seca	Kg/dm3	2.06	2.00		2.04
Absorción	%	2.02	1.03		
Humedad natural	%	4	2		

En: 100.0 Kg...

Material	Prop. (%)	Masa seca (Kg.)	Masa Hum (Kg.)	Agua agre (Kg.)	Absorción (Kg.)	Agua libre (Kg.)	Aporte (Kg.)	Vol Abs. Mat. (dm3)	% Vol. Seco
RAP	60.7	60.67	63.10	2.43	1.2	1.20		29.5	60.0
SBG-50	39.3	39.33	40.11	0.79	0.4	0.38		19.6	40.0
AG No 2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	1.58	0.0	0.0
Agua	6.0	6.00					4.42		100.0

OBSERVACIONES: Nueve (9) documentos de laboratorio anexos.
Gradación casi continua con mayor presencia de arenas que gruesos, sin discontinuidad y suficiente cantidad de finos

Ing. Andres Ibarra Enriquez

Firma del responsable:



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar:
Sub-Base granular
Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

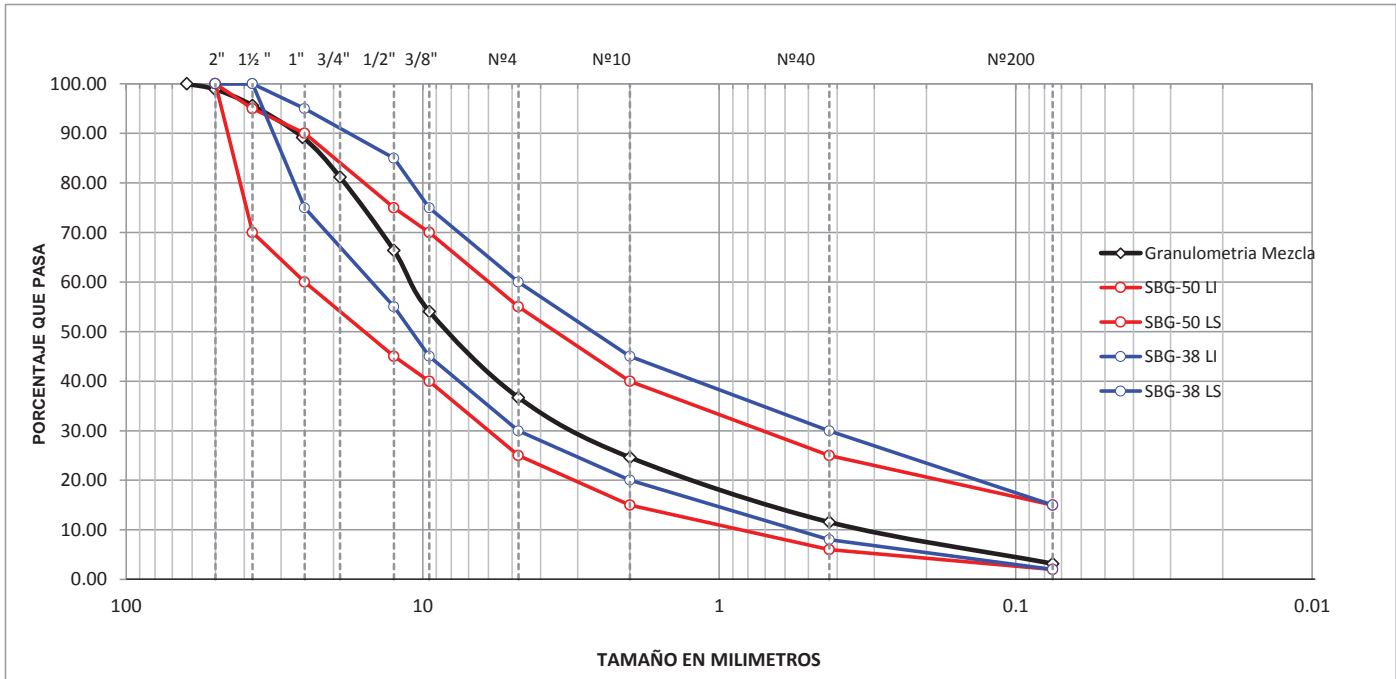
Formato:
SP: LAB-BG-01-02
Descripción :
DISEÑO DE MEZCLA

ESPECIFICACION : INVIAS 2013 - E.G: 320 - Sub-base granular

FECHA: 14/mar/2018

TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO RAP	AGREGADO SBG-50	AGREGADO AG No 2	% A. RAP 70.6	% SBG-50 29.4	% AG No 2 0.0	% MEZCLA 100.0	MEZCLA 100% PASA
2½"	62.5	100.00	100.00		70.59	29.41	0.00	100.00	100.00
2"	50	100.00	96.10		70.59	28.27	0.00	98.85	98.85
1½"	37.5	97.90	90.20		69.10	26.53	0.00	95.64	95.64
1"	25.4	92.50	81.30		65.29	23.91	0.00	89.21	89.21
¾"	19	84.70	72.70		59.79	21.38	0.00	81.17	81.17
½"	12.5	66.90	65.10		47.22	19.15	0.00	66.37	66.37
3/8"	9.5	52.20	58.60		36.85	17.24	0.00	54.08	54.08
Nº4	4.75	34.10	42.90		24.07	12.62	0.00	36.69	36.69
Nº10	2	22.50	29.70		15.88	8.74	0.00	24.62	24.62
Nº40	0.425	11.20	12.40		7.91	3.65	0.00	11.55	11.55
Nº200	0.075	3.70	1.90		2.61	0.56	0.00	3.17	3.17
Pasa No.200									

TAMICES



MEZCLA POR VOLUMEN:

Humedad de equilibrio u óptima (%):
6

CARACTERISTICA	Unidad	MATERIAL			Mezcla
		RAP	SBG-50	AG No 2	
Proporción en peso	%	70.59	29.41		100.00
Densidad aparente seca	Kg/dm3	2.06	2.00		2.04
Absorción	%	2.02	1.03		
Humedad natural	%	4	2		

En: 100.0 Kg...

Material	Prop. (%)	Masa seca (Kg.)	Masa Hum (Kg.)	Agua agre (Kg.)	Absorción (Kg.)	Agua libre (Kg.)	Aporte (Kg.)	Vol Abs. Mat. (dm3)	% Vol. Seco
RAP	70.6	70.59	73.41	2.82	1.4	1.40		34.3	70.0
SBG-50	29.4	29.41	30.00	0.59	0.3	0.29		14.7	30.0
AG No 2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	1.68	0.0	0.0
Agua	6.0	6.00					4.32		100.0

OBSERVACIONES: Nueve (9) documentos de laboratorio anexos.
Cumplimiento limitado por riesgo de exceso de arenas, casi discontinua.

Ing. Andres Ibarra Enriquez
Firma del responsable:



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar:
Sub-Base granular
Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

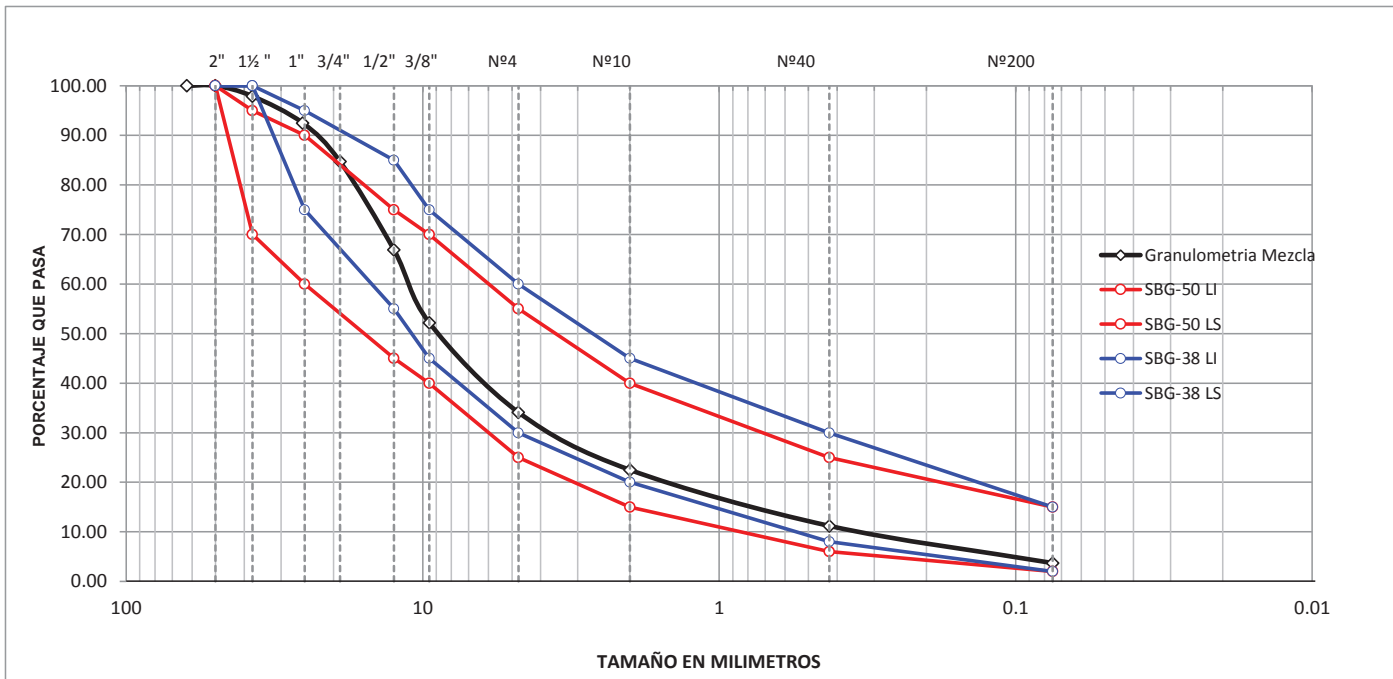
Formato:
SP: LAB-BG-01-02
Descripción :
DISEÑO DE MEZCLA

ESPECIFICACION : INVIAS 2013 - E.G: 320 - Sub-base granular

FECHA: 14/mar/2018

TAMIZ	ABERTURA (mm)	AGREGADO RAP	AGREGADO SBG-50	AGREGADO AG No 2	% A. RAP 100.0	% SBG-50 0.0	% AG No 2 0.0	% MEZCLA 100.0	MEZCLA 100% PASA
2½"	62.5	100.00	100.00		100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50	100.00	96.10		100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1½"	37.5	97.90	90.20		97.90	0.00	0.00	97.90	97.90
1"	25.4	92.50	81.30		92.50	0.00	0.00	92.50	92.50
¾"	19	84.70	72.70		84.70	0.00	0.00	84.70	84.70
½"	12.5	66.90	65.10		66.90	0.00	0.00	66.90	66.90
3/8"	9.5	52.20	58.60		52.20	0.00	0.00	52.20	52.20
Nº4	4.75	34.10	42.90		34.10	0.00	0.00	34.10	34.10
Nº10	2	22.50	29.70		22.50	0.00	0.00	22.50	22.50
Nº40	0.425	11.20	12.40		11.20	0.00	0.00	11.20	11.20
Nº200	0.075	3.70	1.90		3.70	0.00	0.00	3.70	3.70
Pasa No.200									

TAMICES



MEZCLA POR VOLUMEN:

Humedad de equilibrio u óptima (%):
6

CARACTERÍSTICA	Unidad	MATERIAL			Mezcla
		RAP	SBG-50	AG No 2	
Proporción en peso	%	100.00	0.00		100.00
Densidad aparente seca	Kg/dm ³	2.06	2.00		2.06
Absorción	%	2.02	1.03		
Humedad natural	%	4	2		

En: 100.0 Kg...

Material	Prop. (%)	Masa seca (Kg.)	Masa Hum (Kg.)	Agua agre (Kg.)	Absorción (Kg.)	Agua libre (Kg.)	Aporte (Kg.)	Vol Abs. Mat. (dm ³)	% Vol. Seco
RAP	100.0	100.00	104.00	4.00	2.0	1.98		48.5	100.0
SBG-50	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00		0.0	0.0
AG No 2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	1.98	0.0	0.0
Agua	6.0	6.00					4.02		100.0

OBSERVACIONES: Nueve (9) documentos de laboratorio anexos.
Gradación discontinua con excesos de arenas.

Ing. Andres Ibarra Enriquez
Firma del responsable:



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUÉZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 01

LAB-SBG-01

Descripción:
GRADACION
MATERIAL SBG-50

CARACTERIZACION MATERIALES TRITURADOS

<<SUB BASE>>



INV ARTICULO 320-12

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: _____

MUESTRA N°: 1

DESCRIPCION: SUB BASE

FECHA: 14-mar-18

LIMITE LIQUIDO: _____

LIMITE PLÁSTICO: _____

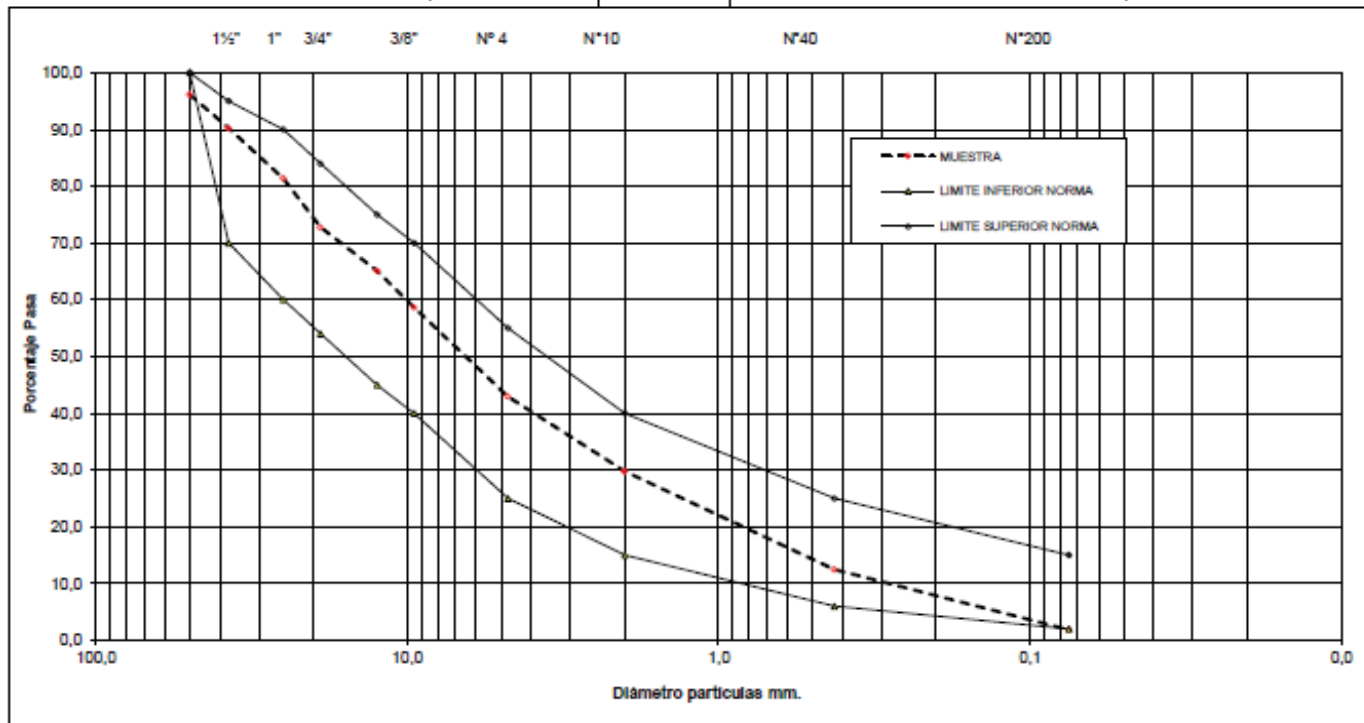
INDICE DE PLASTICIDAD: _____

GRADACION SBG -50							
PESO INICIAL:	7940,0 g					NORMAS	
Tamiz	Peso reten.	% Reten.	% Ret Acum	% Pasa			
2"	308	3,9	3,9	96,1	100	100	
1½"	469	5,9	9,8	90,2	70	95	
1"	704	8,9	18,7	81,3	60	90	
¾"	683	8,6	27,3	72,7			
½"	611	7,7	34,9	65,1	45	75	
3/8"	512	6,4	41,4	58,6	40	70	
Nº 4	1243	15,7	57,1	42,9	25	55	
Nº 10	1049	13,2	70,3	29,7	15	40	
Nº 40	1374	17,3	87,6	12,4	6	25	
Nº 200	840	10,6	98,1	1,9	2	15	
P Nº 200	147	1,9	100,0				
TOTAL	7940,0	100,0					


NORMAS:

INV-E-213 INV-E-125

INV-E-126 INV-E-227



OBSERVACIONES: _____

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>ANEXO DEL FORMATO: No 02</p> <p>SP: LAB-SBG</p> <p>Descripción : ABSORCION Y Gs - Agregado Fino MATERIAL SBG-50</p>
--	--	---	---	---



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: _____ MUESTRA No. _____

DESCRIPCION: SUB BASE

FECHA: 14-mar-18

Prueba N°	1	2		PROMEDIO
A, grs	492	492,2		
V, CC	952,4	952,6		
W, CC	498,7	499		
500-A grs	8	7,8		
(V-W)- (500-A)	445,7	445,8		
Gs BULK A / V-W grs/cc	1,084	1,085		1,085
Gs BULK SSS 500 / V-W grs/cc	1,102	1,102		1,102
Gs APARENTE A / (V-W)- (500-A) grs/cc	1,104	1,104		1,104
ABSORCION $((500 - A) / A) \times 100$	1,63	1,58		1,61

NORMA DE ENSAYO : INV-E-222-13

OBSERVACIONES: _____



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUÉZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 03

SP: LAB-SBG

Descripción:
ABSORCIÓN Y Gs - Agregado Grueso
MATERIAL SBG-50



DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS					
I.N.V. E - 223 - 13					
					FGL-14
					Versión 02
					Noviembre de 2014
					Página 1 de 1
CLIENTE:	Agregados y Triturados del Cauca			ORDEN SERVICIO No.:	1086
OBRA:	Planta de trituración y material de arrastra, de materiales para construcción				
LOCALIZACIÓN OBRA:	Kilometro 11, Galindez Municipio de Patía				
CONTRATISTA:	Agregados y Triturados del Cauca				
INTERVENTORIA:	N.A				
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Suelo granular color gris para sub-base granular			FUENTE:	Arneros de Galindez
LOCALIZACIÓN DE LA MUESTRA:	Stock en obra				
FECHA DE RECIBO:	22-jul-2017		FECHA DE ENSAYO:	27-jul-2017	
AGREGADO GRUESO (RETENIDO No. 4)					
PRUEBA No.:	1	2	3	PROMEDIO	PROMEDIO
A - MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA, g	2011,5	1050,4	2300,7	g/cm ³	Kg/m ³
B - MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SSS, g	2022,6	1982,0	2.310,3		
C- MASA EN EL AGUA DE LA MUESTRA SSS, g	1.280,0	1158,0	1.447,1		
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica) = A / (B - C) g/cm³	2,636	2,626	2,644	2,637	2631,4
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica) SSS = B / (B - C) g/cm³	2,652	2,545	2,650	2,652	2645,4
DENSIDAD RELATIVA APARENTE (Gravedad espec. aparente) = A / (A - C) g/cm³	2,677	2,672	2,685	2,678	2670,3
% ABSORCIÓN = (B - A) / A x 100	0,55	0,63	0,59	0,59	
MATERIAL:		NA			
ESPECIFICACIÓN A APLICAR:		NA			
REQUISITO:		NA			
OBSERVACIONES:	Muestra y datos suministrados por el cliente				
REVISÓ			APROBÓ		
 KAREN SOFIA MOSQUERA GEOTECNOLOGO - Mat. Profesional # 10518030791CAU		 FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO - Mat. Profesional. # 10518001204CAU			
GEOFISICA SAS NIT. 900224884-0 Calle 6 No. 11 - 35 Int. 5 B/ Valencia Telefax: 822655 Tel: 8273595 Popayán - Cauca					
LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENTREGADA AL LABORATORIO Y SOMETIDA A ENSAYO ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO					



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 04

SP: LAB-SBG

Descripción:
GRADACION
MATERIAL RAP

CARACTERIZACION MATERIALES TRITURADOS

<<SUB BASE>>



INV ARTICULO 320-12

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: RAP 100

MUESTRA N°: 1

DESCRIPCION: SUB BASE

FECHA: 14-mar-18

LIMITE LÍQUIDO: N.L

LIMITE PLÁSTICO: N.P

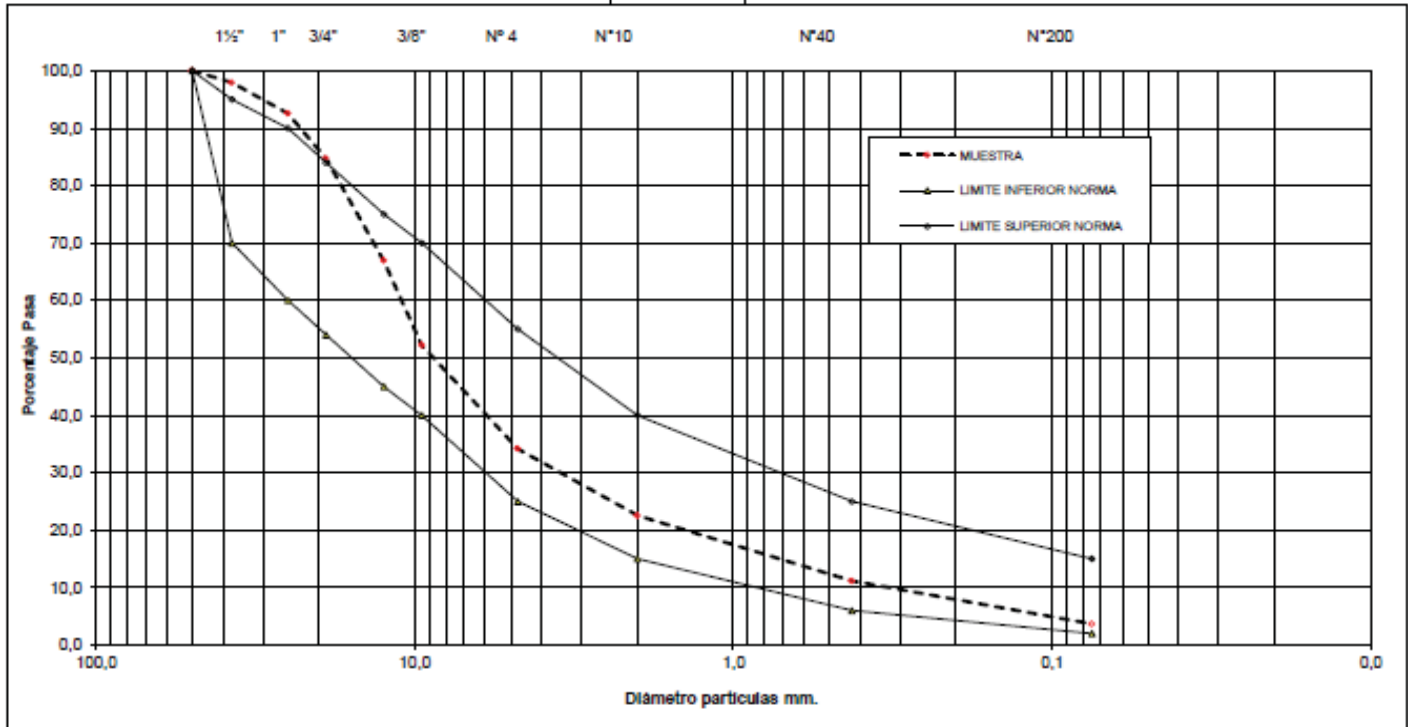
INDICE DE PLASTICIDAD: 0,0%

GRADACION SBG -50						NORMAS	
PESO INICIAL:	7000,0 g						
Tamiz	Peso reten.	% Reten.	% Ret Acum	% Pasa			
2"	0	0,0	0,0	100,0	100	100	
1½"	147	2,1	2,1	97,9	70	95	
1"	376	5,4	7,5	92,5	60	90	
¾"	551	7,9	15,3	84,7			
½"	1245	17,8	33,1	66,9	45	75	
3/8"	1028	14,7	47,8	52,2	40	70	
N° 4	1263	18,0	65,9	34,1	25	55	
N° 10	812	11,6	77,5	22,5	15	40	
N° 40	797	11,4	88,8	11,2	6	25	
N° 200	524	7,5	96,3	3,7	2	15	
P N° 200	257	3,7	100,0				
TOTAL	7000,0	100,0					

NORMAS:

INV-E-213 INV-E-125

INV-E-126 INV-E-227



OBSERVACIONES: _____



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 05

SP: LAB-SBG

Descripción:
ABSORCION Y Gs - Agregado Fino MATERIAL RAP



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: RAP 100 MUESTRA No. _____


DESCRIPCION: SUB BASE

FECHA: 14-mar-18

Prueba N°	1	2	PROMEDIO
A, grs	491,3	491,5	
V, CC	933,6	935,2	
W, CC	498,7	499	
500-A grs	8,7	8,5	
(V-W)- (500-A)	426,2	427,7	
Gs BULK A / V-W grs/cc	1,130	1,127	1,128
Gs BULK SSS 500 / V-W grs/cc	1,150	1,146	1,148
Gs APARENTE A / (V-W)- (500-A) grs/cc	1,153	1,149	1,151
ABSORCION ((500 - A) / A) X 100	1,77	1,73	1,75

NORMA DE ENSAYO : INV-E-222-13

OBSERVACIONES: _____

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>ANEXO DEL FORMATO: No 06</p> <p>SP: LAB-SBG</p> <p>Descripción : ABSORCION Y Gs - Agregado Grueso MATERIAL RAP</p>
--	--	---	---	--



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA

PROYECTO: _____

PROCEDENCIA: RAP 100 _____ MUESTRA No. _____

DESCRIPCION: SUB BASE

FECHA: 14-mar-18

Prueba N°	1	2		PROMEDIO
A, grs	488,2	489,2		
B, grs	498,8	499,7		
C, grs	294	297,3		
B - C	204,8	202,4		
A - C	194,2	191,9		
B - A	10,6	10,5		
Gs BULK A / B-C grs/cc	2,384	2,417		2,400
Gs BULK SSS B / B-C grs/cc	2,436	2,469		2,452
Gs APARENTE A / A-C grs/cc	2,514	2,549		2,53
ABSORCION ((B - A) / A) X 100	2,17	2,15		2,16

NORMA DE ENSAYO : INV-E-223-13

OBSERVACIONES: _____



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 07

SP: LAB-SBG

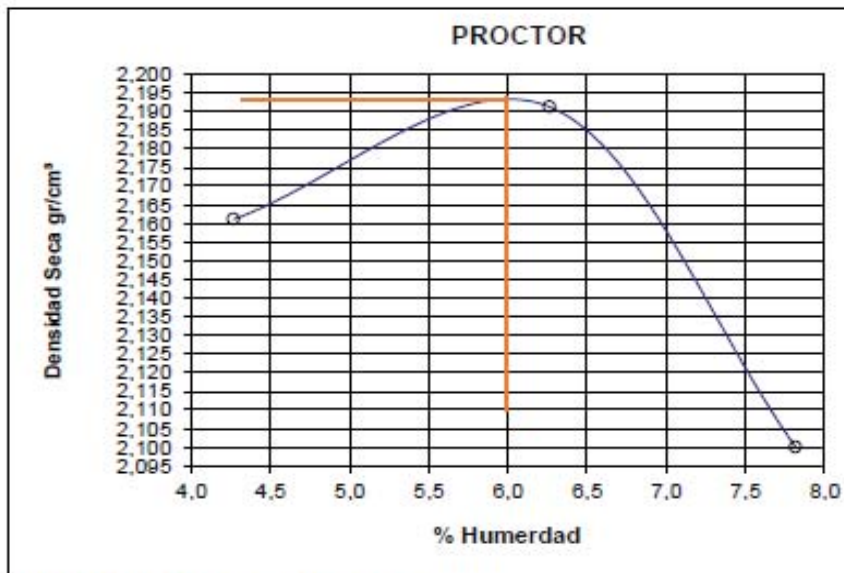
Descripción:
PROCTOR MODIFICADO
MATERIAL RAP-60% - SBG-50-40%



ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA
 PROYECTO: _____
 PROCEDENCIA: _____
 DESCRIPCION: SUB BASE 40 - RAP 60
 FECHA: 14-mar-18 MUESTRA No. 1

PRUEBA	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE HUMEDAD EN %					
Peso muestra húmeda+tara (g)	503,0	612,0	630,0		
Peso muestra seca+tara (g)	487,0	582,0	592,0		
Peso tara (g)	112,0	103,0	106,0		
Peso agua (g)	16,0	30,0	38,0		
Peso material seco (g)	375,0	479,0	486,0		
% Humedad	4,3	6,3	7,8		
MASA UNITARIA COMPACTA					
N° de golpes	56	56	56		
MOLDE N°	1	1	1		
Peso muestra húmeda+Molde (g)	7976	8135	7999		
Peso Molde (g)	3208	3208	3208		
Peso muestra húmeda (g)	4768	4927	4791		
Peso material seco (g)	4573	4637	4444		
Volumen Molde (cm ³)	2116	2116	2116		
Densidad muestra seca (g/cm ³)	2,161	2,191	2,100		



Peso unitario: **2,193gr/cm³**
 Humedad óptima: **6,0%**

NORMA DE ENSAYO : INV-E-142

OBSERVACIONES: _____



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 08

SP: LAB-SBG

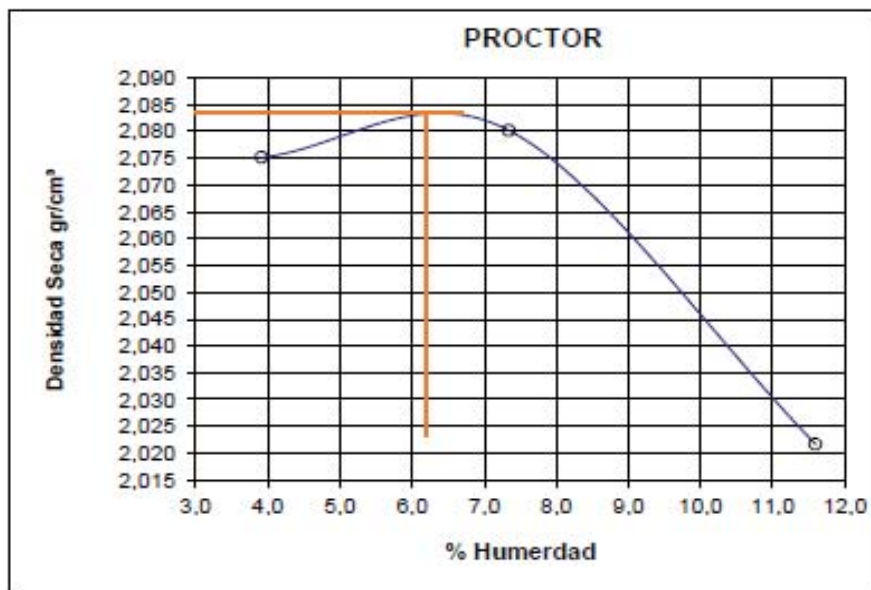
Descripción:
PROCTOR MODIFICADO
MATERIAL RAP-70% - SBG-50-30%



ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA
 PROYECTO: _____
 PROCEDENCIA: _____
 DESCRIPCION: SUB BASE 30 - RAP 70
 FECHA: 14-mar-18 MUESTRA No. 1

PRUEBA	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE HUMEDAD EN %					
Peso muestra húmeda+tara (g)	501,0	565,0	663,0		
Peso muestra seca+tara (g)	486,0	534,0	605,0		
Peso tara (g)	103,0	112,0	105,0		
Peso agua (g)	15,0	31,0	58,0		
Peso material seco (g)	383,0	422,0	500,0		
% Humedad	3,9	7,3	11,6		
MASA UNITARIA COMPACTA					
N° de golpes	56	56	56		
MOLDE N°	1	1	1		
Peso muestra húmeda+Molde (g)	7771	7933	7982		
Peso Molde (g)	3208	3208	3208		
Peso muestra húmeda (g)	4563	4725	4774		
Peso material seco (g)	4391	4402	4278		
Volumen Molde (cm ³)	2116	2116	2116		
Densidad muestra seca (g/cm ³)	2,075	2,080	2,022		



Peso unitario: **2,084gr/cm³**
 Humedad óptima: **6,2%**

NORMA DE ENSAYO : INV-E-142

OBSERVACIONES: _____



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Pavimentos

Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUÉZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 09

SP: LAB-SBG

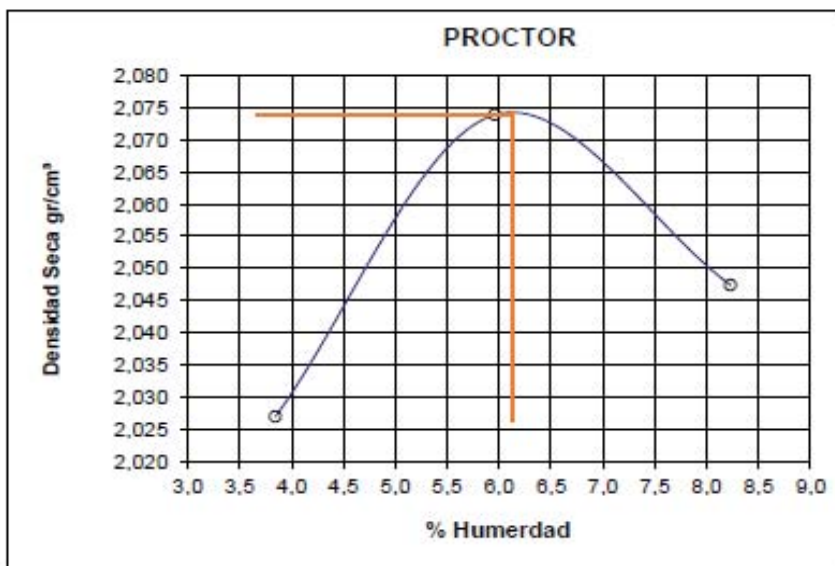
Descripción:
PROCTOR MODIFICADO
MATERIAL RAP-70% - SBG-50-30%



ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO

SOLICITANTE: ING ANDRES IBARRA
 PROYECTO: _____
 PROCEDENCIA: RAP 100
 DESCRIPCION: SUB BASE
 FECHA: 14-mar-18 MUESTRA No. 1


PRUEBA	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE HUMEDAD EN %					
Peso muestra húmeda+tara (g)	511,0	503,0	564,0		
Peso muestra seca+tara (g)	496,0	481,0	529,0		
Peso tara (g)	106,0	112,0	104,0		
Peso agua (g)	15,0	22,0	35,0		
Peso material seco (g)	390,0	369,0	425,0		
% Humedad	3,8	6,0	8,2		
MASA UNITARIA COMPACTA					
N° de golpes	56	56	56		
MOLDE N°	1	1	1		
Peso muestra húmeda+molde (g)	7662	7858	7897		
Peso Molde (g)	3208	3208	3208		
Peso muestra húmeda (g)	4454	4650	4689		
Peso material seco (g)	4289	4388	4332		
Volumen Molde (cm ³)	2116	2116	2116		
Densidad muestra seca (g/cm ³)	2,027	2,074	2,047		



Peso unitario: **2,074gr/cm³**
 Humedad óptima: **6,2%**

NORMA DE ENSAYO : INV-E-142

OBSERVACIONES: _____

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APOORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: LAB-SBG-02-01 Descripción: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES
---	--	---	--	---

MATERIAL EVALUADO: Sub-Base SBG-50

FUENTE: Galindez PR 11

CARACTERÍSTICA	NORMA	VALOR OBTENIDO	SUB-BASE GRANULAR						OBSERVACION
			CLASE C		CLASE B		CLASE A		
Dureza (O)									
Desgaste en la maquina de los Angeles (Gradacion A), maximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	31	50	✓	50	✓	50	✓	
Degradacion por abrasion en el equipo Micro-Deval, maximo (%)	E-238	30	-	✓	35	✓	30	✓	No se reporta pero se ha dicho que cumple.
Durabilidad (O)									
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, maximo (%)									
- Sulfato de sodio	E-220	12	12	✓	12	✓	12	✓	No se reporta pero se ha dicho que cumple.
- Sulfato de magnesio		18	18	✓	18	✓	18	✓	No se reporta pero se ha dicho que cumple.
Limpieza (F)									
Limite liquido, maximo (%)	E-125	0	25	✓	25	✓	25	✓	NL
Indice de plasticidad, maximo (%)	E-126	0	6	✓	6	✓	6	✓	NP
Equivalente de arena, minimo (%)	E-133	58	25	✓	25	✓	25	✓	58
Contenido de terrones de arcilla y particulas deleznales, maximo (%)	E-211	0.4	2	✓	2	✓	2	✓	0.4
Resistencia del material (F)									
CBR (%): porcentaje asociado al valor minimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro dias de inmersión, minimo.	E-148	60	30	✓	30	✓	40	✓	No se reporta pero se ha dicho que cumple con el valor expuesto

Observaciones: Como se observa el material de Subbase granular disponible para adición del RAP cumple con todos los aspectos necesarios para cumplir en cualquiera de las cases de proyecto.

Elaboró:


Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APOORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: LAB-SBG-02-02 Descripción: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES
---	--	---	--	---

MATERIAL EVALUADO: RAP

FUENTE: PR 94+0960 al PR 95+0120

CARACTERÍSTICA	NORMA	VALOR OBTENIDO	SUB-BASE GRANULAR						OBSERVACION
			CLASE C		CLASE B		CLASE A		
Dureza (O)									
Desgaste en la maquina de los Angeles (Gradacion A), maximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	26.8	50	✓	50	✓	50	✓	
Degradacion por abrasion en el equipo Micro-Deval, maximo (%)	E-238	14.1	-	✓	35	✓	30	✓	
Durabilidad (O)									
Perdidas en ensayo de solidez en sulfatos, maximo (%)									
- Sulfato de sodio	E-220	6.9	12	✓	12	✓	12	✓	
- Sulfato de magnesio			18	✓	18	✓	18	✓	
Limpieza (F)									
Limite liquido, maximo (%)	E-125	0	25	✓	25	✓	25	✓	NL
Indice de plasticidad, maximo (%)	E-126	0	6	✓	6	✓	6	✓	NP
Equivalente de arena, minimo (%)	E-133	58	25	✓	25	✓	25	✓	
Contenido de terrones de arcilla y particulas deleznales, maximo (%)	E-211	0	2	✓	2	✓	2	✓	
Resistencia del material (F)									
CBR (%): porcentaje asociado al valor minimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro dias de inmersión, minimo.	E-148	26.3	30	✗	30	✗	40	✗	Es de anotar que este resultado es el fundamento del ajuste granulometrico.

Observaciones: En cuanto a su origen, durabilidad y limpieza el material RAP del sector cumple los requisitos de Sub-base granular. Unicamente habria que desarrollar el ajuste granulometrico con otro material para efecto de su utilización como insumo de la Sub-base granular del proyecto.

Elaboró:


Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:

 Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño	Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: VE-01 Descripción: Comparación de CBR para diferentes proporciones de RAP y material granular adicionado.
	Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ			

COMPARACIÓN DE PRUEBAS DE CBR PARA DIFERENTES PROPORCIONES DE RAP Y MATERIAL GRANULAR ADICIONADO

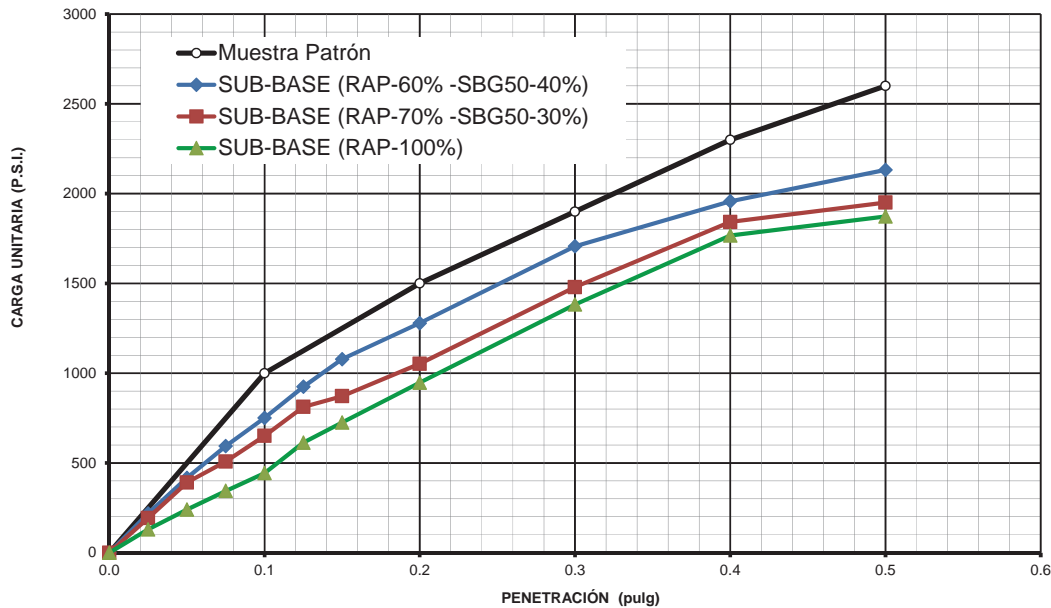
Objeto: El presente reporte corresponde a la evaluación de resistencia de CBR de material compuesto por el RAP y material granular adicionado en diferentes proporciones, según el análisis de gradación realizado.

Tipo de proyecto: Rehabilitación **Alcance del proyecto:** Reconstruir la estructura del pavimento y disponer de drenaje y subdrenaje.

COMPARACION DE RESISTENCIA CBR PARA DIFERENTES PROPORCIONES DE RAP Y GRANULAR

Los resultados expuestos a continuación corresponden a la recopilación de los ensayos de CBR para materiales granulares en las condiciones óptimas de humedad y densidad del 100%.

PENETRACION		MUESTRA PATRON		SUB-BASE (RAP-60% -SBG50-40%)				SUB-BASE (RAP-70% -SBG50-30%)				SUB-BASE (RAP-100%)			
		Esfuerzo		Carga	Esfuerzo		CBR	Carga	Esfuerzo		CBR	Carga	Esfuerzo		CBR
pulg.	mm	Kg/cm2	PSI	Kgf	Kg/cm2	PSI	%	Kgf	Kg/cm2	PSI	%	Kgf	Kg/cm2	PSI	%
0.000	0.000		0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	
0.025	0.064			298.3	15.4	219.0		263.5	13.6	193.4		176.6	9.1	129.4	
0.050	0.127			566.1	29.3	416.7		531.3	27.5	391.1		326.1	16.9	240.4	
0.075	0.191			809.6	41.8	594.5		691.3	35.7	507.8		468.7	24.2	344.2	
0.100	0.254	70.3	1000	1021.7	52.8	751.0	75.1	886.1	45.8	651.4	65.1	604.4	31.2	443.8	44.4
0.125	0.318			1258.2	65.0	924.5		1105.2	57.1	812.2		833.9	43.1	613.0	
0.150	0.381			1466.9	75.8	1078.1		1186.2	61.3	871.9		986.9	51.0	725.4	
0.200	0.508	105.5	1500	1739.5	89.9	1278.7	85.2	1431.9	74.0	1052.5	70.2	1289.5	66.6	947.3	63.2
0.300	0.762	133.6	1900	2321.8	120.0	1706.8	89.8	2012.3	104.0	1479.2	77.9	1880.7	97.2	1382.5	72.8
0.400	1.016	161.7	2300	2662.3	137.6	1957.1	85.1	2505.6	129.5	1841.9	80.1	2402.4	124.2	1766.5	76.8
0.500	1.270	182.8	2600	2900.3	149.9	2132.1	82.0	2652.7	137.1	1950.0	75.0	2548.5	131.7	1873.2	72.0
				Peso Unitario: 2.193 g/cm3				Peso Unitario: 2.084 g/cm3				Peso Unitario: 2.074 g/cm3			
				Humedad optima: 6.1%				Humedad optima: 6.2%				Humedad optima: 6.1%			



3) Conclusiones:

En general, en las condiciones óptimas de humedad y densidad máxima de las diferentes muestras con variación de proporciones de RAP y granular adicionado se observa un comportamiento satisfactorio en relación al exigido en la norma con valor CBR del 30%.

A diferencia de la muestra patrón las muestras evaluadas presentan menores resultados, aunque la muestra de SUB-BASE (RAP-60% -SBG50-40%) presentó mejor comportamiento, pero se observa declinar en esfuerzos importantes, no obstante la resistencia entre rangos medios incrementa su respuesta pero decae en esfuerzos superiores a 1700 PSI.

El material RAP 100% se comporta con deficiencia al inicio, pero a la medida que la carga se trasmite a través de las partículas mas grandes (reacomodo), mantiene estable su resistencia y obtiene valores mayores de relación de resistencia, esto es claro que se debe al origen de sus partículas de una antigua MDC de buena calidad.

Elaboró:

Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ

Fuentes:
RAP - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
Sub-Base Granular: Galindez PR 11

Formato:
SP: VE-01

Descripción:
Evaluación de resistencia mediante el ensayo de Módulo Resiliente.

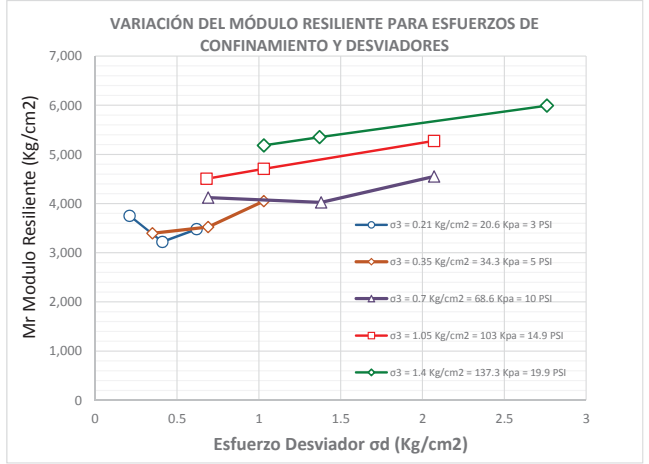
EVALUACIÓN DE RESISTENCIA MEDIANTE EL ENSAYO DE MÓDULO RESILIENTE

Objeto: El presente reporte corresponde a la evaluación de resistencia mediante el ensayo de Módulo Resiliente de material compuesto por el RAP y material granular adicionado, implementándose en el resultado del ensayo los esfuerzos principales obtenidos tanto en la deflectometría como en las condiciones de implementación en el diseño.

Tipo de capa: Sub-base granular **Características del material:** Granular RAP 60% + adición de Sub-base granular SBG 50 en 40%

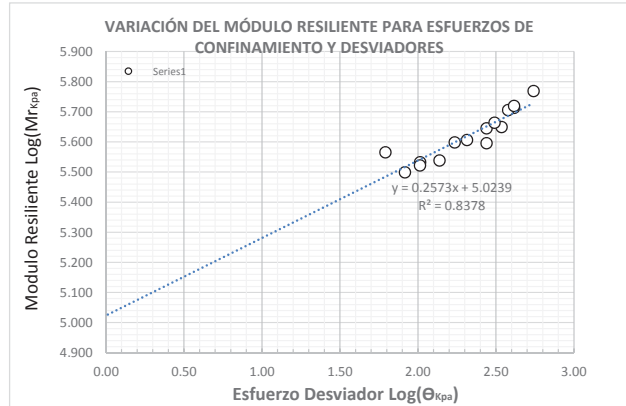
1) PROCESAMIENTO DE DATOS PARA DETERMINAR LA VARIACION DEL Mr PARA ESFUERZOS DE CONFINAMIENTO Y DESVIADORES

Presión de confinamiento			Esfuerzo Desviador Teórico			Esfuerzo Desviador Registrado			Deformación unitaria promedio	Modulo Resiliente		
σ ₃			σ _d			σ _d			δ	Mr		
Kg/cm ²	Kpa	PSI	Kg/cm ²	Kpa	PSI	Kg/cm ²	Kpa	PSI	mm/mm	Kg/cm ²	Kpa	PSI
0.21	20.6	3.0	0.21	20.6	3.0	0.21	20.6	3.0	5.530E-05	3,751	367,847	53,352
			0.42	41.2	6.0	0.41	40.2	5.8	1.280E-04	3,221	315,872	45,813
			0.63	61.8	9.0	0.62	60.8	8.8	1.780E-04	3,479	341,173	49,483
0.35	34.3	5.0	0.35	34.3	5.0	0.35	34.3	5.0	1.020E-04	3,395	332,936	48,288
			0.7	68.6	10.0	0.69	67.7	9.8	1.940E-04	3,524	345,586	50,123
			1.05	103.0	14.9	1.03	101.0	14.7	2.550E-04	4,049	397,071	57,590
0.70	68.6	10.0	0.7	68.6	10.0	0.69	67.7	9.8	1.660E-04	4,122	404,230	58,629
			1.4	137.3	19.9	1.38	135.3	19.6	3.420E-04	4,025	394,718	57,249
			2.1	205.9	29.9	2.07	203.0	29.4	4.550E-04	4,552	446,399	64,745
1.05	103.0	14.9	0.7	68.6	10.0	0.68	66.7	9.7	1.520E-04	4,505	441,790	64,076
			1.05	103.0	14.9	1.03	101.0	14.7	2.190E-04	4,706	461,501	66,935
			2.1	205.9	29.9	2.07	203.0	29.4	3.930E-04	5,274	517,203	75,014
1.40	137.3	19.9	1.05	103.0	14.9	1.03	101.0	14.7	1.990E-04	5,183	508,279	73,720
			1.4	137.3	19.9	1.37	134.4	19.5	2.570E-04	5,351	524,754	76,109
			2.81	275.6	40.0	2.76	270.7	39.3	4.610E-04	5,992	587,614	85,226



2) DETERMINACION DE LA ECUACION DE MODULO RESILIENTE

σ ₃	σ _d	θ	Log(θ)	Mr	Log(Mr)
Kpa	Kpa	Kpa		Kpa	
20.6	20.6	61.8	1.79	367,847	5.566
20.6	41.2	82.4	1.92	315,872	5.500
20.6	61.8	103.0	2.01	341,173	5.533
34.3	34.3	102.9	2.01	332,936	5.522
34.3	68.6	137.2	2.14	345,586	5.539
34.3	103.0	171.6	2.23	397,071	5.599
68.6	68.6	205.8	2.31	404,230	5.607
68.6	137.3	274.5	2.44	394,718	5.596
68.6	205.9	343.1	2.54	446,399	5.650
103.0	68.6	274.6	2.44	441,790	5.645
103.0	103.0	309.0	2.49	461,501	5.664
103.0	205.9	411.9	2.61	517,203	5.714
137.3	103.0	377.6	2.58	508,279	5.706
137.3	137.3	411.9	2.61	524,754	5.720
137.3	275.6	550.2	2.74	587,614	5.769



K1 => => 10^a 5.0239 = 105,665 Kpa 15,325 PSI 1,077 Kg/cm2

K2 => = 0.2573

3) CALCULO MÓDULO RESILIENTE EN LAS CONDICIONES DE ESFUERZO ACTUANTE:

MR = 105,665 x (θ) ^ 0.2573

Datos de entrada:

σ₁ = 1.83E+02 Kpa => 182.7 a Kpa
 σ₂ = 1.91E+01 Kpa => 19.1
 σ₃ = 1.06E+01 Kpa => 10.6 => 212.4 Kpa

MR = 105665 x (212.41) ^ 0.257 =

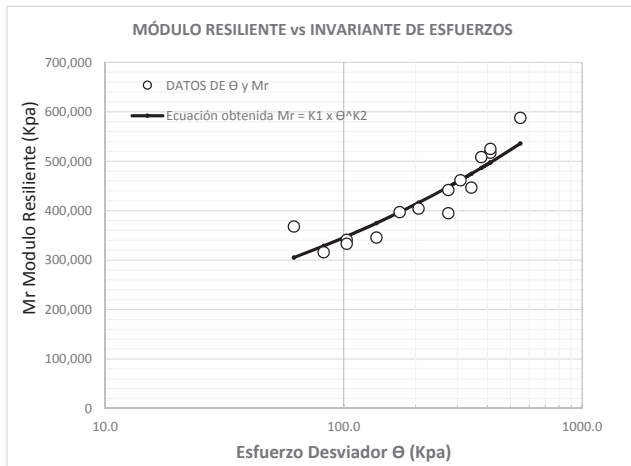
MR = 419,379 Kpa


MR = 419 Mpa

MR = 60,826 PSI

MR = 4,276 Kg/cm2

θ	Mr*
Kpa	Kpa
61.8	305,253
82.4	328,697
103.0	348,115
102.9	348,064
137.2	374,812
171.6	396,964
205.8	416,007
274.5	447,976
343.1	474,452
274.6	448,040
309.0	461,821
411.9	497,289
377.6	486,268
411.9	497,275
550.2	535,717



	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño	Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: MB-A2-02 Descripción: Determinación de resistencia de capas de apoyo - CBR
---	---	--	--	---

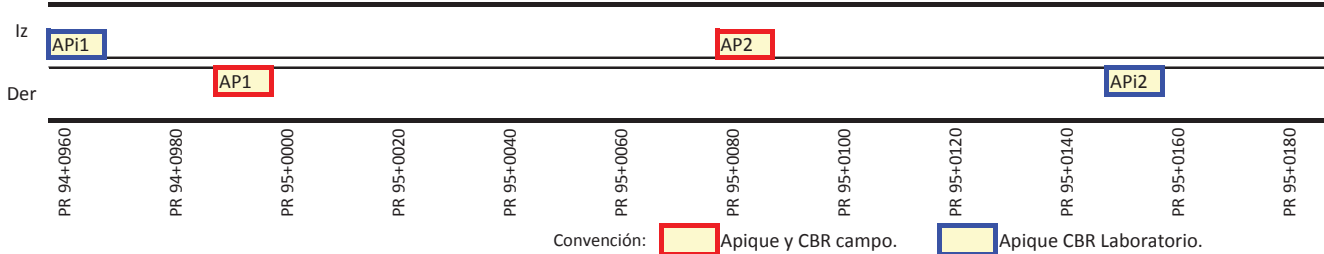
DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE CAPA (S) DE APOYO - ENSAYOS DE RESISTENCIA EN CAMPO

Objeto: El presente reporte corresponde al planeamiento y desarrollo de la evaluación estructural de la(s) capa(s) de apoyo sobre la cual se instalará la capa de material granular cuyo insumo incluye el RAP.

Tipo de proyecto: Rehabilitación **Alcance del proyecto:** Reconstruir la estructura del pavimento y disponer de drenaje y subdrenaje.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Esquema en Planta de la zona de evaluación y localización de los sitios de ensayo con CBR de campo y opcional PDC. (mínimo 100m)



Procedimiento:

Teniendo en cuenta que las capas de apoyo se encuentran por debajo de la capa granular con RAP, se debe determinar la resistencia de soporte debajo de ésta; para ello, se debe determinar a través de muestras inalteradas de CBR o CBR de campo, en las condiciones de humedad que se requiera de la siguiente manera:

- a) **(Opcional):** Realizar cada 50m sondeos para toma de muestras para humedad y clasificación, posteriormente realizar ensayos de PDC hasta sobrepasar la subrasante, con objeto de determinar en que sitios se harán los apiques requeridos determinándose mínimo un sitio con resistencia característica y otro en condición crítica.
- a) **(Obligatorio):** Realizar cada 100m apiques como mínimo dos (2), uno en el sitio con resistencia característica en humedad de equilibrio y otro en el sondeo que ofreció una relación de resistencia deficiente comparado con los otros, haciéndose el ensayo en las capas de apoyo.

2. Registro de Resultados de evaluación estructural capa de apoyo:

No	Abscisa	I o D	Plataforma evaluada		Compactación (% Proctor)	Humedad %	Clasificación			Subrasante		Capa de apoyo	
			Tipo de Material	Espesor (cm)			USC/AASHTO	LL	LP	CBR (%)	Referencia del dato	CBR (%)	Referencia del dato
Ai-1	PR 94+0960	I	Subrasante	N.A.	N.Dispone	18	SC	35.8	19	17.1	CBR Lab.	N.A.	
AP1	PR 94+0990	I	Base existente	25	95	5.6	SM	NL	NP			44.5	CBR Campo
			Subrasante	N.A.	Natural	10.2	SC	35.8	19	14.3	CBR Campo		
AP2	PR 95+0080	I	Base existente	30	95	5.2	SM	NL	NP			70.6	CBR Campo
			Subrasante	N.A.	N.Dispone	10.9	SC	35.7	20.8	20.6	CBR Campo		
Ai-2	PR 95+0150	I	Subrasante	N.A.	N.Dispone	6.7	SC	35.7	20.8	15.1	CBR Lab.	N.A.	

Nota: Los registros de CBR se procesan en formato auxiliar de campo SP: MB-A2-02-CBR y otros

3) Conclusiones:

Para efecto de identificar la correspondencia de resistencia en las condiciones de humedad y densidad se tomará referencia de los sitios donde se tomara ensayos de viga beamkelman, los correspondientes a AP1 y AP2, dando importancia a los datos reflejados en las mismas abscisas de estos apiques. Procede el traslado de esta información al análisis de retrocálculo.

Anexas Seis (6) ensayos de CBR, dos (2) de laboratorio sobre muestras inalteradas y cuatro (4) de ensayo de campo.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Aprobó: _____
 Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galíndez PR 11

ANEXO DEL FORMATO: No 01
SP: MB-A2-02

Descripción:
API-1-CBR (Apique de estudios y diseños)

Proyecto: MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA VIA PASTO - CANO - MOJARRAS
RUTA 2502

Ensayo: LÍMITES DE CONSISTENCIA
LÍMITE LÍQUIDO Norma: I.N.V.E 125-13
LÍMITE PLÁSTICO Norma: I.N.V.E 126-13
CBR 1 - PR 94+900

Fecha de Muestreo: Octubre de 2017
Muestreado por: ING. DAVID ESTEBAN DÍAZ

LÍMITES DE CONSISTENCIA
Ubicación: APIQUE CBR1 Prof: 0.70 m
Estrato:

Tara Número	Unidad	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
		1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	22.68	29.46	27.19	21.37	19.13	21.17	Límite Líquido: LL = 35.76%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	18.45	22.87	20.88	18.45	16.86	18.35	Límite Plástico: LP = 19.00%
Peso de la Tara	Gr	6.50	4.00	3.85	4.41	4.19	4.23	Índice de Plasticidad: IP = 16.76%
Peso de la Muestra Seca	Gr	12.65	18.62	17.03	14.24	12.67	14.12	Contenido de Humedad: Wn = 18.25%
Peso del Anillo	Gr	4.23	6.64	6.31	2.72	2.97	2.82	Grado de Consistencia: Kw = 1.04
Contenido de Humedad	%	33.44	35.28	37.05	19.10	17.92	19.97	Grado de Consistencia: Media Dura, Sólida
Número de Golpes		35	29	19	Promedio: 19.00			

LÍMITE LÍQUIDO

APIQUE: CBR1
Estrato: 0
Profundidad: 0.70 m

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	33.44
29	35.28
19	37.05
25	35.757

CBR SOBRE MUESTRAS INALTERADAS CON INMERSIÓN
I.N.V.E 148-07

Ingeniería GeoSuelo SAS

Proyecto: MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA VIA PASTO - CANO - MOJARRAS - RUTA 2502
Localización: VIA PANAMERICANA PR 94+900 - PR 95+900 DEPARTAMENTO DEL CAUCA
Muestra: APIQUE - I
Material: Diseño de la estructura de pavimento para el proyecto "Mantenimiento y Rehabilitación de la vía Pasto - Cano - Mojarras - Ruta 2502"
Para Uso:

Perforación: Canto Abierto
Profundidad de Muestra: 0.7 m
Fecha:

CONDICIÓN DE ENSAYO: INALTERADA

N	F	COFA
681287	724454	617

Coordenadas: PR 94+900 BORDE DERECHO

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso muestra + recipiente	532.6 gr.
Peso muestra seca + recipiente	470.1 gr.
Peso Recipiente	124.4 gr.
HUMEDAD	18.08%


CONDICIÓN: INALTERADO

LECTURA Pulg.	CARGA lb.	ESFUERZO O lb./Pulg ²	CBR
0.000	0	0	
0.025	74	37	
0.050	109	55	
0.075	279	140	
0.100	342	171	17.1
0.125	381	191	
0.150	429	215	
0.175	462	231	
0.200	495	248	16.5
0.300	633	317	
0.400	772	386	
0.500	929	465	

CBR 0.100' = (1/1000)*100 = 17.1
CBR 0.200' = (1/1500)*100 = 16.5

RELACIÓN ESFUERZO vs. DEFORMACIÓN

CONTENIDO DE HUMEDAD 18.08%

 Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galíndez PR 11	ANEXO DEL FORMATO: No 02 SP: MB-A2-02 Descripción: API-1-CBR (Apique de estudios y diseños)
--	---	--	--	---

Proyecto: MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE LA VIA PASTO - CANO - MOJARRAS RUTA 2502

Ensayo: LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO: Norma: I.N.V.E 125-13 **CBR 2 - PR 95+150**

LÍMITE PLÁSTICO: Norma: I.N.V.E 126-13

Fecha de Muestreo: Octubre de 2017

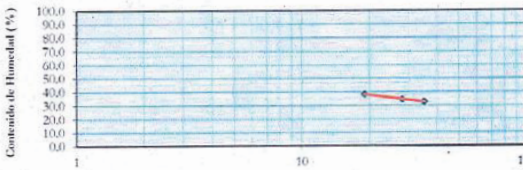
Muestreado por: ING. DAVID ESTEBAN DIAZ

LÍMITES DE CONSISTENCIA Ubicación: APIQUE CBR2 Potencia: 1.50 m Estrato: E3

Tara Número	Unidad	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			Límites de Consistencia
		1	2	3	1	2	3	
Peso Tara + Muestra Húmeda	Gr	21.95	28.43	30.80	25.91	23.56	24.12	Límite Líquido: LL = 35.70%
Peso Tara + Muestra Seca	Gr	17.57	22.25	23.48	22.29	20.15	20.65	Límite Plástico: LP = 20.78%
Peso de la Tara	Gr	4.22	4.30	4.35	4.31	3.97	4.23	Índice de Plasticidad: IP = 14.92%
Peso de la Muestra Seca	Gr	13.35	17.95	19.13	17.98	16.18	16.42	Contenido de Humedad: Wn = 7.66%
Peso del Agua	Gr	4.38	6.18	7.32	3.62	3.41	3.47	Grado de Consistencia: Kw = 1.88
Contenido de Humedad	%	32.81	34.43	38.26	20.13	21.09	21.13	Grado de Consistencia: Media Dura, Sólida
Número de Golpes		35	28	19	Promedio: 120.78			

Número de Golpes	Contenido de Humedad (%)
35	32.81
28	34.43
19	38.26
25	35.696

LÍMITE LÍQUIDO



Contenido de Humedad (%) vs. Número de Golpes

CBR SOBRE MUESTRAS INALTERADAS CON INMERSIÓN I.N.V.E 148-07 Ingeniería GeoSuelo SAS

Proyecto: MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE LA VIA PASTO - CANO - MOJARRAS - RUTA 2502

Localización: VIA PANAMERICANA PR 94+900 - PR 95+900 DEPARTAMENTO DEL CAUCA

Muestras: APIQUE - 2

Material:

Para Uso: Diseño de la estructura de pavimento para el proyecto "Mantenimiento y Rehabilitación de la vía Pasto - Cano - Mojarras - Ruta 2502"

Perforación: Cielo Abierto

Profundidad de Muestra: 0.8 m

Fecha:

CONDICION DE ENSAYO: INALTERADA

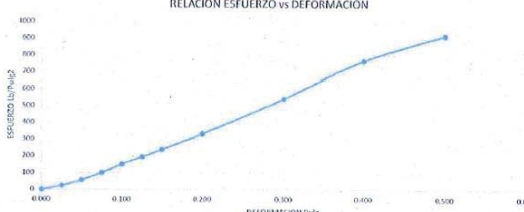
	N	E	COTA
Coordenadas	681593	974585	614

PR 95+150 BORDE IZQUIERDO

Móde No.	UNIDAD
Peso del Móde	3175 gr
Peso del Móde + Muestra	11855 gr
Peso de Muestra	4110 gr
Altura de Muestra	120 mm
Volumen de Móde	3193.66 cm3
Area de Pistón	2 pulg2

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Peso muestra + Recipiente	991.9 gr.
Peso muestra seca + Recipiente	939 gr.
Peso Recipiente	148.8 gr.
HUMEDAD	6.69%

RELACION ESFUERZO vs DEFORMACION



CONDICION: INALTERADO	LECTURA Pulg	CARGA Lb.	ESFUERZO Lb/Pulg2	CBR
	0.000	0	0	
	0.025	48	24	
	0.050	111	56	
	0.075	200	100	
	0.100	301	151	15.1
	0.125	390	195	
	0.150	478	239	
	0.200	666	333	22.2
	0.300	1083	542	
	0.400	1539	765	
	0.500	1831	916	

CBR 0.100" = ((1000)/100) = 15.1

CBR 0.200" = ((1500)/100) = 22.2

CONTENIDO DE HUMEDAD 6.69%



Proyecto de grado:
 METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
 ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
 Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ
Fuentes:
 RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
 Sub-Base Granular: Galindez PR 11

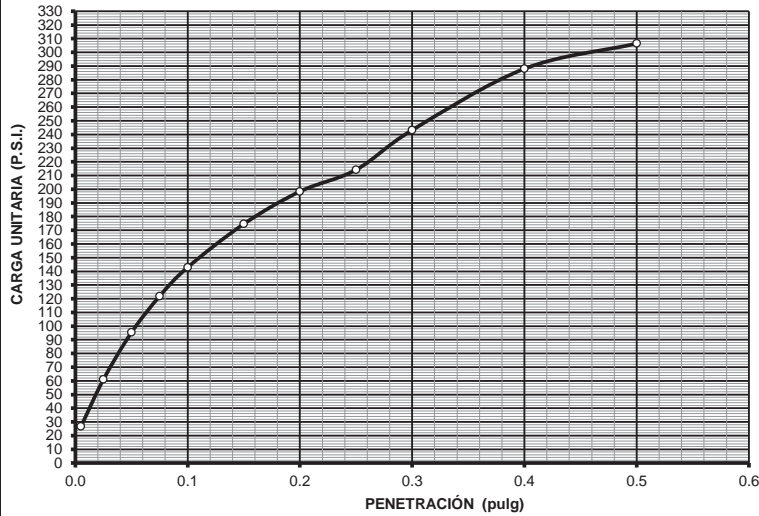
Formato:
SP: MB-A2-02-CBR
Descripción:
 Determinación de resistencia de capas de apoyo - CBR
 Apique No 1 - CBR Campo -01

ENSAYO DE CBR DE CAMPO

PROYECTO : Mantenimiento y rehabilitación de la carretera Cano-Mojarras. **FECHA :** 12-feb-18
UBICACIÓN : PR 94+0970 **MARGEN :** Derecha **CODIGO :** CBR001
CAPA EVALUADA: Subrasante **PROFUNDIDAD :** 0.46 m **DIST. EJE :** 1.5 m

PENETRACIÓN	LECT.	PRESIÓN	
		kg/cm ²	p.s.i.
0.005 pulg.	9	1.88	26.69
0.025 pulg.	22	4.29	61.05
0.050 pulg.	35	6.71	95.40
0.075 pulg.	45	8.56	121.81
0.100 pulg.	53	10.05	142.93
0.150 pulg.	65	12.28	174.61
0.200 pulg.	74	13.95	198.35
0.250 pulg.	80	15.06	214.18
0.300 pulg.	91	17.10	243.18
0.400 pulg.	108	20.25	287.98
0.500 pulg.	115	21.54	306.42

MATERIAL SOBRE EL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción / Espesor:			
Material de base existente + RAP60%-SBG50-40%			
e=46 cm			
MATERIAL DEBAJO DEL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción:			
Suelo arena arcilloso color amarillo			
Consistencia: Media			
Humedad:			
P1	Muestra + recipiente húmedo	937.60	gr
P2	Muestra + recipiente seca	870.10	gr
P3	Recipiente	206.90	gr
W	Humedad de penetración	10.18	%



VALOR DE CBR a 0.1" = 14.29 %

$$CBR a 0.1" = \frac{\text{Carga Unitaria Corregida a } 0.1"}{1000}$$

VALOR DE CBR a 0.2" = 13.22 %

$$CBR a 0.2" = \frac{\text{Carga Unitaria corregida a } 0.2"}{1500}$$

Observaciones: La muestra se la tomó después de realizar la extensión y compactación de la capa.
 No se realiza corrección.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Aprobó: _____
 Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ
Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
Sub-Base Granular: Galindez PR 11

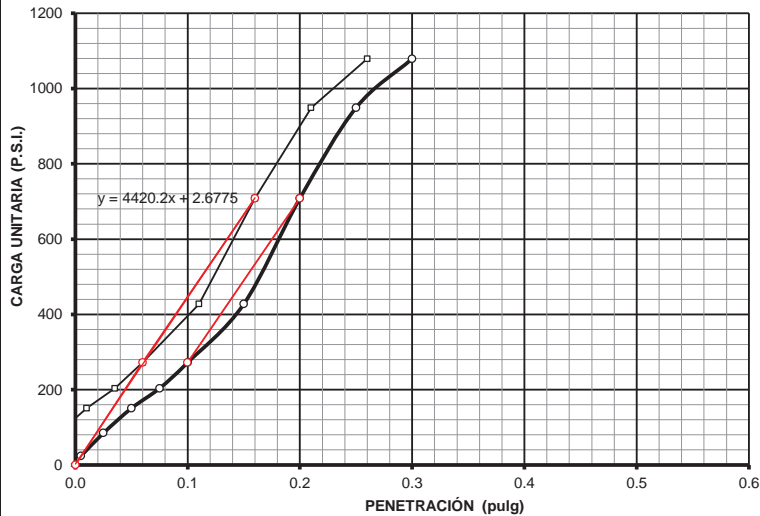
Formato:
SP: MB-A2-02-CBR
Descripción:
Determinación de resistencia de capas de apoyo - CBR
Apique No 1 - CBR Campo -02

ENSAYO DE CBR DE CAMPO

PROYECTO : Mantenimiento y rehabilitación de la carretera Cano-Mojarras. **FECHA :** 12-feb-18
UBICACIÓN : PR 94+0970 **MARGEN :** Derecha **CODIGO :** CBR002
CAPA EVALUADA: Base granular existente **PROFUNDIDAD :** 0.25 m **DIST. EJE :** 1.5 m

PENETRACIÓN	LECT.	PRESIÓN	
		kg/cm ²	p.s.i.
0.005 pulg.	8	1.69	24.04
0.025 pulg.	31	5.96	84.83
0.050 pulg.	56	10.61	150.85
0.075 pulg.	76	14.32	203.63
0.100 pulg.	102	19.14	272.17
0.150 pulg.	161	30.06	427.49
0.200 pulg.	268	49.80	708.31
0.250 pulg.	360	66.71	948.88
0.300 pulg.	410	75.88	1079.29
0.400 pulg.	0	0.20	2.88
0.500 pulg.	0	0.20	2.88

MATERIAL SOBRE EL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción / Espesor:			
RAP60%-SBG50-40%			
e=25 cm			
MATERIAL DEBAJO DEL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción:			
Material de base color amarillo			
Consistencia: Media			
Humedad:			
P1	Muestra + recipiente húmedo	999.70	gr
P2	Muestra + recipiente seca	956.90	gr
P3	Recipiente	190.70	gr
W	Humedad de penetración	5.59	%



VALOR DE CBR a 0.1" = 44.47 %

$$CBR a 0.1" = \frac{\text{Carga Unitaria Corregida a } 0.1"}{1000}$$

VALOR DE CBR a 0.2" = 59.11 %

$$CBR a 0.2" = \frac{\text{Carga Unitaria corregida a } 0.2"}{1500}$$

Observaciones: La muestra se la tomó después de realizar la extensión y compactación de la capa.
La corrección se la realiza conforme a la norma de ensayos.

Elaboró:

Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ
Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
Sub-Base Granular: Galindez PR 11

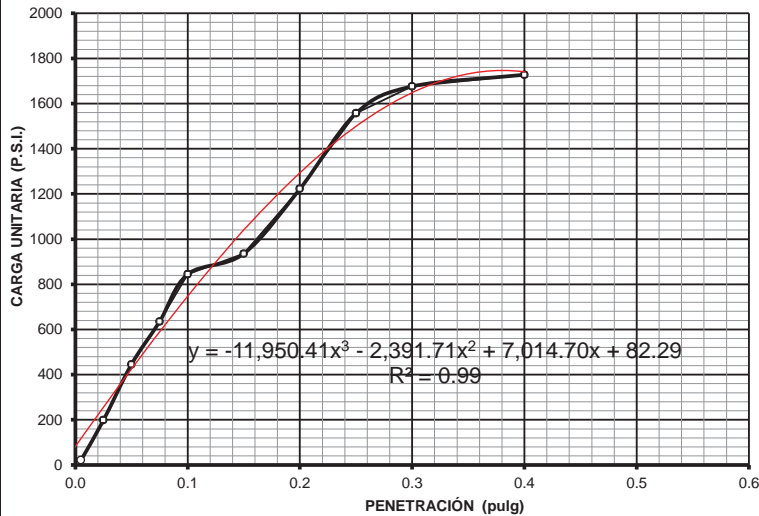
Formato:
SP: MB-A2-02-CBR
Descripción:
Determinación de resistencia de capas de apoyo - CBR
Apique No 1 - CBR Campo -03

ENSAYO DE CBR DE CAMPO

PROYECTO : Mantenimiento y rehabilitación de la carretera Cano-Mojarras. **FECHA :** 12-feb-18
UBICACIÓN : PR 94+0970 **MARGEN :** Derecha **CODIGO :** CBR003
CAPA EVALUADA: RAP60%-SBG50-40% **PROFUNDIDAD :** 0.25 m **DIST. EJE :** 1.5 m

PENETRACIÓN	LECT.	PRESIÓN	
		kg/cm ²	p.s.i.
0.005 pulg.	7	1.50	21.40
0.025 pulg.	74	13.95	198.35
0.050 pulg.	168	31.35	445.89
0.075 pulg.	240	44.64	634.93
0.100 pulg.	320	59.37	844.38
0.150 pulg.	355	65.80	935.83
0.200 pulg.	465	85.95	1222.47
0.250 pulg.	594	109.48	1557.14
0.300 pulg.	640	117.84	1676.10
0.400 pulg.	660	121.47	1727.76
0.500 pulg.	0	0.20	2.88

MATERIAL SOBRE EL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción / Espesor:			
Ninguno			
e=25 cm			
MATERIAL DEBAJO DEL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción:			
Material de base color amarillo			
Consistencia: Media			
Humedad:			
P1	Muestra + recipiente húmedo	1196.50	gr
P2	Muestra + recipiente seca	1175.80	gr
P3	Recipiente	206.90	gr
W	Humedad de penetración	2.14	%



VALOR DE CBR a 0.1" = 74.8 %

$$\text{CBR a } 0.1'' = \frac{\text{Carga Unitaria Corregida a } 0.1''}{1000}$$

VALOR DE CBR a 0.2" = 86.3 %

$$\text{CBR a } 0.2'' = \frac{\text{Carga Unitaria corregida a } 0.2''}{1500}$$

Observaciones: La muestra se la tomó después de realizar la extensión y compactación de la capa.
La corrección se la realiza para efecto de ofrecer un comportamiento homogéneo del material.

Elaboró:

Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ
Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
Sub-Base Granular: Galindez PR 11

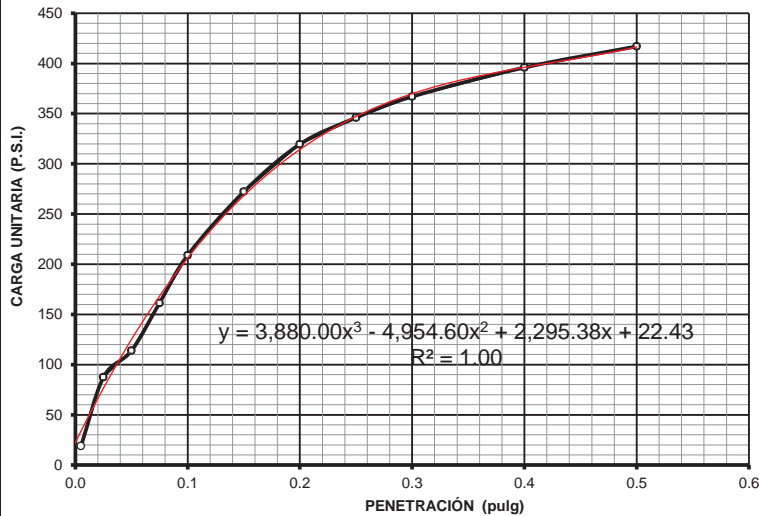
Formato:
SP: MB-A2-02-CBR
Descripción:
Determinación de resistencia de capas de apoyo - CBR
Apique No 2 - CBR Campo -01

ENSAYO DE CBR DE CAMPO

PROYECTO : Mantenimiento y rehabilitación de la carretera Cano-Mojarras. **FECHA :** 12-feb-18
UBICACIÓN : PR 95+0080 **MARGEN :** Izquierda **CODIGO :** CBR004
CAPA EVALUADA: Subrasante **PROFUNDIDAD :** 0.55 m **DIST. EJE :** 1.0 m

PENETRACIÓN	LECT.	PRESIÓN	
		kg/cm ²	p.s.i.
0.005 pulg.	6	1.32	18.75
0.025 pulg.	32	6.15	87.47
0.050 pulg.	42	8.01	113.89
0.075 pulg.	60	11.35	161.41
0.100 pulg.	78	14.69	208.90
0.150 pulg.	102	19.14	272.17
0.200 pulg.	120	22.47	319.59
0.250 pulg.	130	24.32	345.92
0.300 pulg.	138	25.80	366.98
0.400 pulg.	149	27.84	395.92
0.500 pulg.	157	29.32	416.97

MATERIAL SOBRE EL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción / Espesor:			
Material de base existente + RAP60%-SBG50-40%			
e=55 cm			
MATERIAL DEBAJO DEL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción:			
Material de base color amarillo			
Consistencia: Media			
Humedad:			
P1	Muestra + recipiente húmedo	991.30	gr
P2	Muestra + recipiente seca	914.00	gr
P3	Recipiente	206.90	gr
W	Humedad de penetración	10.93	%



VALOR DE CBR a 0.1" = 20.6 %

$$CBR a 0.1" = \frac{\text{Carga Unitaria Corregida a } 0.1"}{1000}$$

VALOR DE CBR a 0.2" = 21.0 %

$$CBR a 0.2" = \frac{\text{Carga Unitaria corregida a } 0.2"}{1500}$$

Observaciones: La muestra se la tomó después de realizar la extensión y compactación de la capa.
No se realiza corrección.

Elaboró:

Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ
Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
Sub-Base Granular: Galindez PR 11

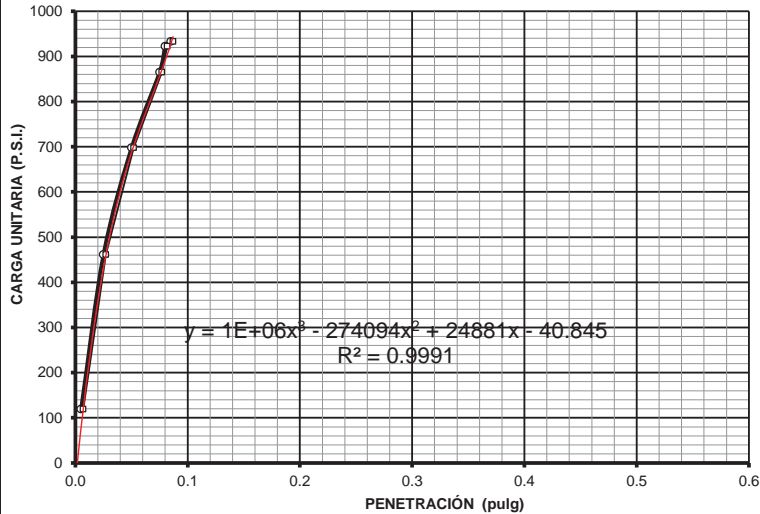
Formato:
SP: MB-A2-02-CBR
Descripción:
Determinación de resistencia de capas de apoyo - CBR
Apique No 2 - CBR Campo -02

ENSAYO DE CBR DE CAMPO

PROYECTO : Mantenimiento y rehabilitación de la carretera Cano-Mojarras. **FECHA :** 12-feb-18
UBICACIÓN : PR 95+0080 **MARGEN :** Izquierda **CODIGO :** CBR005
CAPA EVALUADA: Base existente **PROFUNDIDAD :** 0.25 m **DIST. EJE :** 1.0 m

PENETRACIÓN	LECT.	PRESIÓN	
		kg/cm ²	p.s.i.
0.005 pulg.	44	8.38	119.17
0.025 pulg.	174	32.46	461.66
0.050 pulg.	264	49.06	697.83
0.075 pulg.	328	60.84	865.30
0.080 pulg.	350	64.88	922.77
0.085 pulg.	354	65.61	933.22
0.200 pulg.			
0.250 pulg.			
0.300 pulg.			
0.400 pulg.			
0.500 pulg.			

MATERIAL SOBRE EL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción / Espesor:			
RAP60%-SBG50-40%			
e=25 cm			
MATERIAL DEBAJO DEL LUGAR DEL ENSAYO:			
Descripción:			
Material de base color amarillo			
Consistencia: Dura			
Humedad:			
P1	Muestra + recipiente húmedo	962.10	gr
P2	Muestra + recipiente seca	923.90	gr
P3	Recipiente	190.80	gr
W	Humedad de penetración	5.21	%



VALOR DE CBR a 0.1" = 70.63 %


$$CBR a 0.1" = \frac{\text{Carga Unitaria Corregida a } 0.1"}{1000}$$

VALOR DE CBR a 0.2" =

$$CBR a 0.2" = \frac{\text{Carga Unitaria corregida a } 0.2"}{1500}$$

Observaciones: La muestra se la tomó después de realizar la extensión y compactación de la capa.
La extrapolación se realiza por que la reacción de la volqueta no permitió continuar con el ensayo.

Elaboró: _____ Revisó: _____ Aprobó: _____
Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño	Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: MB-A2-03 Descripción: Ensayos de defletometría de la capa granular con RAP.
---	---	--	--	--

ENSAYOS DE DEFLETOMETRIA DE LA CAPA GRANULAR CON RAP

Objeto: El presente reporte corresponde al planeamiento y desarrollo de la evaluación estructural de la(s) capa(s) de apoyo sobre la cual se instalará la capa de material granular cuyo insumo incluye el RAP.

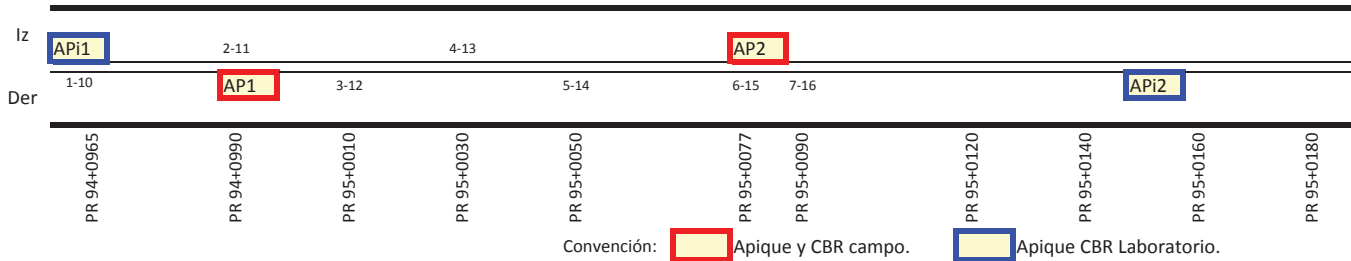
Tipo de proyecto: Rehabilitación **Alcance del proyecto:** Reconstruir la estructura del pavimento y disponer de drenaje y subdrenaje.

ENTRADAS Y SALIDAS

1. Planeamiento:

- Se considera que para efecto de aplicación en el diseño, el espesor previsto de la capa granular está identificado y no se requiere analizar este aspecto. Si así se quisiera, la evaluación procede de la misma forma como se va adelantar evaluándose los módulos obtenidos en función del espesor.
- Para efecto de evaluar las condiciones del esfuerzo real a las cuales se someterá la capa granular con RAP, se realiza pruebas de defletometría con variación de la carga estándar de 8.2 ton de la volqueta calibrada y otra prueba adicional con carga de volqueta descargada. Por lo expuesto procede a realizarse pruebas en los mismos sitios donde se evaluaron las capas de apoyo para disponer correspondencia de los puntos evaluados.

2. Esquema en Planta de la zona de evaluación y localización de los sitios de ensayo con CBR de campo y opcional PDC. (mínimo 100m)



3. Registro de Resultados de defletometría de la capa de apoyo:

No	Abscisa	I o D	Capa superficial de la Plataforma evaluada		Compactación (% Proctor)	Humedad %	Condiciones de carga			Lectura Viga		Deflexión obtenida		
			Tipo de Material	Espesor (cm)			Carga (Ton.)	Presión Inflado (PSI)	Radio (m)	Lo	L25	Do	D25	RC (m)
1	PR 94+0965	I	RAP60%+SBG40%	25	95	2.14	8.2	80	10.8	24	5	819.1	194.9	50.06
10			RAP60%+SBG40%	25	95	2.14	3.6	80	7.1	8	3	273	116.9	200.2
2	PR 94+0990	D	RAP60%+SBG40%	25	95	2.14	8.2	80	10.8	14	2	477.8	77.94	78.15
11			RAP60%+SBG40%	25	95	2.14	3.6	80	7.1	7	1	238.9	38.97	156.3
3	PR 95+0010	I	RAP60%+SBG40%	25	95	2.14	8.2	80	10.8	16	2	546.1	77.94	66.75
12			RAP60%+SBG40%	25	95	2.14	3.6	80	7.1	11	2	375.4	77.94	105
4	PR 95+0030	D	RAP60%+SBG40%	25	95	2.14	8.2	80	10.8	22	9	750.9	350.7	78.1
13			RAP60%+SBG40%	25	95	2.14	3.6	80	7.1	14	3	477.8	116.9	86.59
5	PR 95+0050	I	RAP60%+SBG40%	25	95	3.8	8.2	80	10.8	18	6	614.3	233.8	82.12
14			RAP60%+SBG40%	25	95	3.8	3.6	80	7.1	12	3.5	409.6	136.4	114.4
6	PR 95+0077	D	RAP60%+SBG40%	25	95	3.8	8.2	80	10.8	14	2	477.8	77.94	78.15
15			RAP60%+SBG40%	25	95	3.8	3.6	80	7.1	7	3	238.9	116.9	256.1
7	PR 95+0090	I	RAP60%+SBG40%	25	95	3.8	8.2	80	10.8	11	6	375.4	233.8	220.7
16			RAP60%+SBG40%	25	95	3.8	3.6	80	7.1	6	1	204.8	38.97	188.5

Nota: La variación en la condición de esfuerzos se evalúa en el proceso previo al retrocálculo, para lo cual se debe verificar la proyección en el modelo estructural y realizar el análisis.

4. Conclusiones:

Procede el traslado de esta información al análisis de retrocálculo.

Elaboró:

Revisó:

Aprobó:

Nombre:

Nombre:

Nombre:



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
Sub-Base Granular: Galindez PR 11

Formato:
SP: AI-01


Descripción:
Recopilación de datos de resistencia de las capas y análisis de Retrocálculo.

RECOPILACIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA DE LAS CAPAS Y ANÁLISIS DE RETROCALCULO

Objeto: El presente reporte corresponde a la recopilación de los datos obtenidos de resistencia de las capas de apoyo y la capa de material granular cuyo insumo incluye el RAP, incluye también los análisis de retrocálculo con base a las condiciones desarrolladas en los ensayos de campo y laboratorio.

Tipo de proyecto: Rehabilitación **Alcance del proyecto:** Reconstruir la estructura del pavimento, drenaje y subdrenaje. **Tipo de capa evaluada:** SBG, RAP-60%+SBG50-40%

No	Calculo No	Abscisa	I o D	Plataforma evaluada			Resistencia Capas Inferiores		Carga			Deflexión Medido		TEORIA BICAPA Con Do y MR medido					Resultados Retrocálculo Solo Deflexiones				Resultados Retrocálculo Deflexiones y MRste					Módulo plataforma $E1 = 2^*q^*a^*(1-u^2)/Do$				
				Tipo de Material	Espesor (cm)	Compactación	CBR (%)	$E_{2,3}$ (Kg/cm ²)	P (Ton)	Q (Kg/cm ²)	a (cm)	Do	D25	F2	H1/a	E1/MR	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	MR Cal (Mpa)	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	% Error	Do Cal	D25 Cal	MR (Mpa)	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	% Error	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)		
S	1	PR 94+0965	I	Base existente	25.0	S.E.	44.5	2436																								
				Subrasante	N.A.	S.E.	14.3	986																								
				Total :	25.0																											
1	1	PR 94+0965 (8.2Tn)	I	RAP60%-SBG40%	25.0		44	2436	2050	5.6	10.8	819	195	2.2	2.32			141.8	124.4	1,269	0.0	819.6	134	239	107.7	1,098	-0.1		1,177			
				Base existente	25.0	Total	14.3	986																								
				Subrasante	N.A.																											
2	2	PR 94+0965 (3.5Tn)	I	RAP60%-SBG40%	25.0		44	2436	875	5.6	7.1	273	117	1.12	3.54			72.06	398.3	4,062	0.0	273.7	47.6	239	242.9	2,477	-0.3	226	2,307			
				Base existente	25.0	Total	14.3	986																								
				Subrasante	N.A.																											
S	2	PR 94+0990	D	Base existente	25.0	S.E.	44.5	2436																								
				Subrasante	N.A.	S.E.	14.3	986																								
				Total :	25.0																											
1	2	PR 94+0990 (8.2Tn)	D	RAP60%-SBG40%	25.0		44	2436	2050	5.6	10.8	478	77.9	1.3	2.32			411	184.4	1,880	0.0	477.5	115	239	214.8	2,190	0.1		2,018			
				Base existente	25.0	Total	14.3	986																								
				Subrasante	N.A.																											
2	2	PR 94+0990 (3.5Tn)	D	RAP60%-SBG40%	25.0		44	2436	875	5.6	7.1	239	39	0.98	3.54	1.10	263	2,680	298	272.9	2,783	0.0	239	46.3	239	288	2,937	0.0	259	2,637		
				Base existente	25.0	Total	14.3	986																								
				Subrasante	N.A.																											
S	3	PR 95+0010	I	Base existente	25.0	S.E.	44.5	2436																								
				Subrasante	N.A.	S.E.	14.3	986																								
				Total :	25.0																											
1	3	PR 95+0010 (8.2Tn)	I	RAP60%-SBG40%	25.0		44	2436	2050	5.6	10.8	546	78	1.5	2.32			438.6	155.5	1,586	0.0	545.5	119	239	179.9	1,834	0.1		1,766			
				Base existente	25.0	Total	14.3	986																								
				Subrasante	N.A.																											
2	3	PR 95+0010 (3.5Tn)	I	RAP60%-SBG40%	25.0		44	2436	875	5.6	7.1	376	78	1.54	3.54			139.2	187.6	1,913	0.0	376.1	51	239	165.3	1,686	-0.1	165	1,678			
				Base existente	25.0	Total	14.3	986																								
				Subrasante	N.A.																											
				Total :	50.0																											


 Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño	Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: AI-01 Descripción: Recopilación de datos de resistencia de las capas y análisis de Retrocálculo.
	Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ			

RECOPILACIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA DE LAS CAPAS Y ANÁLISIS DE RETROCALCULO

Objeto: El presente reporte corresponde a la recopilación de los datos obtenidos de resistencia de las capas de apoyo y la capa de material granular cuyo insumo incluye el RAP, incluye también los análisis de retrocálculo con base a las condiciones desarrolladas en los ensayos de campo y laboratorio.

Tipo de proyecto: Rehabilitación **Alcance del proyecto:** Reconstruir la estructura del pavimento, drenaje y subdrenaje. **Tipo de capa evaluada:** SBG, RAP-60%+SBG50-40%

No	Cálculo No	Abscisa	I o D	Plataforma evaluada			Resistencia Capas Inferiores		Carga			Deflexión Medido		TEORIA BICAPA Con Do y MR medido					Resultados Retrocálculo Solo Deflexiones				Resultados Retrocálculo Deflexiones y MRste					Módulo plataforma $E1 = 2^*q*a*(1-u^2)/Do$												
				Tipo de Material	Espesor (cm)	Compactación	CBR (%)	E _{2,3} (Kg/cm ²)	P (Ton)	Q (Kg/cm ²)	a (cm)	Do	D25	F2	H1/a	E1/MR	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	MR Cal (Mpa)	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	% Error	Do Cal	D25 Cal	MR (Mpa)	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	% Error	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)										
S	4	PR 95+0030	D	Base existente	25.0	S.E.	44.5	2436																																
				Subrasante	N.A.	S.E.	14.3	986																																
				Total :	25.0																																			
1		PR 95+0030 (8.2Tn)	D	RAP60%-SBG40%	25.0		44	2436	2050	5.6	10.8	751	351	2.0	2.32				60.7	226.9	2,313	0.0	753.8	131	239	119.3	1,216	-0.4	126	1,284										
				Base existente	25.0		14.3	986						0.82	4.63	1.34	130	1,321	29.45	192.0	1,958	0.0	753.8	131	97	119.3	1,216	-0.4												
				Subrasante	N.A.																																			
				Total :	50.0																																			
2		PR 95+0030 (3.5Tn)	D	RAP60%-SBG40%	25.0		44	2436	875	5.6	7.1	478	117	1.97	3.54				88.62	157.9	1,610	0.0	478.4	54	239	125	1,274	-0.1	129	1,318										
				Base existente	25.0		14.3	986						0.80	7.09	1.38	134	1,362	67.09	148.1	1,510	0.0	477.9	124	97	156.6	1,597	0.0												
				Subrasante	N.A.																																			
				Total :	50.0																																			
S	5	PR 95+0050	I	Base existente	30.0	S.E.	44.5	3341																																
				Subrasante	N.A.	S.E.	20.6	1245																																
				Total :	25.0																																			
1		PR 95+0050 (8.2Tn)	I	RAP60%-SBG40%	25.0		44	3341	2050	5.6	10.8	614	234	2.3	2.32				100	225.2	2,296	0.0	614.5	99	328	142.8	1,456	0.0	154	1,570										
				Base existente	30.0		20.6	1245						0.84	5.10	1.31	160	1,635	68	198.7	2,026	0.0	614.4	191	122	183	1,866	0.0												
				Subrasante	N.A.																																			
				Total :	55.0																																			
2		PR 95+0050 (3.5Tn)	I	RAP60%-SBG40%	25.0		44	3341	875	5.6	7.1	410	136	2.31	3.54				69.15	217.0	2,212	0.0	411	52	328	146.4	1,493	-0.3	151	1,538										
				Base existente	30.0		20.6	1245						0.86	7.80	1.36	166	1,692	41.35	195.8	1,997	0.0	410.2	82	122	164.6	1,678	-0.1												
				Subrasante	N.A.																																			
				Total :	55.0																																			
S	6	PR 95+0077	D	Base existente	30.0	S.E.	70.6	3341																																
				Subrasante	N.A.	S.E.	20.6	1245																																
				Total :	25.0																																			
1		PR 95+0077 (8.2Tn)	D	RAP60%-SBG40%	25.0		70.6	3341	2050	5.6	10.8	478	77.9	1.8	2.32				411.8	184.4	1,881	0.0	477.8	91.4	328	194.7	1,985	0.0	198	2,018										
				Base existente	30.0		20.6	1245						0.66	5.10	1.80	220	2,241	877	183.4	1,870	0.0	476.3	180	122	272.5	2,779	0.3												
				Subrasante	N.A.																																			
				Total :	55.0																																			
2		PR 95+0077 (3.5Tn)	D	RAP60%-SBG40%	25.0		70.6	3341	875	5.6	7.1	239	117	1.35	3.54				66.9	523.4	5,337	0.0	239.3	36	328	266.7	2,720	-0.2	259	2,637										
				Base existente	30.0		20.6	1245						0.50	7.80	2.24	274	2,793	32.98	444.3	4,530	0.0	239.6	74.2	122	343.1	3,498	-0.3												
				Subrasante	N.A.																																			
				Total :	55.0																																			

 Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño	Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: AI-01 Descripción: Recopilación de datos de resistencia de las capas y análisis de Retrocálculo.
	Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ			

RECOPILACIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA DE LAS CAPAS Y ANÁLISIS DE RETROCALCULO

Objeto: El presente reporte corresponde a la recopilación de los datos obtenidos de resistencia de las capas de apoyo y la capa de material granular cuyo insumo incluye el RAP, incluye también los análisis de retrocálculo con base a las condiciones desarrolladas en los ensayos de campo y laboratorio.

Tipo de proyecto: Rehabilitación **Alcance del proyecto:** Reconstruir la estructura del pavimento, drenaje y subdrenaje. **Tipo de capa evaluada:** SBG, RAP-60%+SBG50-40%

No	Cálculo No	Abscisa	I o D	Plataforma evaluada			Resistencia Capas Inferiores		Carga			Deflexión Medido		TEORIA BICAPA Con Do y MR medido					Resultados Retrocálculo Solo Deflexiones				Resultados Retrocálculo Deflexiones y MRste					Módulo plataforma $E1 = 2^*q*a*(1-u^2)/Do$						
				Tipo de Material	Espesor (cm)	Compacción	CBR (%)	$E_{2,3}$ (Kg/cm ²)	P (Ton)	Q (Kg/cm ²)	a (cm)	Do	D25	F2	H1/a	E1/MR	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	MR Cal (Mpa)	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	% Error	Do Cal	D25 Cal	MR (Mpa)	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)	% Error	E1 (Mpa)	E1 (Kg/cm ²)				
S		PR 95+0090	I	Base existente	30.0	S.E.	44.5	3341																										
				Subrasante	N.A.	S.E.	20.6	1245																										
				Total :	25.0																													
1	7	PR 95+0090 (8.2Tn)	I	RAP60%-SBG40%	25.0																													
				Base existente	30.0		44	3341																										
				Subrasante	N.A.		20.6	1245																										
				Total :	55.0				2050	5.6	10.8	375	234	1.4	2.32																			
														0.52	5.10	2.42	295	3,007	74.6	718.3	7,325	0.0	376.2	85	328	265	2,702	-0.2	252	2,568				
2		PR 95+0090 (3.5Tn)	I	RAP60%-SBG40%	25.0																													
				Base existente	30.0		44	3341																										
				Subrasante	N.A.		20.6	1245																										
				Total :	55.0				875	5.6	7.1	205	39	1.15	3.54																			
														0.43	7.80	2.69	328	3,347	285	333.7	3,403	0.0	205	35	328	322.3	3,286	-0.1	302	3,076				

Conclusiones:

Una vez determinado todos los valores de módulos obtenidos a partir de diferentes métodos y condiciones se observa que:

1) Se procedió a evaluar la consistencia de resultados, observándose que los valores obtenidos en **puntos donde no se dispuso en el mismo sitio la valoración de la subrasante y capa de apoyo** de la capa a evaluar (RAP60%-SBG40%) se encontró que **por la variabilidad de deflexiones** obtenidas respecto a las deflexiones donde si se disponían de los ensayos previos, éstas deflexiones inducían a valores aunque en rango aceptables para materiales de tipo sub-base **algo diferentes a los determinados donde se realizaron apiques**; variación que se acredita principalmente a las capas subyacentes a la capa evaluada, en tal sentido, **estos resultados se descartan** como valores de módulo obtenido del modelo aplicado.

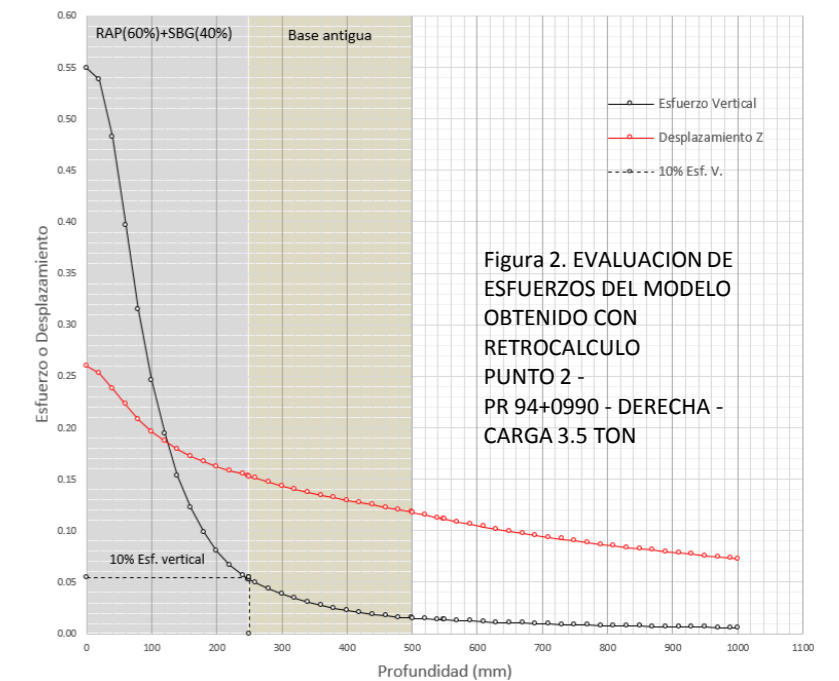
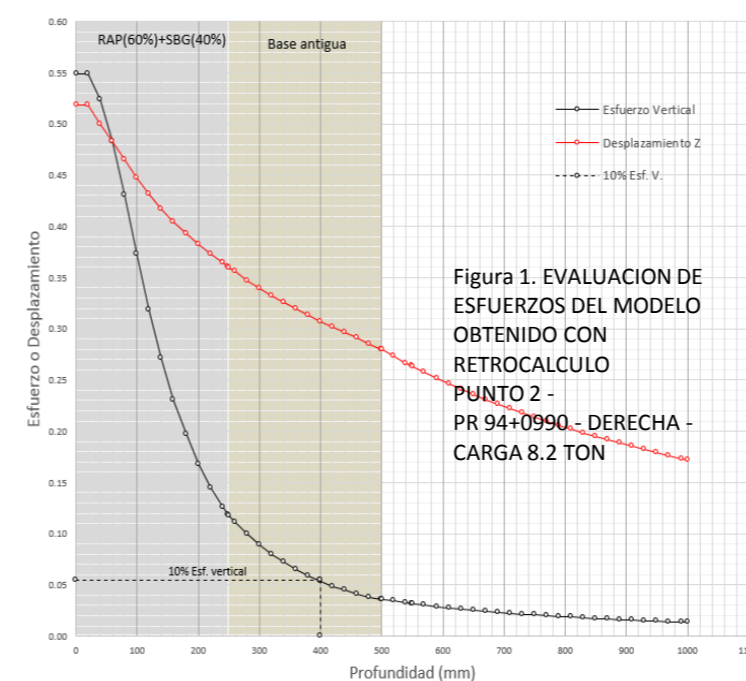
2) En los punto 2, 6 y 7 donde si se disponían resultados directos de resistencia de las capas subyacentes se observan datos muy parecidos y entre las diferentes metodologías con las cuales se obtuvieron los módulos de la capa objetivo se denota consistencia, **pero por efecto del resultado de resistencia** obtenido en las capas subyacentes, los puntos 6 y 7 **disponen valores altos del módulo calculado**; además, considere que tanto la resistencia es la menor obtenida y la humedad es sensiblemente cercana al equilibrio para zona del proyecto. Entoces se descartan estos puntos 6 y 7.

3) Se **escoje** entoces como información primaria el punto evaluado en la zona del primer apique (el No 2), ahora se procede a observar primero que, el análisis realizado por los diferentes métodos de cálculo denota **que lo más real posible es el realizado considerando la resistencia obtenida en campo de las capas subyacentes**, esto es el determinado mediante retrocálculo asumiéndose el módulo de la capa de apoyo y subrasante, el cual se separó en dos (2), el de abajo con los dos datos de subrasante y capa de apoyo, y el de arriba el modelo aplicándose el valor obtenido con la fórmula adoptada por la Shell para material granular como soporte.

4) Para efecto de valorar las condiciones de esfuerzo a las que estuvo sometida la capa objetivo, se trasladó el modelo estructural de cada una en un software de diseño elástico, para el caso se utilizó WinJulea, donde se obtuvieron las curvas de esfuerzo y desplazamiento, donde **se encontró que en el modelo de carga de 3.5 ton, el 90% esfuerzo se concentró en la capa evaluada**, en cambio en el modelo de carga de 8.2 ton el esfuerzo se disipó casi al llegar a la subrasante distribuyéndose en todo el espesor.

5) Considerándose que la capa evaluada presenta mejores características que subyacente (para el caso la base antigua), la capa evaluada debe disponer un mayor valor, es así como el efecto del análisis de la conclusión anterior refleja **que al disponer una carga menor se determina el módulo de la capa superficial**, para el caso la capa objetivo y al contrario, la de carga mayor determina el módulo del conjunto; por lo tanto, se adopta como módulo el obtenido en esta condición esto es $Mr_{(RAP+SBG)} = 404.7 \text{ Mpa}$. Su diferencia refleja el comportamiento normal de los granulares y la subrasante bajo la carga impuesta.

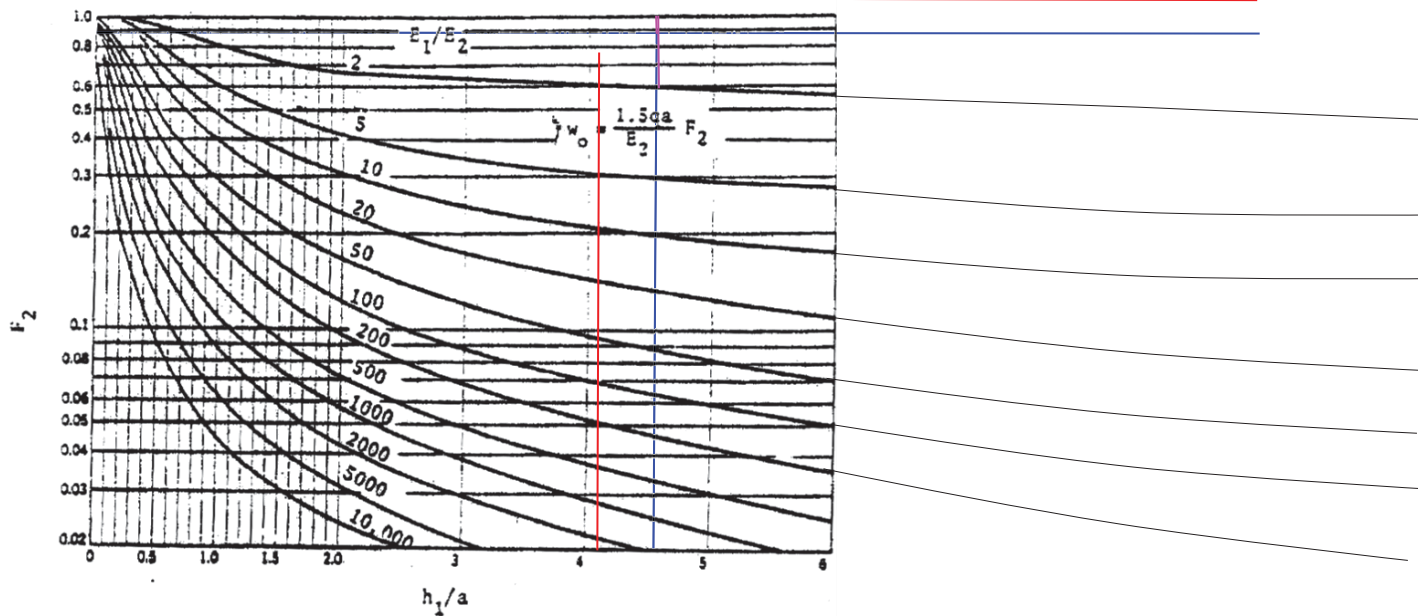
6) Procede el análisis estructural y determinación del módulo adoptado para la estructura, previendo la condición de esfuerzos y ajuste requerido.



Elaboró _____ Revisó _____ Aprobó _____
 Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

No del Cálculo: 1-01 Abscisa: 94+0965 Carga: 8.2 Ton

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER



Entrada : No 1 Salida
 $h_1/a =$ $E_1/E_2 =$
 $h_1 = 25$ $E_2 = 2,436 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_2 = 1.3$ $E_1 = \text{Kg/cm}^2$
 No procede $E_1 = 0 \text{ Mpa}$

Entrada No 2 Salida
 $h_1/a = 4.63$ $E_1/E_2 = 1.2604$
 $h_1 = 50$ $E_2 = 986 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_2 = 0.52$ $E_1 = 1,243 \text{ Kg/cm}^2$
 No procede $E_1 = 122 \text{ Mpa}$

Medida en el ábaco

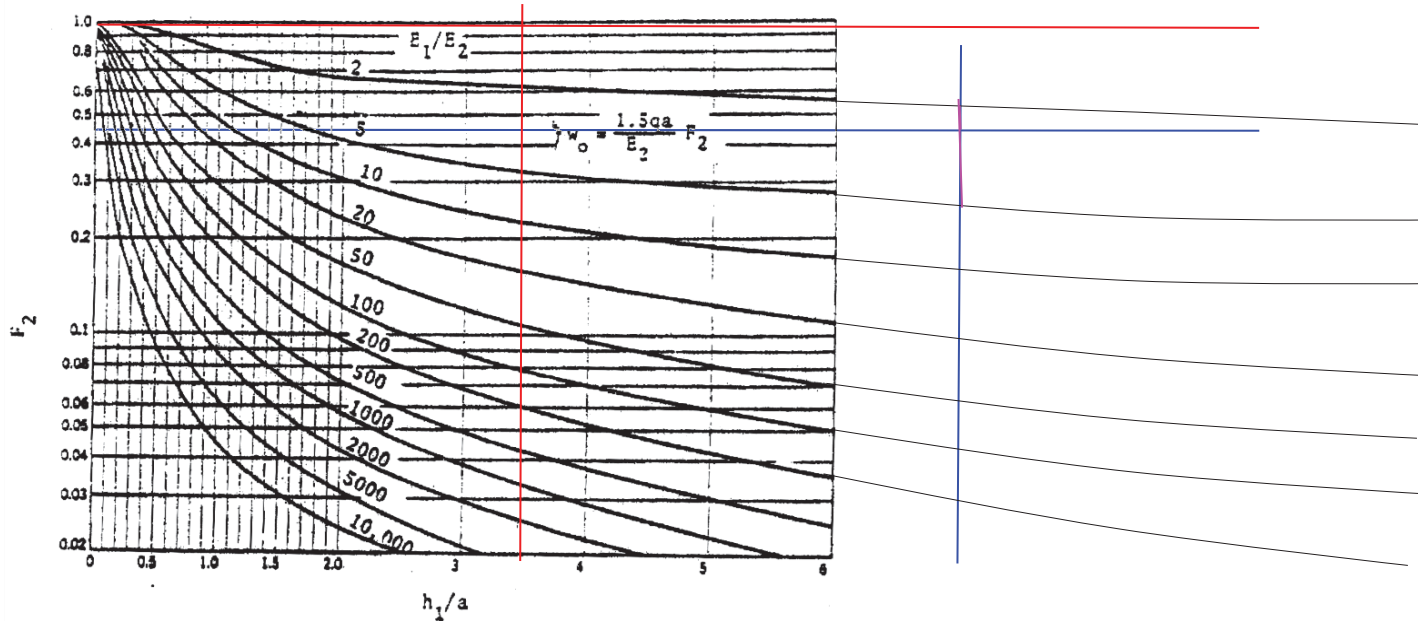
Medida en el ábaco

Long E_1/E_2
 ##### => #####

Long E_1/E_2
 0.96 1
 0.25 0.2604 => 1.2604

No del Cálculo: 1-02 Abscisa: 94+0965 Carga: 3.5 Ton

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER



Entrada : No 1 Salida
 $h_1/a = 25$ $E_1/E_2 = 986 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_2 = 1.3$ $E_1 = \text{Kg/cm}^2$
 No procede $E_1 = 0 \text{ Mpa}$


Entrada No 2 Salida
 $h_1/a = 4.63$ $E_1/E_2 = 2.6549$
 $h_1 = 50$ $E_2 = 986 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_2 = 0.4$ $E_1 = 2,618 \text{ Kg/cm}^2$
 No procede $E_1 = 257 \text{ Mpa}$

Medida en el ábaco

Medida en el ábaco

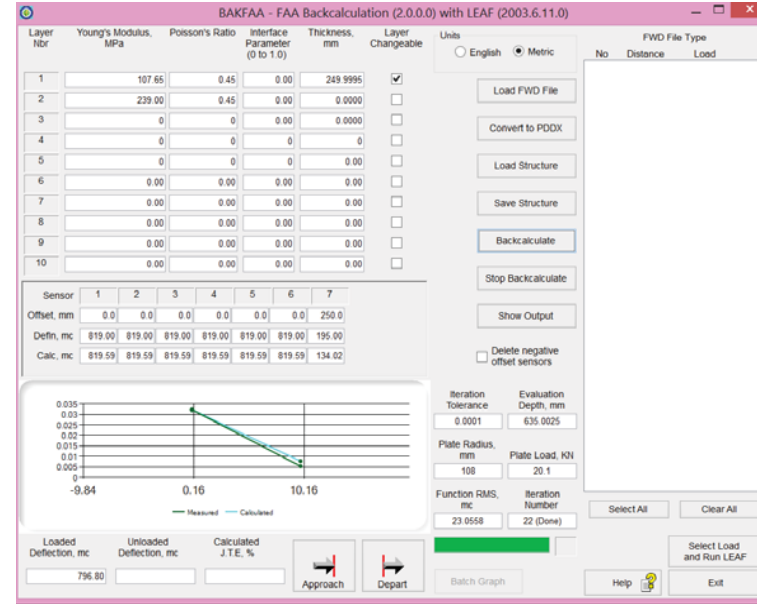
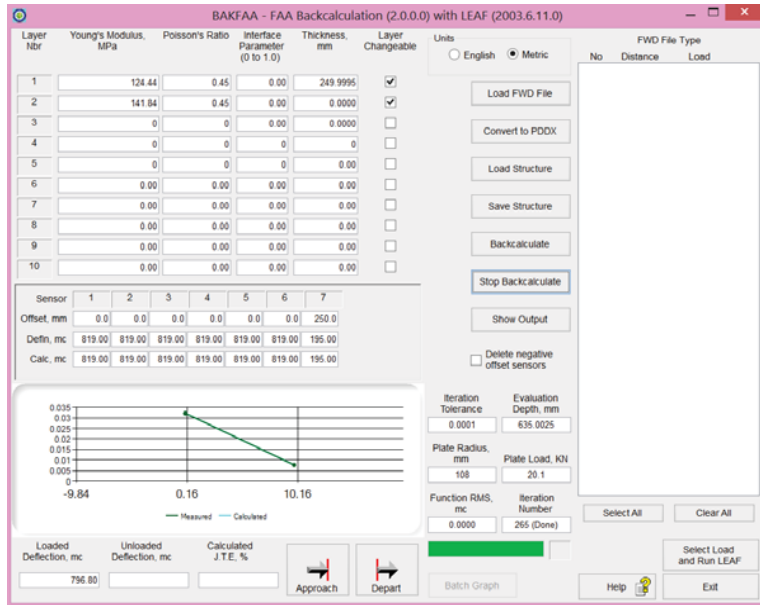
Long E_1/E_2
 ##### => #####

Long E_1/E_2
 1.42 3
 0.31 0.6549 => 2.6549

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 1-02 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	--	---

No del Cálculo: 1-02 Abscisa: 94+0965
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
E_{i2} = 2436 Kg/cm² = 239 Mpa Do = 819 D₂₅ = 195

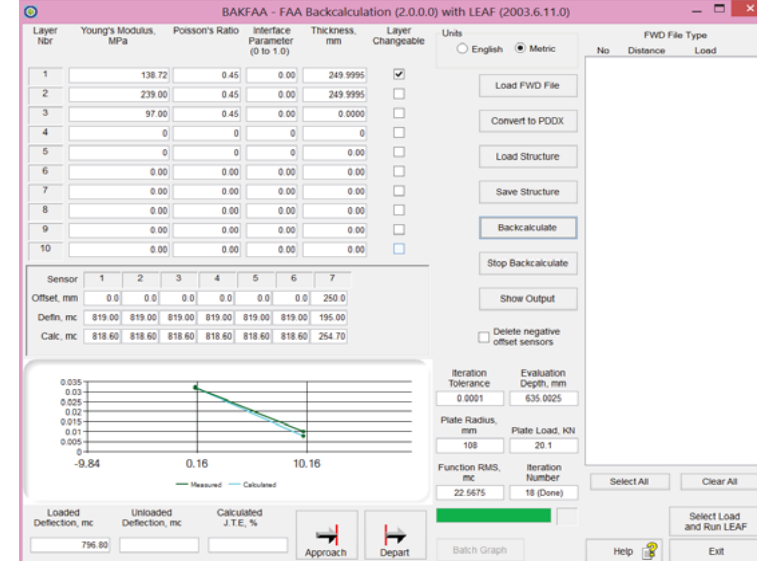
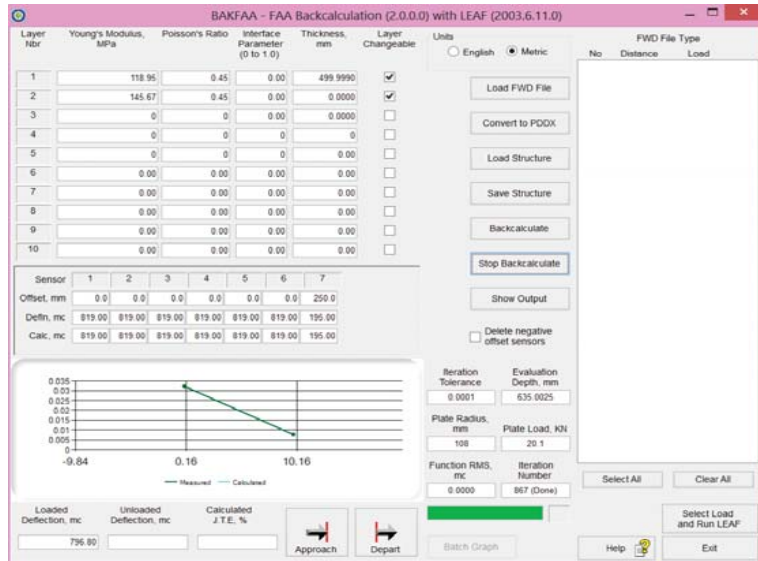
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
E_{i2} = 2436 Kg/cm² = 239 Mpa Do = 819 D₂₅ = 195




Carga:
8.2 Ton

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.50 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
E_{i2} = 986 Kg/cm² = 97 Mpa Do = 819 D₂₅ = 195

Mr y deflexión, libre E1 h = 0.50 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
E_{i2} = 986 Kg/cm² = 97 Mpa Do = 819 D₂₅ = 195

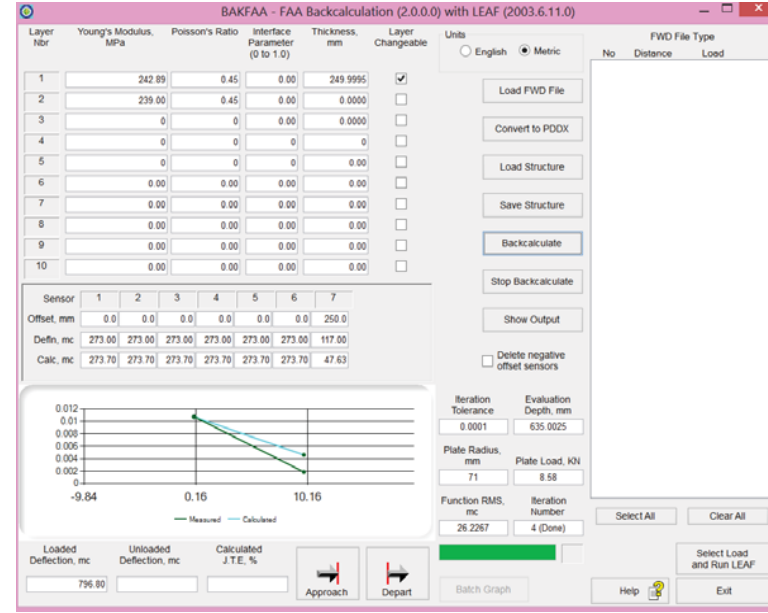
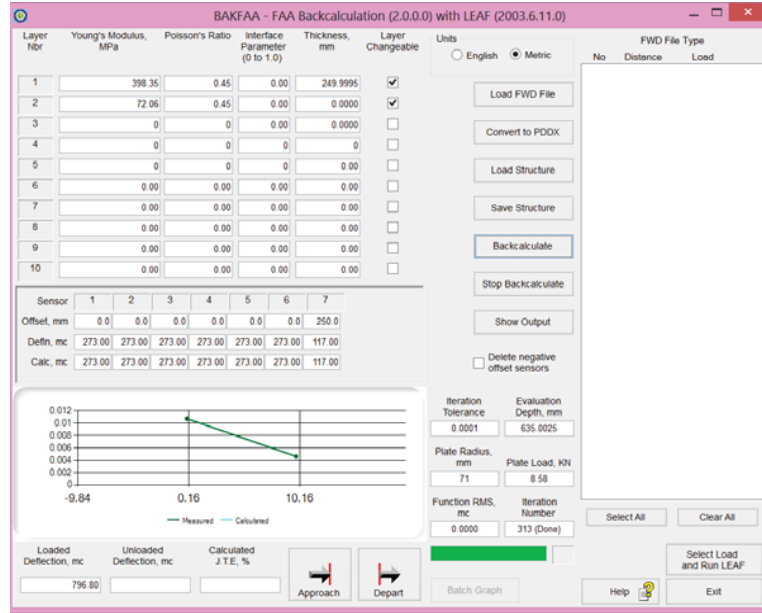


B09 - 6 de 28

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 1-02 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	--	---

No del Cálculo: 1-02 **Abscisa:** 94+0965
Solo deflexiones, libre Mr y E1 $h = 0.25$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_2 = 2436 \text{ Kg/cm}^2 = 239 \text{ Mpa}$ $Do = 273 \text{ D}_{25} = 117$

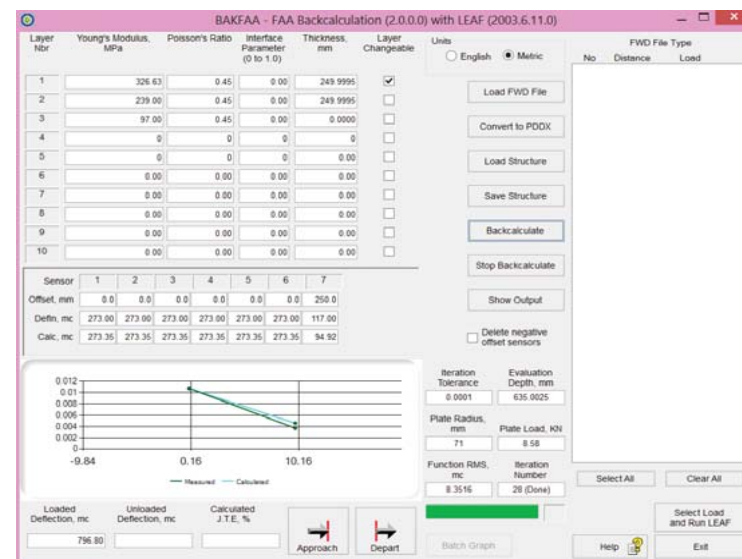
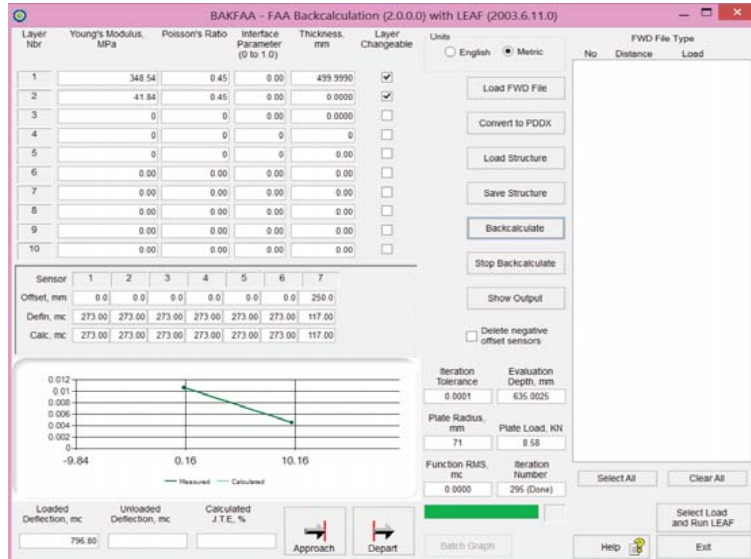
Mr y deflexión, libre E1 $h = 0.25$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_2 = 2436 \text{ Kg/cm}^2 = 239 \text{ Mpa}$ $Do = 273 \text{ D}_{25} = 117$



Carga:
3.5 Ton

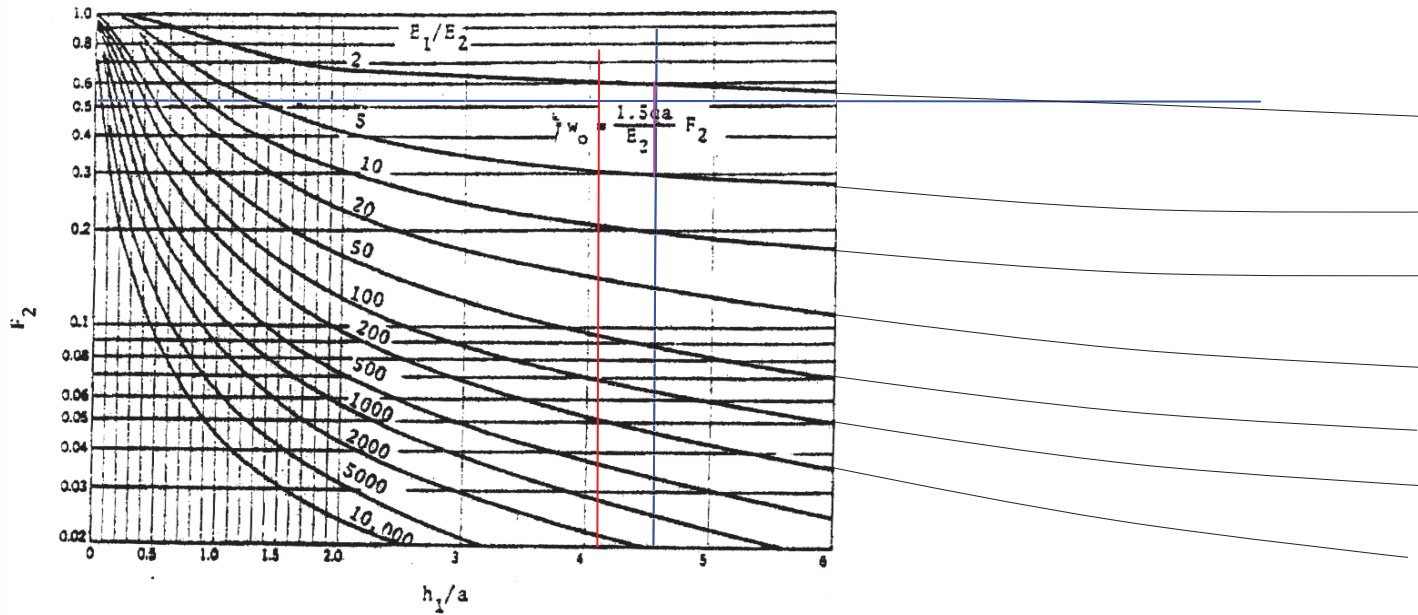
Solo deflexiones, libre Mr y E1 $h = 0.50$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_2 = 986 \text{ Kg/cm}^2 = 97 \text{ Mpa}$ $Do = 273 \text{ D}_{25} = 117$

Mr y deflexión, libre E1 $h = 0.50$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_2 = 986 \text{ Kg/cm}^2 = 97 \text{ Mpa}$ $Do = 273 \text{ D}_{25} = 117$



No del Cálculo: 2-01 Abscisa: 94+0990 Carga: 8.2 Ton

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER



Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	No 2	Salida
$h_1/a =$		$E_1/E_2 =$	$h_1/a =$	4.63	$E_1/E_2 =$ 2.528
$h_1 =$	25	$E_2 =$	$h_1 =$	50	$E_2 =$ 986 Kg/cm ²
$F_2 =$	1.3	$E_1 =$	$F_2 =$	0.52	$E_1 =$ 2,493 Kg/cm ²
No procede		$E_1 =$	No procede		$E_1 =$ 244 Mpa
		0 Mpa			



Proyecto de grado:
 METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
 ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

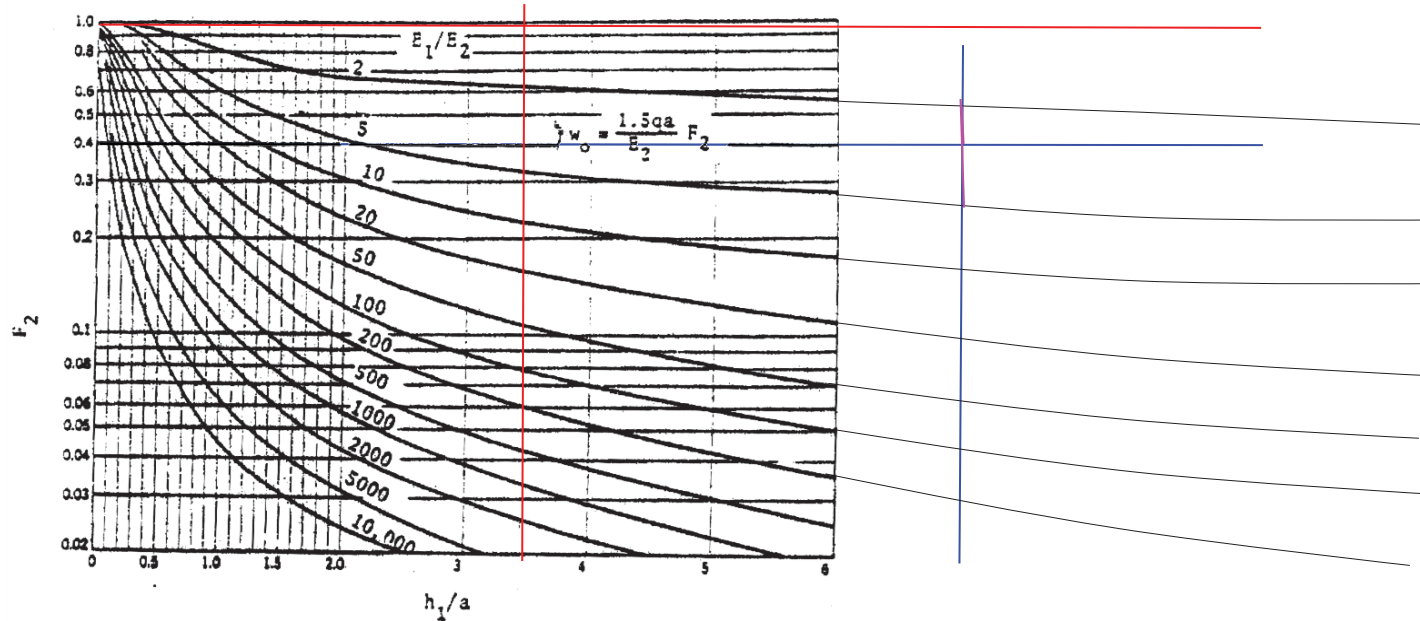
Proyecto:
 Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ
Fuentes:
 RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
 Sub-Base Granular: Galindez PR 11


Anexo No:
 SP: AI-01 - (2-02 8.2 Burmister)
Descripción:
 Recopilación de datos de resistencia de las capas y análisis de Retrocálculo.

No del Cálculo: 2-02 Abscisa: 94+0990 Carga: 3.5 Ton

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER

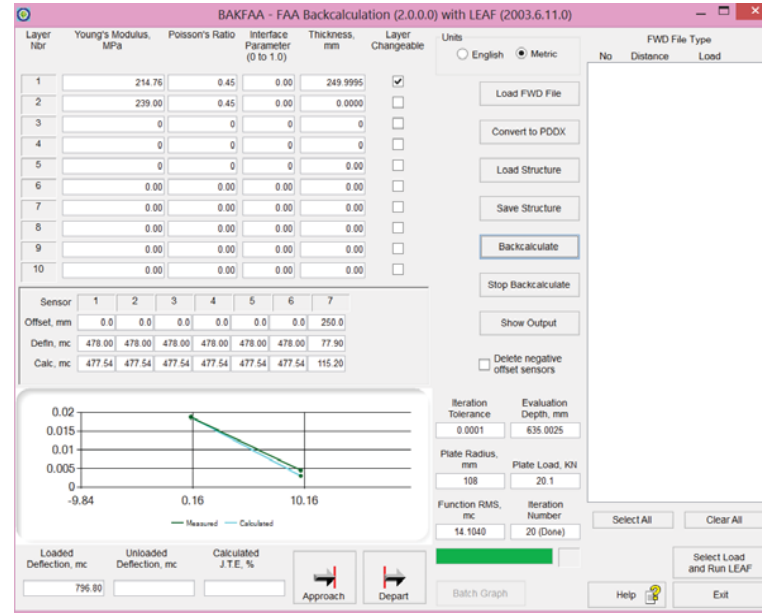
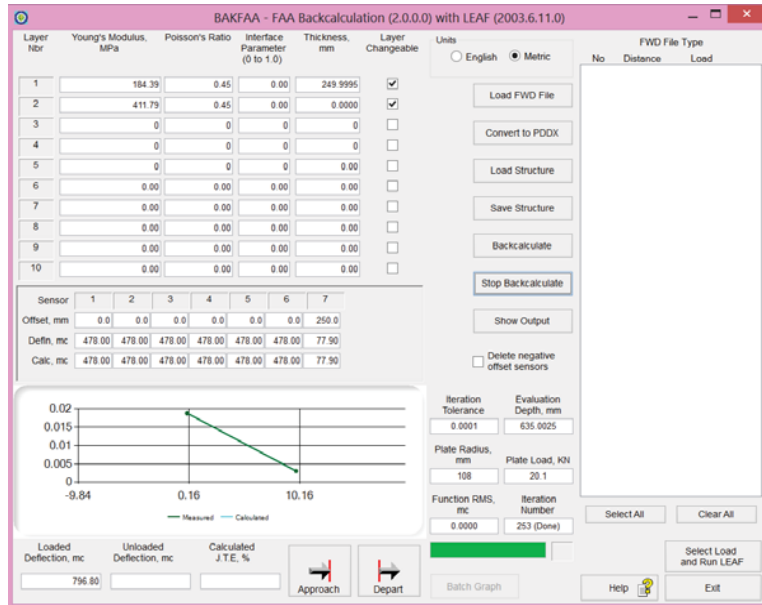


Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	No 2	Salida
h1/a =	3.54	E1/E2 = 1.1	h1/a =	4.63	E1/E2 = 3.0563
h1 =	25	E2 = 2,436 Kg/cm2	h1 =	50	E2 = 986 Kg/cm2
F2 =	0.98	E1 = 2,680 Kg/cm2	F2 =	0.4	E1 = 3,014 Kg/cm2
		E1 = 263 Mpa	No procede		E1 = 296 Mpa

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 2-01 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	---	---

No del Cálculo: 2-01 **Abscisa:** 94+0990
Solo deflexiones, libre Mr y E1 $h = 0.25$ Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
 $E_2 = 2436 \text{ Kg/cm}^2 = 239 \text{ Mpa}$ $Do = 478 \text{ D}_{25} = 77.9$

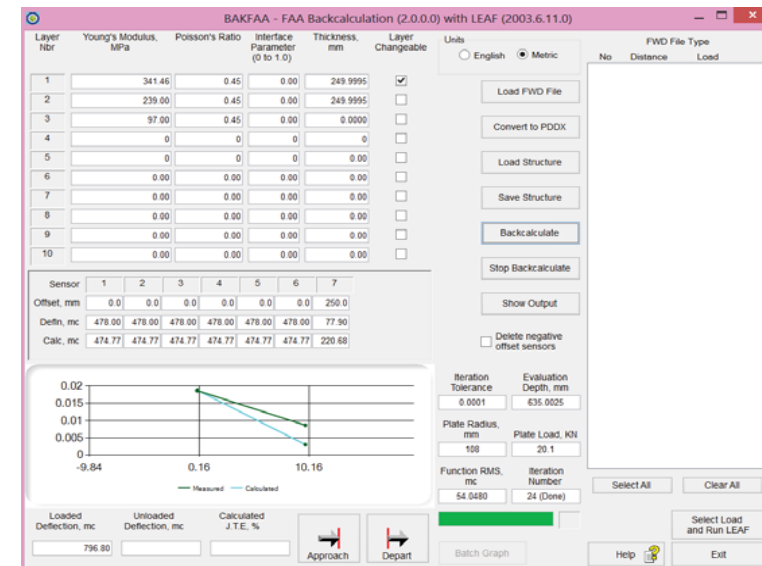
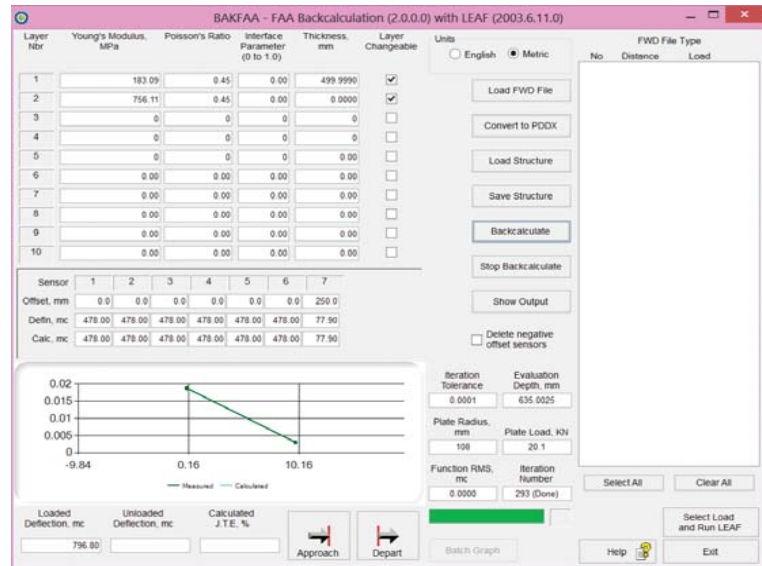
Mr y deflexión, libre E1 $h = 0.25$ Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
 $E_2 = 2436 \text{ Kg/cm}^2 = 239 \text{ Mpa}$ $Do = 478 \text{ D}_{25} = 77.9$



Carga:
8.2 Ton

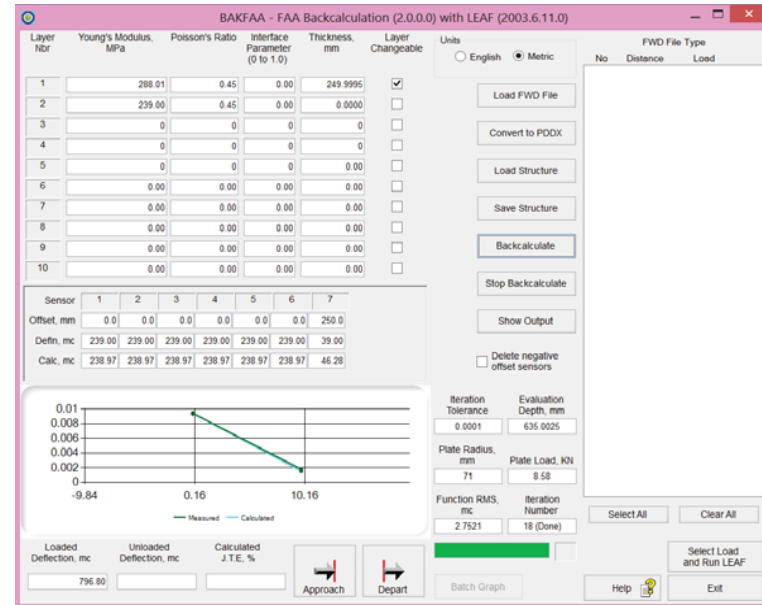
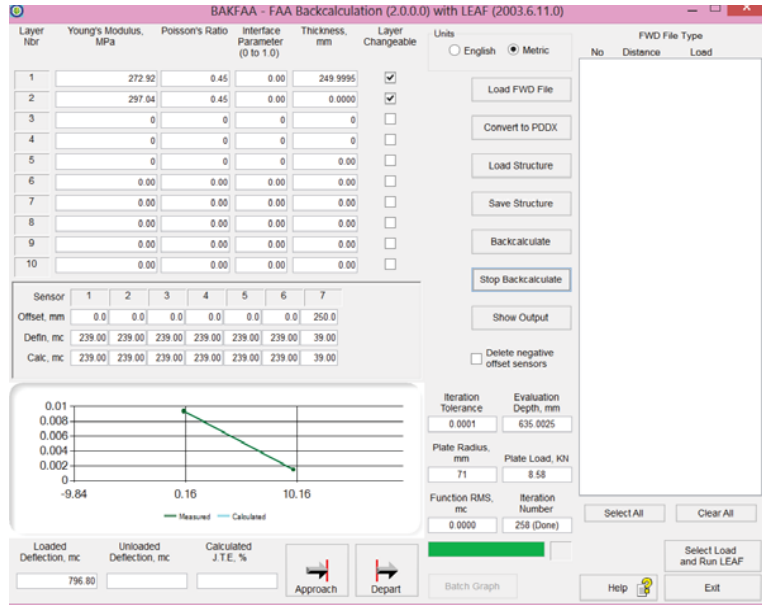
Solo deflexiones, libre Mr y E1 $h = 0.50$ Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
 $E_2 = 986 \text{ Kg/cm}^2 = 97 \text{ Mpa}$ $Do = 478 \text{ D}_{25} = 77.9$

Mr y deflexión, libre E1 $h = 0.50$ Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
 $E_2 = 986 \text{ Kg/cm}^2 = 97 \text{ Mpa}$ $Do = 478 \text{ D}_{25} = 77.9$



No del Cálculo: 2-02 **Abscisa:** 94+0990
Solo deflexiones, libre Mr y E1 $h = 0.25$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_i = 2436 \text{ Kg/cm}^2 = 239 \text{ Mpa}$ $D_{25} = 39$

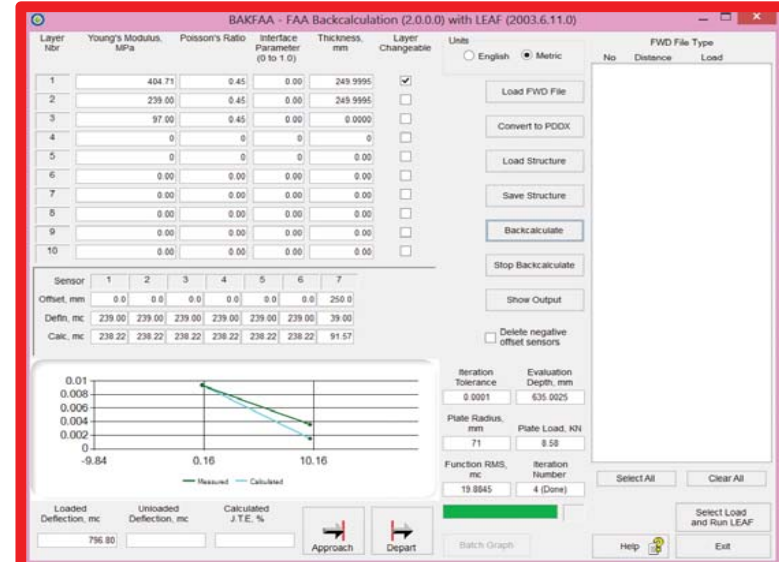
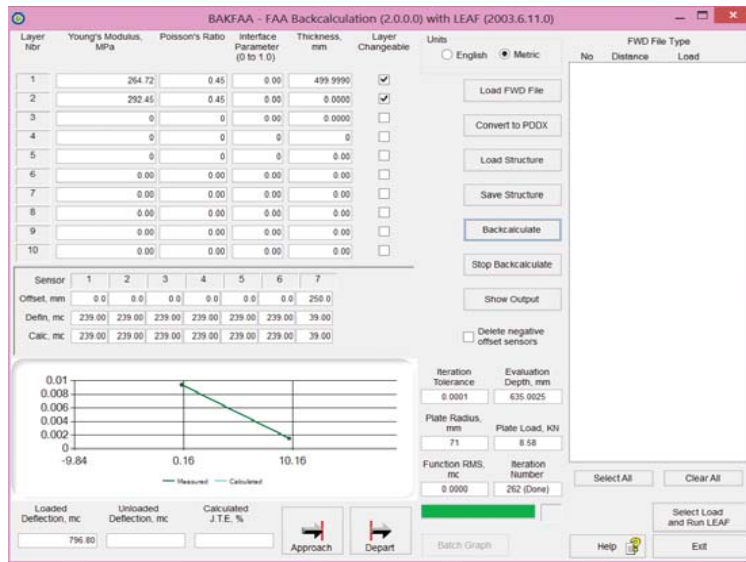
Mr y deflexión, libre E1 $h = 0.25$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_i = 2436 \text{ Kg/cm}^2 = 239 \text{ Mpa}$ $D_{25} = 39$



Carga:
3.5 Ton

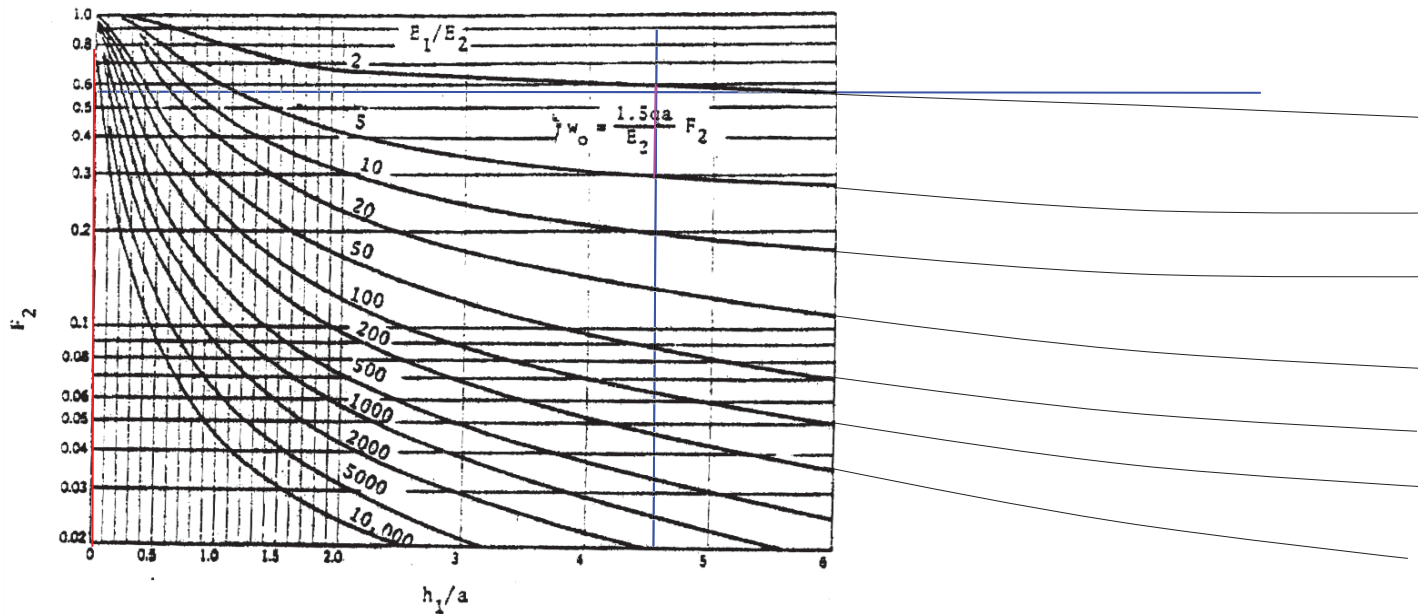
Solo deflexiones, libre Mr y E1 $h = 0.50$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_i = 986 \text{ Kg/cm}^2 = 97 \text{ Mpa}$ $D_{25} = 39$

Mr y deflexión, libre E1 $h = 0.50$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_i = 986 \text{ Kg/cm}^2 = 97 \text{ Mpa}$ $D_{25} = 39$



No del Cálculo: 3-01 Abscisa: 95+0010 Carga: 8.2 Ton

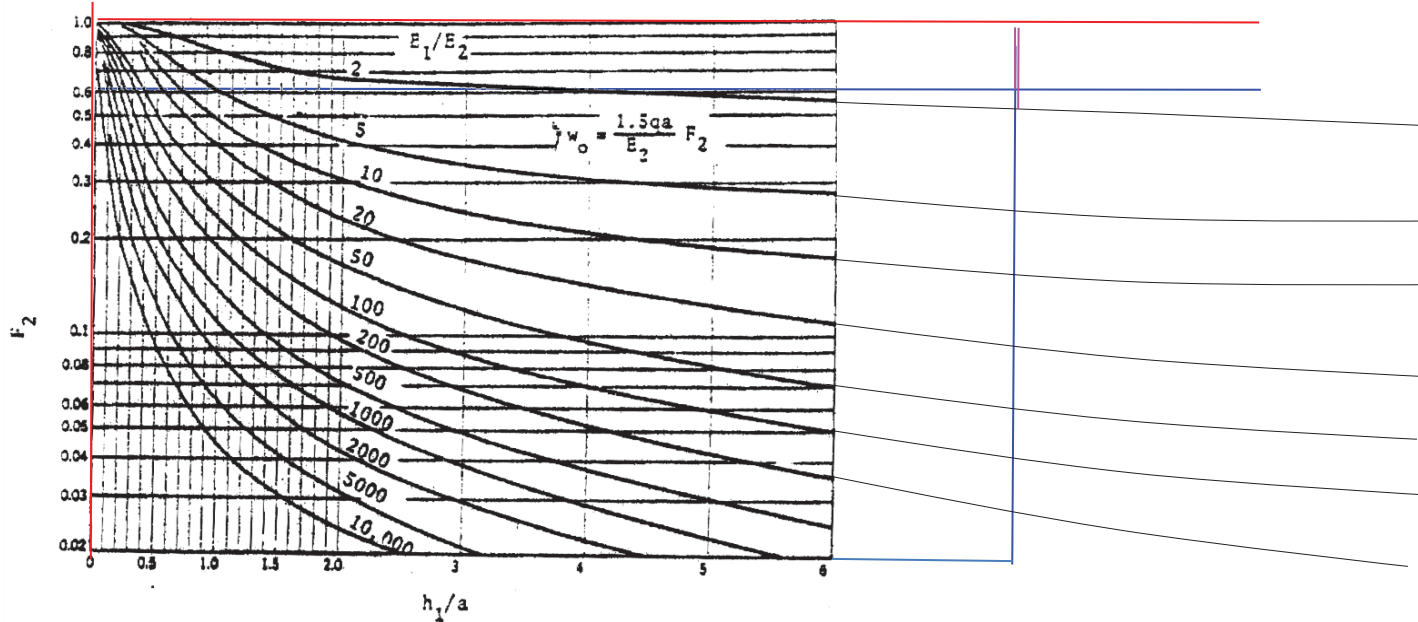
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER




Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	No 2	Salida
$h_1/a =$		$E_1/E_2 =$	$h_1/a =$	4.63	$E_1/E_2 =$
$h_1 =$	25	$E_2 =$	$h_1 =$	50	$E_2 =$
$F_2 =$	1.5	$E_1 =$	$F_2 =$	0.59	$E_1 =$
No procede		$E_1 =$	No procede		$E_1 =$
		0 Mpa			212 Mpa

No del Cálculo: 3-02 Abscisa: 95+0010 Carga: 3.5 Ton

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER



Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	No 2	Salida
h1/a =	3.54	E1/E2 =	h1/a =	7.69	E1/E2 = 1.7736
h1 =	25	E2 =	h1 =	50	E2 = 986 Kg/cm ²
F ₂ =	1.54	E1 =	F ₂ =	0.62	E1 = 1,749 Kg/cm ²
No procede		E1 =			E1 = 171 Mpa

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 3-01 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	---	---


No del Cálculo: 3-01 Abscisa: 95+0010
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
Ei₂ = 2436 Kg/cm² = 239 Mpa Do = 546 D₂₅ = 78

Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
Ei₂ = 2436 Kg/cm² = 239 Mpa Do = 546 D₂₅ = 78

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.50 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
Ei₂ = 986 Kg/cm² = 97 Mpa Do = 546 D₂₅ = 78

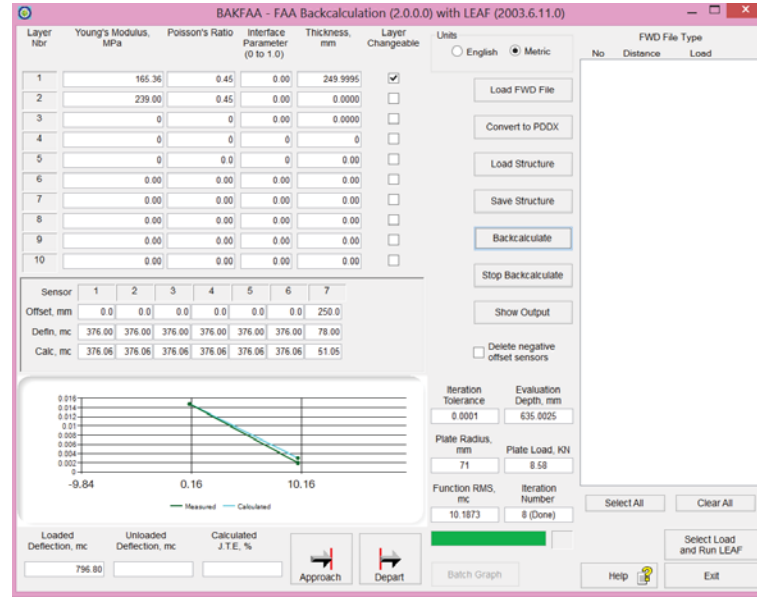
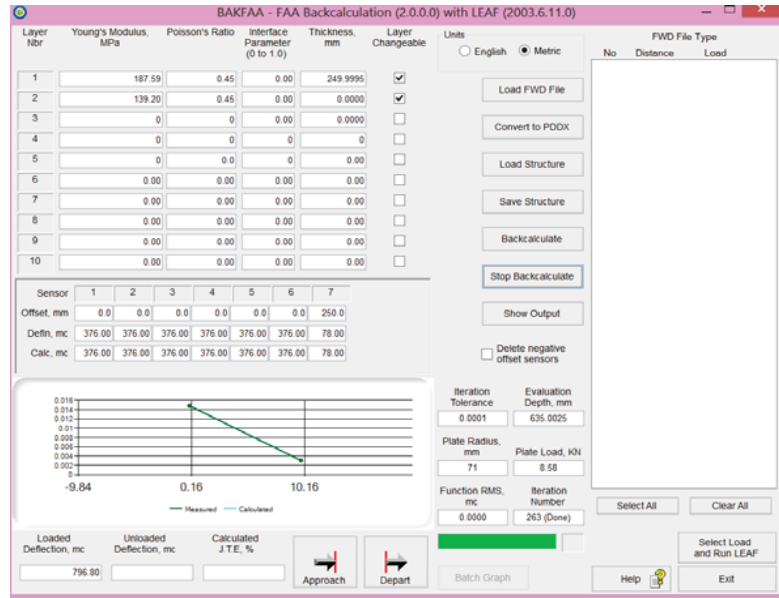
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.50 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
Ei₂ = 986 Kg/cm² = 97 Mpa Do = 546 D₂₅ = 78

Carga:
8.2 Ton

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 3-02 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	---	---

No del Cálculo: 3-02 Abscisa: 95+0010
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 2436 Kg/cm2 = 239 Mpa Do = 376 D₂₅ = 78

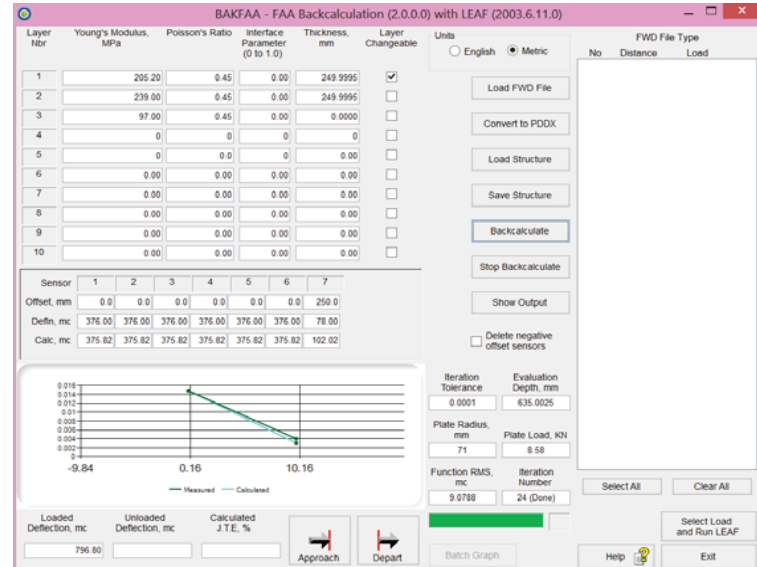
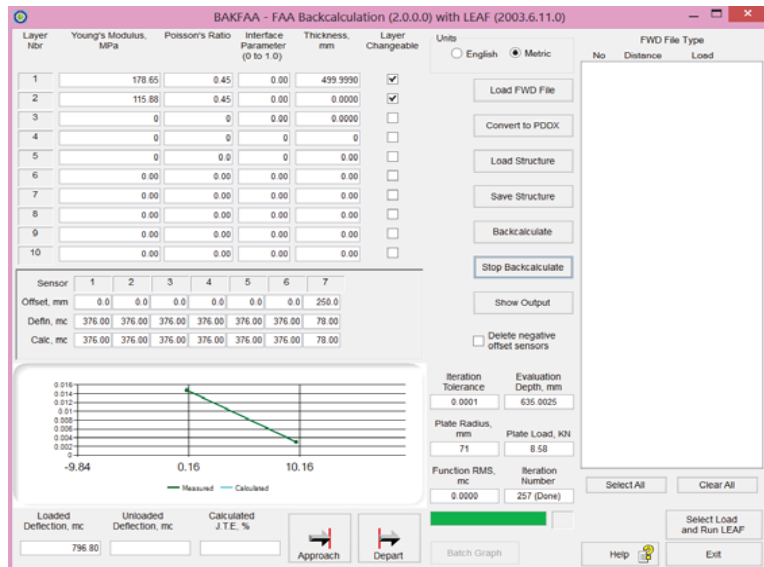
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 2436 Kg/cm2 = 239 Mpa Do = 376 D₂₅ = 78



Carga:
3.5 Ton

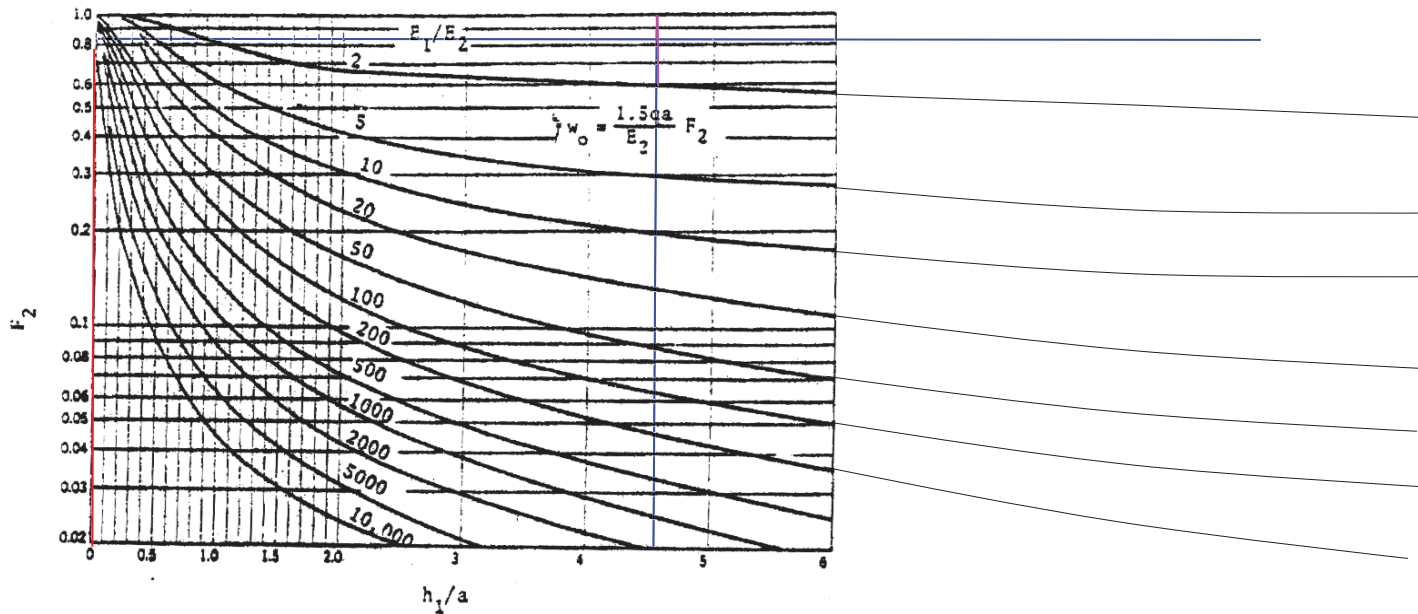
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.50 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 986 Kg/cm2 = 97 Mpa Do = 376 D₂₅ = 78

Mr y deflexión, libre E1 h = 0.50 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 986 Kg/cm2 = 97 Mpa Do = 376 D₂₅ = 78



No del Cálculo: 4-01 Abscisa: 95+0030 Carga: 8.2 Ton

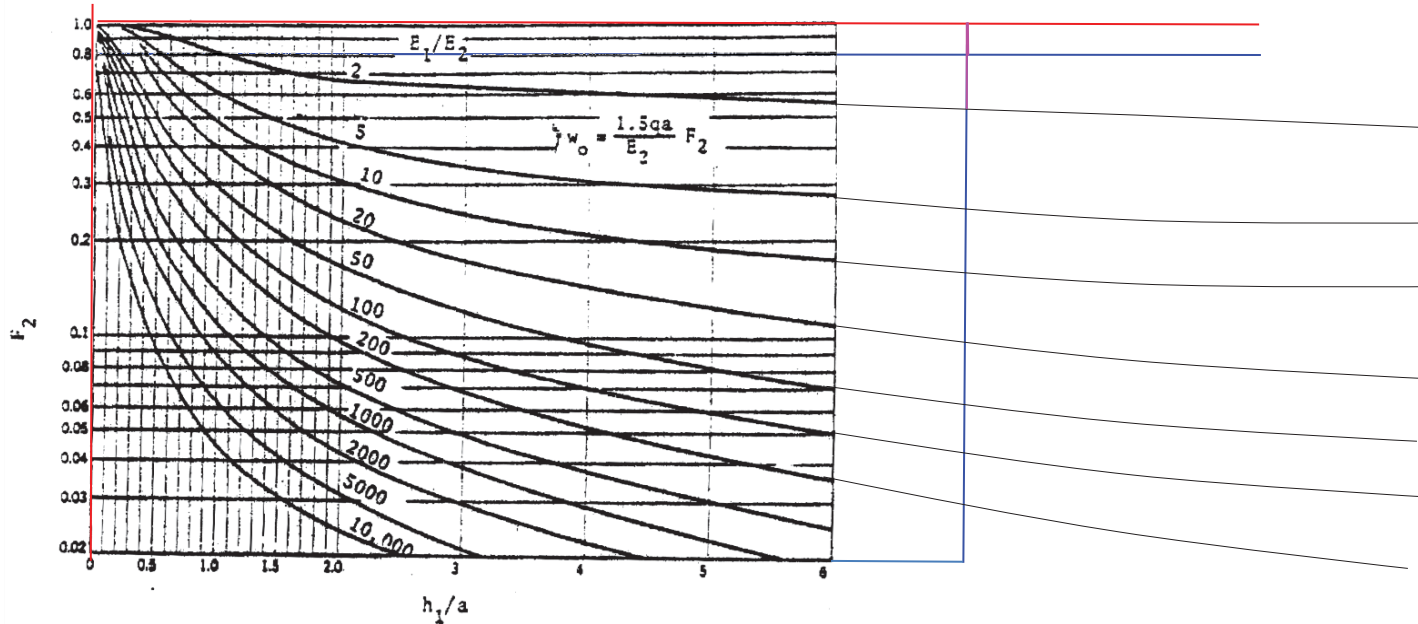
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER



Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	<u>No 2</u>	Salida
$h_1/a =$	2.32	$E_1/E_2 =$	$h_1/a =$	4.63	$E_1/E_2 =$ 1.340
$h_1 =$	25	$E_2 =$	$h_1 =$	50	$E_2 =$ 986 Kg/cm ²
$F_2 =$	2	$E_1 =$	$F_2 =$	0.82	$E_1 =$ 1,322 Kg/cm ²
No procede		$E_1 =$	No procede		$E_1 =$ 130 Mpa
		0 Mpa			

No del Cálculo: 4-02 Abscisa: 95+0030 Carga: 3.5 Ton

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER



Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	<u>No 2</u>	Salida
h1/a =	3.54	E1/E2 =	h1/a =	7.09	E1/E2 = 1.3826
h1 =	25	E2 =	h1 =	50	E2 = 986 Kg/cm2
F2 =	1.97	E1 =	F2 =	0.8	E1 = 1,363 Kg/cm2
No procede		E1 =			E1 = 134 Mpa



Proyecto de grado:
 METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
 ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

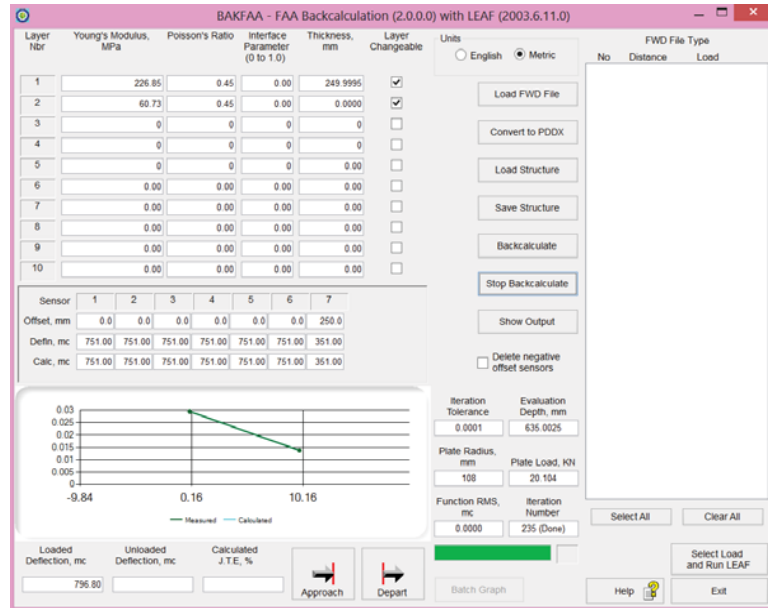
Proyecto:
 Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ
Fuentes:
 RAP - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
Sub-Base Granular: Galindez PR 11

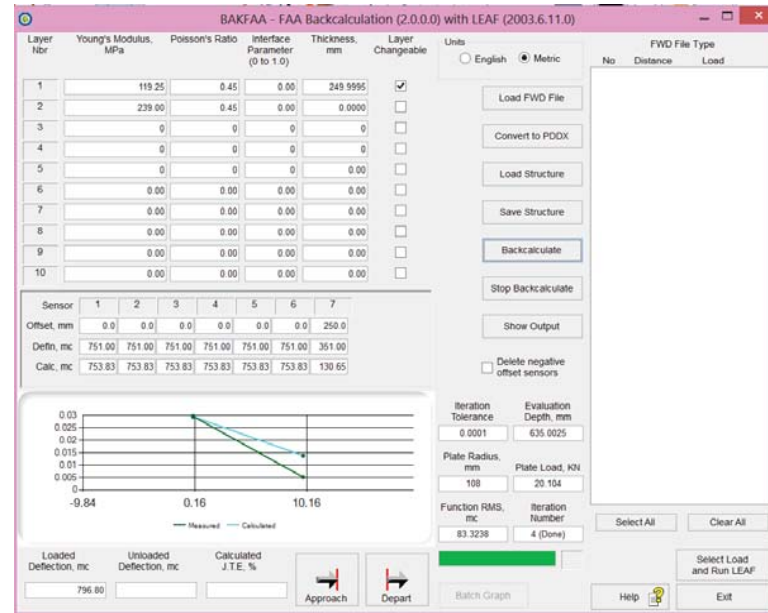
Anexo Formato: SP- AI-01 (BACKFAA)
 AI-01 4-01
Descripción:
 REPORTE DE RETROCALCULO.

No del Cálculo: 4-01 Abscisa: 95+0030

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
 $E_{i2} = 2436 \text{ Kg/cm}^2 = 239 \text{ Mpa}$ Do = 751 D₂₅ = 351

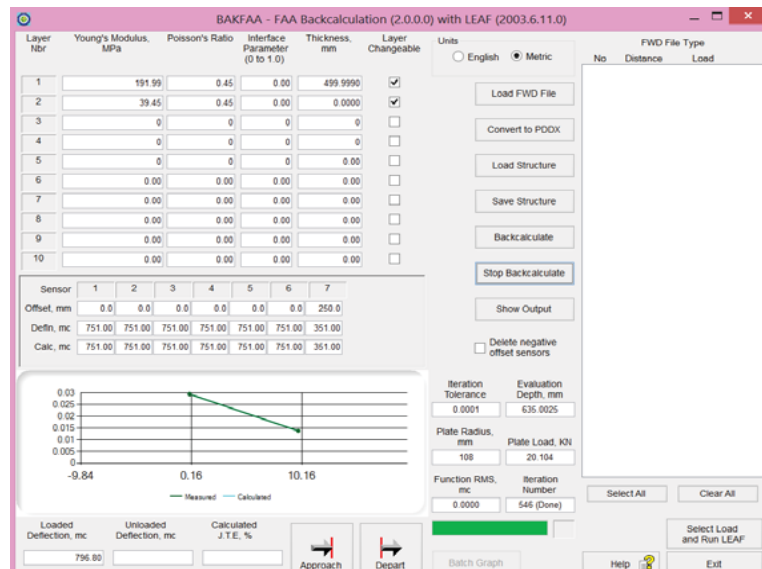


Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
 $E_{i2} = 2436 \text{ Kg/cm}^2 = 239 \text{ Mpa}$ Do = 751 D₂₅ = 351

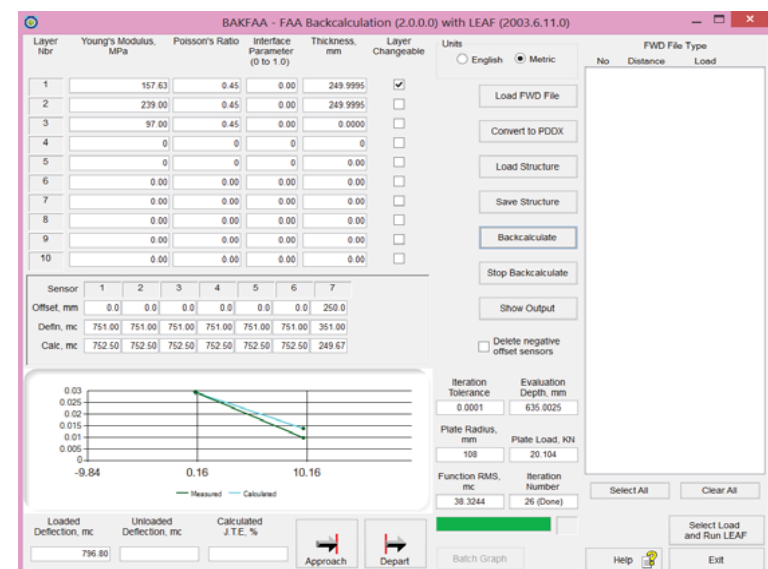



Carga:
 8.2 Ton

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.50 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
 $E_{i2} = 986 \text{ Kg/cm}^2 = 97 \text{ Mpa}$ Do = 751 D₂₅ = 351



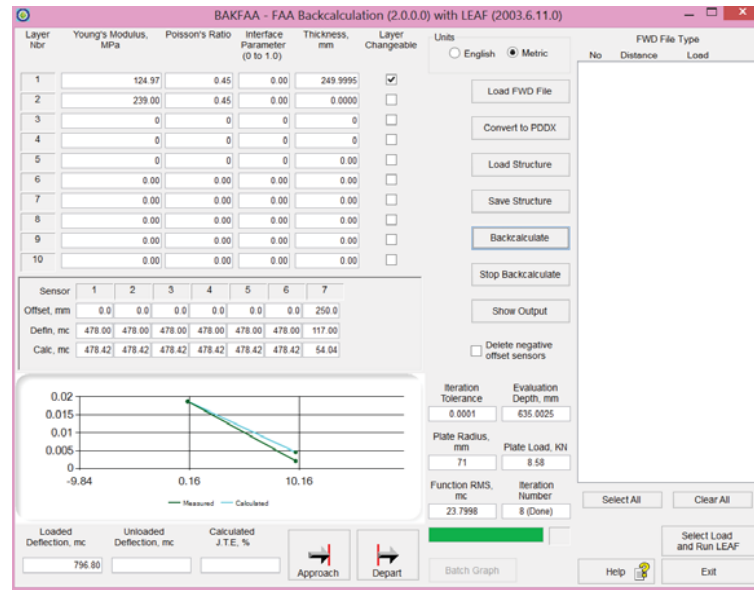
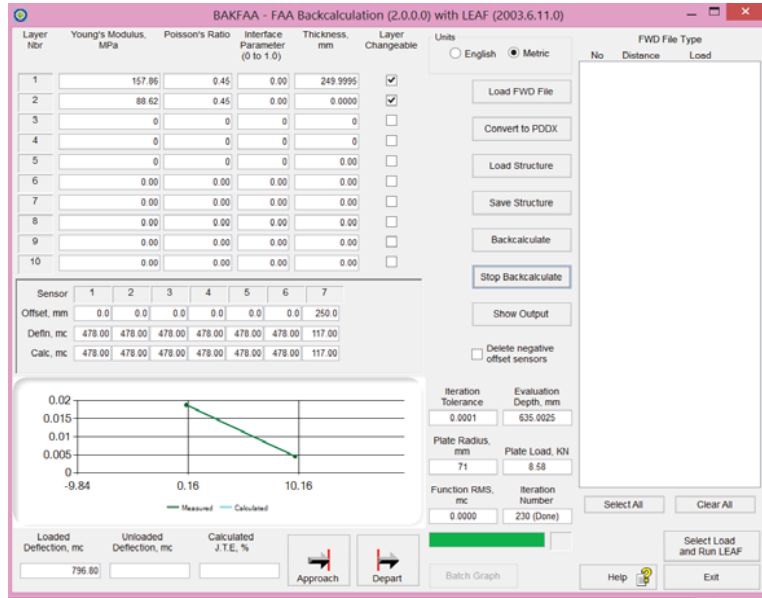
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.50 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
 $E_{i2} = 986 \text{ Kg/cm}^2 = 97 \text{ Mpa}$ Do = 751 D₂₅ = 351



 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 4-02 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	---	--

No del Cálculo: 4-02 Abscisa: 95+0030
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 2436 Kg/cm² = 239 Mpa Do = 478 D₂₅ = 117

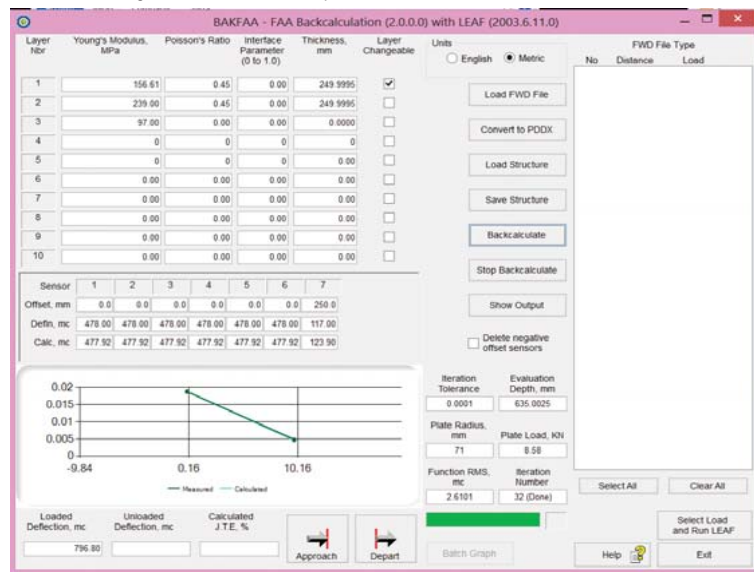
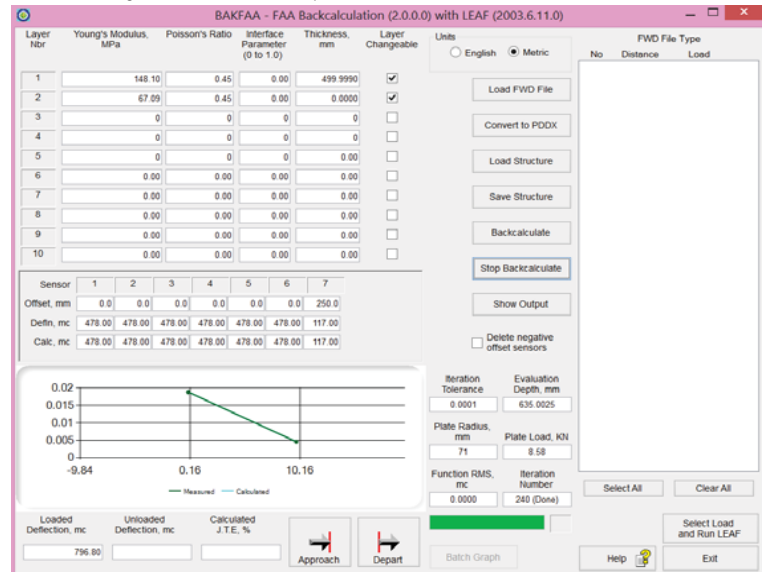
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 2436 Kg/cm² = 239 Mpa Do = 478 D₂₅ = 117




Carga:
3.5 Ton

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.50 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 986 Kg/cm² = 97 Mpa Do = 478 D₂₅ = 117

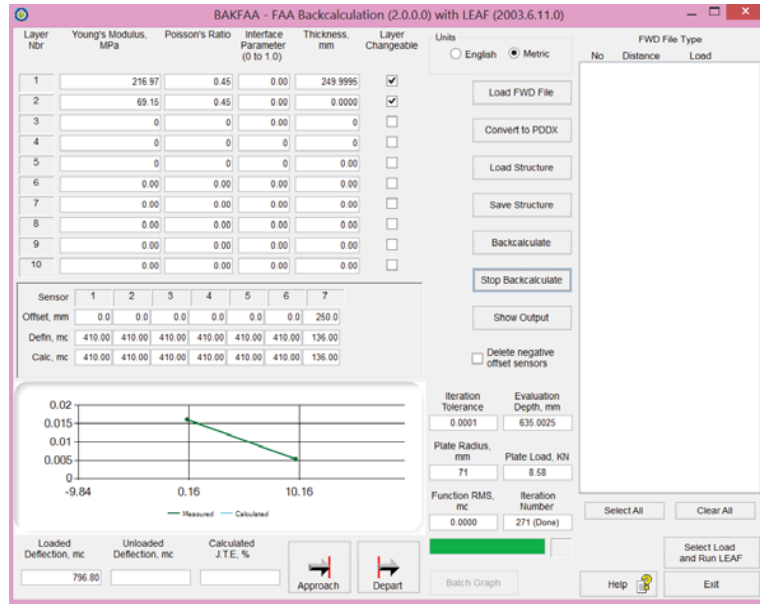
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.50 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 986 Kg/cm² = 97 Mpa Do = 478 D₂₅ = 117



 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 5-02 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	---	---

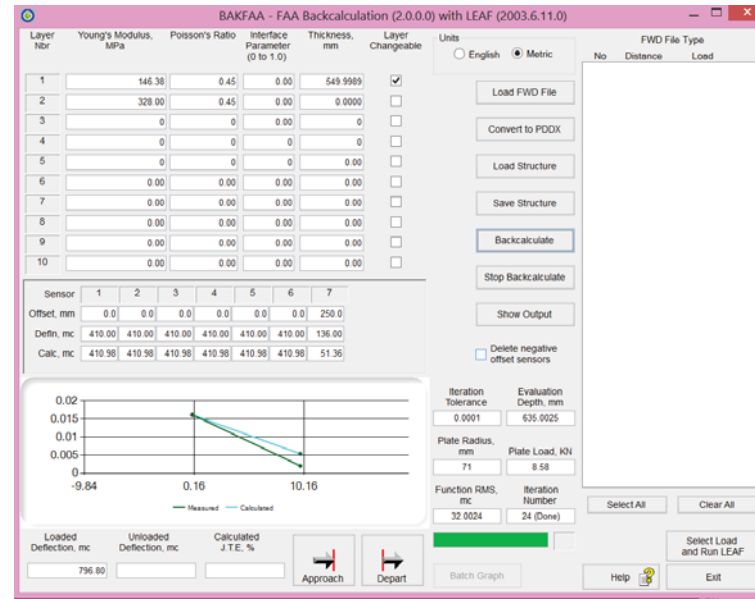
No del Cálculo: 5-02 Abscisa: 95+0050
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
Ei₂ = 3341 Kg/cm² = 328 Mpa Do = 410 D₂₅ = 136

Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
Ei₂ = 3341 Kg/cm² = 328 Mpa Do = 410 D₂₅ = 136



Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 635.0025
Plate Radius, mm: 71 Plate Load, KN: 8.58
Function RMS, mc: 0.0000 Iteration Number: 271 (Done)

Loaded Deflection, mc: 796.80 Unloaded Deflection, mc: Calculated J.T.E. %: Approach Depart



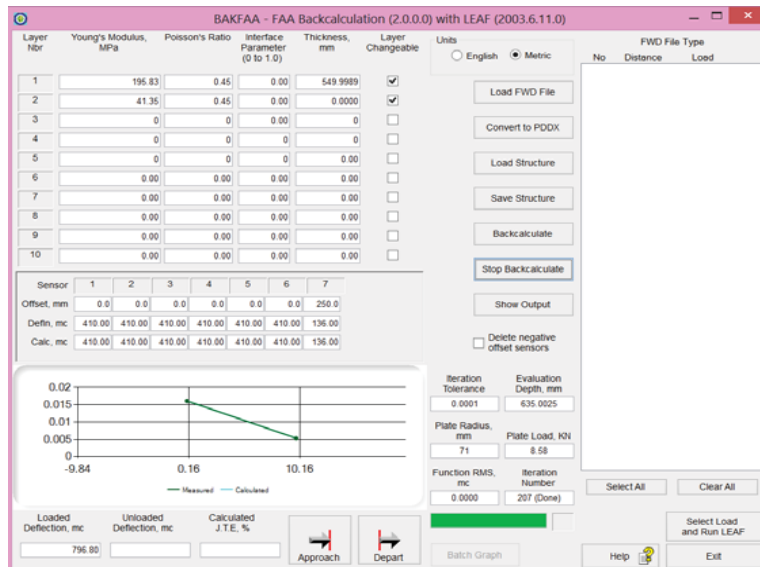
Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 635.0025
Plate Radius, mm: 71 Plate Load, KN: 8.58
Function RMS, mc: 32.0024 Iteration Number: 24 (Done)

Loaded Deflection, mc: 796.80 Unloaded Deflection, mc: Calculated J.T.E. %: Approach Depart

Carga:
3.5 Ton

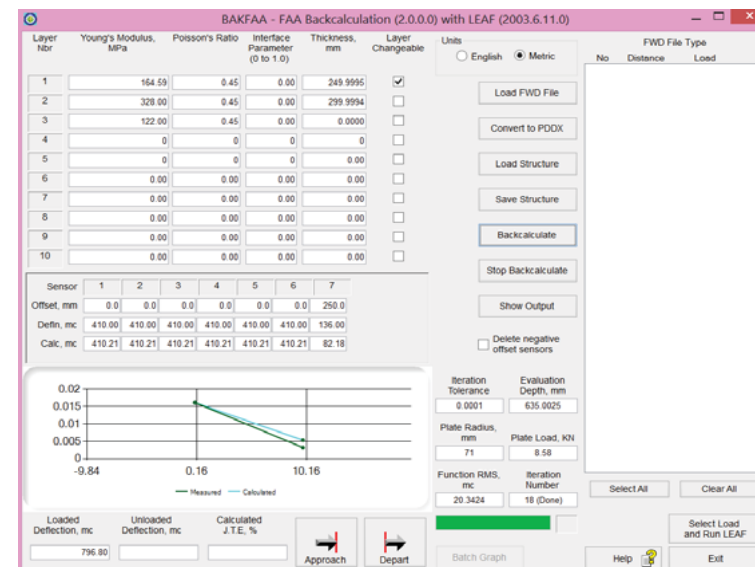
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.55 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
Ei₂ = 1245 Kg/cm² = 122 Mpa Do = 410 D₂₅ = 136

Mr y deflexión, libre E1 h = 0.55 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
Ei₂ = 1245 Kg/cm² = 122 Mpa Do = 410 D₂₅ = 136



Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 635.0025
Plate Radius, mm: 71 Plate Load, KN: 8.58
Function RMS, mc: 0.0000 Iteration Number: 207 (Done)

Loaded Deflection, mc: 796.80 Unloaded Deflection, mc: Calculated J.T.E. %: Approach Depart

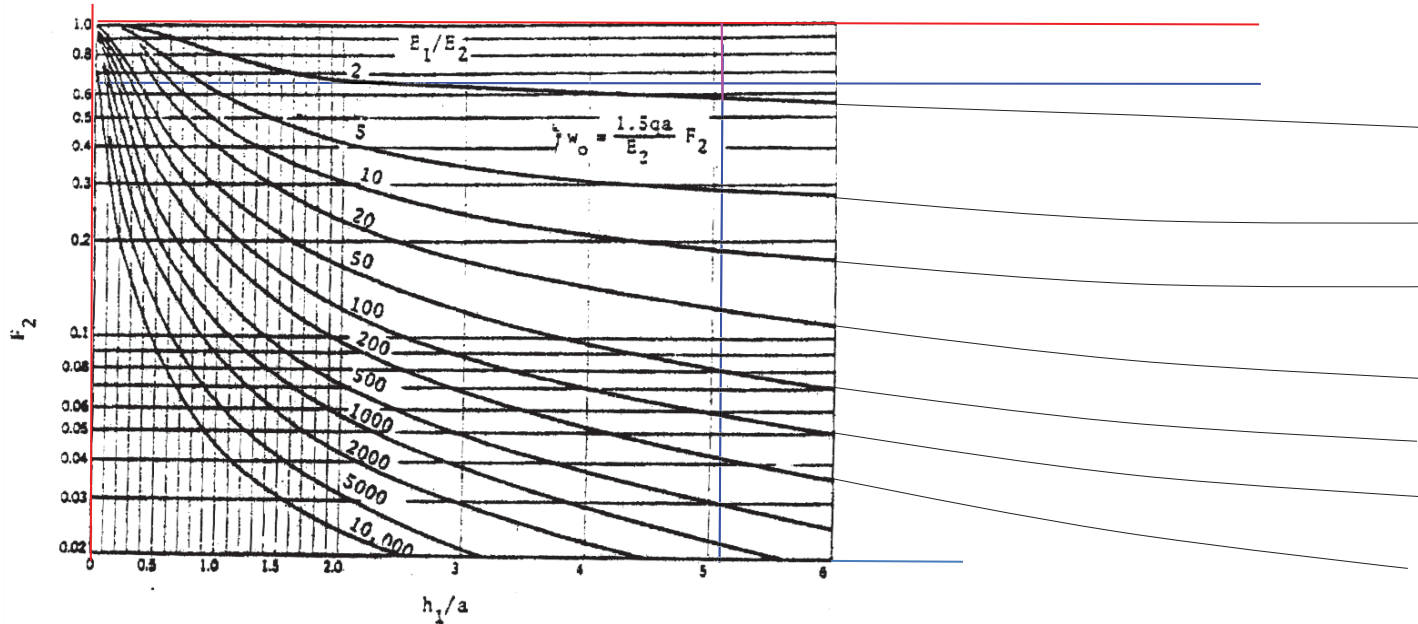


Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 635.0025
Plate Radius, mm: 71 Plate Load, KN: 8.58
Function RMS, mc: 20.3424 Iteration Number: 18 (Done)

Loaded Deflection, mc: 796.80 Unloaded Deflection, mc: Calculated J.T.E. %: Approach Depart

No del Cálculo: 6-02 Abscisa: 95+0077 Carga: 8.2 Ton

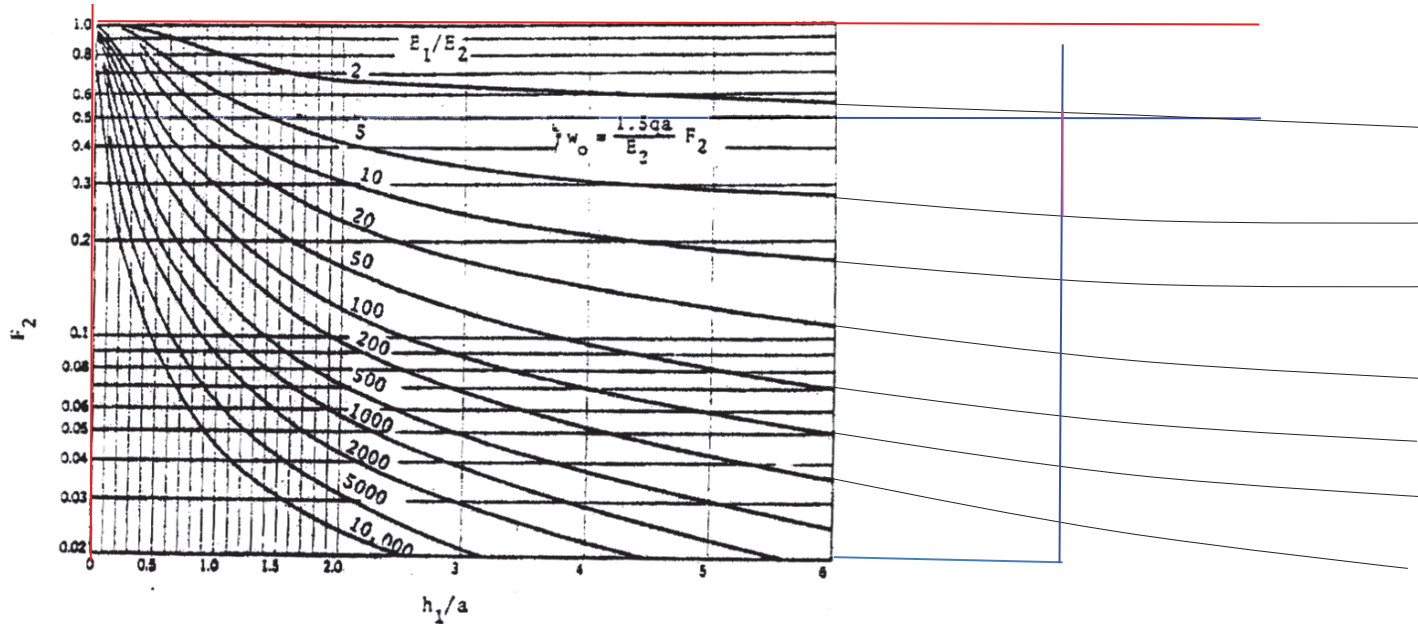
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER



Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	<u>No 2</u>	Salida
$h_1/a =$	2.32	$E_1/E_2 =$	$h_1/a =$	5.1	$E_1/E_2 = 1.8039$
$h_1 =$	25	$E_2 =$	$h_1 =$	55	$E_2 = 1,245 \text{ Kg/cm}^2$
$F_2 =$	1.8	$E_1 =$	$F_2 =$	0.66	$E_1 = 2,246 \text{ Kg/cm}^2$
No procede		$E_1 =$			$E_1 = 220 \text{ Mpa}$

No del Cálculo: 6-02 Abscisa: 95+0077 Carga: 3.5 Ton

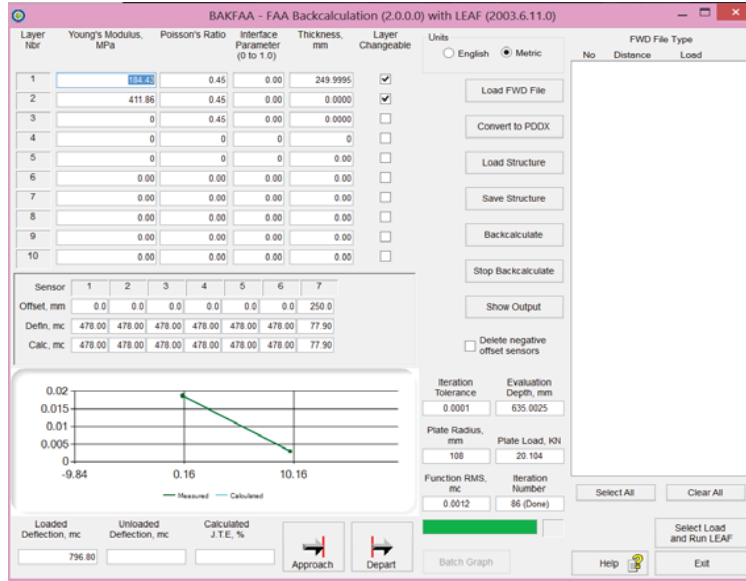
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER



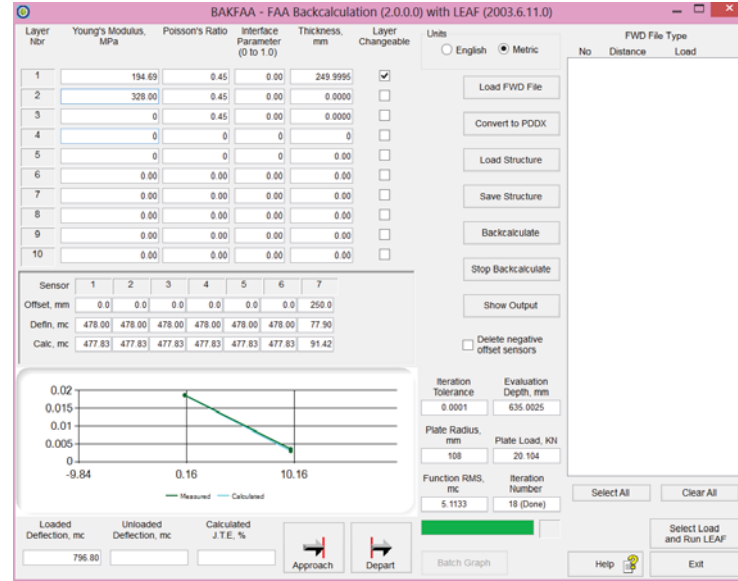
Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	<u>No 2</u>	Salida
$h_1/a =$	3.54	$E_1/E_2 =$	$h_1/a =$	7.8	$E_1/E_2 =$ 2.243
$h_1 =$	25	$E_2 =$	$h_1 =$	55	$E_2 =$ 1,245 Kg/cm ²
$F_2 =$	1.35	$E_1 =$	$F_2 =$	0.5	$E_1 =$ 2,792 Kg/cm ²
No procede		$E_1 =$			$E_1 =$ 274 Mpa

No del Cálculo: 6-01 Abscisa: 95+0077

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
E₁₂ = 3341 Kg/cm² = 328 Mpa Do = 478 D₂₅ = 77.9

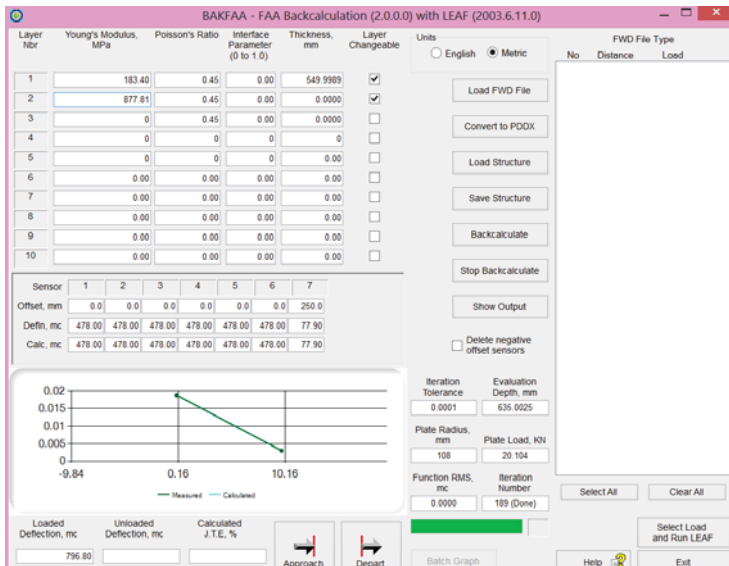


Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
E₁₂ = 3341 Kg/cm² = 328 Mpa Do = 478 D₂₅ = 77.9

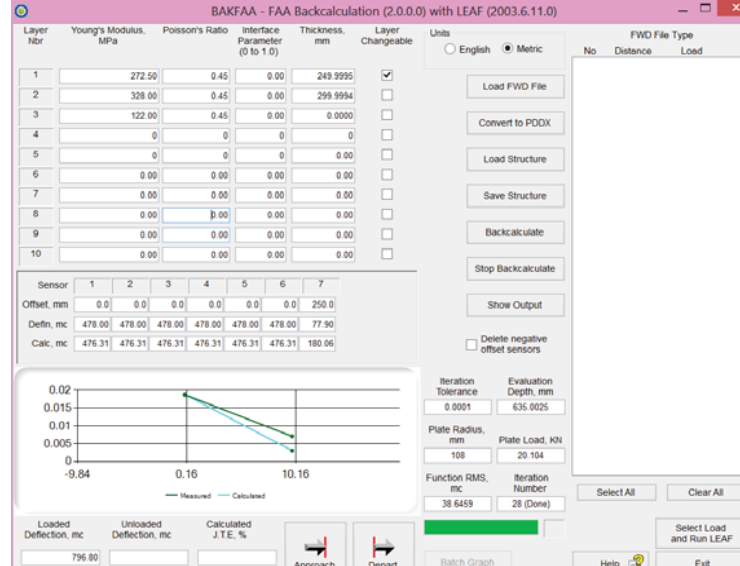


Carga:
8.2 Ton

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.55 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
E₁₂ = 1245 Kg/cm² = 122 Mpa Do = 478 D₂₅ = 77.9



Mr y deflexión, libre E1 h = 0.55 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
E₁₂ = 1245 Kg/cm² = 122 Mpa Do = 478 D₂₅ = 77.9





Proyecto de grado:
 METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
 ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

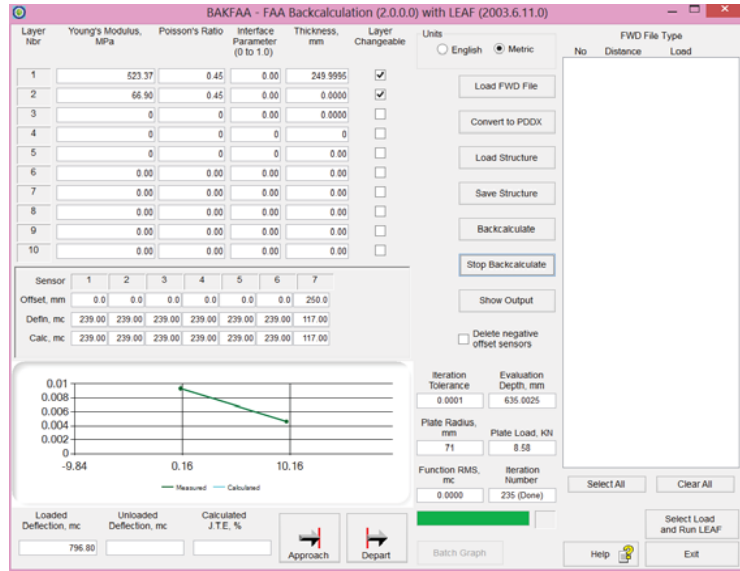
Proyecto:
 Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño

Alternativa: In situ
Fuentes:
 RAP - PR 94+0960 al PR 97 (2502)
Sub-Base Granular: Galindez PR 11

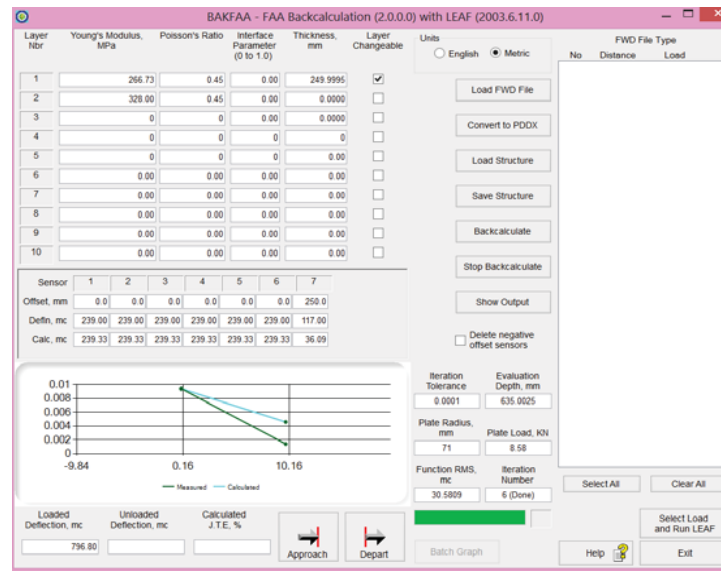
Anexo Formato: SP- AI-01 (BACKFAA)
 AI-01 6-02
Descripción:
 REPORTE DE RETROCALCULO.

No del Cálculo: 6-02 **Abscisa:** 95+0077

Solo deflexiones, libre Mr y E1 $h = 0.25$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_2 = 3341 \text{ Kg/cm}^2 = 328 \text{ Mpa}$ Do = 239 D₂₅ = 117

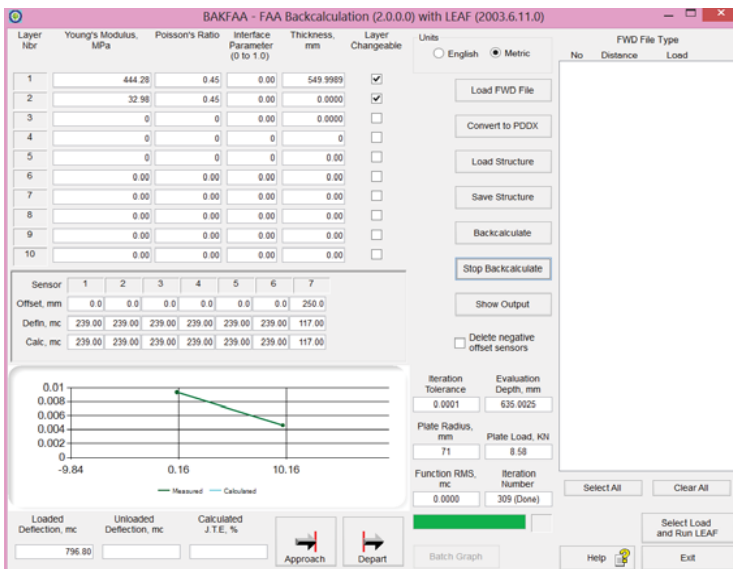


Mr y deflexión, libre E1 $h = 0.25$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_2 = 3341 \text{ Kg/cm}^2 = 328 \text{ Mpa}$ Do = 239 D₂₅ = 117

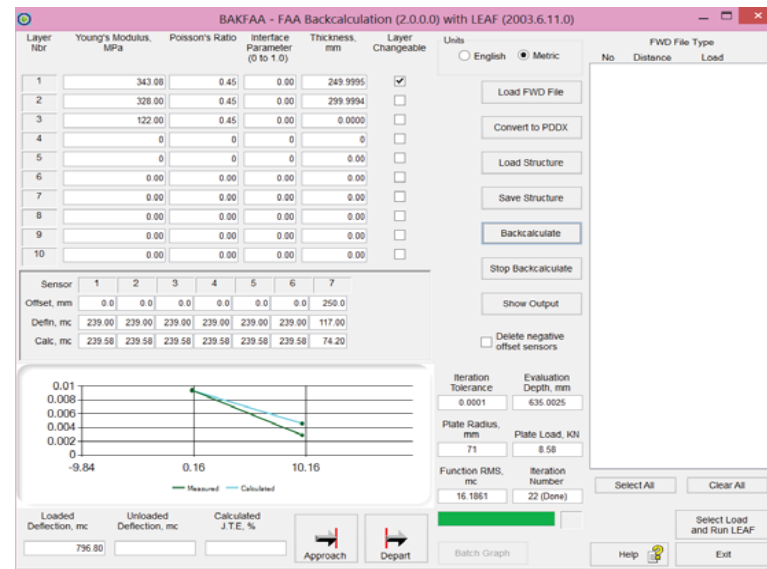


Carga:
 3.5 Ton

Solo deflexiones, libre Mr y E1 $h = 0.55$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_2 = 1245 \text{ Kg/cm}^2 = 122 \text{ Mpa}$ Do = 239 D₂₅ = 117

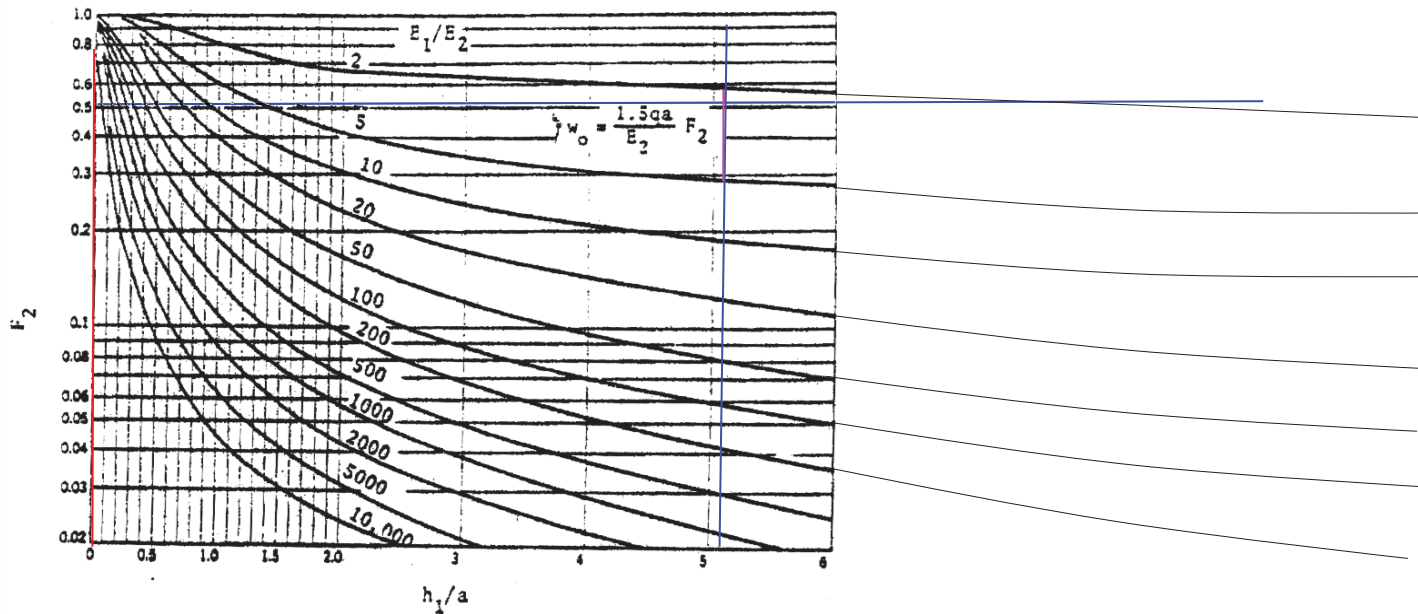


Mr y deflexión, libre E1 $h = 0.55$ Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
 $E_2 = 1245 \text{ Kg/cm}^2 = 122 \text{ Mpa}$ Do = 239 D₂₅ = 117



No del Cálculo: 7-01 Abscisa: 95+0090 Carga: 8.2 Ton

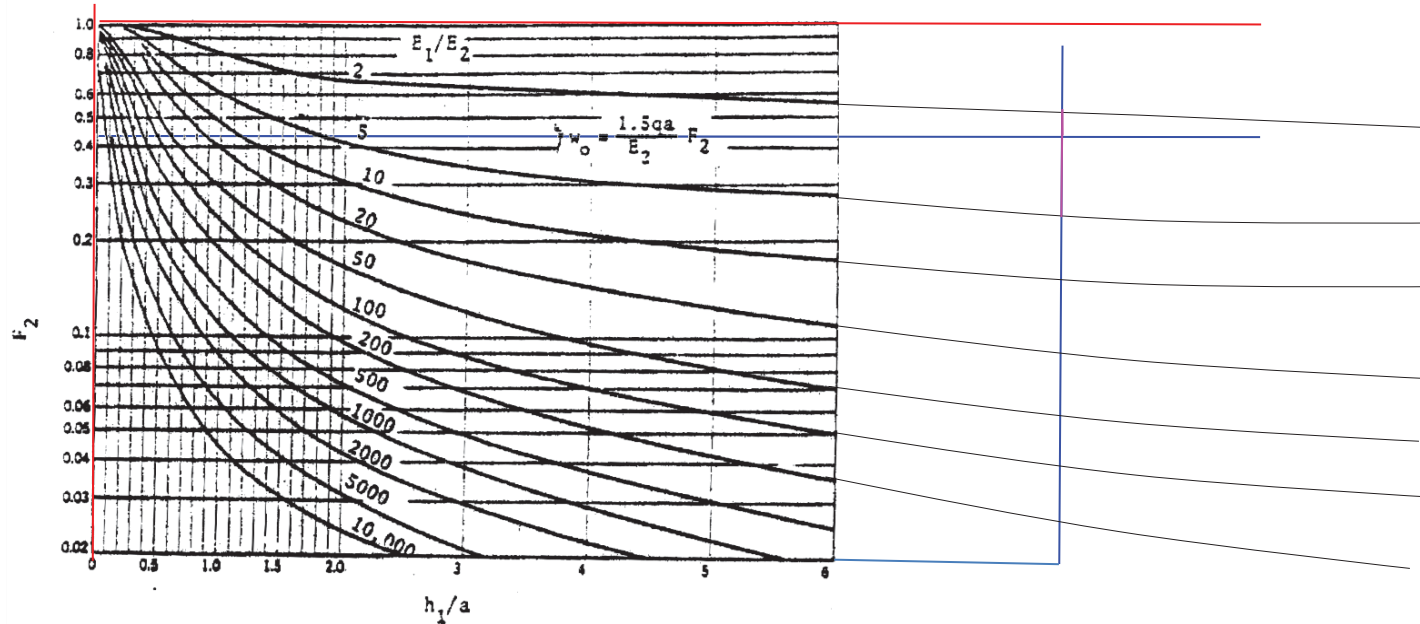
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER




Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	<u>No 2</u>	Salida
$h_1/a =$	2.32	$E_1/E_2 =$	$h_1/a =$	5.1	$E_1/E_2 =$ 2.415
$h_1 =$	25	$E_2 =$	$h_1 =$	50	$E_2 =$ 986 Kg/cm ²
$F_2 =$	1.4	$E_1 =$	$F_2 =$	0.52	$E_1 =$ 2,381 Kg/cm ²
No procede		$E_1 =$	No procede		$E_1 =$ 233 Mpa
		0 Mpa			

No del Cálculo: 7-02 Abscisa: 95+0090 Carga: 3.5 Ton

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO - TEORÍA BICAPA - BURMISTER

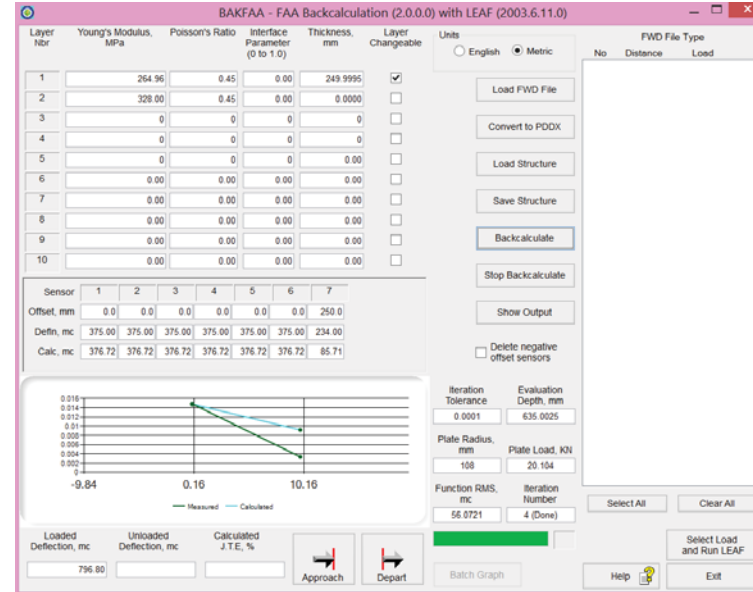
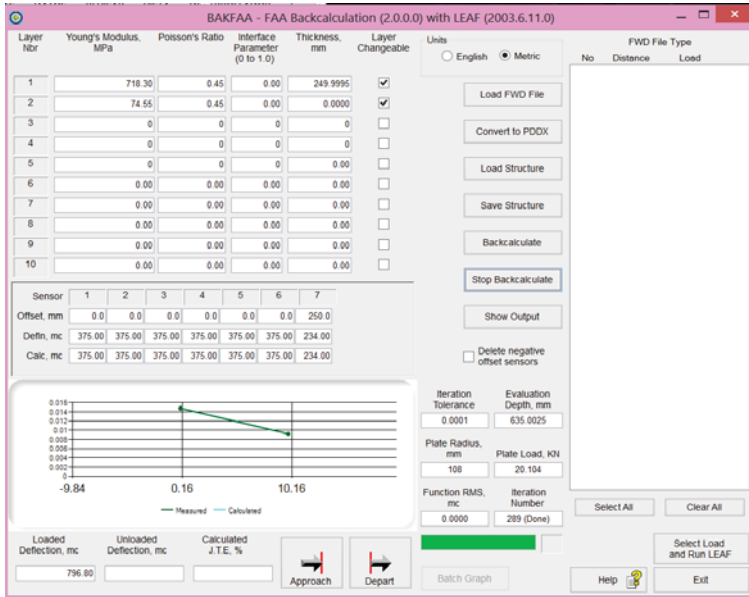


Entrada :	<u>No 1</u>	Salida	Entrada	No 2	Salida
h1/a =	3.54	E1/E2 =	h1/a =	7.8	E1/E2 = 2.6875
h1 =	25	E2 =	h1 =	55	E2 = 986 Kg/cm ²
F ₂ =	1.15	E1 =	F ₂ =	0.43	E1 = 2,650 Kg/cm ²
No procede		E1 =			E1 = 260 Mpa

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 7-01 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	---	---

No del Cálculo: 7-01 **Abscisa:** 95+0090
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
Ei₂ = 3341 Kg/cm² = 328 Mpa Do = 375 D₂₅ = 234

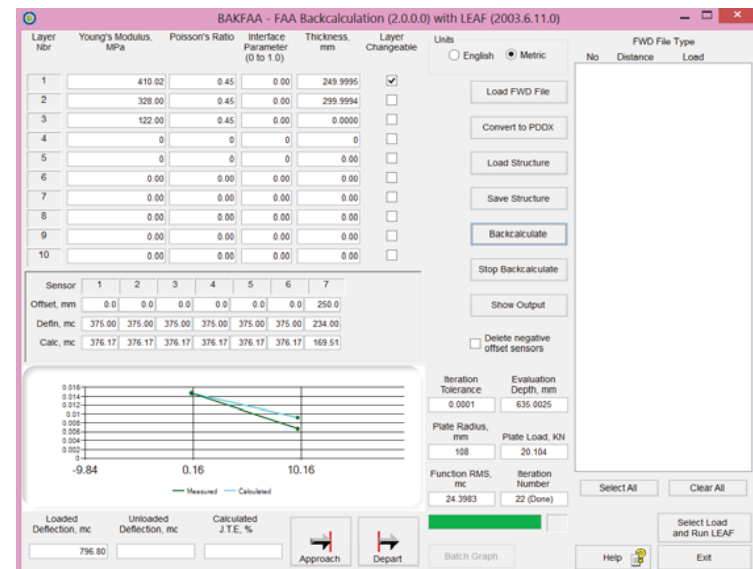
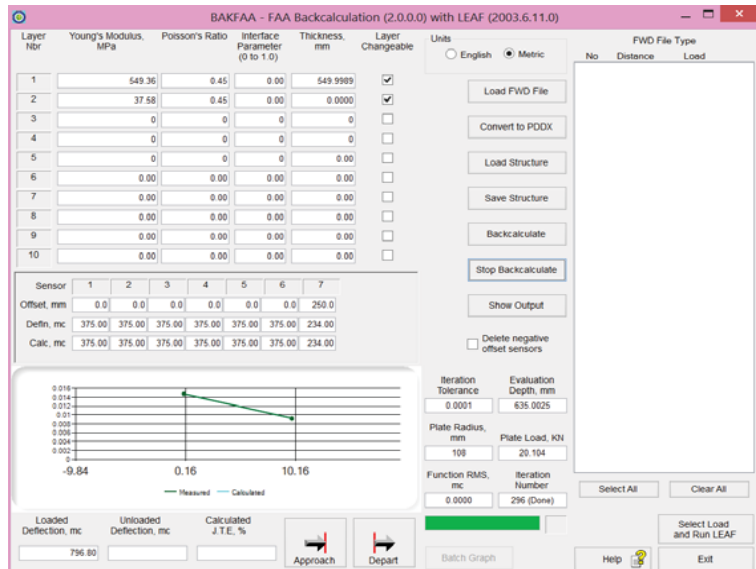
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
Ei₂ = 3341 Kg/cm² = 328 Mpa Do = 375 D₂₅ = 234




Carga:
8.2 Ton

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.55 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
Ei₂ = 1245 Kg/cm² = 122 Mpa Do = 375 D₂₅ = 234

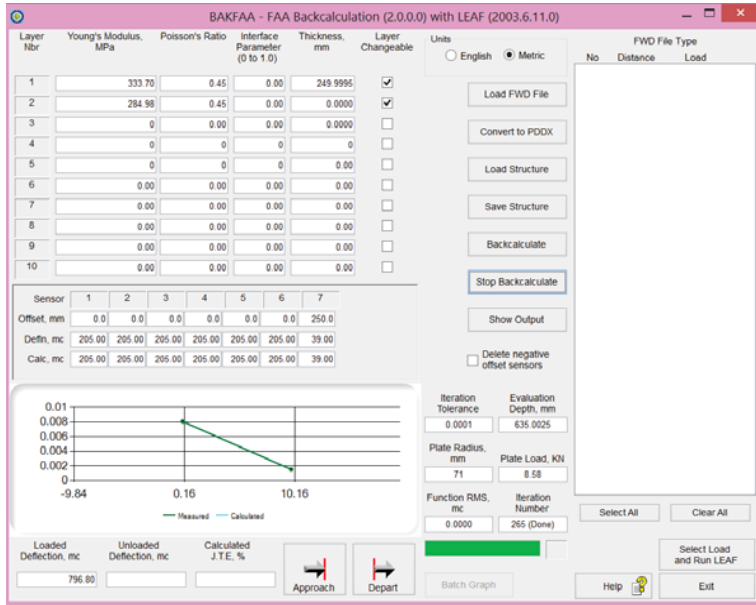
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.55 Radio 108 mm Carga: 20.104 KNw
Ei₂ = 1245 Kg/cm² = 122 Mpa Do = 375 D₂₅ = 234



 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto-Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño</p>	<p>Alternativa: In situ Fuentes: RAP - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Sub-Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Anexo Formato: SP: AI-01 (BACKFAA) AI-01 7-02 Descripción: REPORTE DE RETROCALCULO.</p>
---	---	---	--	---

No del Cálculo: 7-02 Abscisa: 95+0090
Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.25 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 3341 Kg/cm² = 328 Mpa Do = 205 D₂₅ = 39

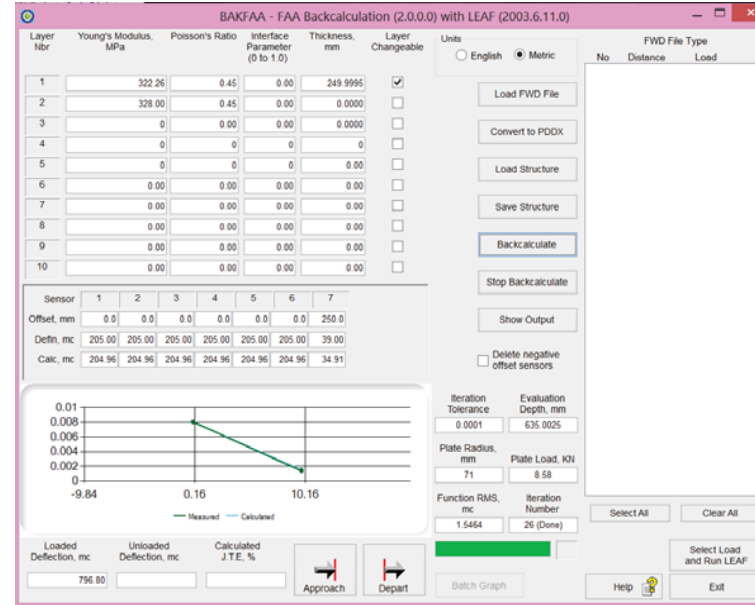
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.25 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 3341 Kg/cm² = 328 Mpa Do = 205 D₂₅ = 39



Layer Nbr	Young's Modulus, MPa	Poisson's Ratio	Interface Parameter (0 to 1.0)	Thickness, mm	Layer Changeable
1	333.70	0.45	0.00	249.9995	<input checked="" type="checkbox"/>
2	284.98	0.45	0.00	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>
3	0	0.00	0.00	0.0000	<input type="checkbox"/>
4	0	0	0	0	<input type="checkbox"/>
5	0	0	0	0.00	<input type="checkbox"/>
6	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
7	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
8	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
9	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
10	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>

Sensor	1	2	3	4	5	6	7
Offset, mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	250.0
Defln, mc	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	39.00
Calc, mc	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	39.00

Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 635.0025
Plate Radius, mm: 71 Plate Load, KN: 8.58
Function RMS, mc: 0.0000 Iteration Number: 265 (Done)



Layer Nbr	Young's Modulus, MPa	Poisson's Ratio	Interface Parameter (0 to 1.0)	Thickness, mm	Layer Changeable
1	322.26	0.45	0.00	249.9995	<input checked="" type="checkbox"/>
2	328.00	0.45	0.00	0.0000	<input type="checkbox"/>
3	0	0.00	0.00	0.0000	<input type="checkbox"/>
4	0	0	0	0	<input type="checkbox"/>
5	0	0	0	0.00	<input type="checkbox"/>
6	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
7	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
8	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
9	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
10	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>

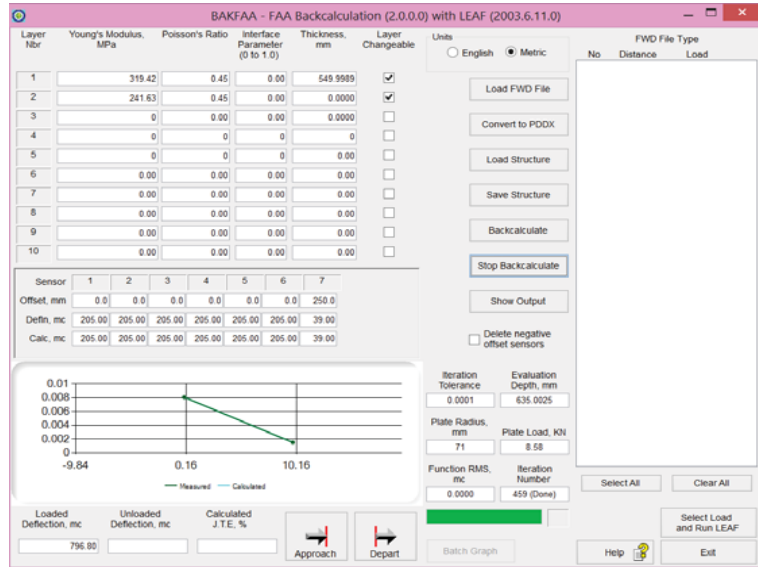
Sensor	1	2	3	4	5	6	7
Offset, mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	250.0
Defln, mc	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	39.00
Calc, mc	204.96	204.96	204.96	204.96	204.96	204.96	34.91

Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 635.0025
Plate Radius, mm: 71 Plate Load, KN: 8.58
Function RMS, mc: 1.5464 Iteration Number: 26 (Done)

Carga:
3.5 Ton

Solo deflexiones, libre Mr y E1 h = 0.55 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 1245 Kg/cm² = 122 Mpa Do = 205 D₂₅ = 39

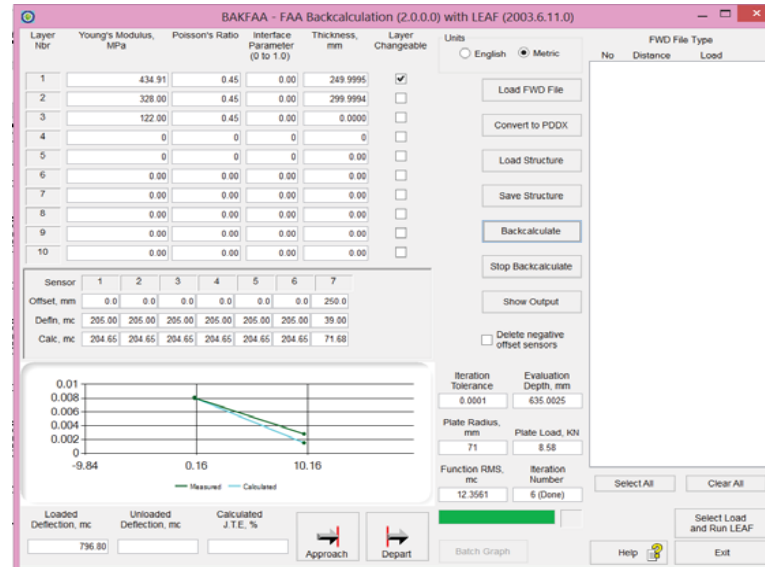
Mr y deflexión, libre E1 h = 0.55 Radio 71 mm Carga: 8.58 KNw
E_{i2} = 1245 Kg/cm² = 122 Mpa Do = 205 D₂₅ = 39



Layer Nbr	Young's Modulus, MPa	Poisson's Ratio	Interface Parameter (0 to 1.0)	Thickness, mm	Layer Changeable
1	319.42	0.45	0.00	549.9995	<input checked="" type="checkbox"/>
2	241.63	0.45	0.00	0.0000	<input checked="" type="checkbox"/>
3	0	0.00	0.00	0.0000	<input type="checkbox"/>
4	0	0	0	0	<input type="checkbox"/>
5	0	0	0	0.00	<input type="checkbox"/>
6	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
7	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
8	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
9	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
10	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>

Sensor	1	2	3	4	5	6	7
Offset, mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	250.0
Defln, mc	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	39.00
Calc, mc	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	39.00


Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 635.0025
Plate Radius, mm: 71 Plate Load, KN: 8.58
Function RMS, mc: 0.0000 Iteration Number: 459 (Done)



Layer Nbr	Young's Modulus, MPa	Poisson's Ratio	Interface Parameter (0 to 1.0)	Thickness, mm	Layer Changeable
1	434.91	0.45	0.00	249.9995	<input checked="" type="checkbox"/>
2	328.00	0.45	0.00	299.9994	<input type="checkbox"/>
3	122.00	0.45	0.00	0.0000	<input type="checkbox"/>
4	0	0	0	0	<input type="checkbox"/>
5	0	0	0	0.00	<input type="checkbox"/>
6	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
7	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
8	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
9	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>
10	0.00	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>

Sensor	1	2	3	4	5	6	7
Offset, mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	250.0
Defln, mc	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	205.00	39.00
Calc, mc	204.65	204.65	204.65	204.65	204.65	204.65	71.68

Iteration Tolerance: 0.0001 Evaluation Depth, mm: 635.0025
Plate Radius, mm: 71 Plate Load, KN: 8.58
Function RMS, mc: 12.3561 Iteration Number: 6 (Done)

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Alternativa: En acopio o In situ</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Formato: SP: MB-A2</p> <p>Descripción: Análisis de resistencia característica adoptada para el diseño</p>
--	--	---	---	---

ANÁLISIS DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA ADOPTADA PARA EL DISEÑO

Objeto: El presente reporte es la consignación del análisis de la resistencia característica de la capa granular con contenido de RAP con base a los datos obtenidos del proceso de retrocálculo, para lo cual se evalúa las condiciones del ensayo, las condiciones de esfuerzos y su proyección de resistencia para el diseño.

Para efecto de determinar el módulo a proyectar para el diseño se adopta el modelo del esfuerzo bulk o también conocido como modelo K-θ, el cual fue considerado el mejor procedimiento para la determinación del módulo resiliente de suelos granulares y fue propuesto por Seed y otros en 1967.

Donde:

$$MR = k_1 \theta^{k_2} \quad \text{Ecuación 1}$$

MR = Módulo resiliente del material granular a evaluar

K1 y K2 son obtenidas experimentalmente y θ es la suma de los esfuerzos principales, el cual puede ser la suma de los tres esfuerzos normales, σx, σy y σz o la suma de los tres esfuerzos principales σ1, σ2 y σ3, donde K1 a determinarse con base al ensayo y K2 con base a experimentación de diferentes autores.

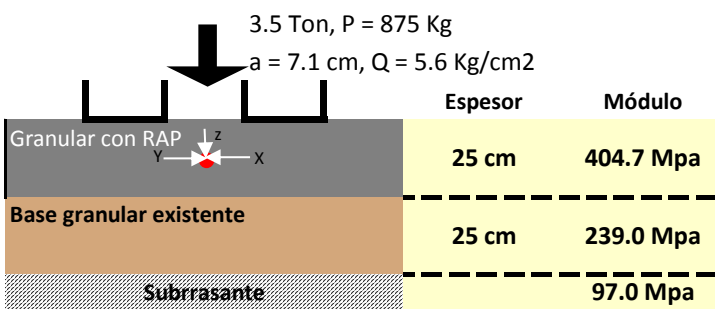
$$\theta = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$$

- Si fuese necesario ajustar el módulo obtenido en Retrocálculo por efecto de la Rigidez relativa de las capas asfálticas que puedan estar por encima del granular evaluado, entonces se tiene que considera su efecto de rigidez y tiempo de aplicación de la carga ; por lo tanto, considerándose que los ensayos se los realizó directamente sobre el granular, no procede el ajuste:

$$MR = MR_{vb} / 1.00 \Rightarrow MR = 404.7 \text{ Mpa} \times 1.00 = 405 \text{ Mpa} = 4127 \text{ Kg/cm}^2$$

- Determinar a partir del modelo elástico del ensayo de viga Beankeman con la carga del ensayo y módulo seleccionado los esfuerzos principales en la mitad de la capa, para lo cual con se somete el modelo a un software, para el caso WinJulea.

MODELO ESTRUCTURAL DEL ENSAYO



RESULTADO DE LOS ESFUERZOS

En h = 12.5 cm	a Kpa	θ = σx + σy + σz
σ1 = 1.94E-01 Mpa =>	193.9	=> 233.2 Kpa
σ2 = 2.36E-02 Mpa =>	23.6	
σ3 = 1.57E-02 Mpa =>	15.7	

- Teniendo en cuenta que en la grafica de la Ecuación 1, los valores de Módulo e invariante de esfuerzos se encuentran afectados por logaritmo determinando para el caso de granulares un comportamiento lineal en dicho sistema y teniendo en cuenta que el valor K2 es la pendiente, a continuación se determinan los valores de Mr y θ para esa condición así:

$$Mr = 404700.0 \text{ Kpa} \Rightarrow \text{Log} (404,700) = 5.6071$$

$$\theta = 233.2 \text{ Kpa} \Rightarrow \text{Log} (233.150) = 2.3676$$

- Considerando los valores recomendados para el comportamiento de bases y sub-bases, el valor de K2 se encuentra entre 0.5 y 0.7, para lo cual se adopta el valor de **K2=0.6**.

- Considerese que disponiendo K2, se dispone de la pendiente de la recta en la gráfica y con los valores de LogMr y Logθ se dispone de lo necesario para construir la ecuación de la recta en el sistema doblemente logaritmico.

De la teoría lineal:

$Y - Y_1 = m (X - X_1)$, donde $Y = \text{Log}Mr$ y $X = \text{Log} \theta$ y los valores de Y_1 y X_1 son los determinados anteriormente entonces:

$$Y - 5.6071 = 0.5 (X - 2.3676)$$

$Y = 0.5 X + 4.4233$ => Si la variante de esfuerzos en la condición corte con el eje de LogMr de la gráfica es 0, entonces se despeja Mr así:

$$Y = 4.4233$$

Siendo $Y = \text{Log}Mr \Rightarrow \text{Log}Mr = 4.4233$, Despejando: $Mr = 10^{(4.4233)} \Rightarrow Mr = 26,504.2 \text{ Kpa}$, para $\theta = 0$
Ahora bien, obtenido los componentes de la Ecuación 1, ésta queda construida de la siguiente manera: $Mr = 3,844.1 \text{ PSI}$

MR = 26,504 x (θ) ^ 0.50, Al aplicar la expresión con el valor de invariante esfuerzos en las condiciones de diseño se tiene que:

$$MR = 26504 \times (46.24) ^{0.5} = 180,238 \text{ Kpa} \Rightarrow 180.2 \text{ Mpa} \quad 1,837.9 \text{ kg/cm}^2 \quad 26,141 \text{ PSI}$$

Conclusión:

Con el módulo obtenido se procede a utilizar el resultado en el modelo estructural del ajuste del diseño.

Elaboró:


Revisó:

Aprobó:

Nombre:


Nombre:

Nombre:

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular	Formato: Anexo 1: SP: AI-03
	Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11	Descripción: Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto (sin variar módulos)	

REVISION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

1) PLANTEAMIENTO: A continuación se evalúa el diseño con los módulos y condiciones anotadas en el diseño por parte del consultor.

TPD	3,497	V/día	FLUJOS		F.D.	0.5
TASA DE CRECIMIENTO	4.48	%			F.C.	1.0
PERIODO DE DISEÑO	10	Años			VELOCIDAD	60.0 Km/h
SNE	5.18	Po	4.2	PF	2.0	

DISTRIBUCION TRAFICO	AUTOS	44.27	%	BG	13.4	C-2P	20.68	C-2G	33.65	C3	7.46	C2-S1	4.51	C4		C3-S1		C2-S2		C3-S2	8.12	C3-S3	25.57
	BUSES	13.38	%																				
	CAMIONES	42.35	%																		Σ (C)	100	

2) ANALISIS DEL TRANSITO - ESPECTRO DE CARGAS

VEHICULO	PESO BRUTO MAXIMO (Ton)	DISTRIBUCION DE LA CARGA (Ton)						CALCULO DEL FACTOR DAÑO					D	
		EJE DELANTERO		EJE TRASERO		EJE REMOLQUE		FD (M. Simplificado)	FD (Método detallado)					FD
		TIPO	CARGA (Ton)	TIPO	CARGA (Ton)	TIPO	CARGA (Ton)		EJE DELANTERO	EJE TRASERO	EJE REMOLQUE	Σ		
VH01	BG	10.0	1	4	2	6		0.4216	0.0453	0.2608	0.0000	0.3062	0.3062	
VH02	C-2P	8.5	1	2.5	2	6		0.3072	0.0064	0.2608	0.0000	0.2672	0.2672	
VH03	C-2G	17.0	1	6	2	11		3.9218	0.2610	3.5427	0.0000	3.8037	3.8037	
VH04	C3	28.0	1	6	3	22		5.3107	0.2610	4.8732	0.0000	5.1342	5.1342	
VH05	C2-S1							0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
VH06	C4	34.0	1	6	1	6	3	22	5.9933	0.2608	0.2608	4.8732	5.3948	5.3948
VH07	C3-S1								0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VH08	C2-S2								0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VH09	C3-S2	48.0	1	6	3	21	3	21	8.3667	0.2610	4.0001	4.0001	8.2612	8.2612
VH10	C3-S3	52.0	1	7	3	21	4	24	6.2926	0.5093	4.0001	1.5045	6.0139	6.0139

	VH01	VH02	VH03	VH04	VH05	VH06	VH07	VH08	VH09	VH10	TOTAL
% de Vehículos diarios	13.38%	8.76%	14.25%	3.16%	0.00%	1.91%	0.00%	0.00%	3.44%	10.83%	55.73%
Numero Vehículos diarios	468	306	498	110	0	67	0	0	120	379	1,949
F.D.	0.3062	0.2672	3.8037	5.1342	0.0000	5.3948	0.0000	0.0000	8.2612	6.0139	
Transito equivalente (8.2t) diario	143	82	1,896	567	0	360	0	0	993	2,277	6,318
# de vehículos acumulados en el periodo de diseño:	1,048,333	686,194	1,116,559	247,534	0	149,649	0	0	269,434	848,452	4,366,154


EJES SIMPLES	SRS	2.5 Ton	0	686,194	0	0	0	0	0	0	0	0	686,194	REPETICIONES ESPERADAS DE LOS EJES
	SRS	4.0 Ton	1,048,333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EJES TANDEM	SRD	6.0 Ton	0	0	1,116,559	247,534	0	0	0	269,434	0	0	1,633,527	
	SRS	6.0 Ton	1,048,333	686,194	0	0	0	299,297	0	0	0	0	2,033,824	
EJES TRIDEN	SRS	7.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	848,452	848,452	
	SRD	11.0 Ton	0	0	1,116,559	0	0	0	0	0	0	0	1,116,559	
EJES TANDEM		21.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	538,868	848,452	1,387,320
		22.0 Ton	0	0	0	247,534	0	149,649	0	0	0	0	0	397,183
EJES TRIDEN		24.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	848,452	848,452

# de vehículos acumulados en el periodo de diseño de 8.2 ton:	320,955	183,361	4,247,075	1,270,880	0	807,322	0	0	2,225,848	5,102,497	14,157,939
---	---------	---------	-----------	-----------	---	---------	---	---	-----------	-----------	------------

3) PLANTEAMIENTO DE LA ESTRUCTURA (SEGÚN DISEÑO DEL PROYECTO)

10	Carpeta Asfáltica - CA Mod. III - HP E1 = 1.969 Mpa - u=0.35 14 cm	14 cm	E1 = 19,686 K/cm2 1,931 Mpa	VALOR ASIGNADO SEGÚN COEFICIENTES AASHTO ASIGNADOS EL ESTUDIO DEL PROYECTO
20	Base Granular E2 = 206.84 Mpa - u=0.40 20 cm	20 cm	E2 =	VALOR ASIGNADO SEGÚN COEFICIENTES AASHTO ASIGNADOS EL ESTUDIO DEL PROYECTO
30	Sub-Base Granular RAP 60% - SBG-50 40% E3 = 118.33 Mpa - u=0.45 40 cm	25 cm	E3 =	VALOR ASIGNADO SEGÚN COEFICIENTES AASHTO ASIGNADOS EL ESTUDIO DEL PROYECTO
40	Sub-Base Granular E4 = 96.53 Mpa - u=0.45 35 cm	35 cm	E4 =	VALOR ASIGNADO SEGÚN COEFICIENTES AASHTO ASIGNADOS EL ESTUDIO DEL PROYECTO
50	Sub-Base Granular			
60	Sub-Base Granular			
70	Sub-Base Granular			
80	Sub-Base Granular			
90	Sub-Base Granular			
100	Subrasante E5 = 44.33 Mpa - u=0.50		E5 = 452 K/cm2 44.33 Mpa	

El consultor del diseño expone "...Ante los resultados obtenidos y las características climáticas de la zona en estudio, en de acuerdo con la Tabla 5.8 del Manual de diseño de pavimentos (INVIAS, 2008) se caracteriza como una región templada semihúmeda a cálida semihúmeda se recomienda como condición de humedad para el ensayo CBR la sumergida". Como se observa no hace un análisis del Factor Climático requerido para el caso específico.

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Formato: Anexo 1: SP: AI-03</p> <p>Descripción: Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto (sin variar módulos)</p>
---	--	---	---	--

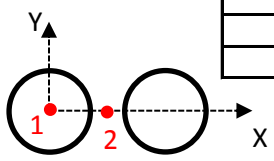
REVISIÓN DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

4) PREDISEÑO - EJE 8.2 TON

EJE SIMPLE RUEDA DOBLE 8.2 TON

Llantas: **2** Carga eje: **8.2** Ton P: **2050** Kg Q: **80** PSI Q: $\frac{36643}{5.6}$ mm² Kg/cm²

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **10.8** cm SL: cm ST: **32.4** cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0
0.0	32.4

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.99	3	94.01
2	16.2	0.0	13.99	4	94.01
3	0.0	0.0	46.50		

=>Para evaluar e del RAP

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	2.51E-04	3	1.41E-04
2		4	

Evaluado: **2.51E-04** **1.41E-04**

σ Ppal en 3 = 34.94 2.12 4.51 **41.57** Kpa

6) EVALUACION DE CONSUMOS POR EJES DE LOS VEHICULOS - INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO - INA

6.1) DATOS DE ENTRADA

MODULO E (Kg/cm ² / PSI)	19,686	280,001
VOL. VACIOS (VA) %		5.1
VOL. ASFALTO (VB) %		10.98
K1 (CALAGE)		18.4

K2 :	3.291
K3 :	0.854
M :	-0.0226
C :	0.94935

FATIGA

$$N_f = (0.00432 * K_1 * C) * \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{K_2} * \left(\frac{1}{E}\right)^{K_3}$$

C = 10^M M = 4.84 * $\left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0.6875\right)$

K₁ = 18.4 K₂ = 3.291 K₃ = 0.854

E = psi V_b = % volumen de asfalto (11)
K = factor de calage (18.4) V_a = % volumen de aire (5)

AHUELLAMIENTO

$$N_z = (1.365 * 10^{-9}) * (\epsilon_z) - 4.477$$

CARGA		CARGA LLANTA	Presion contacto	Radio Carga	Sep. Trasv.	Repeticiones Esperadas	Def. Tracción	Def. Compres.	REP. ADMISIBLES		Consumo		CUMPLIMIENTO	
TON	Kg	Kg	Kg/cm ²	cm	cm				FATIGA	AHUELL.	FATIGA	AHUELL.	Si o No	Por
8.2	8200	2050	5.6	10.8	32.4	1.42E+07	2.51E-04	1.41E-04	1.24E+05	2.35E+08	11,438.7	6.0	No	FATIGA

5) CONCLUSIONES

Como se observa, en la modelación del consultor no se considera que para la MDC se le debe asignar el módulo que determine el diseño de mezcla con asfalto modificado con polímeros para las condiciones de velocidad y temperatura de la zona, se asigna un módulo de la carpeta diferente sin ningún argumento que lo sustente.

Por tal efecto el consumo en fatiga evaluado por el INA se obtiene un consumo elevado de 11.438%, aunque el ahuellamiento es bajo, por efecto del considerable espesor de las capas granulares con un consumo del 6%, a pesar de la deficiente proyección de resistencia de la subrasante.

No prosigue el diseño, la estructura dispone de módulos que no son reales con la realidad del proyecto, tanto de la carpeta asfáltica como de las capas granulares y subrasante.



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

Formato:
Anexo 2: SP: AI-03

Descripción:
Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto

CALCULO DE CURVA MAESTRA

En el diseño de pavimentos flexibles, según el método MEPDG, se debe desarrollar la curva maestra en función de resultados del ensayo de módulo dinámico. Se presentan resultados del ensayo realizado para una mezcla MDC-19

1er. Paso: Graficar el módulo dinámico (E^* psi) en función del tiempo de aplicación de carga ($\log t_s$) para cada temperatura del ensayo.

Resultados del ensayo:

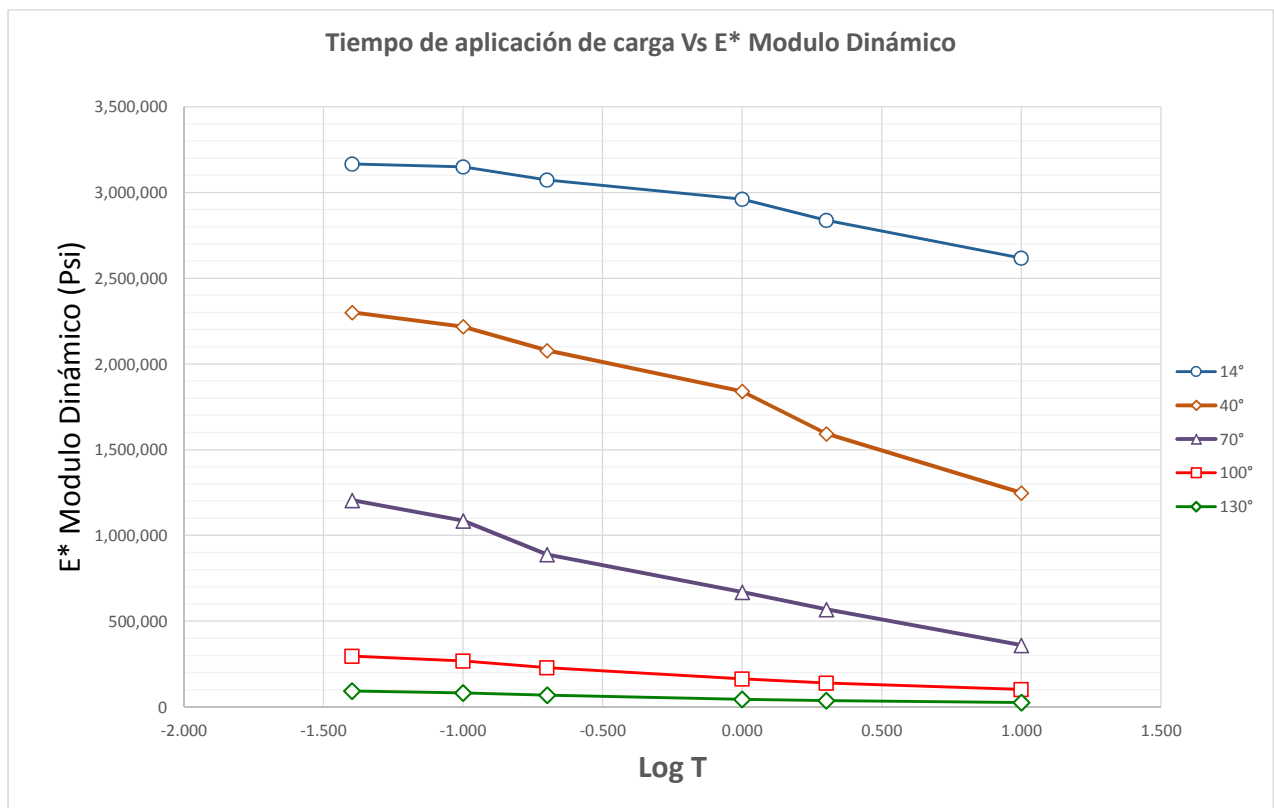
E^* Modulo Dinámico (Psi)


Frecuencia T°F	25.0 Hz	10.0 Hz	5.0 Hz	1.0 Hz	0.5 Hz	0.1 Hz
10	2,915,667	2,947,964	2,867,986	2,698,239	2,618,565	2,421,373
40	2,219,203	2,110,167	2,012,024	1,758,220	1,653,302	1,389,844
70	1,123,885	1,000,509	912,242	716,028	645,852	495,781
100	510,290	427,888	375,407	280,173	247,137	181,268
130	174,100	149,748	103,014	90,153	62,895	62,895

a) $\log(t) = \log(1 / F)$

E^* Modulo Dinámico (Psi)

Log (t) T°F	-1.398	-1.000	-0.699	0.000	0.301	1.000
14	3,166,000	3,149,300	3,073,700	2,960,700	2,838,400	2,617,700
40	2,301,600	2,218,300	2,079,500	1,841,500	1,593,700	1,249,000
70	1,205,300	1,085,900	889,300	670,100	569,100	360,700
100	296,000	268,300	228,700	164,800	139,900	102,800
130	93,400	82,600	69,000	45,000	37,600	25,900



 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLÓGIA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Formato: Anexo 2: SP: AI-03</p> <p>Descripción: Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto</p>
--	--	---	---	---

2do. Paso: Determinar el Shift Factor (Log aT), a través del principio de superposición con el cual se va a estandarizar los tiempos de aplicación d carga a una temperatura de referencia (70 °F).

a) Cálculo del SHIFT FACTOR

		Tiempo de Aplicación de Carga / E* Modulo Dinámico (Psi)						SHIFT FACTOR	
T°F	10	Log t (s)	-6.194	-5.796	-5.495	-4.796	-4.495	-3.796	4.796
		E (Psi)	2,915,667	2,947,964	2,867,986	2,698,239	2,618,565	2,421,373	
	40	Log t (s)	-3.796	-3.398	-3.097	-2.398	-2.097	-1.398	2.398
		E (Psi)	2,219,203	2,110,167	2,012,024	1,758,220	1,653,302	1,389,844	
	70	Log t (s)	-1.398	-1.000	-0.699	0.000	0.301	1.000	0
		Frecuencia	25 Hz	10 Hz	5 Hz	1.0 Hz	0.5 Hz	0.1 Hz	
		E (Psi)	1,123,885	1,000,509	912,242	716,028	645,852	495,781	
	100	Log t (s)	1.000	1.398	1.699	2.398	2.699	3.398	-2.398
		E (Psi)	510,290	427,888	375,407	280,173	247,137	181,268	
	130	Log t (s)	3.398	3.796	4.097	4.796	5.097	5.796	-4.796
		E (Psi)	174,100	149,748	103,014	90,153	62,895	62,895	

Primer nivel temperatura abajo

a.1) $SF_{(\downarrow T^{\circ})1+} = \log t(s)_{(<f, T^{\circ}_R)} - \log t(s)_{(>f, T^{\circ}_R)}$

2.398 = 1.000 - (-1.398)

a.2) $\log t(s)_{(\downarrow T^{\circ}_i)} = \log t(s)_{(r_i)} - SF_{(\downarrow T^{\circ})1}$

-3.796 = (-1.398) - (2.398)

-3.398 = (-1.000) - (2.398)

...

Segundo nivel temperatura abajo

a.5) $SF_{(\downarrow T^{\circ})2+} = \log t(s)_{(<f, T^{\circ}_R)} - \log t(s)_{(>f, T^{\circ}_1+)}$

4.796 = 1.000 - (-3.796)

a.6) $\log t(s)_{(\downarrow T^{\circ}_i)} = \log t(s)_{(r_i)} - SF_{(\downarrow T^{\circ})2}$

-6.194 = (-1.398) - (4.796)

-5.796 = (-1.000) - (4.796)

...

Primer nivel temperatura arriba

a.3) $SF_{(\uparrow T^{\circ})1+} = \log t(s)_{(>f, T^{\circ}_R)} - \log t(s)_{(<f, T^{\circ}_R)}$

-2.398 = (-1.398) - 1.000

a.4) $\log t(s)_{(\uparrow T^{\circ}_i)} = \log t(s)_{(r_i)} - SF_{(\uparrow T^{\circ})1+}$

1.000 = (-1.398) - (-2.398)

1.398 = (-1.000) - (-2.398)

...

Segundo nivel temperatura arriba

a.7) $SF_{(\uparrow T^{\circ})2+} = \log t(s)_{(>f, T^{\circ}_R)} - \log t(s)_{(<f, T^{\circ}_1+)}$

-4.796 = (-1.398) - (3.398)

a.8) $\log t(s)_{(\uparrow T^{\circ}_i)} = \log t(s)_{(r_i)} - SF_{(\uparrow T^{\circ})2}$

3.398 = (-1.398) - (-4.796)

3.796 = (-1.000) - (-4.796)

...



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

Formato:
Anexo 2: SP: AI-03

Descripción:
Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto

3er. Paso: Graficar el módulo dinámico (E^*psi) en función del tiempo de aplicación de carga ($\log ts$) para la temperatura de referencia ($70^\circ F$).

GRAFICACION DE LA SUPERPOSICIÓN Y FORMULACION DE LA FUNCION SIGMOIDAL						
Log t	E	Log E	Log (E^*)	E^*	(Yest-Y)	Error cuadrático
-6.194	2,915,667	6.46	6.47	2,975,786	60,119	3.614E+09
-5.796	2,947,964	6.47	6.46	2,909,308	-38,656	1.494E+09
-5.495	2,867,986	6.46	6.45	2,850,336	-17,649	3.115E+08
-4.796	2,698,239	6.43	6.43	2,680,204	-18,034	3.252E+08
-4.495	2,618,565	6.42	6.41	2,591,156	-27,409	7.513E+08
-3.796	2,421,373	6.38	6.37	2,345,438	-75,934	5.766E+09
-3.796	2,219,203	6.35	6.37	2,345,438	126,236	1.594E+10
-3.398	2,110,167	6.32	6.34	2,181,953	71,786	5.153E+09
-3.097	2,012,024	6.30	6.31	2,048,304	36,280	1.316E+09
-2.398	1,758,220	6.25	6.23	1,714,377	-43,843	1.922E+09
-2.097	1,653,302	6.22	6.19	1,565,704	-87,598	7.673E+09
-1.398	1,389,844	6.14	6.09	1,228,477	-161,367	2.604E+10
-1.398	1,123,885	6.05	6.09	1,228,477	104,592	1.094E+10
-1.000	1,000,509	6.00	6.02	1,051,243	50,734	2.574E+09
-0.699	912,242	5.96	5.97	928,164	15,922	2.535E+08
0.000	716,028	5.85	5.84	686,128	-29,900	8.940E+08
0.301	645,852	5.81	5.78	601,598	-44,255	1.958E+09
1.000	495,781	5.70	5.65	447,824	-47,957	2.300E+09
1.000	510,290	5.71	5.65	447,824	-62,466	3.902E+09
1.398	427,888	5.63	5.58	383,216	-44,672	1.996E+09
1.699	375,407	5.57	5.54	343,393	-32,014	1.025E+09
2.398	280,173	5.45	5.44	274,603	-5,571	3.103E+07
2.699	247,137	5.39	5.40	252,940	5,803	3.368E+07
3.398	181,268	5.26	5.33	215,757	34,489	1.190E+09
3.398	174,100	5.24	5.33	215,757	41,657	1.735E+09
3.796	149,748	5.18	5.30	200,718	50,971	2.598E+09
4.097	103,014	5.01	5.28	191,531	88,517	7.835E+09
4.796	90,153	4.95	5.24	175,648	85,495	7.309E+09
5.097	62,895	4.80	5.23	170,600	107,705	1.160E+10
5.796	62,895	4.80	5.21	161,816	98,921	9.785E+09
						1.383E+11

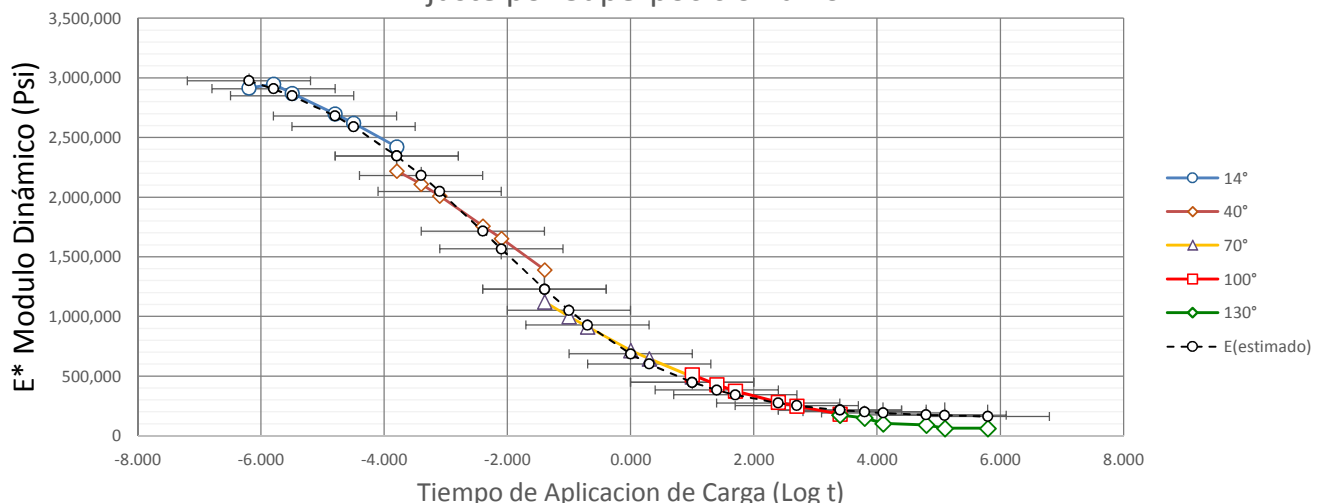
Valores Iniciales de la función (cualquiera):

δ	5.158
α	1.356
β	0.000
γ	0.561

R2	0.996
----	-------

$$\log(E^*) = \delta + \frac{\alpha}{1 + e^{\beta + \gamma(\log t)}}$$

Ajuste por Superposición a 70°F





Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP

Autor:
ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular

Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

Formato:
Anexo 2: SP: AI-03

Descripción:
Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto

4to. Paso: Graficar la curva maestra (ecuación sigmoïdal) que represente el mejor ajuste posible.

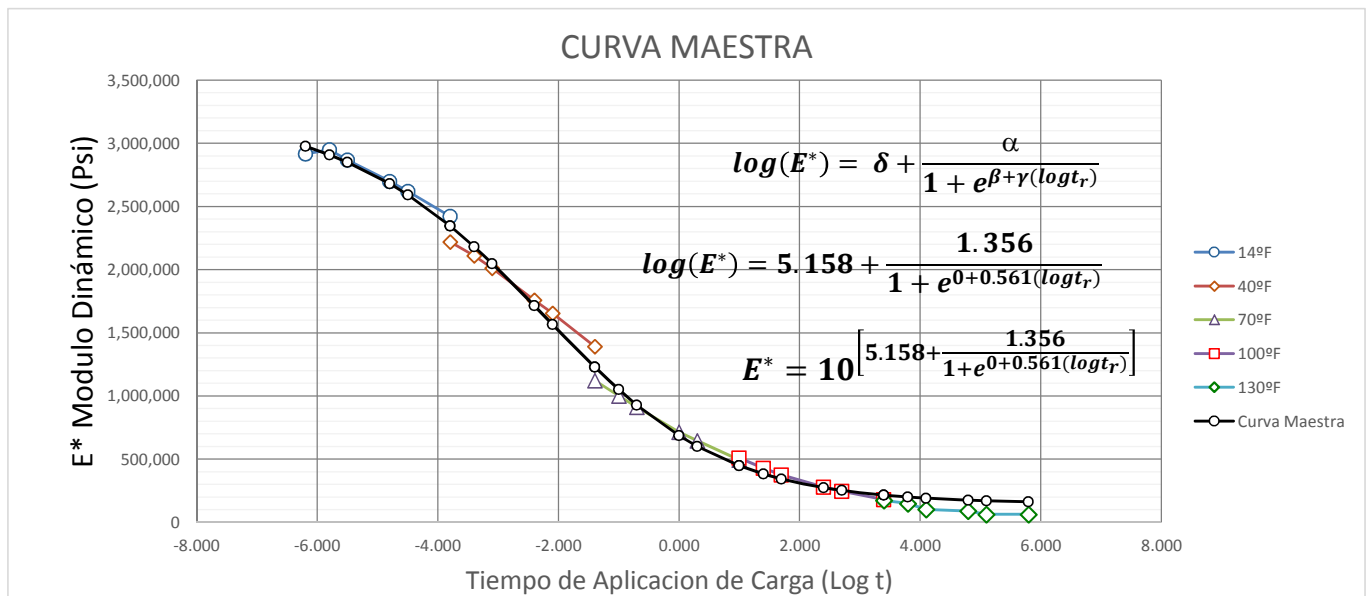
AJUSTE DE LOS PARAMETROS DE LA FUNCION SIGMOÏDAL						
Log t	E	Log E	Log (E*)	E*	(Yest-Y)	Error cuadrático
-6.194	2,915,667	6.46	6.47	2,975,786	60,119	3.614E+09
-5.796	2,947,964	6.47	6.46	2,909,308	-38,656	1.494E+09
-5.495	2,867,986	6.46	6.45	2,850,336	-17,649	3.115E+08
-4.796	2,698,239	6.43	6.43	2,680,204	-18,034	3.252E+08
-4.495	2,618,565	6.42	6.41	2,591,156	-27,409	7.513E+08
-3.796	2,421,373	6.38	6.37	2,345,438	-75,934	5.766E+09
-3.796	2,219,203	6.35	6.37	2,345,438	126,236	1.594E+10
-3.398	2,110,167	6.32	6.34	2,181,953	71,786	5.153E+09
-3.097	2,012,024	6.30	6.31	2,048,304	36,280	1.316E+09
-2.398	1,758,220	6.25	6.23	1,714,377	-43,843	1.922E+09
-2.097	1,653,302	6.22	6.19	1,565,704	-87,598	7.673E+09
-1.398	1,389,844	6.14	6.09	1,228,477	-161,367	2.604E+10
-1.398	1,123,885	6.05	6.09	1,228,477	104,592	1.094E+10
-1.000	1,000,509	6.00	6.02	1,051,243	50,734	2.574E+09
-0.699	912,242	5.96	5.97	928,164	15,922	2.535E+08
0.000	716,028	5.85	5.84	686,128	-29,900	8.940E+08
0.301	645,852	5.81	5.78	601,598	-44,255	1.958E+09
1.000	495,781	5.70	5.65	447,824	-47,957	2.300E+09
1.000	510,290	5.71	5.65	447,824	-62,466	3.902E+09
1.398	427,888	5.63	5.58	383,216	-44,672	1.996E+09
1.699	375,407	5.57	5.54	343,393	-32,014	1.025E+09
2.398	280,173	5.45	5.44	274,603	-5,571	3.103E+07
2.699	247,137	5.39	5.40	252,940	5,803	3.368E+07
3.398	181,268	5.26	5.33	215,757	34,489	1.190E+09
3.398	174,100	5.24	5.33	215,757	41,657	1.735E+09
3.796	149,748	5.18	5.30	200,718	50,971	2.598E+09
4.097	103,014	5.01	5.28	191,531	88,517	7.835E+09
4.796	90,153	4.95	5.24	175,648	85,495	7.309E+09
5.097	62,895	4.80	5.23	170,600	107,705	1.160E+10
5.796	62,895	4.80	5.21	161,816	98,921	9.785E+09
Suma:						1.383E+11


$$\log(E^*) = \delta + \frac{\alpha}{1 + e^{\beta + \gamma(\log t_r)}}$$

Valores de ajuste (solver) de la función:

δ	5.158
α	1.356
β	0.000
γ	0.561

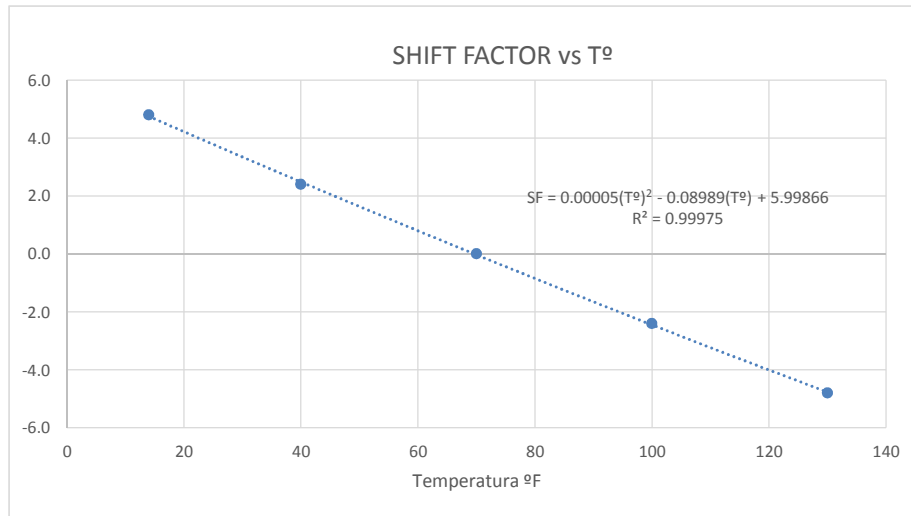
R2	0.996
-----------	--------------



 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Formato: Anexo 2: SP: AI-03</p> <p>Descripción: Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto</p>
--	--	---	---	---

5to. Paso: Graficar Shift Factor (log aT) en función de la temperatura (°F).

T°F	SHIFT FACTOR
14	4.796
40	2.398
70	0.000
100	-2.398
130	-4.796



6to. Pto Determinar un Shift Factor para una temperatura de mezcla de 30°C. (log aT)

Aplicando función de regresión:

Si T°C:	30.4 °C
Entonces T°F:	86.7 °C

SF i=	-1.421
-------	--------

$$SF = 0.00005(T^\circ)^2 - 0.08989(T^\circ) + 5.99866$$

7mo. Pto Determinar el tiempo de aplicación de carga para una frecuencia de 8 Hz. (log t)

Log (t)	
F(Hz) :	10
Tiempo (s) :	0.1
Log t (s)i:	-1.0000

$$\log t(s)_r = \log t(s)_i - SF_i$$

$$\log t(s)_r = \log t(s)_i - \log \Delta t(s)$$


Log t(s)r	0.4206
-----------	--------

8vo. Pto Determinar el módulo dinámico (MPa), desde la curva maestra, para la temperatura y frecuencia.

MODULO DINAMICO

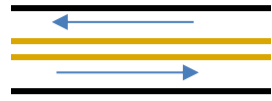
E (PSI)	571,227
E (Mpa)	3,938
E (Kg/cm2)	40,161

$$E^* = 10 \left[5.158 + \frac{1.356}{1 + e^{0+0.561(\log t_r)}} \right]$$

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular	Formato: Anexo 2: SP: AI-03
	Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11	Descripción: Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto (Modulos AASHTO 93).	

REVISION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

1) PLANTEAMIENTO: A continuación se evalúa el diseño con los módulos asumidos en la Metodología AASHTO 93 para evaluar su real comportamiento. de igual manera, estos módulos son sometidos a las condiciones que se obtienen de los soportes del estudio, acogiéndose los apropiados valores.

TPD	3,497	Vdía	FLUJOS		F.D.	0.5
TASA DE CRECIMIENTO	4.48	%			F.C.	1.0
PERIODO DE DISEÑO	10	Años			VELOCIDAD	60.0 Km/h
SNE	5.18	Po	4.2	PF	2.0	

DISTRIBUCION TRAFICO	AUTOS	44.27	%	BG	13.4	C-2P	20.68	C-2G	33.65	C3	7.46	C2-S1	4.51	C4		C3-S1		C2-S2		C3-S2	8.12	C3-S3	25.57
	BUSES	13.38	%																				
	CAMIONES	42.35	%																		Σ (C)	100	

2) ANALISIS DEL TRANSITO - ESPECTRO DE CARGAS

VEHICULO	PESO BRUTO MAXIMO (Ton)	DISTRIBUCION DE LA CARGA (Ton)						CALCULO DEL FACTOR DAÑO					D	
		EJE DELANTERO		EJE TRASERO		EJE REMOLQUE		FD (M. Simplificado)	FD (Método detallado)			FD		
		TIPO	CARGA (Ton)	TIPO	CARGA (Ton)	TIPO	CARGA (Ton)		EJE DELANTERO	EJE TRASERO	EJE REMOLQUE			Σ
VH01	BG	10.0	1	4	2	6		0.4216	0.0453	0.2608	0.0000	0.3062	0.3062	
VH02	C-2P	8.5	1	2.5	2	6		0.3072	0.0064	0.2608	0.0000	0.2672	0.2672	
VH03	C-2G	17.0	1	6	2	11		3.9218	0.2610	3.5427	0.0000	3.8037	3.8037	
VH04	C3	28.0	1	6	3	22		5.3107	0.2610	4.8732	0.0000	5.1342	5.1342	
VH05	C2-S1							0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
VH06	C4	34.0	1	6	1	6	3	22	5.9933	0.2608	0.2608	4.8732	5.3948	5.3948
VH07	C3-S1								0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VH08	C2-S2								0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VH09	C3-S2	48.0	1	6	3	21	3	21	8.3667	0.2610	4.0001	4.0001	8.2612	8.2612
VH10	C3-S3	52.0	1	7	3	21	4	24	6.2926	0.5093	4.0001	1.5045	6.0139	6.0139

	VH01	VH02	VH03	VH04	VH05	VH06	VH07	VH08	VH09	VH10	TOTAL
% de Vehículos diarios	13.38%	8.76%	14.25%	3.16%	0.00%	1.91%	0.00%	0.00%	3.44%	10.83%	55.73%
Numero Vehículos diarios	468	306	498	110	0	67	0	0	120	379	1,949
F.D.	0.3062	0.2672	3.8037	5.1342	0.0000	5.3948	0.0000	0.0000	8.2612	6.0139	
Transito equivalente (8.2t) diario	143	82	1,896	567	0	360	0	0	993	2,277	6,318
# de vehículos acumulados en el periodo de diseño:	1,048,333	686,194	1,116,559	247,534	0	149,649	0	0	269,434	848,452	4,366,154

EJES SIMPLES	SRS	2.5 Ton	0	686,194	0	0	0	0	0	0	0	686,194	REPETICIONES ESPERADAS DE LOS EJES
		SRS	4.0 Ton	1,048,333	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SRD	6.0 Ton	0	0	1,116,559	247,534	0	0	0	269,434	0	1,633,527	
	SRS	6.0 Ton	1,048,333	686,194	0	0	0	299,297	0	0	0	2,033,824	
	SRS	7.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	848,452	848,452	
	SRD	11.0 Ton	0	0	1,116,559	0	0	0	0	0	0	1,116,559	
EJES TANDEM	21.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	538,868	848,452	1,387,320	
	22.0 Ton	0	0	0	247,534	0	149,649	0	0	0	0	397,183	
EJES TRIDEN	24.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	848,452	848,452	

# de vehículos acumulados en el periodo de diseño de 8.2 ton:	320,955	183,361	4,247,075	1,270,880	0	807,322	0	0	2,225,848	5,102,497	14,157,939
---	---------	---------	-----------	-----------	---	---------	---	---	-----------	-----------	------------

3) PLANTEAMIENTO DE LA ESTRUCTURA (SEGÚN DISEÑO DEL PROYECTO AASHTO/93)

Gr esp	Gr esp	Material	E	u	h	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	Descripción
10	14 cm	Carpeta Asfáltica - CA Mod. III - HP	40,161	0.35	14 cm	3,938 Mpa					El módulo de la MDC se lo adopta en función del estudio de diseño de la mezcla tomando un valor conservador de la curva maestra para 10 HZ y 30.4°C
20	20 cm	Base Granular	206.84	0.40	20 cm						Valores determinados de acuerdo a la fórmula de IZZAT
30	20 cm										Vr. Asignado
40	25 cm	Sub-Base Granular	118.33	0.45	40 cm						
50	25 cm	RAP 60% - SBG-50 40%									
60	35 cm	Sub-Base Granular	96.53	0.45	35 cm						
70	35 cm										Vr. Asignado
80	35 cm										
90	35 cm										
100		Subrasante	44.33	0.50		452					El consultor del diseño expone "...Ante los resultados obtenidos y las características climáticas de la zona en estudio, en de acuerdo con la Tabla 5.8 del Manual de diseño de pavimentos (INVIAS, 2008) se caracteriza como una región templada semihúmeda a cálida semihúmeda se recomienda como condición de humedad para el ensayo CBR la sumergida". Como se observa no hace un análisis del Factor Climático requerido para el

REVISION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

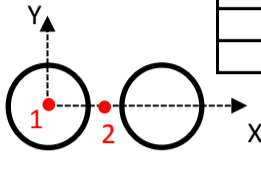
4) PREDISEÑO - EJE 8.2 TON

EJE SIMPLE RUEDA DOBLE 8.2 TON

36643 mm²

Llantas: **2** Carga eje: **8.2** Ton P: **2050** Kg. Q: **80** PSI Q: **5.6** Kg/cm²

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **10.8** cm SL: cm ST: **32.4** cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0
0.0	32.4

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.99	3	94.01
2	16.2	0.0	13.99	4	94.01
3	0.0	0.0	46.50		

=>Para evaluar e del RAP

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	1.42E-04	3	-1.62E-04
2		4	

σ Ppal en 3 = 54.91 56.45 14.94 **126.30** Kpa

CARGA	CARGA LLANTA	Presion contacto	Radio Carga	Sep. Trav.	Repeticiones Esperadas	Def. Tracción	Def. Compres.	REP. ADMISIBLES		Consumo		CUMPLIMIENTO		
								FATIGA	AHUELL.	FATIGA	AHUELL.	Si o No	Por	
8.2	8200	2050	5.6	10.8	32.4	1.42E+07	1.42E-04	1.62E-04	4.40E+05	1.27E+08	3,221.3	11.1	No	FATIGA

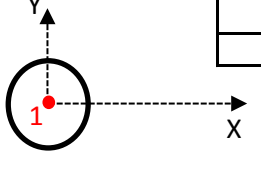
5) ANALISIS DE ESFUERZOS Y DEFEORMACION - ESPECTRO DE CARGAS

5.1) EJE SIMPLE

No 1

Llantas: **1** Carga eje: **2.5** Ton P: **1250** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **7.9** cm SL: cm ST: cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.99	2	94.01

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	8.27E-05		-5.18E-05

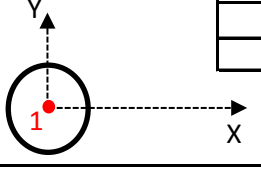
Evaluado: 8.27E-05 5.18E-05

5.2) EJE SIMPLE

No 2

Llantas: **1** Carga eje: **4.0** Ton P: **2000** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **10.0** cm SL: cm ST: cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.99	2	94.01

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	1.52E-04		-8.90E-05

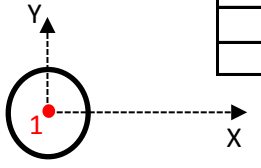
Evaluado: 1.15E-04 8.90E-05

5.3) EJE SIMPLE

No 3

Llantas: **1** Carga eje: **6.0** Ton P: **3000** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **12.3** cm SL: cm ST: cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.99	2	94.01

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	1.48E-04		-1.24E-04

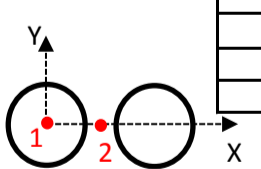
Evaluado: 1.48E-04 1.24E-04

5.5) EJE SIMPLE

No 3a

Llantas: **2** Carga eje: **6.0** Ton P: **1500** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **8.7** cm SL: cm ST: **32.4** cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0
0.0	30.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.99	3	94.01
2	16.2	0.0	13.99	4	94.01

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	1.16E-04	3	-1.18E-04
2		4	

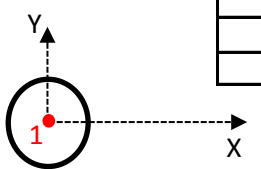
Evaluado: 1.16E-04 1.18E-04

5.4) EJE SIMPLE

No 4

Llantas: **1** Carga eje: **7.0** Ton P: **3500** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **13.3** cm SL: cm ST: cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.99	2	94.01

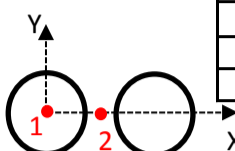
PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	2.07E-04		-1.54E-04

Evaluado: 1.61E-04 1.54E-04

REVISION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

5.5) EJE SIMPLE No 5 # Llantas: **2** Carga eje: **11.0** Ton P: **2750** Kg. Q: **120** PSI Q: **8.4** Kg/cm²

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **10.2** cm SL: **120.0** cm ST: **32.4** cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0
0.0	30.0

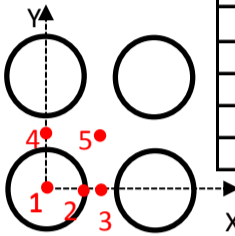
PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.99	3	94.01
2	16.2	0.0	13.99	4	94.01

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	1.96E-04	3	-2.18E-04
2		4	

Evaluado: **1.96E-04** **2.18E-04**

5.6) EJE TANDEM No 6 # Llantas: **4** Carga eje: **21.0** Ton P: **2625** Kg. Q: **110** PSI Q: **758.0** Kpa

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **10.4** cm SL: **120.0** cm ST: **30.0** cm



CARGAS	
X	Y
0	0
30.0	0
0.0	120
30.0	120

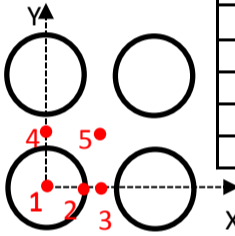
PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.98	6	94.02
2	10.4	0.0	13.98	7	94.02
3	15.0	0.0	13.98	8	94.02
4	0.0	60.0	13.98	9	94.02
5	15.0	60.0	13.98	10	94.02

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	1.87E-04	6	-2.45E-04
2	1.90E-04	7	-2.60E-04
3	1.88E-04	8	-2.62E-04
4	5.14E-05	9	-1.50E-04
5	5.65E-05	10	-1.57E-04

Evaluado: **1.90E-04** **2.62E-04**

5.7) EJE TANDEM No 7 # Llantas: **4** Carga eje: **22.0** Ton P: **2750** Kg. Q: **110** PSI Q: **758.0** Kpa

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **10.6** cm SL: **120.0** cm ST: **30.0** cm



CARGAS	
X	Y
0	0
30.0	0
0.0	120
120.0	120

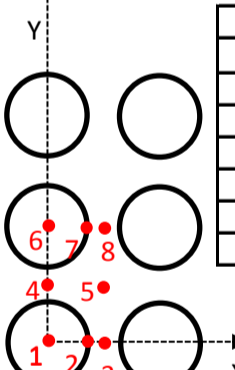
PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.98	6	94.02
2	10.6	0.0	13.98	7	94.02
3	15.0	0.0	13.98	8	94.02
4	0.0	60.0	13.98	9	94.02
5	15.0	60.0	13.98	10	94.02

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	1.93E-04	6	-2.57E-04
2	1.97E-04	7	-2.72E-04
3	1.95E-04	8	-2.74E-04
4	5.38E-05	9	-1.57E-04
5	5.92E-05	10	-1.64E-04

Evaluado: **1.97E-04** **2.74E-04**

5.8) EJE TRIDEM No 8 # Llantas: **6** Carga eje: **24.0** Ton P: **19.6** Kn. Q: **120** PSI Q: **827.0** Kpa

E. CA: **14.0** cm E. Est.: **94.0** cm a: **8.7** cm SL: **120.0** cm ST: **30.0** cm



CARGAS	
X	Y
0	0
30	0
0	120
30	120
0	240
30	240

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	13.98	9	94.02
2	8.7	0.0	13.98	10	94.02
3	15.0	0.0	13.98	11	94.02
4	0.0	60.0	13.98	12	94.02
5	15.0	60.0	13.98	13	94.02
6	0.0	120.0	13.98	14	94.02
7	8.7	120.0	13.98	15	94.02
8	15.0	120.0	13.98	16	94.02

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	1.56E-04	9	-1.77E-04
2	1.54E-04	10	-1.83E-04
3	1.48E-04	11	-1.84E-04
4	4.09E-05	12	-1.73E-04
5	4.48E-05	13	-1.79E-04
6	1.51E-04	14	-2.03E-04
7	1.49E-04	15	-2.09E-04
8	1.43E-04	16	-2.10E-04

Evaluado: **1.56E-04** **2.10E-04**

6) EVALUACION DE CONSUMOS POR EJES DE LOS VEHICULOS - INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO - INA

6.1) DATOS DE ENTRADA

MODULO E (Kg/cm ² / PSI)	40,161	571,224	K2 :	3.291
VOL. VACIOS (VA) %		5.1	K3 :	0.854
VOL. ASFALTO (VB) %		10.98	M :	-0.0226
K1 (CALAGE)		18.4	C :	0.94935

FATIGA

$$N_f = (0.00432 * K_1 * C) * \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{K_2} * \left(\frac{1}{E}\right)^{K_3}$$


$$C = 10^M \quad M = 4.84 \left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0.6875 \right)$$

$$K_1 = 18.4 \quad K_2 = 3.291 \quad K_3 = 0.854$$

E = psi V_b = % volumen de asfalto (11)
K = factor de calage (18.4) V_a = % volumen de aire (5)

AHUELLAMIENTO

$$N_z = (1.365 * 10^{-9}) * (\epsilon_z) - 4.477$$

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Formato: Anexo 2: SP: AI-03</p> <p>Descripción: Revisión del Diseño del Pavimento en las condiciones adoptadas inicialmente por el proyecto (Modulos AASHTO 93).</p>
---	--	---	---	--

REVISION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

6.2) RESULTADOS

TIPO VEHIC.	CARGA		CARGA LLANTA Kg	Presion contacto Kg/cm2	Radio Carga cm	Sep. Trasn. cm	Repeticiones Esperadas	Def. Tracción	Def. Compres.	REP. ADMISIBLES		Consumo		
	TON	Kg								FATIGA Nf	AHUELL. Nz	FATIGA %	AHUELL. %	
EJES SIMPLES	SRS	2.5 Ton	2,500	1,250	6.3	7.9	6.86E+05	8.27E-05	5.18E-05	2.58E+06	2.10E+10	26.6	0.0	
	SRS	4.0 Ton	4,000	2,000	6.3	10.0	1.05E+06	1.15E-04	8.90E-05	8.68E+05	1.86E+09	120.8	0.1	
	SRS	6.0 Ton	6,000	3,000	6.3	12.3	1.63E+06	1.48E-04	1.24E-04	3.80E+05	4.19E+08	429.4	0.4	
	SRD	6.0 Ton	6,000	1,500	6.3	8.7	2.03E+06	1.16E-04	1.18E-04	8.43E+05	5.17E+08	241.4	0.4	
	SRS	7.0 Ton	7,000	3,500	6.3	13.3	8.48E+05	1.61E-04	1.54E-04	2.86E+05	1.60E+08	296.5	0.5	
	SRD	11.0 Ton	11,000	2,750	8.4	10.2	1.12E+06	1.96E-04	2.18E-04	1.50E+05	3.40E+07	743.1	3.3	
Σ:											1,857.7	4.7		
EJES TANDEM	TAD	21.0 Ton	21,000	2,750	7.7	10.4	1.39E+06	1.90E-04	2.62E-04	1.68E+05	1.49E+07	826.3	9.3	
	TAD	22.0 Ton	22,000	2,625	7.7	10.6	3.97E+05	1.97E-04	2.74E-04	1.48E+05	1.21E+07	268.7	3.3	
Σ:											1,095	12.6		
EJES TRIDEM	TRD	24.0 Ton	24,000	2,000	8.4	8.7	30.0	8.48E+05	1.56E-04	2.10E-04	3.21E+05	3.97E+07	264.0	2.1
Σ:											264.0	2.1		
TOTAL:											3,216.7	19.4		

7) EVALUACION DE CONSUMOS POR EJES DE LOS VEHICULOS - SHELL

7.1) DATOS DE ENTRADA

MODULO E (Kg/Cm ²)	40,161
VOL. VACIOS (VA) %	5.1
VOL. ASFALTO (VB) %	10.98
K1 (CALAGE)	1

FATIGA

$$\epsilon_{r1} = (0.856 * V_b + 1.08) * E^{-0.36} * \left(\frac{N_f}{k}\right)^{-0.2}$$

$$N_f = k \left(\frac{0.856 * V_b + 1.08}{E^{0.36} * \epsilon_t}\right)^5$$

E = Módulo de la mezcla, en Pascales.
V_b = Volumen de asfalto, en porcentaje
ε_t = Deformación Unitaria
k = Factor de Calage.

AHUELLAMIENTO

$$\epsilon_z = 2.1 * 10^{-2} * N^{-0.25} \quad \text{NC} = 85\%$$

$$\epsilon_z = 1.8 * 10^{-2} * N^{-0.25} \quad \text{NC} = 95\%$$

Nivel de confianza (85 o 95%): **95**

Confiability	85	90	95
Valor K	2.0	1.5	1.0


7.2) RESULTADOS

TIPO VEHIC.	CARGA		CARGA LLANTA Kg	Presion contacto Kg/cm2	Radio Carga cm	Sep. Trasn. cm	Repeticiones Esperadas	Def. Tracción	Def. Compres.	REP. ADMISIBLES		Consumo		
	TON	Kg								FATIGA Nf	AHUELL. Nz	FATIGA %	AHUELL. %	
EJES SIMPLES	SRS	2.5 Ton	2,500	1,250	6.3	7.9	6.86E+05	8.27E-05	5.18E-05	1.75E+08	2.70E+10	0.4	0.0	
	SRS	4.0 Ton	4,000	2,000	6.3	10.0	1.05E+06	1.15E-04	8.90E-05	3.33E+07	3.10E+09	3.1	0.0	
	SRS	6.0 Ton	6,000	3,000	6.3	12.3	1.63E+06	1.48E-04	1.24E-04	9.51E+06	8.18E+08	17.2	0.2	
	SRD	6.0 Ton	6,000	1,500	6.3	8.7	2.03E+06	1.16E-04	1.18E-04	3.19E+07	9.87E+08	6.4	0.2	
	SRS	7.0 Ton	7,000	3,500	6.3	13.3	8.48E+05	1.61E-04	1.54E-04	6.17E+06	3.45E+08	13.7	0.2	
	SRD	11.0 Ton	11,000	2,750	8.4	10.2	1.12E+06	1.96E-04	2.18E-04	2.32E+06	8.69E+07	48.1	1.3	
Σ:											89.0	2.0		
EJES TANDEM	TAD	21.0 Ton	21,000	2,750	7.7	10.4	30.0	1.39E+06	1.90E-04	2.62E-04	2.75E+06	4.15E+07	50.5	3.3
	TAD	22.0 Ton	22,000	2,625	7.7	10.6	30.0	3.97E+05	1.97E-04	2.74E-04	2.26E+06	3.45E+07	17.6	1.2
Σ:											68	4.5		
EJES TRIDEM	TRD	24.0 Ton	24,000	2,000	8.4	8.7	30.0	8.48E+05	1.56E-04	2.10E-04	7.36E+06	9.95E+07	11.5	0.9
Σ:											11.5	0.9		
TOTAL:											168.5	7.3		

8) CONCLUSIONES

Como se observa con los módulos adoptados según los coeficientes asumidos por el consultor según el metodo AASHTO 93, los modulos determinan un consumo a la fatiga aún muy alto de 3.216% (INA) y 168.5% (SHELL), lo cual significa que la estructura está subdiseñada. Observese que el consumo en ahuellamiento es mayor obteniendose un valor de 19.4%.

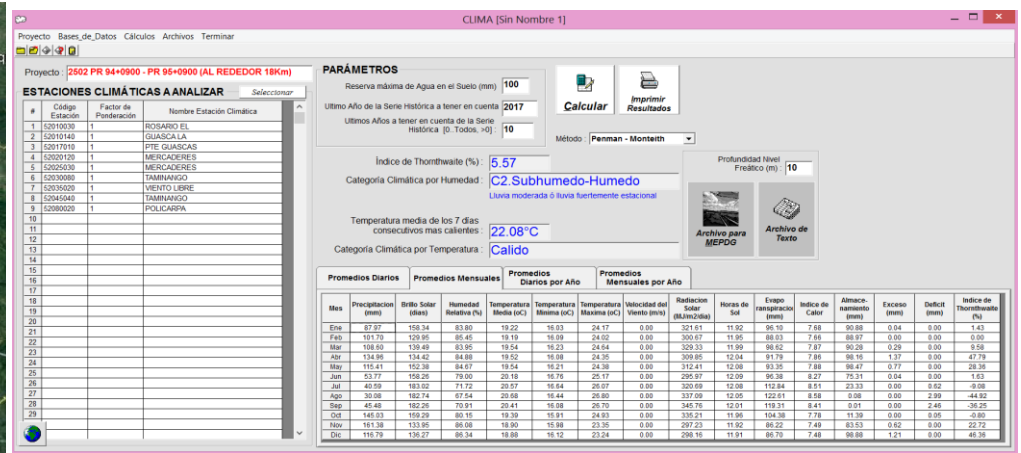
Tal aspecto del ahuellamiento se debe a la evaluación de las características de la subrasante que debe ajustarse a las nuevos procesos de evaluación del factor Clima, el cual si se lo modifica en la presente evaluación del diseño cambiaría todo el paquete estructural; por lo tanto, debe proceder en un segundo analisis donde tambien se aproveche los analisis de los modulos del material granular cuyo insumo es el RAP.

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Formato: Anexo 1: SP: AI-03</p> <p>Descripción: Determinación del factor climático para zona del proyecto</p>
--	--	---	---	---

DETERMINACIÓN DEL FACTOR CLIMÁTICO PARA ZONA DEL PROYECTO

Objeto: El presente reporte es la consignación del análisis del factor climático para estimar la variación de los módulos, con respecto a el clima, en materiales granulares y subrasante que se encuentran presentes en la estructura de pavimento.

1) **Definir el (Índice de Thronthwaite) TMI para la zona de interés:** Para tal efecto se realiza el análisis de la serie histórica de las estaciones metereológicas cercanas al proyecto mediante el software Clima así:



2) **Estimar la succión presente en un material de subrasante:**

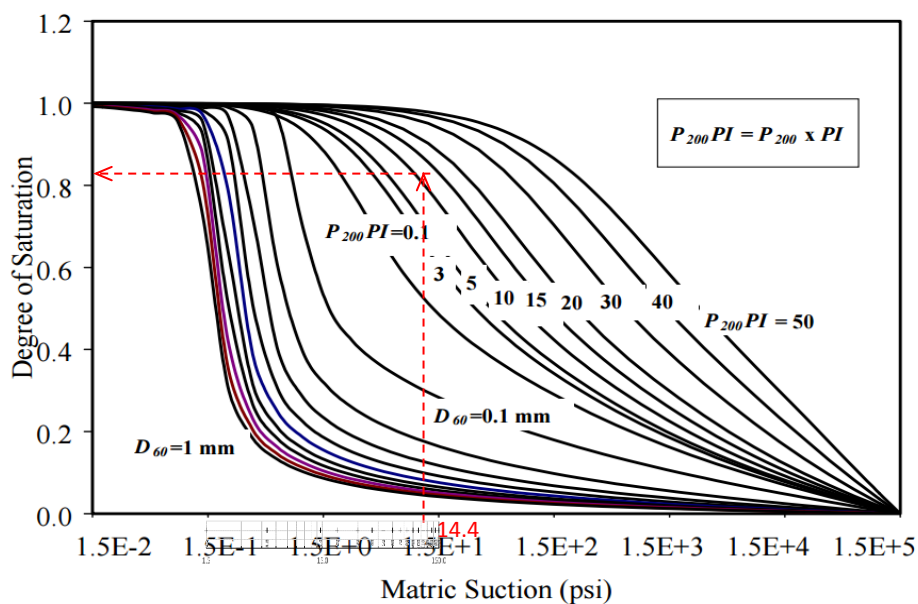
=> $I_p = 16.8\%$ Del estudio de suelos
 $P_{200} = 0.76\%$ Del estudio de suelos

$P_{200} \times I_p = wPI = 12.7\%$

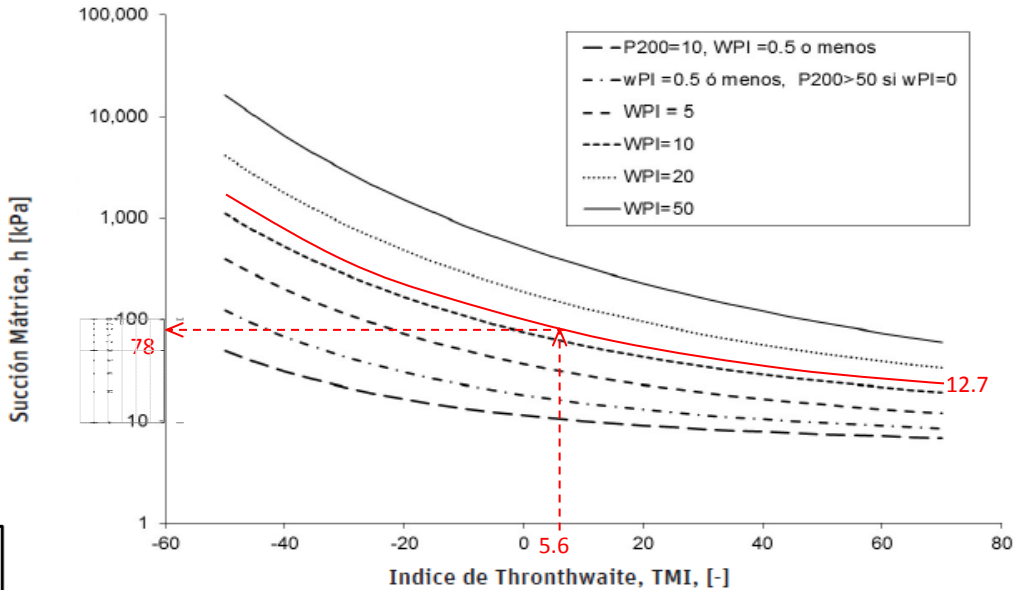
Succión Mátrica, h (Kpa) = **78.0** De la grafica =>

Succión Mátrica, h (PSI) = **11.3**

3) **Determinar el grado de saturación para la succión estimada anteriormente, empleando el modelo SWCC presentado en la siguiente gráfica:**



$Grado\ de\ Saturacion\ Optimo = S_{opt} = \frac{\theta_{opt}}{1 - \frac{Y_{d\ max}}{Y_w G_s}}$ =>



=> **Grado de saturación = 0.85**

4) **Se Determina el grado de succión óptimo teniendo en cuenta los siguientes datos:**

Peso Específico Seco Máximo - Yd max =	1.64	T/m3
Humedad Óptima - wopt =	18.0	%
Gravedad Específica - Gs =	2.67	

$Contenido\ de\ Agua\ Optima\ Volumetrica = \theta_{opt} = \frac{w_{opt} Y_{d\ max}}{Y_w}$

$\theta_{opt} = 0.30\%$

$S_{opt} = 0.77\%$

5) **Calcular el Factor Climático (Fenv) mediante la siguiente ecuación.**

$M_r = F_{env} * M_{r\ opt}$ $\log \frac{M_r}{M_{r\ opt}} = a + \frac{b - a}{1 + EXP \left(\ln \frac{-b}{a} + k_m (S - S_{opt}) \right)}$


(Mr/Mropt) = **0.75** => **Factor climático para Subrasante, valor a afectar Módulo óptimo obtenido**

Elaboró: _____
Nombre: _____

Revisó: _____
Nombre: _____

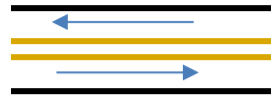
Aprobó: _____
Nombre: _____

Parámetro	Materiales Granulares	Materiales Finos
a	-0.3123	-0.5934
B	0.3	0.4
k _m	6.8157	6.1324

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular	Formato: Anexo 3: SP: AI-03
	Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11	Descripción: Optimización del Diseño del Pavimento en las condiciones disponibles de análisis.	

OPTIMIZACION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

1) PLANTEAMIENTO: A continuación se evalúa el diseño con los módulos asumidos en la Metodología AASHTO 93 para evaluar su real comportamiento. de igual manera, estos módulos son sometidos a las condiciones que se obtienen de los soportes del estudio, acogiéndose los apropiados valores.

TPD	3,497	Vdía	FLUJOS		F.D.	0.5
TASA DE CRECIMIENTO	4.48	%			F.C.	1.0
PERIODO DE DISEÑO	10	Años			VELOCIDAD	60.0 Km/h
SNE	5.18	Po	4.2	PF	2.0	

DISTRIBUCION TRAFICO	AUTOS	44.27	%	BG	C-2P	C-2G	C3	C2-S1	C4	C3-S1	C2-S2	C3-S2	C3-S3
	BUSES	13.38	%	13.4	20.68	33.65	7.46		4.51			8.12	25.57
	CAMIONES	42.35	%									Σ (C)	100

2) ANALISIS DEL TRANSITO - ESPECTRO DE CARGAS

VEHICULO	PESO BRUTO MAXIMO (Ton)	DISTRIBUCION DE LA CARGA (Ton)						CALCULO DEL FACTOR DAÑO					D		
		EJE DELANTERO		EJE TRASERO		EJE REMOLQUE		FD (M. Simplificado)	FD (Método detallado)			FD			
No	TIPO	TIPO	CARGA (Ton)	TIPO	CARGA (Ton)	TIPO	CARGA (Ton)	TIPO	CARGA (Ton)	EJE DELANTERO	EJE TRASERO	EJE REMOLQUE	Σ		
VH01	BG	10.0	1	4	2	6				0.4216	0.0453	0.2608	0.0000	0.3062	0.3062
VH02	C-2P	8.5	1	2.5	2	6				0.3072	0.0064	0.2608	0.0000	0.2672	0.2672
VH03	C-2G	17.0	1	6	2	11				3.9218	0.2610	3.5427	0.0000	3.8037	3.8037
VH04	C3	28.0	1	6	3	22				5.3107	0.2610	4.8732	0.0000	5.1342	5.1342
VH05	C2-S1									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VH06	C4	34.0	1	6	1	6	3	22		5.9933	0.2608	0.2608	4.8732	5.3948	5.3948
VH07	C3-S1									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VH08	C2-S2									0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
VH09	C3-S2	48.0	1	6	3	21	3	21		8.3667	0.2610	4.0001	4.0001	8.2612	8.2612
VH10	C3-S3	52.0	1	7	3	21	4	24		6.2926	0.5093	4.0001	1.5045	6.0139	6.0139

	VH01	VH02	VH03	VH04	VH05	VH06	VH07	VH08	VH09	VH10	TOTAL
% de Vehículos diarios	13.38%	8.76%	14.25%	3.16%	0.00%	1.91%	0.00%	0.00%	3.44%	10.83%	55.73%
Numero Vehículos diarios	468	306	498	110	0	67	0	0	120	379	1,949
F.D.	0.3062	0.2672	3.8037	5.1342	0.0000	5.3948	0.0000	0.0000	8.2612	6.0139	
Transito equivalente (8.2t) diario	143	82	1,896	567	0	360	0	0	993	2,277	6,318
# de vehículos acumulados en el periodo de diseño:	1,048,333	686,194	1,116,559	247,534	0	149,649	0	0	269,434	848,452	4,366,154

EJES SIMPLES	SRS	2.5 Ton	0	686,194	0	0	0	0	0	0	0	0	686,194	REPETICIONES ESPERADAS DE LOS EJES
	SRS	4.0 Ton	1,048,333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SRD	6.0 Ton	0	0	1,116,559	247,534	0	0	0	0	269,434	0	0	1,633,527	
SRS	6.0 Ton	1,048,333	686,194	0	0	0	299,297	0	0	0	0	0	2,033,824	
SRS	7.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	848,452	0	848,452	
SRD	11.0 Ton	0	0	1,116,559	0	0	0	0	0	0	0	0	1,116,559	
EJES TANDEM	21.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	538,868	848,452	0	1,387,320	
	22.0 Ton	0	0	0	247,534	0	149,649	0	0	0	0	0	397,183	
EJES TRIDEN	24.0 Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	848,452	0	848,452	

# de vehículos acumulados en el periodo de diseño de 8.2 ton:	320,955	183,361	4,247,075	1,270,880	0	807,322	0	0	2,225,848	5,102,497	14,157,939
---	---------	---------	-----------	-----------	---	---------	---	---	-----------	-----------	------------

3) PLANTEAMIENTO DE LA ESTRUCTURA (DISEÑO OPTIMIZADO)

10	Carpeta Asfáltica - CA Mod. III - HP E1 = 3.938 Mpa - u=0.35	22 cm	E1 = 40,161 K/cm2 3,938 Mpa	El módulo de la MDC se lo adopta en función del estudio de diseño de la mezcla tomando un valor conservador de la curva maestra para 10 HZ y 30.4°C
20				
30	Base Granular E2 = 206.84 Mpa - u=0.40	20 cm	Valores determinados de acuerdo a la fórmula de IZZAT	
40	20 cm		E2 = E3 * (1 + 10.52 * Log(H2) - 2.1 * Log(E3) * Log(H2))	Vr. Asignado 47374 PSI / 327 Mpa = 344.00 Mpa / 3508 K/cm²
50	Sub-Base Granular RAP 60% - SBG-50 40%	25 cm	E3 = E4 * (1 + 7.18 * Log(H3) - 1.56 * Log(E4) * Log(H3))	Vr. Asignado 27557 PSI / 190 Mpa = 180.25 Mpa / 1838 K/cm²
60	E3 = 118.33 Mpa - u=0.45		Valor inicial para determinar esfuerzos principales para determinar el módulo del material en las condiciones de evaluación del granular con RAP	Determinado en la metodología: 26142 PSI
70	25 cm			
80	Sub-Base Granular E4 = 96.53 Mpa - u=0.45	35 cm	E4 = E5 * (1 + 7.18 * Log(H5) - 1.56 * Log(E5) * Log(H4))	Vr. Asignado 21363 PSI / 147 Mpa = 100.00 Mpa / 1020 K/cm²
90	E4 = 96.53 Mpa - u=0.45			14504 PSI
100	35 cm			
120	Subrasante E5 = 44.33 Mpa - u=0.50		E5 = 739 K/cm2 72.47 Mpa 10511 PSI	Considerando que las pruebas de campo se desarrollaron en condiciones del sector característico y las humedades de la subrasante se aproximaron a las óptimas del mismo, se adopta el Mr óptimo como el menor valor de los determinados en los dos apiques desarrollados, esto es CBR = 14.3% y considerándose el valor obtenido al evaluar las estaciones meteorológicas de la zona de (Mr/Mropt) = 0.75 => Factor climático para



Proyecto de grado:
METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APOORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP
Autor:
ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ

Proyecto:
Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.

Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular
Fuentes:
RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502)
Sub-base Granular: Galindez PR 11

Formato:
Anexo 3: SP: AI-03
Descripción:
Optimización del Diseño del Pavimento en las condiciones disponibles de análisis.

OPTIMIZACION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

4) PREDISEÑO - EJE 8.2 TON

EJE SIMPLE RUEDA DOBLE 8.2 TON

Llantas: **2** Carga eje: **8.2** Ton P: **2050** Kg. Q: **80** PSI Q: **5.6** Kg/cm² 36643 mm²

E. CA: **22.0** cm E. Est.: **102.0** cm a: **10.8** cm SL: cm ST: **32.4** cm

X	Y
0.0	0.0
0.0	32.4

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.99	3	102.01
2	16.2	0.0	21.99	4	102.01
3	0.0	0.0	54.50	=>Para evaluar e del RAP	

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	8.58E-05	3	-9.49E-05
2		4	

σ Ppal en 3 = **-17.64** **6.09** **6.88** **-4.67** Kpa

Evaluado: **8.58E-05** **9.49E-05**

CARGA	CARGA LLANTA	Presion contacto	Radio Carga	Sep. Trav.	Repeticiones Esperadas	Def. Tracción	Def. Compres.	REP. ADMISIBLES		Consumo		CUMPLIMIENTO			
								FATIGA	AHUELL.	FATIGA	AHUELL.	Si o No	Por		
INA	8.2	8200	2050	5.6	10.8	32.4	1.42E+07	8.58E-05	9.49E-05	2.21E+07	1.39E+09	64.0	1.0	Si	
SHELL	8.2	8200.0	2050	5.6	10.8	32.4	1.42E+07	8.58E-05	9.49E-05	1.46E+08	2.40E+09	9.7	0.6	Si	

5) ANALISIS DE ESFUERZOS Y DEFEORMACION - ESPECTRO DE CARGAS

5.1) EJE SIMPLE **No 1** # Llantas: **1** Carga eje: **2.5** Ton P: **1250** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **22.0** cm E. Est.: **102.0** cm a: **7.9** cm SL: cm ST: cm

X	Y
0.0	0.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.99	2	102.01

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	4.07E-05		-3.03E-05

Evaluado: **4.07E-05** **3.03E-05**

5.2) EJE SIMPLE **No 2** # Llantas: **1** Carga eje: **4.0** Ton P: **2000** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **22.0** cm E. Est.: **102.0** cm a: **10.0** cm SL: cm ST: cm

X	Y
0.0	0.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.99	2	102.01

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	6.08E-05		-4.84E-05

Evaluado: **1.15E-04** **4.84E-05**

5.3) EJE SIMPLE **No 3** # Llantas: **1** Carga eje: **6.0** Ton P: **3000** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **22.0** cm E. Est.: **102.0** cm a: **12.3** cm SL: cm ST: cm

X	Y
0.0	0.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.99	2	102.01

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	8.39E-05		-7.20E-05

Evaluado: **8.39E-05** **7.20E-05**

5.5) EJE SIMPLE **No 3a** # Llantas: **2** Carga eje: **6.0** Ton P: **1500** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **22.0** cm E. Est.: **102.0** cm a: **8.7** cm SL: cm ST: **32.4** cm

X	Y
0.0	0.0
0.0	30.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.99	3	102.01
2	16.2	0.0	21.99	4	102.01

PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	6.65E-05	3	-3.03E-05
2		4	

Evaluado: **6.65E-05** **3.03E-05**

5.4) EJE SIMPLE **No 4** # Llantas: **1** Carga eje: **7.0** Ton P: **3500** Kg. Q: **90** PSI Q: **6.3** Kg/cm²

E. CA: **22.0** cm E. Est.: **102.0** cm a: **13.3** cm SL: cm ST: cm

X	Y
0.0	0.0

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.99	2	102.01

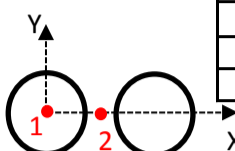
PUNTO	€ _{FATIGA}	PUNTO	€ _{AHUELLAM.}
1	9.43E-05		-8.38E-05

Evaluado: **1.61E-04** **8.38E-05**

OPTIMIZACION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

5.5) EJE SIMPLE No 5 # Llantas: **2** Carga eje: **11.0** Ton P: **2750** Kg. Q: **120** PSI Q: **8.4** Kg/cm²

E. CA: **22.0** cm E. Est. : **102.0** cm a: **10.2** cm SL: **120.0** cm ST: **32.4** cm



CARGAS	
X	Y
0.0	0.0
0.0	30.0

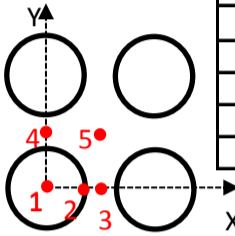
PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.99	3	102.01
2	16.2	0.0	21.99	4	102.01

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	1.17E-04	3	-1.28E-04
2		4	

Evaluado: **1.17E-04** **1.28E-04**

5.6) EJE TANDEM No 6 # Llantas: **4** Carga eje: **21.0** Ton P: **2625** Kg. Q: **110** PSI Q: **758.0** Kpa

E. CA: **22.0** cm E. Est. : **102.0** cm a: **10.4** cm SL: **120.0** cm ST: **30.0** cm



CARGAS	
X	Y
0	0
30.0	0
0.0	120
30.0	120

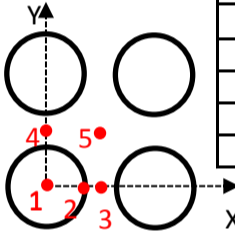
PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.98	6	102.02
2	10.4	0.0	21.98	7	102.02
3	15.0	0.0	21.98	8	102.02
4	0.0	60.0	21.98	9	102.02
5	15.0	60.0	21.98	10	102.02

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	1.05E-04	6	-1.44E-04
2	1.10E-04	7	-1.48E-04
3	1.11E-04	8	-1.48E-04
4	4.41E-05	9	-1.50E-04
5	4.91E-05	10	-1.54E-04

Evaluado: **1.11E-04** **1.54E-04**

5.7) EJE TANDEM No 7 # Llantas: **4** Carga eje: **22.0** Ton P: **2750** Kg. Q: **110** PSI Q: **758.0** Kpa

E. CA: **22.0** cm E. Est. : **102.0** cm a: **10.6** cm SL: **120.0** cm ST: **30.0** cm



CARGAS	
X	Y
0	0
30.0	0
0.0	120
120.0	120

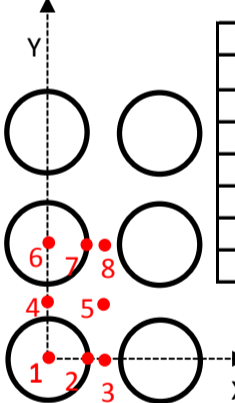
PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.98	6	102.02
2	10.6	0.0	21.98	7	102.02
3	15.0	0.0	21.98	8	102.02
4	0.0	60.0	21.98	9	102.02
5	15.0	60.0	21.98	10	102.02

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	1.09E-04	6	-1.51E-04
2	1.15E-04	7	-1.55E-04
3	1.15E-04	8	-1.55E-04
4	4.62E-05	9	-1.57E-04
5	5.14E-05	10	-1.61E-04

Evaluado: **1.15E-04** **1.61E-04**

5.8) EJE TRIDEM No 8 # Llantas: **6** Carga eje: **24.0** Ton P: **19.6** Kn. Q: **120** PSI Q: **827.0** Kpa

E. CA: **22.0** cm E. Est. : **102.0** cm a: **8.7** cm SL: **120.0** cm ST: **30.0** cm




CARGAS	
X	Y
0	0
30	0
0	120
30	120
0	240
30	240

PUNTO	X	Y	Z _{FATIGA}	PUNTO	Z _{AHUELLAM.}
1	0.0	0.0	21.98	9	102.02
2	8.7	0.0	21.98	10	102.02
3	15.0	0.0	21.98	11	102.02
4	0.0	60.0	21.98	12	102.02
5	15.0	60.0	21.98	13	102.02
6	0.0	120.0	21.98	14	102.02
7	8.7	120.0	21.98	15	102.02
8	15.0	120.0	21.98	16	102.02

PUNTO	ε _{FATIGA}	PUNTO	ε _{AHUELLAM.}
1	8.20E-05	9	-1.08E-04
2	8.53E-05	10	-1.11E-04
3	8.50E-05	11	-1.11E-04
4	3.54E-05	12	-1.17E-04
5	3.93E-05	13	-1.20E-04
6	7.66E-05	14	-1.29E-04
7	7.97E-05	15	-1.32E-04
8	7.95E-05	16	-1.32E-04

Evaluado: **8.53E-05** **1.32E-04**

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Formato: Anexo 3: SP: AI-03</p> <p>Descripción: Optimización del Diseño del Pavimento en las condiciones disponibles de análisis.</p>
---	--	---	---	---

OPTIMIZACION DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

6) EVALUACION DE CONSUMOS POR EJES DE LOS VEHICULOS - INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO - INA

6.1) DATOS DE ENTRADA

MODULO E (Kg/cm2 / PSI)	40,161	571,224
VOL. VACIOS (VA) %		5.1
VOL. ASFALTO (VB) %		10.98
K1 (CALAGE)		18.4

K2 :	3.291
K3 :	0.854
M :	-0.0226
C :	0.94935

FATIGA

$$N_f = (0.00432 * K_1 * C) * \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{K_2} * \left(\frac{1}{E}\right)^{K_3}$$

$$C = 10^M$$

$$M = 4.84 \left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0.6875 \right)$$

$$K_1 = 18.4$$

$$K_2 = 3.291$$

$$K_3 = 0.854$$


E = psi V_b = % volumen de asfalto (11)
K = factor de calage (18.4) V_a = % volumen de aire (5)

AHUELLAMIENTO

$$N_z = (1.365 * 10^{-9}) * (\epsilon_z)^{-4.477}$$

6.2) RESULTADOS

TIPO VEHIC.	CARGA		CARGA LLANTA Kg	Presion contacto Kg/cm2	Radio Carga cm	Sep. Trasn. cm	Repeticiones Esperadas	Def. Tracción	Def. Compres.	REP. ADMISIBLES		Consumo	
	TON	Kg								FATIGA Nf	AHUELL. Nz	FATIGA %	AHUELL. %
EJES SIMPLES	SRS	2.5 Ton	2,500	1,250	6.3	7.9	6.86E+05	4.07E-05	3.03E-05	2.57E+08	2.30E+11	0.3	0.0
	SRS	4.0 Ton	4,000	2,000	6.3	10.0	1.05E+06	1.15E-04	4.84E-05	8.38E+06	2.84E+10	12.5	0.0
	SRS	6.0 Ton	6,000	3,000	6.3	12.3	1.63E+06	8.39E-05	7.20E-05	2.37E+07	4.79E+09	6.9	0.0
	SRD	6.0 Ton	6,000	1,500	6.3	8.7	2.03E+06	6.65E-05	3.03E-05	5.11E+07	2.30E+11	4.0	0.0
	SRS	7.0 Ton	7,000	3,500	6.3	13.3	8.48E+05	1.61E-04	8.38E-05	2.76E+06	2.44E+09	30.7	0.0
	SRD	11.0 Ton	11,000	2,750	8.4	10.2	1.12E+06	1.17E-04	1.28E-04	7.87E+06	3.64E+08	14.2	0.3
Σ:												68.5	0.4
EJES TANDEM	TAD	21.0 Ton	21,000	2,750	7.7	10.4	1.39E+06	1.11E-04	1.54E-04	9.58E+06	1.62E+08	14.5	0.9
	TAD	22.0 Ton	22,000	2,625	7.7	10.6	3.97E+05	1.15E-04	1.61E-04	8.35E+06	1.32E+08	4.8	0.3
Σ:												19	1.2
EJES TRIDEM	TRD	24.0 Ton	24,000	2,000	8.4	8.7	8.48E+05	8.53E-05	1.32E-04	2.26E+07	3.13E+08	3.8	0.3
Σ:												3.8	0.3
TOTAL:												91.5	1.8

 <p>Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos</p>	<p>Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP</p> <p>Autor: ANDRÉS RICARDO IBARRA ENRIQUEZ</p>	<p>Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.</p>	<p>Tipo de capa a evaluar: Sub-base granular</p> <p>Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 95+0120 (2502) Sub-base Granular: Galindez PR 11</p>	<p>Formato: Anexo 3: SP: AI-03</p> <p>Descripción: Optimización del Diseño del Pavimento en las condiciones disponibles de análisis.</p>
---	--	---	---	---

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO METODO RACIONAL (CONSUMO) - PAVIMENTO FLEXIBLE

7) EVALUACION DE CONSUMOS POR EJES DE LOS VEHICULOS - SHELL

7.1) DATOS DE ENTRADA

MODULO E (Kg/Cm ²)	40,161
VOL. VACIOS (VA) %	5.1
VOL. ASFALTO (VB) %	10.98
K1 (CALAGE)	1

FATIGA

$$\epsilon_{r_1} = (0.856 * V_b + 1.08) * E^{-0.36} * \left(\frac{N_f}{k}\right)^{-0.2}$$

$$N_f = k \left(\frac{0.856 * V_b + 1.08}{E^{0.36} * \epsilon_t}\right)^5$$

E = Módulo de la mezcla, en Pascales.
V_b = Volumen de asfalto, en porcentaje
ε_t = Deformación Unitaria
k = Factor de Calage.

AHUELLAMIENTO

$$\epsilon_z = 2.1 * 10^{-2} * N^{-0.25} \quad \text{NC} = 85\%$$

$$\epsilon_z = 1.8 * 10^{-2} * N^{-0.25} \quad \text{NC} = 95\%$$

Nivel de confianza (85 o 95%): 95

Confiability	85	90	95
Valor K	2.0	1.5	1.0


6.2) RESULTADOS

6.2) RESULTADOS

TIPO VEHIC.	CARGA		CARGA LLANTA Kg	Presion contacto Kg/cm ²	Radio Carga cm	Sep. Trav. cm	Repeticiones Esperadas	Def. Tracción	Def. Compres.	REP. ADMISIBLES		Consumo	
	TON	Kg								FATIGA Nf	AHUELL. Nz	FATIGA %	AHUELL. %
EJES SIMPLES	SRS	2.5 Ton	2,500	1,250	6.3	7.9	6.86E+05	4.07E-05	3.03E-05	6.05E+09	2.30E+11	0.0	0.0
	SRS	4.0 Ton	4,000	2,000	6.3	10.0	1.05E+06	1.15E-04	4.84E-05	3.33E+07	3.54E+10	3.1	0.0
	SRS	6.0 Ton	6,000	3,000	6.3	12.3	1.63E+06	8.39E-05	7.20E-05	1.62E+08	7.22E+09	1.0	0.0
	SRD	6.0 Ton	6,000	1,500	6.3	8.7	2.03E+06	6.65E-05	3.03E-05	5.20E+08	2.30E+11	0.4	0.0
	SRS	7.0 Ton	7,000	3,500	6.3	13.3	8.48E+05	1.61E-04	8.38E-05	6.17E+06	3.94E+09	13.7	0.0
	SRD	11.0 Ton	11,000	2,750	8.4	10.2	1.12E+06	1.17E-04	1.28E-04	3.03E+07	7.22E+08	3.7	0.2
Σ:											22.0	0.2	
EJES TANDEM	TAD	21.0 Ton	21,000	2,750	7.7	10.4	1.39E+06	1.11E-04	1.54E-04	4.09E+07	3.50E+08	3.4	0.4
	TAD	22.0 Ton	22,000	2,625	7.7	10.6	3.97E+05	1.15E-04	1.61E-04	3.32E+07	2.91E+08	1.2	0.1
Σ:											5	0.5	
EJES TRIDEM	TRD	24.0 Ton	24,000	2,000	8.4	8.7	8.48E+05	8.53E-05	1.32E-04	1.50E+08	6.31E+08	0.6	0.1
Σ:											0.6	0.1	
TOTAL:											27.1	0.9	

7) CONCLUSIONES

Como se observa con los módulos adoptados según los soportes del consultor son soportados mediante el análisis de la Curva Maestra para la MDC, el módulo de la subrasante fue afectado por el Factor Clima y el Módulo del material Granular con RAP, según el análisis determinado en la metodología. Observado el análisis con un espesor de C.A. de 22 cm se determinó un consumo a la fatiga 91.5% (INA) y 27.1% (SHELL), lo cual significa que la estructura estuvo subdiseñada. Observese que el consumo en ahuellamiento disminuyó obteniéndose un valor de 1.8% respecto al determinado anteriormente de 19.4%.

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Alternativa: En acopio o In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: MB-A3 Descripción: Ajuste del diseño y comparación de costos
---	---	---	--	---

AJUSTE DEL DISEÑO Y COMPARACIÓN DE COSTOS

Objeto: En el presente reporte se presentan las observaciones al diseño disponible del tramo evaluado, extrayendo los datos que reflejan la resistencia del material granular compuesto por RAP; se presenta además el ajuste del diseño con dichas características y la aplicación de la resistencia obtenida para un nuevo ajuste; finalmente la evaluación de costos respecto al proyecto inicial, la reutilización del RAP y la optimización del diseño del pavimento.

1) REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE EN EL DISEÑO DISPUESTO EN EL PROYECTO:


H	Metodo AASHTO/93	Verificación Método Racional									
		Ei			μ	Condiciones evaluadas					
		Kg/cm ²	PSI	Mpa							
14 cm	ai	Ei			Cd	Condiciones evaluadas	Kg/cm ²	PSI	Mpa	μ	Condiciones evaluadas
20 cm	0.35	27,532	391,602	2,700							
25 cm	0.14	2,109	29,997	206.8	1	4) Confianza 90%, Error estandar Zr=1.282; Error estandar So=0.49	1,800	25,602	176.5	0.4	2) Periodo de Diseño: 10 años
35 cm	0.12	1,054	14,991	103.4	1	5) Serviciabilidad: So = 4.2, Sf = 2.0	1,800	25,602	176.5	0.4	3) Tránsito: Se mantiene el valor se evalua para Eje estandar 8.2 Ton. El espectro obtenido no refleja análisis.
	0.1	984	13,996	96.5	0.9	6) Resistencia subrasante: Se postula la resistencia en condición sumergida.	1,800	25,602	176.5	0.4	Resultado: Se determinan deformaciones pero no se evidencia calculo de consumos.
	CBR 4.5%	450	6,400	44.1		Resultado: SN = 5.18 Requerida SN = 5.45 Ofrecido	450	6,400	44.1	0.5	

- Variable clima:** Se considera indispensable evaluar este aspecto que en contraste con las condiciones de la zona no corresponden con la realidad.
- Variable Tránsito:** Aunque el analisis de crecimiento y determinación del TPD son válidos, es necesario ajustar y sustentar la determinación de la proyección del factor camión y determinación por espectro de carga de la variable tránsito.
- Módulos de los materiales:** Además de la deficiencia en la el efecto de la variable clima que afecta el módulo de la subrasante principalmente, se observa que es indispensable que haya coherencia de los módulos entre el diseño realizado por el AASHTO 93 y la verificación por el método Racional.

2) **REVISIÓN, AJUSTE Y OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO:** A continuación se presenta el ajuste de las variables detalladas anteriormente y la implementación de la determinación del módulo del material granular con insumo de RAP obtenido en el proceso. Para tal efecto, se desarrollan tres (3) corridas a), b) y c) por el método Racional por Consumos aplicandose conceptos de fatiga del INA y la Shell y evaluandose por consumos del espectro de carga.

Nota: Para los tres (3) analisis expuestos se evaluó el tránsito por espectros de carga y se encontró que $N_{8.2Ton}$ adoptado por el consultor es muy aproximado al analisis realizado obteniendose: Diseñador (14'358.018) vs Obtenido de la revisión (14'157.937). Igualmente se procuró disponer para todos los casos los mismos espesores de las capas involucrados por que corresponde a los mínimos posibles y unicamente en la optimización se varió el espesor de la carpeta asfáltica.

- Evaluación del diseño con las condiciones de módulos consignadas en el estudio del proyecto : Véase Anexo No 1 del SP: AI-03**
 Como se puede denotar en el diseño hecho mediante el método AASHTO 93, el consultor aunque escribe unos módulos, asume unos coeficientes estructurales ai que no son conformes con la correspondencia de modulos de la metodología; Ej: a1 (CA) =0.35, el modulo seria segun la metodología 1.969 Mpa y se denota en el informe que es 2700 Mpa. Por lo tanto se procedió a realizar la modelación con los modulos según el método AASHTO 93 para que haya correspondencia en el análisis. Los parámetros de resistencia de la subrasante se mantiene en condiciones de inmersión del CBR asignado.
Resultados: Por tal efecto el consumo en **fatiga** evaluado por el INA se obtiene un consumo elevado de **11.438%**, aunque el **ahuellamiento** es bajo, por efecto del considerable espesor de las capas granulares con un consumo del **6%**, a pesar de la deficiente proyección de resistencia de la subrasante, determinandose que el modelo estructural se encuentra sub-diseñado.
- Evaluación del diseño con las condiciones de módulos adoptados en la Metodología AASHTO 93: Véase Anexo No 2 del SP: AI-03**
 Para esta evaluación se adopta los módulos con el ajuste pertinente, los granulares con base al módulo de la subrasante (en inmersión) y la Mezcla asfáltica con base en las condiciones del Clima del proyecto (para ello se analizó las estaciones metereologicas cercanas al proyecto para determinar la temperatura media mensual), determinandose E_{ca} a una temperatura de 30.4°C y a 10 Hz., con base a una Temperatura media mensual de 22.5°C.
Resultados: Como se observa con los módulos adoptados según los coeficientes asumidos por el consultor según el metodo AASHTO 93, los modulos determinan un consumo a la **fatiga** aún muy alto de **3.216%** (INA) y 168.5% (SHELL), lo cual significa que la estructura está subdiseñada. Obsérvese que el consumo en **ahuellamiento** es mayor obteniendose un valor de **19.4%**. Tal aspecto del ahuellamiento se debe a la evaluación de las características de la subrasante que debe ajustarse a las nuevos procesos de evaluación del factor Clima, el cual si se lo modifica en la presente evaluación del diseño cambiaría toda la condición de esfuerzos en el paquete estructural.
 Como conclusión, teniendo una deficiencia en la determinación de resistencia de la subrasante en inmersión y disponiendo consumos muy elevados, **fué factible optimizar el diseño**. Para este caso, para adoptar el **módulo de la capa granular con RAP** procedio a disponer el obtenido del **coeficiente estructural adoptado por el consultor**.

 Universidad del Cauca Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería de Pavimentos	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Alternativa: En acopio o In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: MB-A3 Descripción: Ajuste del diseño y comparación de costos
	Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ			

AJUSTE DEL DISEÑO Y COMPARACIÓN DE COSTOS

c) Optimización del diseño con las condiciones de módulos analizados en cada capa: Véase Anexo No 3 del SP: AI-03

Para proceder al ajuste fue necesario aplicar la nueva metodología del AASHTO 2008 para lo siguiente:

Factor clima: $(Mr/Mropt) = 0.75$ Afectación de subrasante ($CBROpt = 14.3\%$ obtenido en ensayo de campo). No se observó afectación del clima en los granulares evaluándose sus propiedades.

Evaluación de consumos: Se aplicó la evaluación por fatiga de abajo hacia arriba con el método del INA y la Shell para MDC.

Resistencia de la carpeta asfáltica: Para el módulo de la carpeta asfáltica E_{ca} se realizó la curva maestra para determinar el módulo a una temperatura de $30.4^{\circ}C$ y a $10 Hz.$, con base a una Temperatura media mensual de $22.5^{\circ}C$.

Resistencia de la capa granular de RAP: Para determinar el módulo de la capagranular con RAP se determinaron los esfuerzos principales en el prediseño, observándose que el **módulo obtenido (1837 Kg/cm²)** a partir del **subproceso SP: MB-A2** era consistente con el adoptado, encontrándose que existe consistencia con los valores típicos para sub-base dejando como **valor asignado en la optimización el adoptado de 1837 Kg/cm².**

Resultados: Con los ajustes de módulos de las capas, sustentados con análisis más profundo se evidencia un contraste absoluto con lo proyectado en el diseño del proyecto; es así como **la subrasante paso** de disponer apenas un **Mr de 452 Kg/cm² a un Mr de 739 Kg/cm²** y **la carpeta asfáltica paso** de **$E_{ca} = 19.686 Kg/cm^2$ a $40.161 Kg/cm^2$** y por efecto de la capacidad de soporte de la subrasante los módulos resilientes de las capas granulares aunque variaron muy poco, se han dispuesto con valores acordes a las características típicas de los mismos, incluyéndose en éstos **la capa granular con RAP que paso** de disponer de un **Mr de 1207 Kg/cm² a 1837 Kg/cm².**

De los cambios mencionados, se evidencia que el proyectista desconoció los propios resultados anexos al estudio, desestimándose principalmente las propiedades de una MDC con Asfalto Modificado con polímeros de Alto desempeño, el cual evidencia un desempeño muy diferente al de una MDC normal y que conforme a la proyección de su diseño de mezcla se adapta a las condiciones climáticas del proyecto.

En la evaluación del **prediseño se realizó variación centímetro a centímetro del espesor de la carpeta asfáltica** y no de las demás capas granulares, debido a que los espesores dispuestos de los granulares principalmente del granular remanente y la capa granular con RAP son determinados como los existentes o mínimo posible de aboradar y la capa granular de base dispone un espesor mínimo para la condición del proyecto de una carretera importante como lo es la Panamericana.

En el análisis **del espesor** de la carpeta asfáltica que se incrementó **de 14cm a 22cm**, se refleja lo siguiente:

Como se observa con los módulos adoptados según los soportes del consultor son soportados mediante el análisis de la Curva Maestra para la MDC, el módulo de la subrasante fue afectado por el Factor Clima y el Módulo del material Granular con RAP, según el análisis determinado en la metodología. Observado el análisis con un espesor de C.A. de 22 cm se determinó un consumo a la **fatiga 91.5% (INA) y 27.1% (SHELL)**, lo cual significa que la estructura estuvo subdiseñada. Obsérvese que el consumo en **ahuellamiento** disminuyó obteniéndose un valor de **1.8%** respecto al determinado anteriormente de 19.4%.

COMPARACION DE LAS ESTRUCTURAS EVALUADAS:

CAPA ESTRUCTURAL	a) Con módulos del proyecto						b) Con lo ajustado según soporte						c) Optimización del diseño					
	Espesor cm	Ei			Consumos %		Espesor cm	Ei			Consumos %		Espesor cm	Ei			Consumos %	
		Kg/cm ²	PSI	Mpa	Fatiga	Ahuell.		Kg/cm ²	PSI	Mpa	Fatiga	Ahuell.		Kg/cm ²	PSI	Mpa	Fatiga	Ahuell.
Carpeta Asfáltica - CA Mod. III - HP	14	19,686	280,001	1,930.5	11438 %	6%	14	40,161	571,224	3,938.4	3216 %	19.4%	22	40,161	571,224	3,938.4	91.5%	1.8%
Base Granular BG-40	20	2,109	30,000	206.8			20	3,059	43,511	300.0			20	3,000	42,670	294.2		
Sub base granular:SBG: RAP60%-SBG-50 40%	25	1,207	17,162	118.3			25	2,549	36,259	250.0			25	1,837	26,128	180.1		
Granular remanente: GR: (Clasificación SM)	35	984	14,000	96.5			35	1,295	18,420	127.0			35	1,200	17,068	117.7		
Subrasante	-	452	6,429	44.3			-	452	6,429	44.3			-	739	10,511	72.5		
OBSERVACION FINAL:	Deficiencia de módulos adoptados a pesar de ellos se evidencia sub-diseño						Deficiencia en la evaluación subrasante y se evidencia sub-diseño						Diseño consistente con la realidad del proyecto y conforme a la tecnología.					


3) EVALUACION DE COSTOS REFERENTES AL USO DEL RAP Y LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO:

a) Costo de la actividad de disponer Sub-base Granular SBG50 al 100% versus Sub-base Granular RAP60% SBG50 40%:

ACTIVIDAD x m3	EQUIPO	MATERIALES	TRANSPORTE			M.O.	AUI	VR. TOTAL	%
			DISTANCIA	VR/UNITARIO	VR PARCIAL				
Sub base granular:SBG-50	7,593	57,488	30	722	28,163	344	29,948	123,536	100
Sub base granular:SBG: RAP60%-SBG-50 40%	7,593	24,980	30	722	10,832	344	14,000	57,749	47
AHORRO por m3:								65,787	53

ACTIVIDAD x m3	EQUIPO	MATERIALES	TRANSPORTE			M.O.	AUI	VR. TOTAL	%
			DISTANCIA	VR/UNITARIO	VR PARCIAL				
Fresado convencional	16,597	780	10	722	9,027	401	8,577	35,382	100
Fresado para reutilización del RAP	26,404	0	0	722	0	401	8,578	35,382	100
AHORRO por m3:								0	0

La diferencia del costo en el equipo radica en la mezcla del material en el sitio con la fresadora u otro equipo para esta actividad.

	Proyecto de grado: METODOLOGÍA DE CAMPO PARA DETERMINAR EL APOORTE ESTRUCTURAL DE CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUB-BASE ELABORADAS A PARTIR DE LA REUTILIZACIÓN DEL RAP Autor: ANDRES RICARDO IBARRA ENRIQUEZ	Proyecto: Mantenimiento y rehabilitación de la carretera San Juan de Pasto- Mojarras sector Cano Mojarras Ruta 25 Tramo 2502, departamento de Nariño.	Alternativa: En acopio o In situ Fuentes: RAP: - PR 94+0960 al PR 97 (2502) Base Granular: Galindez PR 11	Formato: SP: MB-A3 Descripción: Ajuste del diseño y comparación de costos
---	--	---	--	---

AJUSTE DEL DISEÑO Y COMPARACIÓN DE COSTOS

b) Comparación de costos de toda la obra entre: (1) Proyecto Inicial versus (2) Proyecto con reutilización de RAP y versus (3) Proyecto con ajuste del diseño

CONDICIONES ANALIZADAS POR KILOMETRO EN EL VALOR BASICO DE LA OBRA	Analisis de costos respecto al proyecto Inicial				Analisis de costos en la optimización			
	Valor	%(PI)	AHORRO respecto al proyecto inicial	>> meta física (%PI) (m.)	%(PR)	AHORRO respecto al proyecto sin ajuste	>> meta física (%PR) (m.)	
Proyecto Inicial	2,087,080,826	100	0	0			-	
Proyecto Inicial con reutilización de RAP	1,840,389,405	88.2	246,691,421	134	100	0	0	
Proyecto con ajuste del diseño y R. RAP	2,266,147,197	109	-179,066,371	-79	123	-425,757,793	-188	

c) Comparación de costos de la estructura del pavimento entre: (1) Proyecto Inicial versus (2) Proyecto con reutilización de RAP y versus (3) Proyecto con ajuste del diseño:

CONDICIONES ANALIZADAS POR KILOMETRO EN EL VALOR BASICO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	Analisis de costos respecto al proyecto Inicial				Analisis de costos en la optimización			
	Valor	%Reduc. (PI)	AHORRO respecto al proyecto inicial	>> meta física (%PI) (m.)	%Reduc. (PR)	AHORRO respecto al proyecto sin ajuste	>> meta física (%PR) (m.)	
Proyecto Inicial	1,678,920,891	100	0	0			-	
Proyecto Inicial con reutilización de RAP	1,432,229,470	85.3	246,691,421	172	100	0	0	
Proyecto con ajuste del diseño y R. RAP	1,857,987,263	111	-179,066,371	-96	130	-425,757,793	-229	

Conclusión:

Procede a realizar la actividad observandose los ahorros en relación a la reutilización del RAP, pero con la deficiencia en el diseño observada en la gestión de optimización del diseño del pavimento por efecto del incremento de la carpeta asfáltica de 14 cm a 22 cm.

Elaboró:

Revisó:

Aprobó:

Nombre: _____

Nombre: _____

Nombre: _____