

**PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LOS
PROYECTOS DESARROLLADOS POR LA EMPRESA GAMBOA GONZÁLEZ
ASOCIADOS S.A.S.**

HOLGER ANDREY MURCIA VELÁSQUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

**PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LOS
PROYECTOS DESARROLLADOS POR LA EMPRESA GAMBOA GONZÁLEZ
ASOCIADOS S.A.S.**

HOLGER ANDREY MURCIA VELÁSQUEZ

**Trabajo de Grado en la modalidad de práctica empresarial para optar al título
de Ingeniero Civil**

Director

**ING. M Sc. HEBENLY CELIS LEGUÍZAMO
Docente Escuela de Ingeniería Civil – UIS**

Tutor

**ING. M Sc. Jairo Rafael Gamboa Ramírez
Gerente Gamboa González Asociados S.A.S**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, padre, hermanos y demás familia por todo el apoyo brindado durante la realización de la práctica y a lo largo de la carrera.

Al grupo de trabajo de la empresa Gamboa González Asociados S.A.S, especialmente al ingeniero Jairo Gamboa Ramírez por permitir la realización de la práctica y guiarme como tutor durante el desarrollo de la práctica.

A la Ingeniera Hebenly Celis Leguízamo por su asesoría en la redacción de este documento.

A mis amigos y demás allegados que de una u otra manera siempre estuvieron presentes.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	13
1 REHABILITACIÓN TRAMOS VIALES; YE DE LAS RAÍCES – YE DE LA VICTORIA Y CORREGIMIENTO DE BADILLO – PUENTE SOBRE EL RÍO CESAR 15	
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	15
1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	16
1.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS	18
1.3.1 Informe de los trabajo de campo.....	19
1.3.2 Informe de los resultados de laboratorio	20
1.3.3 Revisión de la información existente.....	21
1.3.4 Dimensionamiento de la estructura de pavimento	26
1.3.4.1 Región climática:	26
1.3.4.2 Resistencia de la subrasante.....	27
1.3.4.3 Clasificación del tránsito de diseño.....	28
1.3.4.4 Selección de carta de diseño.....	29
1.3.4.5 Dimensionamiento mediante el método AASHTO 93	29
2 ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN TÉCNICA DE LA INFORMACIÓN DEL ESTADO DE LA RED VIAL A CARGO DEL INVÍAS	34
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	34
2.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES	35
2.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS	37

2.3.1	Recopilación de información:.....	37
2.3.2	Clasificación de las vías (Sectores Homogéneos)	38
2.3.3	Determinación de costos	39
3	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA SOLUCIÓN INTEGRAL DEL PASO SOBRE EL RÍO MAGDALENA SECTOR LA DORADA - CALDAS.....	45
3.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	45
3.2	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	45
3.3	ACTIVIDADES DESARROLLADAS	46
4	CONCLUSIONES.....	47
	BIBLIOGRAFÍA	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evidencia del deterioro de la vía.	16
Figura 2. Localización del proyecto.	17
Figura 3. PLANCHA 27IIC_001 escala 1:25000. Utilizada en el proyecto.	22
Figura 4. Plancha 27, Valledupar.	22
Figura 5. Vegetación de bosque seco en el corredor de los proyectos viales a rehabilitar.	24
Figura 6. Estructura de pavimento seleccionada.	29
Figura 7. Cálculo del número estructural para la subrasante.	31
Figura 8. Estructura de pavimento flexible propuesta.	32
Figura 9. Área de influencia del proyecto.	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Localización De Los Apiques 19 A 27 Sector Badillo	20
Tabla 2 Resumen de resultados de laboratorio para caracterización del tramo Badillo-Rio Cesar	21
Tabla 3 Fórmula de trabajo mezcla MDC-2	25
Tabla 4 Ejemplo de los precios por unidad de daño	41
Tabla 5 Valores de referencia para el cálculo del costo de los puentes definido por el consultor.....	42
Tabla 6 Resumen del patrimonio vial de la red vial primaria del INVIAS	43

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Región climática según el manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tráfico del INVIAS	26
Cuadro 2 Resistencia de la subrasante según el manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tráfico del INVIAS	28
Cuadro 3 Clasificación por el tránsito de diseño según el manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tráfico del INVIAS	28

RESUMEN

TÍTULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LOS PROYECTOS DESARROLLADOS POR LA EMPRESA GAMBOA GONZÁLEZ ASOCIADOS S.A.S.*

AUTOR: HOLGER ANDREY MURCIA VELASQUEZ**

PALABRAS CLAVE: Pavimento, Vía, Patrimonio.

DESCRIPCIÓN:

Este documento es una síntesis de las actividades realizadas durante la práctica empresarial llevada a cabo en la empresa *Gamboa González Asociados S.A.S.* Describe los trabajos realizados en la ejecución de tres proyectos de estudios, diseños y consultoría en el área de vías. La práctica se desarrolló principalmente como Auxiliar de Ingeniería en las áreas de Diseño de Pavimentos y Gestión de la Administración de Vías.

Los proyectos *“Rehabilitación Tramos Viales; Ye De Las Raíces – Ye De La Victoria Y Corregimiento De Badillo – Puente Sobre Rio Cesar”*, *“Estudio Para La Determinación Técnica De La Información del Estado De La Red Vial a cargo del INVÍAS”* y *“Estudios y Diseños Para la Solución Integral Del Paso Sobre El Río Magdalena Sector La Dorada - Caldas” (2013 – 2014)*, licitados por entidades gubernamentales (INVÍAS, Gobernación del Cesar y Ministerio de Transporte) tenían como objetos mejorar la infraestructura vial de dos tramos de vía terciaria en el departamento del Cesar, calcular el patrimonio vial de la red vial primaria del país, determinar la localización del nuevo puente sobre el río Magdalena en La Dorada – Caldas, entre otros.

Para cada proyecto fueron asignadas labores específicas las cuales estaban bajo la supervisión del tutor dado por la empresa; se hará énfasis en las actividades más relevantes de los trabajos realizados y se enunciarán las actividades básicas ingenieriles de menos relevancia. La mayor parte de la práctica se desarrolló en oficina con algunas visitas de campo y comités de informe de avance de trabajo con las entidades contratantes.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hebenly Celis Leguízamo, Ingeniera Civil.

ABSTRACT

TITLE: INTERNSHIP AS AN ENGINEERING ASSISTANT IN THE PROJECTS DEVELOPED BY THE COMPANY GAMBOA GONZÁLEZ ASOCIADOS S.A.S.*

AUTHOR: HOLGER ANDREY MURCIA VELASQUEZ**

KEYWORDS: Pavement, Road, Heritage.

DESCRIPTION:

This document is a synthesis of the activities undertaken during the internship developed in the company *Gamboa González Asociados S.A.S.* It describes the work realized about the implementation of three projects of studies, designs and consultancy in the area of roads. The practice was primarily developed as an Engineering Assistant in the areas of Pavement Design and Management of Road Administration.

The projects named *“Rehabilitation of road sections: Las Raíces Y intersection – La Victoria Y intersection and Township of de Badillo – Cesar river bridge.”*, *“Study for the technical determination of the information about the road network state by the INVÍAS.”* y *“Studies and designs for the integral solution of the step on the Magdalena River, La Dorada – Caldas sector.” (2013 – 2014)*, tendered out by government entities (INVÍAS, Cesar Governorate and Ministry of Transport) had as objects improve road infrastructure of two sections of tertiary road in the department of Cesar, calculate the road heritage of the primary road network in the country, determine the location of the new bridge over the Magdalena river in La Dorada - Caldas, among others.

For each project were assigned specific tasks which were under the supervision of tutor given by the company; emphasis will be placed on the most important activities of the work performed and basic engineering activities of less relevance will be stated. Most of the practice was developed at office with some field visits and work progress report committees with the contracting entities.

* Bachelor tesis.

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hebenly Celis Leguízamo, Ingeniera Civil.

INTRODUCCIÓN

Aun cuando la infraestructura vial hace parte del patrimonio del país, el gobierno cede el manejo de las vías dependiendo de su orden de importancia: las carreteras de primer (no concesionadas) y tercer orden, son construidas, rehabilitadas, mejoradas y/o mantenidas por la empresa privada mediante contratos adjudicados por el instituto nacional de vías INVIAS con el fin de “Garantizar a la sociedad la construcción, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura vial no concesionada a cargo de la entidad, contribuyendo así, al desarrollo sostenible y a la integración del país a través de una red eficiente, cómoda y segura.”¹. De manera análoga, la Agencia Nacional de Infraestructura ANI dirige las concesiones viales, las cuales son adjudicadas únicamente para carreteras de primer orden. En el caso de las carreteras de segundo orden la entidad a cargo es la gobernación de cada departamento de nuestro país.

Los trabajos realizados por la empresa *Gamboa González Asociados S.A.S.* comprenden estudios, diseños y consultorías enfocados principalmente hacia la infraestructura vial de país, prestando también sus servicios a otros campos de la ingeniería civil cuando son requeridos. Los trabajos realizados durante la práctica tuvieron énfasis en tres proyectos:

- “Rehabilitación Tramos Viales; Ye De Las Raíces – Ye De La Victoria Y Corregimiento De Badillo – Puente Sobre Rio Cesar”
- “Estudio Para La Determinación Técnica De La Información del Estado De La Red Vial a cargo del INVÍAS”.
- “Estudios y Diseños Para la Solución Integral Del Paso Sobre El Río Magdalena Sector La Dorada - Caldas”.

¹ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Misión y Visión. Disponible: <http://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/mision-y-vision> [Citado el 15 de Julio de 2014].

El énfasis de los trabajos efectuados durante la práctica buscaba complementar el conocimiento adquirido durante los años de estudio de la carrera con la experiencia del desarrollo de trabajos de ingeniería, es decir, lo teórico con lo práctico, estableciendo bases sólidas para el crecimiento como Ingeniero Civil. A continuación se describen los proyectos en los que se realizó la práctica y se detallan las actividades realizadas en su desarrollo.

1 REHABILITACIÓN TRAMOS VIALES; YE DE LAS RAÍCES – YE DE LA VICTORIA Y CORREGIMIENTO DE BADILLO – PUENTE SOBRE EL RÍO CESAR

Proyecto desarrollado para la Gobernación del Cesar, con el fin de rehabilitar aproximadamente 20 km de carretera en pésimas condiciones y deterioro total. En este proyecto se destaca, entre otras actividades de la práctica, el análisis y edición del volumen de pavimentos.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

Este proyecto fue adjudicado por el Ministerio de Transporte de Colombia a través del grupo de trabajo Plan vial Regional de la Dirección de infraestructura, con el fin de obtener un marco técnico y normativo para poder rehabilitar dos tramos viales importantes en el departamento del Cesar puesto que son una alternativa a la carretera que conduce de Valledupar (Cesar) hacia Riohacha (La Guajira) sirviendo como ruta auxiliar en caso de existir algún cierre en la ruta principal. En el recorrido de los dos tramos viales se encuentran dos puentes uno de los cuales está colapsado al haber sido sobrecargado y el otro puente presenta problemas de socavación. Estos puentes también fueron diseñados para su construcción. Debido al colapso del puente la vía estuvo sin mantenimiento puesto que no se podía transitar por ella, esto aumentó el deterioro de la vía ver **Figura 1**. Los requerimientos técnicos del proyecto definían que el estudio comprendía 13 volúmenes siendo el *Volumen VI “Estudio geotécnico para diseño de pavimentos”* el primer trabajo asignado al estudiante en el desarrollo la práctica.

Figura 1. Evidencia del deterioro de la vía.



Fuente: Gamboa González Asociados S.A.S.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Las vías 49GJ02_CS “YE DE LAS RAICES – YE DE LA VICTORIA” y 49GJ02_1 “Corregimiento de BADILLO – PUENTE SOBRE RIO CESAR” se ubican al norte del departamento del Cesar localizado en el nororiente del país, en límites con el departamento de La Guajira. El sector específico del proyecto está al norte de Valledupar, capital del departamento del Cesar.

El primer tramo inicia en el corregimiento turístico de Badillo, ubicado a 40 km de Valledupar, y hace un recorrido de 13 km bordeando el río Badillo (en algunas zonas paralelo a 100 m de este) hasta el límite de los departamentos del Cesar y Guajira, en el puente sobre el río Cesar. Este tramo continúa a partir del puente mencionado en una longitud de 3 km aproximadamente, hasta empalmar con la ruta 88 entre los municipios de la Jagua del pilar y San Juan del Cesar, pero dicho tramo no es objeto del proyecto por encontrarse en terrenos del departamento de La Guajira.

El segundo tramo inicia en la Y que conduce del corregimiento de Raíces al corregimiento Alto de la vuelta, a 5 km de la intersección hacia el corregimiento de Los Corazones y se extiende en una longitud de 7 km al oriente hasta la intersección con el corredor Badillo – Ruta 88, conocida como la Ye de la Victoria. Ver **Figura 2**.

Figura 2. Localización del proyecto.



Fuente: Google EARTH. Modificado por el autor

La vía 49GJ02_1 en el tramo del Corregimiento de Badillo (K 0+000) al puente sobre el río Cesar (K 12+790) de aproximadamente 13 km de longitud se encuentra catalogada como una vía terciaria la cual al ser pavimentada se convertirá en carretera secundaria: *“Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias.”*².

² INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá D.C, Colombia. 2008: INVIAS. p. 8.

1.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Elaborar un diseño de pavimento requiere gran cantidad de información primaria y secundaria (ver definición), ya que en el informe del diseño además de reportar los cálculos para el dimensionamiento de la estructura de pavimento se incluye una caracterización completa de los materiales útiles en la construcción del proyecto presentes en la zona así como la caracterización de la subrasante. También se incluye un análisis extraído de los informes de los especialistas en Geología, Hidrología e Hidráulica, Diseño Geométrico, Tránsito y Transporte entre otros.

- **Información primaria:** *Es aquella que el investigador recoge directamente a través de un contacto inmediato con su objeto de análisis.*
- **Información secundaria:** *Es aquella que el investigador recoge a partir de investigaciones ya hechas por otros investigadores con propósitos diferentes.*³

Para obtener la información de campo del proyecto mencionado anteriormente el ingeniero de campo realizó las labores pertinentes al levantamiento topográfico de la vía junto con el inventario de las obras, señalización, puentes, postes de referenciación “PR” y demás componentes de la vía existentes, también dirigió la realización de muestreos y ensayos de campo para la caracterización geotécnica. La recopilación de la información fue realizada previamente al comienzo de la práctica y esta fue entregada al practicante para dar desarrollo al diseño.

³ UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Seminario de investigación Lección 3. Información primaria y secundaria. Disponible: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/109105/seminario%20de%20investigacion%20posgrado/lec cin_3__informacin_primaria_y_secundaria.html [Citado el 15 de Julio de 2014].

1.3.1 Informe de los trabajo de campo

La actividad del practicante consistió en realizar el informe de la exploración de campo el cual incluían el tipo y localización de ensayos realizados en campo junto con el inventario de las vías a diseñar

El plan de trabajo establecido para la ejecución de la exploración de campo se desarrolló con base en las visitas preliminares realizadas por parte de la consultoría a las vías en estudio, que permitieron la inspección visual del tramo de estudio, de esta manera se estableció la metodología a seguir en la exploración de campo en la cual se definió que se realizarían apiques manuales, sondeos tipo SPT y ensayos de cono dinámico. Estos trabajos permitieron obtener las muestras requeridas para una adecuada caracterización geotécnica en laboratorio de los materiales presentes en los tramos viales estudiados, lo anterior en aras de desarrollar un idóneo diseño de estructura de pavimento que corresponda a las necesidades del proyecto. Se establecieron los ensayos de campo y de laboratorio como se enuncia a continuación:

- ✓ **Apiques manuales:** Veintitrés (23) apiques para el sector comprendido entre Badillo y Puente sobre el río Cesar, 4 apiques que se encuentran en el empalme de la Ye de Las Raíces y 15 apiques para el tramo que se ubica entre el corregimiento de Raíces y la Ye de La Victoria.
- ✓ **Conos dinámicos:** 13 Pruebas a lo largo de los tramos en estudio.
- ✓ **Sondeos manuales tipo SPT:** se ejecutaron cinco (5) de estos ensayos distribuidos en toda la longitud de los dos tramos de vía.

El número de apiques se definieron según los requerimientos técnicos del proyecto, los cuales estipulaban seguir la normatividad del INVIAS para el diseño de pavimentos, por esto se realizaron apiques manuales a profundidad variable entre 1.0 m a 1.5 m con una separación promedio de 500 metros entre ellos, en algunas

zonas esta distancia fue mayor y en otras menor ya que existían tramos inundados en la vía, lo cual, imposibilitaba la ejecución de la exploración en el lugar correspondiente a los 500 m de separación establecida por la norma. Todos los trabajos eran referenciados mediante coordenadas tomadas con un dispositivo GPS para posteriormente ser ubicados en el mapa (ver **Tabla 1**). La exploración de campo se desarrolló en el marco de las *Normas de Ensayos I.N.V-07*⁴ aplicables para este tipo de estudio.

Tabla 1 Localización De Los Apiques 19 A 27 Sector Badillo

APIQUE	C NORTE	C ESTE	COTA	h [m]
19B	1660819,283	1105452,227	69,183	1,2
20B	1659833,774	1105365,103	64,925	1,2
21B	1659504,057	1105280,924	65,293	1,15
22B	1659361,533	1105209,168	64,797	1,2
23B	1658865,014	1105206,675	62,714	1,2
24B	1658535,231	1105392,842	61,936	1,2
25B	1658401,935	1105876,864	62,224	1,15
26B	1658287,708	1106276,729	61,8127	1,2
27B	1658139,856	1106904,897	60,678	1,15

1.3.2 Informe de los resultados de laboratorio

Este informe consistió en la interpretación y procesamiento de los resultados de laboratorio. Las muestras obtenidas en la exploración de campo (Apiques y Sondeos SPT con tubo partido) fueron analizadas en el laboratorio en donde se realizó la caracterización de los suelos mediante los ensayos de Granulometría, Límites de consistencia y contenido de Humedad. Siguiendo las normas (*I.N.V.E-122-07, I.N.V.E-123-07, I.N.V.E-125-07 e I.N.V.E-126-07*). Ver **Tabla 2**.

⁴ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras y Normas de Ensayo. Bogotá D.C, Colombia. 2007. INVIAS.

Tabla 2 Resumen de resultados de laboratorio para caracterización del tramo Badillo-Rio Cesar

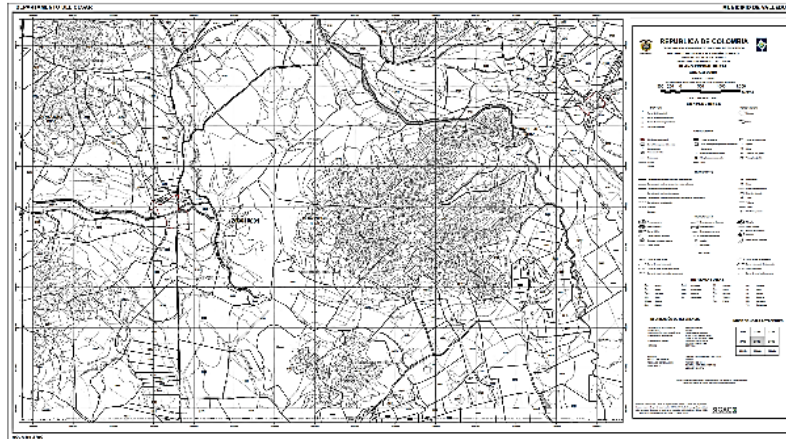
BADILLO - EMPALME			W NAT	GRANULOMETRIA			CLASIFICACIÓN			INDICES		
AP.	M.	PROF.	%	GRAVAS %	ARENAS %	FINOS %	USC	INDICE	AASHTO	LL	LP	IP
1	1	0,00 A 0,20	5,7	58,4	37,8	3,8	GP	0	A-1-a	NL	NP	NP
1	2	0,00 A 0,50	13,5	59,3	34,7	5,9	GP-GM	0	A-1-a	NL	NP	NP
2	1	0,00 A 0,10	1,1	54	25,7	20,3	GM	1	A-2-6	NL	NP	NP
2	2	0,10 A 0,50	11,1	1,5	63,5	35,1	SM	4	A-4	NL	NP	NP
3	1	0,00 A 0,10	12,5	36	43,1	20,9	SM	1	A-2-6	NL	NP	NP
3	2	0,10 A 0,17	10,8	11,9	71,3	16,8	SM	0	A-1-b	NL	NP	NP
3	3	0,17 A 0,47	3,3	2	33,6	64,4	ML		A-7-5	NL	NP	NP
3	4	0,47 A 0,77	3,3	0,4	19,4	80,2	CL	9	A-6	28,9	17	11,9
4	1	0,00 A 0,22	11,1	61,8	35,2	3	GP	0	A-4	NL	NP	NP
4	2	0,22 A 0,58	8,5	0,5	80,5	19	SM	1	A-2-6	NL	NP	NP
4	3	0,58 A 0,80	3,3	21,3	40,5	38,2	SM	6	A-4	NL	NP	NP
4	4	0,80 A 1,16	3,3	51,4	28,3	20,3	GC-GM	0	A-2-4	21,8	15,3	6,5
5	1	0,00 A 0,57	3,3	0,3	48,9	50,8	ML	12	A-5	NL	NP	NP
5	2	0,57 A 1,10	3,3	0,7	48,2	51	ML	12	A-6	NL	NP	NP
6	1	0,00 A 0,50	11,1	0,9	64,8	34,3	SM	4	A-2-6	NL	NP	NP
6	2	0,50 A 1,20	11,4	11,9	67,3	20,8	ML	1	A-2-6	NL	NP	NP

Los ensayos de laboratorio de los agregados para Base Granular, Sub Base Granular y mezclas para pavimentos, fueron obtenidos a manera de información secundaria, de resultados existentes realizados en proyectos anteriores a materiales suministrados por la planta *MEGA ASFALTO*. Esto debido a la negativa por parte de las plantas existentes para suministrar muestras de materiales sin firmar un contrato previo.

1.3.3 Revisión de la información existente

Luego de la lectura de los documentos recibidos se procedió a realizar el análisis de la información procesándola para el informe. En dicho análisis se enuncia la cartografía utilizada (Ver **Figura 3**), se incluye la información útil extraída de los volúmenes de los otros especialistas del proyecto y se determinan algunas variables para el diseño del pavimento. Se muestra a continuación el trabajo realizado con la información existente:

Figura 3. PLANCHA 27IIC_001 escala 1:25000. Utilizada en el proyecto.

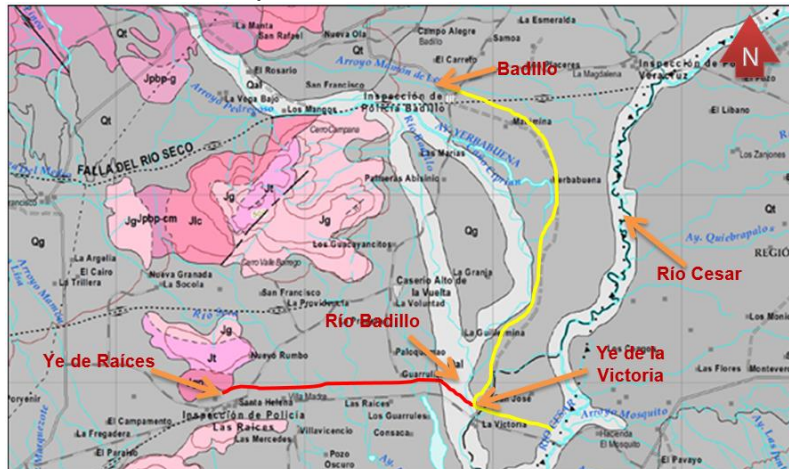


Fuente: IGAC

- **Información geológica**

La información geológica y geomorfológica de la geología regional se toma de los estudios geológicos de la evolución geo histórica de la Sierra Nevada de Santa Marta, elaborado por INGEOMINAS en el año 2007. Dentro de estos estudios regionales se encuentra incluido la geología a escala 1:100.000 denominada Plancha 27 **Figura 4**, dentro de la cual se ubica en el corregimiento de Badillo y sus alrededores.

Figura 4. Plancha 27, Valledupar



Fuente: INGEOMINAS modificado por el autor⁵

⁵ INGEOMINAS, y GRP Ltda. Geología de las Planchas 27 y 28 Valledupar y Villanueva, escala 1:100000. Bogotá D,C, Colombia. 2010.

Se encontró que el área de estudio se caracteriza por presentar amplios sedimentos cuaternarios compuestos por depósitos no consolidados de terrazas medias con granulometría de gravas, arenas y limos, sobre una morfología plana. Depósitos más recientes compuestos por limos, arenas y gravas se localizan sobre los valles de los ríos Cesar y Badillo y drenajes menores del área. Sobre la llanura aluvial emergen unidades de rocas ígneas intrusivas compuestas por riolitas, granitos y riolacitas.

- **Pisos térmicos vegetación y climatología**

Seguidamente se realiza una descripción de los pisos térmicos, vegetación y climatología presentes en el área de influencia del proyecto extraída del informe de los especialistas en hidráulica e hidrología y del POT del municipio de Valledupar, entre otros. Se muestra parte de la descripción de la vegetación realizada.

De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de Valledupar, el área de estudio pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical, estando cubierto por un bosque claro muy intervenido donde se alternan árboles dispersos y pastos artificiales para el sostenimiento de la importante cabaña bovina existente en sus campos.

Las especies más representativas de la región, que corresponde a bosque seco tropical (ver **Figura 5**), están representadas por los géneros Cassia, Tabebuia, Crescentia e Inga entre otras con nombres comunes como acacias, cañaguates, guanábanos, cedros, ceibas y una importante variedad de especies foráneas muy adaptadas ya al medio local como los mangos, eucaliptos y cítricos.

Figura 5. Vegetación de bosque seco en el corredor de los proyectos viales a rehabilitar



- **Diseño Marshall**

Para el diseño de mezclas por el método Marshall se utilizaron los resultados de un diseño realizado para MDC-2 con materiales de trituración de la planta MEGASFALTO y arena de Guachoque (Rio Cesar) realizado por la firma EALTAHONA S.A.S de la ciudad de Valledupar. Encontrado en la recopilación de información. En la **Tabla 3** se presenta la fórmula de trabajo adoptada para el diseño

Tabla 3 Fórmula de trabajo mezcla MDC-2

Contenido óptimo de Asfalto [%]	5.7
Densidad Bulk [kg/m ³]	2.262
Vacíos con aire referenciados al % óptimo de asfalto	5
Vacíos en agregados minerales	18.05
Estabilidad [lb]	2650
Flujo [mm]	12.5

Fuente: EALTAHONA S.A.S

- **Tránsito de diseño**

Una de las principales variables para el dimensionamiento de estructuras de pavimentos es el valor del tránsito de diseño. Este parámetro fue extraído del informe del especialista en Tránsito y Transporte del proyecto. Para el cálculo del tránsito de diseño se emplea como unidad de referencia el eje simple de rueda doble cargado con 8.2 toneladas.

En el cálculo de los Ejes Simples Equivalentes (NESE), se aplica la siguiente expresión:

$$NESE_i = TPDA_i * VC * DD * DC * FC * 365$$

Donde:

NESE_i: Número de aplicaciones del eje de referencia en el carril de diseño durante el año “i”, equivalentes al tránsito real, en cuanto a su efecto sobre el pavimento.

TPDA_i: Tránsito promedio diario anual en ambas direcciones, durante el año “i”

VC: Proporción del *TPDA_i*, en cifras decimales, que está constituida por vehículos comerciales (buses + camiones).

DD: Distribución direccional del tránsito de los vehículos comerciales, en cifras centesimales.

DC: Proporción, en cifras centesimales, de los vehículos comerciales circulantes en una dirección, que utiliza el carril de diseño.

FC: Factor vehicular de deterioro (factor camión).

Para un periodo de diseño de 20 años se determinó un NESE de 510,908.92 ejes equivalentes.

1.3.4 Dimensionamiento de la estructura de pavimento

Posteriormente se procedió a realizar el dimensionamiento de la estructura de pavimento. Aun cuando el número de ejes equivalentes estándar de 8.2 Ton para diseño de pavimento se estimó en 510,908.92 en los dos tramos viales de interés el cual clasifica como NT-2, se diseñará el pavimento con el *Manual de diseño de pavimentos asfálticos con medios y altos volúmenes de tránsito*⁶. Esto con el fin de obtener una estructura de pavimento en la cual incluya una capa de rodado compuesta por mezcla densa en caliente.

1.3.4.1 Región climática:

En dicho manual como primer paso en el dimensionamiento de la estructura de pavimento se determina la región climática del proyecto mediante el **Cuadro 1**. Según la información recopilada, en la zona en estudio se tiene una temperatura promedio de 28.4 °C y una precipitación media anual de 631 mm, la cual fue registrada en la estación Patillal.

Cuadro 1 Región climática según el manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tráfico del INVIAS

Región	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
R1	< 13	< 2000
R2	13 - 20	< 2000
R3	20 - 30	< 2000
R4	13 - 20	2000 - 4000
R5	20 - 30	2000 - 4000
R6	20 - 30	> 4000

⁶ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de diseño de pavimentos asfálticos con medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C, Colombia. 1998: INVIAS.

La región climática en la que se clasifica el proyecto es la R3 la cual tiene un rango de temperatura media anual de 20 a 30 °C y precipitación media anual menor a 2000 mm.

1.3.4.2 Resistencia de la subrasante

Luego se procedió a establecer la resistencia de la subrasante del proyecto. De acuerdo a la topografía presente en el terreno en estudio, se encuentran zonas de la vía susceptibles a inundaciones y otras zonas con socavaciones profundas inundadas también, por lo tanto se hace necesaria la construcción de un terraplén con el fin de nivelar la vía y protegerla de posibles inundaciones ocasionadas en las temporadas invernales. Debido a que la estructura de pavimento se soportará sobre un terraplén, se considera un único sector homogéneo para el diseño.

De la búsqueda de fuentes de materiales en la zona se encontró una con licencia de explotación, a continuación se muestran las características de dicha fuente:

TERRAPLEN

Predio “La Manuela”

CBR 7.5% al 95%

Cuadro 2 Resistencia de la subrasante según el manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tráfico del INVIAS

Categoría	Intervalo de resistencia	
	Módulo resiliente (Kg/cm ²)	CBR (%)
S1	$3000 \leq M_R < 500$	$3 \leq \text{CBR} < 5$
S2	$500 \leq M_R < 700$	$5 \leq \text{CBR} < 7$
S3	$700 \leq M_R < 1000$	$7 \leq \text{CBR} < 10$
S4	$1000 \leq M_R < 1500$	$10 \leq \text{CBR} < 15$
S5	$M_R \geq 1500$	$\text{CBR} \geq 15$

* Si $\text{CBR} < 3$ ($M_R < 300 \text{ Kg/cm}^2$) se requiere la estabilización del suelo o, su reemplazo parcial o algún tipo de protección

Se tiene un Módulo resiliente de 750 kg/cm² para el valor de C.B.R utilizado de 7.5%. Esto clasifica a la subrasante en la categoría S3, de acuerdo al **Cuadro 2**.

1.3.4.3 Clasificación del tránsito de diseño

De manera análoga siguiendo las tablas del manual se estableció la categoría del tránsito de diseño:

Cuadro 3 Clasificación por el tránsito de diseño según el manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tráfico del INVIAS

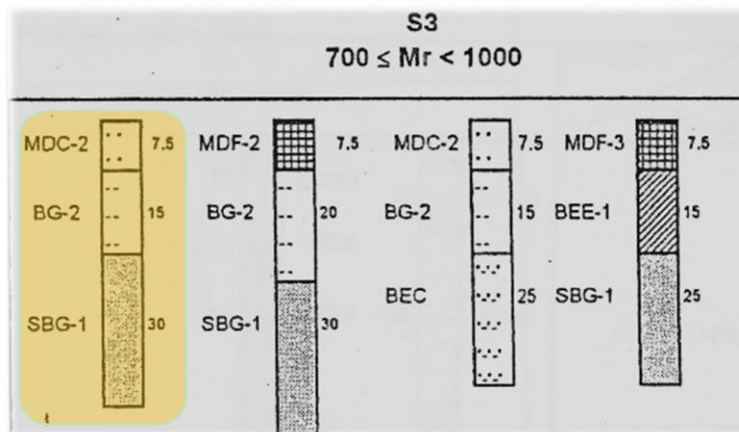
Categoría	Ejes equivalentes de 80kN en el carril de diseño durante el periodo de diseño del pavimento N* (10 ⁶)
T1	0.5 - 1.0
T2	1.0 - 2.0
T3	2.0 - 4.0
T4	4.0 - 6.0
T5	6.0 - 10.0
T6	10.0 - 15.0
T7	15.0 - 20.0
T8	20.0 - 30.0
T9	30.0 - 40.0

El tránsito de diseño se estimó en 510,908.92 ejes equivalentes de 80 kN, por lo tanto el tránsito se clasifica como T1 según el **Cuadro 3**.

1.3.4.4 Selección de carta de diseño

Una vez definidas las variables del diseño se procede a buscar la carta de diseño a la que corresponde la combinación R3-S3-T1. La carta a la que corresponde el sector en estudio es la No.3 la cual corresponde a temperaturas promedio entre 20°C y 30°C para una precipitación menor a 2000mm/año. En dicha carta se sugieren cuatro estructuras de pavimento para la combinación R3-S3-T1 (ver **Figura 6**). La selección de la estructura se realizó teniendo en cuenta que en la zona en estudio abundan los materiales de procedencia aluvial los cuales pueden ser utilizados en las diferentes capas de la estructura:

Figura 6. Estructura de pavimento seleccionada



Fuente: Manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tráfico del INVIAS. Modificado por el autor.

La estructura seleccionada corresponde a 7.5 cm de MDC-2, 15.0 cm de Base Granular tipo BG-2, y por último 30 cm de Sub Base Granular tipo SBG-1.

1.3.4.5 Dimensionamiento mediante el método AASHTO 93

Al realizar el diseño de la estructura de pavimento siguiendo los lineamientos del Manual de Diseño, se considera que la estructura de pavimento se encuentra sobredimensionada teniendo en cuenta la categoría de la vía por lo tanto se procede a realizar un dimensionamiento con el método AASHTO 1993. Con la

caracterización de los materiales se obtiene el siguiente valor de Modulo resiliente para la subrasante:

- **Módulo resiliente**

El uso de la siguiente correlación está ampliamente difundido dentro del país y en particular forma parte del procedimiento para la estimación del módulo resiliente en el método para el diseño estructural de pavimentos (AASHTO, 1993).

$$Mr = 2555 \text{ CBR}^{0,65}$$

$$Mr = 2555 * 7.5^{0,65} = 9466 \text{ psi}$$

$$Mr = 9.47 \text{ Ksi} = 665 \text{ kg/cm}^2$$

- **Datos de entrada para el cálculo de SN**

Con el método de AASHTO, se utilizan los siguientes datos de entrada, característicos de las condiciones de diseño:

Zr, So, parámetros de confiabilidad del diseño

$$Zr = 70\% = 0,54 \text{ Vías terciarias o locales varia de 50\% a 80\%}$$

$$So = 44\% = 0,44$$

$$\Delta \text{ Servicialidad} = 4-2$$

$$N_{80KN} = 1511.000 \text{ ejes aprox.}$$

Figura 7. Cálculo del número estructural para la subrasante.

Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 70 % Zr=-0.524 So .44	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4 PSI final 2		Módulo resiliente de la subrasante Mr 9466 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)		Coefficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)		Coefficiente de drenaje - (Cd)	
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 511000 <input type="radio"/> Calcular W18		Número Estructural SN = 2,46	

Fuente: VÁSQUEZ, L. 2004⁷.

El número estructural SN requerido es calculado mediante un software el cual tiene programada la Ecuación de la AASHTO (ver **Figura 7**) y tiene un valor de 2.46” el cual se aproxima a 2.5”

▪ **Determinación del número estructural efectivo:**

Este valor de determinó mediante la fórmula:

$$SN_{ef} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

⁷ VÁSQUEZ VARELA L. R., Cálculo de las ecuaciones AASTHO 1993 (2.0) [Software]. Manizales, Colombia. 2004

En donde:

Coeficientes estructurales:

✓ a1 (cálido)=0,37 MDC-2

✓ a2 (cálido)=0,14 BG

✓ a3 (cálido)=0,12 SBG

✓ a4 (cálido)=0,08 AFR-1

Coeficientes de drenaje (solo para los materiales de BG y SBG):

✓ m1 = 0,95 Sub-húmedo

▪ **Dimensionamiento**

Para una estructura de pavimento con MDC2=3”, BG=6” y SBG=6”, tenemos

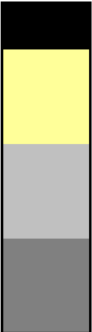
$$SN_{ef} = 0,37 \cdot 3 + 0,14 \cdot 6 \cdot 0,95 + 0,12 \cdot 6 \cdot 0,95$$

$$SN_{ef} = 2,59''$$

Ya que el SN calculado es mayor al requerido se confirma que el predimensionamiento efectuado es satisfactorio y se adopta la estructura de pavimento mostrada en la **Figura 8**

Figura 8. Estructura de pavimento flexible propuesta

ALTERNATIVA PAV. FLEXIBLE – CBR (7.5%)



Tipo Capa	Espesor (cm)	SN	SN
Capa Asfáltica	7,5	1,11	2.46
BG	15	0,8	
SBG	15	0,68	
Terraplén	Variable		

Como actividades finales en el desarrollo de este volumen se incluyen la redacción de las conclusiones, observaciones, elaboración de anexos, impresión de documento, ploteo de planos y montaje del informe en físico para entrega final del proyecto.

2 ESTUDIO PARA LA DETERMINACIÓN TÉCNICA DE LA INFORMACIÓN DEL ESTADO DE LA RED VIAL A CARGO DEL INVÍAS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Proyecto en el cual se busca dar solución a problemas detectados por el Instituto Nacional De Vías en la nomenclatura y categorización de la red vial del país. Adicionalmente incluye el cálculo del patrimonio vial de la red primaria. Debido a la singularidad de este proyecto los trabajos fueron realizados por un equipo multidisciplinario de distintas áreas de la ingeniería y fue dividido en tres subproductos:

1. Nomenclatura, codificación y referenciación de las carreteras a cargo de la Nación y de entes Territoriales.
2. Elaboración de la categorización de la red vial nacional primaria no concesionada a cargo de INVÍAS.
3. Cálculo del Patrimonio vial que conforma la red vial nacional primaria. Siendo este el subproducto en el que se enfoca el presente informe.

El cálculo del patrimonio vial de una vía se define como la estimación de los costos que resultan en la ejecución de una vía nueva en su totalidad menos los costos de las reparaciones de los daños existentes en ella al momento de hacer el estudio.

Para el cálculo del patrimonio vial se desarrollaron dos metodologías, la primera para realizar el cálculo manual del patrimonio vial, la segunda para ser implementada en la plataforma HERMES en la cual se utiliza parte del cálculo manual complementada con la determinación del valor de cada uno de los elementos de la vía debido al nivel de detalle que requiere la plataforma.

2.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Patrimonio vial: Es el conjunto de toda la infraestructura vial, de la cual se esperan beneficios para generaciones presentes y futuras⁸ [8]. El patrimonio vial tiene un valor que se calcula en términos monetarios y puede aumentar en el tiempo ya sea porque se construyen nuevas carreteras o porque las mejoras a que se someten las ya existentes los llevan a alcanzar un grado superior al que tenían originalmente.

Inventario vial: Está definido como una lista de vías que conforman una red vial. Dentro de esta se incluyen los elementos que la conforman, las cuales pueden consistir de clasificación o jerarquía de la vía y elementos que hacen parte de ella como la descripción de lugar de emplazamiento o tipo de terreno, obras básicas, tipos de pavimento, y por último obras especiales tales como túneles, puentes o muros suntuosos.

Estado de la Carretera: Corresponde a la evaluación o calificación de los daños de la carretera; generalmente lo constituyen los daños de la calzada.

Costos de Construcción de Obras Viales: Corresponde a los valores en términos monetarios de las obras necesarias para construir o mantener una vía.

Deterioro: Es el daño progresivo que el pavimento o la carretera va presentando con el paso del tiempo al ser sometido a múltiples cargas del tránsito y a los diferentes factores ambientales.

El **valor actual** de un tramo de carretera corresponde a la sumatoria de cada uno de los valores individuales de los segmentos que lo componen, valorados según su

⁸ SCHLIESSLER, A. CAMINOS Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales. Santiago de Chile, Chile. 1994: CEPAL.

condición o estado presente, es decir, incorporando el concepto de deterioro y desechando el concepto económico de valor de sustitución.

El **valor máximo** de un tramo o de cada uno de los segmentos que lo conforman, será aquel que corresponda a un conjunto de segmentos que se encuentren en muy buenas condiciones. En otras palabras, sería el costo de un segmento o conjunto de segmentos recién construidos con un nivel de calidad acorde con las condiciones de terreno, tipo de superficie y características geométricas, según el volumen de usuarios.

El **valor mínimo** permisible de un segmento o tramo será el valor que corresponde a la peor de las condiciones admisibles, conforme a criterios técnicos y económicos. Las condiciones mínimas admisibles están relacionadas con el volumen de tránsito, es decir, que a mayor volumen de tránsito la condición o estado mínimo admisible sería el estado regular, mientras que a menor volumen de tránsito la condición admisible podría ser el estado malo. Para efectos del trabajo, se han considerado como límite las vías con tránsito superior a 350 vehículos diarios

El **valor medio** calculado recoge el concepto realista de que toda la red vial no puede mantenerse en un nivel de muy bueno, debido no sólo a las dificultades en la asignación de los recursos necesarios para cumplir con tal propósito, sino que una acción implementada en esta dirección podría resultar antieconómica. El valor medio permite identificar un valor intermedio de la Red entre el valor máximo posible y el valor mínimo técnicamente permisible, alrededor del cual se debe aceptar la gestión de conservación de la Red.

2.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

En el cálculo manual es necesario realizar una evaluación de la red vial nacional, indicando de manera detallada el estado en que se encuentra en la actualidad. Con base en la información existente de inventarios viales y de informes de estado de la red vial nacional se estiman los costos de la vía con buen nivel de servicio y los costos de las diversas operaciones que se realizan para su rehabilitación y/o mantenimiento.

2.3.1 Recopilación de información:

Las actividades desarrolladas para el cálculo del patrimonio vial iniciaron con la recopilación de la información necesaria para el cálculo, para esto se solicitó al Instituto Nacional de Vías la siguiente documentación:

- ✓ Informes de estado de la red vial nacional con criterio técnico por parte de las administraciones viales de cada territorial.
- ✓ Informes de los análisis de precios unitarios desarrollados para cada ítem propuesto que se encuentre relacionado con la construcción y mantenimiento de las vías de manera que este ajustado a características propias de cada dirección territorial.
- ✓ Informes del inventario de la red vial nacional siguiendo la siguiente tipificación: Tipo de superficie, tipo de terreno y número de carriles.
- ✓ Informes trimestrales emitidos por las administraciones viales del país, con los cuales se realiza una verificación de la información de los inventarios
- ✓ Cantidades de obra para la ejecución de vías nuevas y obras de mantenimiento o rehabilitación de las mismas, extrapolar la información de proyectos que se hayan desarrollado y se tomen como punto de referencia para el ajuste de estas cantidades y se establezcan valores estándar para cada uno de los ítems que se involucra en cada actividad.

Además de esta información se recopilaron todos los documentos que trataran del tema del patrimonio vial.

2.3.2 Clasificación de las vías (Sectores Homogéneos)

Se procedió a clasificar las vías al surgir la necesidad de establecer de forma única la denominación de los sectores homogéneos que se presentan en los diferentes tramos de vía. Se realiza una clasificación de acuerdo a los siguientes parámetros:

- ✓ Tipo de superficie:
 - Afirmado.
 - Pavimento flexible.
 - Pavimento rígido.
 - Adoquín.

- ✓ Tipo de terreno:
 - Plano.
 - Ondulado.
 - Montañoso.
 - Escarpado.

- ✓ Número de carriles
 - 2,3,4,5 y 6 Carriles

En una fase inicial del análisis se definió que los Tipos de Superficie (TS) correspondían a Tierra, Afirmado, Pavimento flexible, Pavimento rígido y Tratamiento superficial. Posteriormente junto con la subdirección de apoyo técnico

del Instituto Nacional de Vías INVIAS, se acordó que los tipos de superficie correspondían a los cuales se les asigna algún tipo de tratamiento superficial se pueden agrupar en el denominado “Pavimento flexible”; del mismo modo se establece que las vías no pavimentadas de la red vial primaria del país han sido intervenidas durante su existencia para ejecutar mantenimientos, por lo tanto se plantea la inexistencia de vías en “Tierra”, se suprime dicha variable y se adiciona un nuevo tipo de superficie denominado “Adoquín” el cual se emplea recientemente en el tratamiento de zonas geológicamente inestables.

De acuerdo a esta clasificación de tipo de superficie, tipo de terreno y número de carriles, surge el concepto de “*Sectores homogéneos*”, el cual presenta características semejantes y permite que el proceso de clasificación de cada sector o tramo vial sea más unificado.

2.3.3 Determinación de costos

Seguidamente se realizó la determinación de los costos para el cálculo del patrimonio vial:

El cálculo de los costos de reparación de los daños encontrados en la vía, se realizó utilizando el informe de evaluación de estado de la red con criterio técnico, en el que se establecen los valores que requiere la vía para estar en un nivel de servicio óptimo. Además se consideraron los costos asociados a las actividades de mantenimiento, recuperación o rehabilitación necesarios para llevar la vía no solo a un estado óptimo sino a un estado nuevo.

Para el cálculo del costo de una vía nueva se tuvieron en cuenta los parámetros que influyen en el patrimonio vial, es decir, se tiene en cuenta el tipo de terreno, el tipo de superficie y el número de carriles. Por lo tanto se establecieron cantidades de obra para construir 1 km de carretera nueva de cada sección homogénea, para ello

se hizo un análisis de cantidades de obra de proyectos realizados en los distintos tipos de terreno y que utilizaran los distintos tipos de superficie, se establecieron secciones transversales típicas para corte y terraplén, también se establecieron estructuras promedio para el pavimento utilizado y se definieron cantidades aproximadas de drenajes, señalización y muros de contención por km. Dichas cantidades de obra son multiplicadas por el APU de cada territorial para encontrar el costo de vía nueva en cada departamento.

- **Cálculo del costo de reparación de daños**

En el Informe de evaluación del estado de la red vial con criterio técnico presentado por los administradores viales se reportan los daños presentes en la calzada clasificados como baches, fisuras, deformaciones, desprendimientos y daños en las bermas con valores cuantitativos de área dañada en metros cuadrados [m²]. Por otra parte los daños en señalización horizontal, señalización vertical, cunetas y alcantarillas son reportados con valores cualitativos, calificados de 0 a 5 teniendo en cuenta por separado el estado y la suficiencia de éstos elementos; De manera análoga también se hace una calificación cualitativa de 0 a 5 al estado de las zonas laterales de la vía en evaluación, teniendo en cuenta que éste no se analiza por estado y suficiencia. Se planteó entonces que para el análisis de los costos de daños en la vía debían emplearse dos metodologías: una que corresponde a analizar los daños que tienen unidad de medida (cuantitativos) y otra que analiza los daños que han sido calificados con un valor numérico (cualitativos).

- **Análisis de los daños cuantitativos**

Como se mencionó anteriormente los daños cuantitativos corresponden a los clasificados como baches, fisuras, deformaciones, desprendimientos y daños en las bermas, medidos en m², para éstos daños se calcularon las cantidades de materiales y trabajos para la reparación por unidad de daño, haciendo un promedio de las cantidades utilizadas en diferentes proyectos del país para la ejecución de

estas reparaciones, ver **Tabla 4**. Luego de esto se procede a utilizar el APU (Análisis de Precios Unitarios) de la territorial a la que corresponda el tramo de vía para encontrar el costo de reparación por unidad de daño

Tabla 4 Ejemplo de los precios por unidad de daño

Bacheo para vía en Pavimento Asfáltico		Und. Daño	m ²			
No	Especificaciones	DESCRIPCION	UND/UND DAÑO	CANT.	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
	GENERAL					
1	465-07	EXCAVACION PARA REPARACION DE PAVIMENTO ASFALTICO EXISTENTE	m ³ /m ²	0,4	66.090,40	26.436,16
2	330-07	BASE GRANULAR PARA BACHEO	m ³ /m ²	0,25	227.872,60	56.968,15
3		MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO	m ³ /m ²	0,15	704.421,92	105.663,29
4	420-07	RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA	m ² /m ²	1	2.569,80	2.569,80
Transporte incluido en el ITEM N° 1					TOTAL	191.637,40

▪ Análisis de los daños cualitativos

Los daños cualitativos se asignaron a la señalización de la vía, a las zonas laterales o taludes y las obras de drenaje: Cunetas y alcantarillas, se calificaron estos elementos en una escala de 0 a 5 siendo 0 la calificación más mala, para éstos daños se realizó una conversión de los valores cualitativos a valores cuantitativos que permitieran calcular los costos de reparación de estos daños, esto se hizo convirtiendo el valor de calificación a un porcentaje y luego este porcentaje se multiplica por un promedio de la cantidad de obras que tendría una vía en 1 Km si estuviera nueva y en calificación 5. Luego se calcularon las cantidades de materiales y trabajos para la reparación de estos daños, haciendo un promedio de las cantidades utilizadas en diferentes proyectos del país para la ejecución de estas reparaciones.

▪ Valor de los puentes

Para el cálculo del valor de puentes se establecieron valores por m² (ver **Tabla 5**) que dependen del tipo de puente y el número de luces. Al establecer el valor de los puentes, se realizó el análisis de costos de construcción de estas estructuras en el

país, teniendo como criterios la tipología del puente (Concreto, metálico o mixtos) y la longitud de la luz, calculada para este proceso como la longitud del puente dividido en el número de luces:

Tabla 5 Valores de referencia para el cálculo del costo de los puentes definido por el consultor.

Tipo de puente	Longitud luz (m)	Valor de referencia
Concreto	0 a 10	3.000.000
Concreto	10 a 20	4.500.000
Concreto	Mayor a 20	6.500.000
Metálico	Toda luz	5.500.000
Combinado	Toda luz	6.000.000

Los cálculos fueron realizados por medio de hojas de cálculo de Excel en las cuales se procesó cada tramo vial a cargo del INVIAS, luego de esto se procedió a resumir los resultados (ver **Tabla 6**). Cabe anotar que al valor del patrimonio vial calculado debe sumarse el patrimonio vial de los tramos concesionados, pero esta información no fue suministrada por parte de la ANI:

- ✓ **Valor del patrimonio vial:** 35'474.255,35 millones de pesos. (Valor vías nuevas – Valor de reparación de daños + Valor de obras mayores).
- ✓ **Valor máximo teórico:** 40'006.576,69 millones de pesos. (Valor vías en estado óptimo).
- ✓ **Valor mínimo permisible:** 37'186.607,96 millones de pesos. (Valor vías con las peores condiciones admisibles de operación).
- ✓ **Valor de reparación de daños:** 4'566.209,39

Tabla 6 Resumen del patrimonio vial de la red vial primaria del INVIAS

TERRITORIAL	Longitud (Km)	Valor Vía Nueva SH (Millones de pesos)	Valor Obras Mayores (Puentes - Túneles) (Millones de pesos)	Valor Reparación de Daños (Millones de pesos)	Valor Actual de Vía (Millones de pesos)	Indicadores Básicos	
						Valor Máximo Teórico de vía (Millones de pesos)	Valor Mínimo Aceptable* (Millones de pesos)
ANTIOQUIA	956,42	\$ 3.550.644,82	\$ 303.328,03	\$ 1.299.776,40	\$ 2.554.196,45	\$ 3.853.972,85	\$ 3.656.397,40
ATLANTICO	153,09	\$ 229.013,35	\$ 56.012,99	\$ 18.891,32	\$ 266.135,01	\$ 285.026,33	\$ 254.390,35
BOLIVAR	197,20	\$ 510.796,80	\$ 2.323,50	\$ 80.011,91	\$ 417.223,57	\$ 513.120,30	\$ 436.557,41
BOYACA	826,19	\$ 2.656.322,84	\$ 58.234,92	\$ 170.363,03	\$ 2.544.194,73	\$ 2.714.557,76	\$ 2.826.864,73
CALDAS	286,10	\$ 1.101.719,24	\$ 53.291,76	\$ 122.194,22	\$ 1.086.108,53	\$ 1.155.011,00	\$ 1.088.528,81
CAQUETA	455,67	\$ 1.391.911,28	\$ 184.256,07	\$ 149.924,81	\$ 1.426.242,54	\$ 1.576.167,35	\$ 1.481.892,32
CASANARE	863,82	\$ 2.985.345,88	\$ 413.902,32	\$ 170.511,30	\$ 3.228.736,90	\$ 3.399.248,20	\$ 3.176.465,05
CAUCA	1207,63	\$ 3.382.985,24	\$ 67.121,92	\$ 257.967,14	\$ 3.192.140,02	\$ 3.450.107,16	\$ 3.196.507,38
CESAR	399,90	\$ 862.744,44	\$ 90.335,12	\$ 104.666,93	\$ 848.412,63	\$ 953.079,56	\$ 506.581,75
CHOCO	275,27	\$ 1.003.160,77	\$ 97.761,26	\$ 70.246,00	\$ 1.031.799,47	\$ 1.100.922,03	\$ 1.053.367,31
CORDOBA	347,12	\$ 934.291,58	\$ 30.656,15	\$ 143.835,81	\$ 821.111,92	\$ 964.947,73	\$ 892.237,47
CUNDINAMARCA	278,39	\$ 1.113.008,23	\$ 26.449,70	\$ 72.401,37	\$ 1.067.056,56	\$ 1.139.457,93	\$ 1.057.350,54
GUAJIRA	143,17	\$ 386.213,20	\$ 13.979,94	\$ 43.138,53	\$ 357.054,60	\$ 400.193,13	\$ 364.829,81
HUILA	762,73	\$ 2.156.364,10	\$ 137.224,90	\$ 201.582,47	\$ 2.092.006,54	\$ 2.293.589,01	\$ 2.123.639,67
MAGDALENA	128,92	\$ 407.387,41	\$ 5.735,48	\$ 50.004,13	\$ 363.118,76	\$ 413.122,89	\$ 382.353,71
META	738,65	\$ 1.531.238,36	\$ 186.122,00	\$ 265.740,97	\$ 1.451.619,38	\$ 1.717.360,35	\$ 1.573.520,99
NARIÑO	647,34	\$ 2.918.502,01	\$ 145.163,02	\$ 212.871,18	\$ 2.846.151,50	\$ 3.063.665,03	\$ 3.034.670,56
NORTE DE SANTANDER	502,18	\$ 1.930.653,55	\$ 194.468,90	\$ 138.523,48	\$ 1.986.598,96	\$ 2.125.122,45	\$ 2.017.178,64
OCAÑA	155,58	\$ 629.522,46	\$ 18.556,60	\$ 34.988,84	\$ 594.533,62	\$ 629.522,46	\$ 598.231,75
PUTUMAYO	429,62	\$ 1.252.845,79	\$ 118.342,93	\$ 126.890,61	\$ 1.244.298,10	\$ 1.371.188,72	\$ 1.295.945,78
QUINDÍO	89,84	\$ 331.599,40	\$ 27.970,67	\$ 22.578,86	\$ 336.991,21	\$ 359.570,07	\$ 339.384,87
RISARALDA	226,09	\$ 751.724,91	\$ 110.763,88	\$ 34.423,64	\$ 828.065,15	\$ 862.488,79	\$ 810.505,00
SANTANDER	799,05	\$ 3.282.404,83	\$ 65.037,69	\$ 318.507,16	\$ 3.028.935,36	\$ 3.347.442,53	\$ 2.877.221,47
SUCRE	129,25	\$ 368.475,38	\$ 8.237,10	\$ 103.428,75	\$ 273.283,73	\$ 376.712,48	\$ 333.677,79
TOLIMA	299,07	\$ 872.034,57	\$ 53.856,37	\$ 138.662,73	\$ 787.228,21	\$ 925.890,95	\$ 840.106,71
VALLE	275,15	\$ 964.424,59	\$ 50.665,06	\$ 214.077,80	\$ 801.011,86	\$ 1.015.089,65	\$ 968.200,67
PLANTA CENTRAL	45,67	\$ 125.207,31	\$ -	\$ 10.644,82	\$ 114.586,92	\$ 125.207,31	\$ 113.652,41
Totales	11573,44	\$ 37.505.335,05	\$ 2.519.798,24	\$ 4.566.209,39	\$ 35.474.255,32	\$ 40.006.576,69	\$ 37.186.607,96
Valor del Patrimonio Vial Nacional (Millones de pesos)		\$	35.474.255,32	Valor promedio Kilometro de vía actual (Millones de pesos)		\$	3.065,14

Para la metodología de Cálculo para HERMES se requería diseñar un aplicativo en ORACLE 10g que permita calcular el patrimonio vial en Colombia usando la información y arquitectura que posee el sistema HERMES. Para lo cual se requirió un grupo de trabajo adicional el cual desarrolló esta metodología en paralelo al desarrollo del cálculo manual en el cual tuvieron lugar los trabajos del practicante.

Como actividades finales en el desarrollo de este proyecto se incluyen la redacción de las conclusiones, observaciones, elaboración de anexos, impresión de documento, y montaje del informe en físico para entrega final del proyecto.

3 ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA SOLUCIÓN INTEGRAL DEL PASO SOBRE EL RÍO MAGDALENA SECTOR LA DORADA - CALDAS.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este es un estudio de carreteras a Fase I, el cual, permitirá la identificación, caracterización, análisis y evaluación de alternativas para la selección de la más conveniente, considerando criterios ambientales, técnicos y socioeconómicos.

El área de influencia del proyecto abarca las localidades de La Dorada (Caldas) y Puerto Salgar (Cundinamarca) y tiene como objeto desarrollar una vía primaria de altas especificaciones para garantizar la conexión Sur – Norte de la troncal Magdalena, uniendo los departamentos del centro sur del país en el sector Flandes de la concesión San Rafael por la margen derecha del río Magdalena en el departamento de Cundinamarca, con el norte del país, en el sector de Puerto Salgar de la concesión Ruta del Sol. Todo esto con el fin de dar solución integral a la problemática de la multimodalidad del transporte del país en una población que fue activa y precursora en el transporte fluvial en décadas pasadas.

3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de la Dorada está delimitado por el río Magdalena siendo este el más caudaloso del país, separándolo del municipio de Puerto Salgar, Ver **Figura 9**. El trazado existente de la ruta 45 cruza los dos municipios anteriores con un puente mixto (férreo y vehicular) que tiene una extensión de 800 metros de longitud, el cual, fue construido en 1959 y su paso se encuentra restringido al flujo vehicular unidireccional. Debido al considerable flujo de vehículos que transita por esta ruta nace la necesidad de implementar una solución que permita satisfacer la demanda de vehicular y de transporte que circula por la zona.

Figura 9. Área de influencia del proyecto.



Fuente: Google EARTH. Modificado por el autor

3.3 ACTIVIDADES DESARROLLADAS

En este proyecto las actividades realizadas por el estudiante fueron las propias de la fase preliminar a la realización de los estudios tales como recopilación de información existente, búsqueda y solicitud de cartografías, elaboración de directorios telefónicos de entidades pertinentes y logística para el desarrollo de los trabajos del personal de topografía.

4 CONCLUSIONES

- ✓ Una buena labor de recopilación de información existente al inicio de un proyecto ayuda a obtener datos de calidad, adelantos en los trabajos e incluso a generar reducción de costos en el desarrollo de los mismos.
- ✓ La realización de cualquier proyecto siempre debe estar ceñida a las condiciones establecidas en los anexos técnicos, esto con el fin de no omitir ninguno de los alcances o llevar el proyecto más allá de los mismos
- ✓ El patrimonio vial refleja la inversión del país en vías y en mantenimiento de las mismas, por lo tanto, la recopilación de información para este calculo debe realizarse lo mas veraz y eficientemente posible por parte de los administradores viales.
- ✓ Se logró diseñar una estructura de pavimento que cumplió con los requerimientos exigidos. Esta consta de 7.5 cm de Capa asfáltica, 15 cm de Base Granular y 15 cm de Sub Base Granular. Esta estructura fue determinada mediante el método de diseño del AASHTO 93 debido a que la estructura obtenida mediante el Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de transito arrojaba una estructura de mayor espesor, lo cual no sería correcto aplicar teniendo en cuenta el ámbito economico.
- ✓ La metodología desarrollada para el cálculo manual del patrimonio vial arrojó un valor de 35'474.255,32 millones de pesos. Este valor no incluye la red vial concesionada del país. Esta metodología sirvió de base para el desarrollo del aplicativo informático para la plataforma HERMES el cual permitirá calcular el patrimonio vial en tiempo real.
- ✓ Las actividades designadas durante el periodo de la práctica empresarial se desarrollaron a satisfacción. En el transcurso de ésta se logró aplicar los conocimientos adquiridos durante el pregrado combinándolos con los obtenidos durante la práctica.

BIBLIOGRAFÍA

INGEOMINAS, y GRP Ltda. Geología de las Planchas 27 y 28 Valledupar y Villanueva, escala 1:100000. Bogotá D.C, Colombia. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras y Normas de Ensayo. Bogotá D.C, Colombia. 2007. INVIAS.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de diseño geométrico de carreteras. Bogotá D.C, Colombia. 2008: INVIAS. p. 8.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de diseño de pavimentos asfálticos con medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C, Colombia. 1998: INVIAS.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Misión y Visión. Disponible: <http://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/mision-y-vision> [Citado el 15 de Julio de 2014].

SCHLIESSLER, A. CAMINOS Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales. Santiago de Chile, Chile. 1994: CEPAL.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Seminario de investigación Lección 3. Información primaria y secundaria. Disponible: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/109105/seminario%20de%20investigacion%20posgrado/leccin_3__informacin_primaria_y_secundaria.html [Citado el 15 de Julio de 2014].