REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE TRANSPORTE

Instituto Nacional de Vías
INVIAS

Contrato No. 1968 – 2020 para la "GESTION VIAL INTEGRAL DE LA CARRETERA ZIPAQUIRA - UBATE- PUENTE NACIONAL - SAN GIL - PALENQUE y BUCARAMANGA – SAN ALBERTO, RUTA 45A, TRAMO 08, SECTOR RIONEGRO – SAN ALBERTO PR18+0000 AL PR93+0694"

Informe de Diseño de Pavimentos para el Intercambio Vial NEWPORT en el Anillo Vial Metropolitano (Ruta Nacional 45 AST-08)

CONSORCIO CORREDOR SAN ALBERTO

Abril de 2022

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 5
1. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO 6
2. OBJETIVOS Y ALCANCES 7
3. DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA EL INTERCAMBIO NEWPORT 8
3.1 PARÁMETROS GENERALES 8
3.1.1 Periodo de Análisis y de Diseño Estructural 8
3.1.2 Tránsito 12
3.1.3 Factores Ambientales y Climáticos 16
3.1.4 Resistencia de la Subrasante 16
3.1.5 Diseño de la Estructuras del Pavimento 23
BIBLIOGRAFÍA 35

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Clasificación de las Vías Según sus Usos 9
TABLA 2. Regresiones Efectuadas con Base en Información de INVIAS Sobre Volúmenes Vehiculares de la Estación No. 1124 10
TABLA 3. Índices de Crecimiento Obtenidos Resultantes de las Modelaciones Efectuadas con Base en Conteos de INVIAS Sobre Volúmenes Vehiculares, Estación 1124 11
TABLA 4. Resumen de la Proyección de los Volúmenes Vehiculares (TPD) Anuales Obtenidos a Partir de las Tasas de Crecimiento Determinadas, con Base en la Información de la Estación 1124 De INVIAS 11
TABLA 5. Factores de Daño o Equivalencia Referentes para Colombia. 14
TABLA 6. Cálculo de Ejes Equivalentes de 8.2t en Ambos Sentidos Viales 15
TABLA 7. Resumen de los Resultados de los Ensayos de Laboratorio de Suelos de las Muestras de Sub-Rasante Recabadas de los Apiques Iniciales en New Port 18
TABLA 8. Determinación de los Espesores de las Diferentes Capas de la Estructura del Pavimento Diseñado Carriles Larga Distancia 28
TABLA 9. Determinación de los Espesores de las Diferentes Capas de la Estructura del Pavimento Diseñado Carriles y/o Giros del Retorno 30
Tabla 10. Relación Entre los Niveles de Confiabilidad y los Factores de Seguridad 33

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. Localización del Corredor Vial del Proyecto 6
ILUSTRACIÓN 2: Ubicación en planta de los apiques ejecutados en NEWPORT..... 19
ILUSTRACIÓN 3. Ejecución del Ensayo de Cono Dinámico de Penetración (CDP) en el Apique 1 19
ILUSTRACIÓN 4.. Ejecución del Sondeo o Apique 2 y Empaquetamiento de Muestras para Transporte al Laboratorio de Ensayos de Suelos 20
ILUSTRACIÓN 5. Resultado de la Modelación de la Ecuación AASHTO..... 27
ILUSTRACIÓN 6. Volúmenes Determinados Para Los Diferentes Giros Del Retorno NEWPORT..... 28
ILUSTRACIÓN 7. Resultado De La Modelación De La Ecuación AASHTO para los Giros y Demás Movimientos del Retorno 29
ILUSTRACIÓN 8. Esquemas de las Estructuras Diseñadas del Intercambio NEWPORT..... 30

INTRODUCCIÓN

El Consorcio Corredor San Alberto contrató con el Instituto Nacional de Vías, **INVIAS**, mediante el Contrato 1968 de 2020, la “GESTION VIAL INTEGRAL DE LA CARRETERA ZIPAQUIRA - UBATE- PUENTE NACIONAL - SAN GIL - PALENQUE y BUCARAMANGA – SAN ALBERTO, RUTA 45A, TRAMO 08, SECTOR RIONEGRO – SAN ALBERTO PR18+0000 AL PR93+0694”.

Dentro de las obligaciones del Consorcio en la ejecución de este contrato, tiene la de llevar a cabo varias obras en el sub-tramo “Puente Reina de la Paz – Palenque, Ruta Nacional 45AST08, PR0+0000 – PR10+0000”. Este sub-tramo vial es más conocido en la zona del proyecto como el Anillo Vial Metropolitano de Bucaramanga. Dentro de las obras a ejecutar en este tramo está el diseño y construcción de un retorno vial a nivel, tipo corbatín, en el K6+600 aproximadamente en inmediaciones del Colegio NEWPORT.

Este documento tiene el propósito de presentar los diseños de la estructura del pavimento para este intercambio a nivel de Fase III; estos diseños se llevarán a cabo siguiendo la metodología de la AASHTO-1993 y lo señalado por INVIAS en su vigente Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito (Manual INVIAS), adoptado como documento oficial por el Instituto para estos propósitos en el año 1998.

1. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO

La zona del proyecto se localiza en el Área Metropolitana de Bucaramanga en el Departamento de Santander, más exactamente sobre el Anillo Vial Metropolitano, que tiene como abscisa de inicio el puente Reina de la Paz en la municipalidad de Floridablanca, pasando luego por terrenos semiurbanos de la capital departamental Bucaramanga y finalizando en la Intersección de Palenque, en el municipio de San Juan de Girón, ubicado en un área de alta densificación habitacional e industrial. La vía tiene una longitud de 10.0 km y discurre por terreno generalmente plano, desde una altura con respecto al nivel del mar de 925 msnm en Floridablanca hasta aproximadamente 700 msnm en Girón y altura media de 813 msnm, bordeando por el costado derecho (en sentido del abscisado) los escarpes del sur de la denominada Terraza de Bucaramanga (a pie de monte) y desde el inicio de su segundo tercio longitudinal, acompañada en su costado izquierdo por el valle aluvial del río Frio. En la siguiente ilustración se presenta la localización de este corredor vial.

ILUSTRACIÓN 1. Localización del Corredor Vial del Proyecto



Figura 1.6.: Localización del proyecto - vía FLORIDABLANCA - PALENQUE, RUTA 45AST08, PR0+0000 - PR10+0000

Fuente: PLIEGO DE CONDICIONES INVIAS PARA LA LICITACIÓN PÚBLICA QUE DIO ORIGEN AL CTTO. 1968 de 2020

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

Ejecutar los diseños de la estructura del pavimento asfáltico para el intercambio vial ubicado en el K6+600 aprox. (NEWPORT), a nivel de Fase III, con soluciones acordes con las normas y criterios establecidos en la metodología de diseño de mayor uso para esta clase de trabajos (AASHTO-1993), los Manuales y Especificaciones INVIAS y otros, con base en los estudios de tránsito, geotécnico, ambiental y geométrico existentes.

Brindar soluciones de mejoramiento de movilidad y seguridad vial y de peatones por la ejecución de este proyecto sobre el Anillo Vial Metropolitano de Bucaramanga, en cuyas vecindades se están llevando a cabo múltiples proyectos de tipo habitacional, de servicios e industriales.

3. DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA EL INTERCAMBIO NEWPORT

En el proyecto se contempla la construcción de pavimentos de concreto asfáltico, con mezclas densas en caliente (tipo MDC).

La vía que precede y continúa al Anillo Vial Metropolitano de Bucaramanga es una vía que pertenece a la Red Vial Nacional de Carreteras a cargo de INVIAS.

La metodología de diseño de las estructuras se efectuará fundamentados en la metodología desarrollada por la AASHTO, v-1993, para luego ser comparada con las estructuras recomendadas por INVIAS en su vigente "Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito".

3.1 PARÁMETROS GENERALES

3.1.1 Periodo de Análisis y de Diseño Estructural

En este tipo de diseños es necesario definir el periodo de tiempo durante el cual se deba garantizar, con cierto grado de confiabilidad, el nivel de servicio de la estructura, el cual se ve afectado principalmente por el paso acumulado de cargas expresadas en Ejes Equivalentes sobre ella durante su vida de servicio, para de esta manera definir la estrategia de diseño más conveniente.

Para definir el periodo de análisis y diseño del pavimento de una vía es necesario clasificarla dentro de una de las categorías presentadas a continuación:

TABLA 1. Clasificación de las Vías Según sus Usos

CATEGORÍA DE LA VÍA				
	I	**II**	**III**	**Especial**
Descripción	Autopistas interurbanas, caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas, caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito mediano, caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Tránsito promedio diario	> 5000	1000 - 10000	< 1000	< 10000

FUENTE: MONTEJO FONSECA ALFONSO

Con fundamento en la tabla anterior y con la vocación y desarrollo que experimenta el corredor en estudio, se concluye que se trata de una vía de Categoría I.

El tránsito de larga distancia (Bogotá - Bucaramanga – Santa Marta) del sub-tramo vial donde están ubicados los intercambios del proyecto, tenía un TPD determinado al año 2017 de 35.744 vehículos (según INVIAS, Serie Histórica de Tránsito, Estación de Conteo 124, ubicada en el corredor en estudio) con una composición de A=79%, B=7%, C=14%.

La firma consultora PROJEKTA Ltda. Ingenieros Consultores ejecutó para INVIAS un Contrato en 2020 para los “ESTUDIOS Y DISEÑOS A NIVEL FASE II PARA LA SOLUCIÓN FUTURA DE LA INTERSECCIÓN DE LA VÍA

NACIONAL (ANILLO VIAL) 45AST08 CON LA TRANSVERSAL MALPASO - GIRÓN EN EL MUNICIPIO DE GIRÓN, DEPARTAMENTO DE SANTANDER", sobre este mismo corredor; el intercambio de NEWPORT está distanciado de la proyectada intersección a desnivel de Malpaso aprox. 0.5 km, sin que en este trayecto se sucedan aportes o fugas de tránsito que dejen de hacer valederas las mismas determinaciones efectuadas en su estudio para el intercambio NEWPORT. En la Tablas Nos. 2 y 3 siguientes se presenta la información básica de conteos interanuales de INVIAS en la Estación 1124, las modelaciones que efectuó el Consultor con esta información y los índices de crecimiento obtenidos, en tanto que en la Tabla No. 4 se resumen las proyecciones de tránsito resultantes de los estudios de Projekta:

TABLA 2. Regresiones Efectuadas con Base en Información de INVIAS Sobre Volúmenes Vehiculares de la Estación No. 1124

Cuadro 5-2 Regresiones de TPD.

Año	TPD	Regresión Lineal	Regresión Exponencial	Regresión Logaritmica
1990	2803	431	4065	221
1991	3275	1576	4424	1386
1992	3463	2720	4815	2551
1993	4949	3865	5241	3715
1994	6442	5010	5703	4879
1995	8164	6155	6207	6042
1996	8606	7300	6756	7205
1997	9798	8445	7352	8367
1998	10414	9590	8002	9528
1999	10688	10734	8709	10689
2000	9635	11879	9478	11849
2001	10323	13024	10315	13009
2002	10620	14169	11226	14168
2003	12987	15314	12218	15326
2004	10604	16459	13297	16484
2005	15199	17604	14472	17641
2006	16810	18748	15750	18798
2007	18338	19893	17141	19954
2008	19161	21038	18655	21110
2009	18298	22183	20303	22265
2010	21494	23328	22097	23419
2011	29349	24473	24049	24573
2012	25563	25618	26173	25727
2013	29196	26762	28485	26879
2014	30614	27907	31001	28031
2015	25115	29052	33739	29183
2016	37165	30197	36719	30334
2017	35744	31342	39963	31484

FUENTE: ESTUDIOS DE PROJEKTA Ltda.

TABLA 3. Índices de Crecimiento Obtenidos Resultantes de las Modelaciones Efectuadas con Base en Conteos de INVIAS Sobre Volúmenes Vehiculares, Estación 1124

Cuadro 5-3 Índices de crecimiento de las proyecciones.

Proyecciones de TPD			
Año	Proyección Lineal	Proyección Exponencial	Proyección Logaritmica
2029	45080	110356	45245
2039	56529	257284	56651
Indice de Crecimiento (12 Años)	1.95%	9.85%	1.98%
Indice de Crecimiento (22 Años)	2.11%	9.39%	2.12%

FUENTE: ESTUDIOS DE PROJEKTA Ltda.

TABLA 4. Resumen de la Proyección de los Volúmenes Vehiculares (TPD) Anuales Obtenidos a Partir de las Tasas de Crecimiento Determinadas, con Base en la Información de la Estación 1124 De INVIAS

Cuadro 5-4 Proyecciones de TPD para el anillo vial.

Proyecciones de TPD			
Año	Proyección Lineal	Proyección Exponencial	Proyección Logaritmica
2017	35744	35744	35744
2018	32487	43493	32634
2019	33632	47335	33784
2020	34776	51516	34932
2021	35921	56067	36080
2022	37066	61019	37228
2023	38211	66409	38375
2024	39356	72275	39522
2025	40501	78659	40667
2026	41646	85608	41813
2027	42790	93170	42958
2028	43935	101400	44102
2029	45080	110356	45245
2030	46225	120104	46388
2031	47370	130714	47531
2032	48515	142260	48673
2033	49660	154826	49814
2034	50804	168502	50955
2035	51949	183386	52095
2036	53094	199585	53235
2037	54239	217215	54374
2038	55384	236402	55513
2039	56529	257284	56651

FUENTE: ESTUDIOS DE PROJEKTA Ltda.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que la vía en cuestión se clasifica como Categoría I, se recomienda utilizar un periodo de diseño entre 10 y 30 años, dependiendo del tipo de materiales a utilizar en su construcción (Tabla 2.3 Períodos de Diseño Estructural Recomendados, Manual INVIAS).

Teniendo en cuenta que los materiales a utilizar en esta obra son mezclas asfálticas en caliente, de las que es bien conocido que por el intemperismo al que están sometidos los pavimentos estos sufren importantes procesos de degradación por acciones químicas, de temperatura, de agua, de aire (oxígeno) y hasta biológicos, haciendo que las propiedades reológicas del material aglutinante (asfalto) se deterioren por oxidación, endureciéndose y tornando frágiles estas mezclas, es recomendable para estos casos usar un período de diseño de no más de 10 años. Con este criterio se efectúan los diseños correspondientes.

3.1.2 Tránsito

La meta principal de esta etapa de diseño, es cuantificar la cantidad de Ejes Equivalentes simples de 8.2 Toneladas acumulados que transitan por el carril de diseño en estudio durante el periodo de diseño.

La metodología para calcular el número de Ejes Equivalentes (N), se basa en el conocimiento del tránsito promedio diario (TPD) desglosado en su composición detallada de vehículos livianos, buses y diferentes tipos de camiones; de una tasa de crecimiento del tránsito en dicha zona, incluyendo aspectos del tránsito atraído y generado a través del tiempo y debido a la construcción del corredor, esto debido a que el número de Ejes Equivalentes (N) que se debe calcular es aquel que resulte de la sumatoria de cada N_i

obtenido en el año ***i*** de la serie de estudio; el factor de daño o equivalencia (F_D) de cada tipo de vehículo es necesario para realizar la conversión de su tránsito a ejes de 8.2 Toneladas simples y posteriormente se aplican los factores de corrección por distribución direccional (F_d) y por distribución por carril (F_{ca}). Lo anterior se expresa matemáticamente como sigue:

$$N = F_d \times F_{ca} \times \sum B_i F_{D_B} + C2P_i F_{D_{C2P}} + C2G_i F_{D_{C2G}} + C3_i F_{D_{C3}} + C4_i F_{D_{C4}} + C5_i F_{D_{C5}}$$

Donde:

- N: Número de Ejes Equivalentes aplicados sobre el carril en estudio acumulados durante el periodo de diseño.
- F_D: Factor de corrección por distribución direccional (F_D=0.5; volúmenes en dos direcciones).
- F_{ca}: Factor de corrección por distribución por carril (F_{CA}=0.90, dos carriles por sentido).
- B_i: Cantidad de vehículos tipo Bus dentro del TPD del año i de la serie en estudio multiplicado por 365 días.
- F_{DBUS}: Factor de daño del vehículo tipo Bus.
- $C2P_i$: Cantidad de vehículos tipo Camión clase 2 Pequeño dentro del TPD del año i de la serie en estudio multiplicado por 365 días.
- F_{DC2P}: Factor de daño del vehículo tipo Camión clase 2 Pequeño.
- $C2G_i$: Cantidad de vehículos tipo Camión clase 2 Grande dentro del TPD del año i de la serie en estudio multiplicado por 365 días.
- F_{DC2G}: Factor de daño del vehículo tipo Camión clase 2 Grande.
- $C3_i$: Cantidad de vehículos tipo Camión clase 3 dentro del TPD del año i de la serie en estudio multiplicado por 365 días.
- F_{DC3}: Factor de daño del vehículo clase Camión tipo 3.
- $C4_i$: Cantidad de vehículos tipo Camión clase 4 dentro del TPD del año i de la serie en estudio multiplicado por 365 días.
- F_{DC4}: Factor de daño del vehículo tipo Camión clase 4.
- $C5_i$: Cantidad de vehículos tipo Camión clase 5 dentro del TPD del año i de la serie en estudio multiplicado por 365 días.
- F_{DC5}: Factor de daño del vehículo tipo Camión clase 5.

Para los factores de daño o equivalencia de los diferentes tipos de vehículos que conforman el TPD, es necesario remitirse a la tabla expuesta a

continuación; la cual contiene los datos de F_D de referencia para Colombia de acuerdo al análisis realizado por la Universidad del Cauca.

TABLA 5. Factores de Daño o Equivalencia Referentes para Colombia.

Tipo de Vehículo	Factor de Daño
C – 2 Pequeño	1.14
Bus	1.14
C – 2 Grande	3.44
C3 –C4	4.00 *
C5	4.40
>C5	4.72

(*) Estimado a partir de los valores de las diferentes combinaciones de carga de este tipo de vehículos

FUENTE: METODOLOGÍA UNICAUCA.

En los diseños ejecutados en el año 2016 por la firma Vías S.A. Ingenieros sobre este mismo corredor vial para INVIAS, el consultor empleó también estos factores de daño, tal como se evidencia en su informe; con fundamento en estos factores de daño, en la composición vehicular determinada en el año 2017 en la Est. 1124 de INVIAS (79-7-14) y en el TPD multianual proyectado por Projekta Ltda. (Proyección Logarítmica) resumido en la Tabla No. 4 anterior, se presenta a continuación la determinación de la carga vehicular en el corredor vial, en términos de $EE_{8.2t}$, que se estima deberá soportar en los próximos 10 años la estructura del pavimento a construir. Para este cálculo, se emplea la misma distribución porcentual de los diferentes tipos de camiones encontrada por la firma Vías S.A.: 33% C2P, 37% C2G, 14% C3-C4, 4.0% C5 y 12% >C5; se toma como año cero este año 2022, y el año 2023 como año en que entrará en servicio este intercambio. Por lo anterior, la sumatoria de esta carga actuante sobre el

pavimento será la correspondiente desde el año 2023 hasta el año 2032. Estos cálculos se resumen en la Tabla No. 6:

TABLA 6. Cálculo de Ejes Equivalentes de 8.2t en Ambos Sentidos Viales

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES de 8.2 Ton											
CONTADOR	AÑO	TPD	EJES EQUIVALENTES								
			COMPOSICIÓN DEL TPD								
			Autos	Buses	Camiones, 14%					TOTAL $EE_{8.2t}$	TOTAL $EE_{8.2t}$
					C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5		
			79%	7%	4%	5%	2%	1%	2%		
			Factor Daño (F_d):	1,14	1,14	3,44	4,00	4,40	4,72	ANUAL	ACUMULADOS
0	2022	36080	28503	2.526	1.443	1.804	722	361	722	5.555.760	0
1	2023	37228	29410	2.606	1.489	1.861	745	372	745	5.731.172	5.731.172
2	2024	38375	30316	2.686	1.535	1.919	768	384	768	5.909.445	11.640.617
3	2025	39522	31222	2.767	1.581	1.976	790	395	790	6.083.805	17.724.422
4	2026	40667	32127	2.847	1.627	2.033	813	407	813	6.260.823	23.985.245
5	2027	41813	33032	2.927	1.673	2.091	836	418	836	6.437.490	30.422.735
6	2028	42958	33937	3.007	1.718	2.148	859	430	859	6.614.092	37.036.827
7	2029	44102	34841	3.087	1.764	2.205	882	441	882	6.789.504	43.826.331
8	2030	45245	35744	3.167	1.810	2.262	905	452	905	6.964.915	50.791.247
9	2031	46388	36647	3.247	1.856	2.319	928	464	928	7.141.933	57.933.180
10	2032	47531	37549	3.327	1.901	2.377	951	475	951	7.318.184	**65.251.364**

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La sumatoria de $EE_{8.2t}$ en el corredor vial en estudio es igual a 65.251.364, pero para obtener el correspondiente al Carril de Diseño (teniendo en cuenta una distribución direccional de 50%:50% y un F_{CA} = 0.90 por disponer la vía de dos carriles por sentido) es la siguiente:

N_{LD} = **$EE_{8.2t}$** en Carril Diseño Larga Distancia = 65.251.364 X 0.50 X 0.90 = 29.363.114 $EE_{8.2t}$

Pero el anterior valor debe ser corregido con fundamento en lo señalado en el Manual INVIAS para alcanzar el nivel de confianza (R) del 90% en el diseño de los espesores de la estructura del pavimento, mediante la

siguiente expresión, teniendo en cuenta que a un nivel de confianza del 90% corresponde un valor de Zr = 1.282. Así:

$$N'_{LD} = (10^{0.05Zr}) \times N = 1.159 \times 29.363.114 = 34.032.000\ EE_{8.2t}$$

e (34.03E06 $EE_{8.2t}$) en el carril de diseño de larga distancia

3.1.3 Factores Ambientales y Climáticos

Debido a las características propias de los materiales que hacen parte de la estructura de pavimento, los factores hidrológicos y de temperatura se convierten en agentes considerables a la hora de completar satisfactoriamente las etapas de diseño.

Los parámetros climatológicos y ambientales más relevantes dentro del diseño de estructuras de pavimentos son la temperatura ambiente y la precipitación a las que estarán sometidas; la altura media del corredor vial en estudio es de 813 msnm, por lo que en el corredor se aprecia que la situación climática del mismo está más influenciada por las condiciones climáticas del municipio de San Juan de Girón: Clima cálido semi-húmedo, con temperatura media entre 20°C - 30°C y precipitación media anual de menos de 2000 mm. Corresponde a una región climática tipo R3, según el Manual INVIAS. Esta información es importante para poder establecer el parámetro o coeficiente correspondiente al drenaje en la modelación de diseño por AASHTO y también para las comparaciones de los tipos de estructuras de pavimentos recomendadas en el citado manual de INVIAS.

3.1.4 Resistencia de la Subrasante

La resistencia de la subrasante es un factor de vital importancia y es por ello que es necesaria su definición. Esto se consigue con relaciones existentes

entre la capacidad portante medida por medio del California Bearing Ratio (CBR) y el módulo resiliente (MR) de los suelos, que se define como la relación entre las solicitaciones aplicadas y las deformaciones recuperables al suprimirse el estado de tensiones.

El área donde se desplantará definitivamente el intercambio NEWPORT corresponde a terrenos recientemente explanados que formaban parte de la escarpa sur de la denominada Terraza de Bucaramanga, caracterizada por ser una formación muy dura de suelos conglomeráticos que contienen cantos hasta de 10” de diámetro dentro de una matriz limo areno arcillosa.

Para los diseños iniciales del Intercambio New Port (K5+800, aprox. 800 m atrás de la nueva ubicación) ejecutados en enero de 2022, se hicieron dos apiques para obtener muestras de los materiales constitutivos de la sub-rasante a los que se les ejecutaron los siguientes ensayos basados en las Normas INVIAS, así como el de su capacidad de soporte en términos de CBR:

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Índice de Liquidez
- Humedad Natural
- Compactación P.M.
- CBR sobre Muestra Inalterada

La determinación del MR se efectúa por correlación con expresiones matemáticas de amplia aceptación en la ingeniería de pavimentos, que relaciona este con los valores de CBR determinados en laboratorio.

De los resultados de los ensayos ejecutados a las muestras obtenidas de los mencionados apiques se obtuvo la siguiente información, resumida en la Tabla 7 del Informe del Diseño correspondiente:

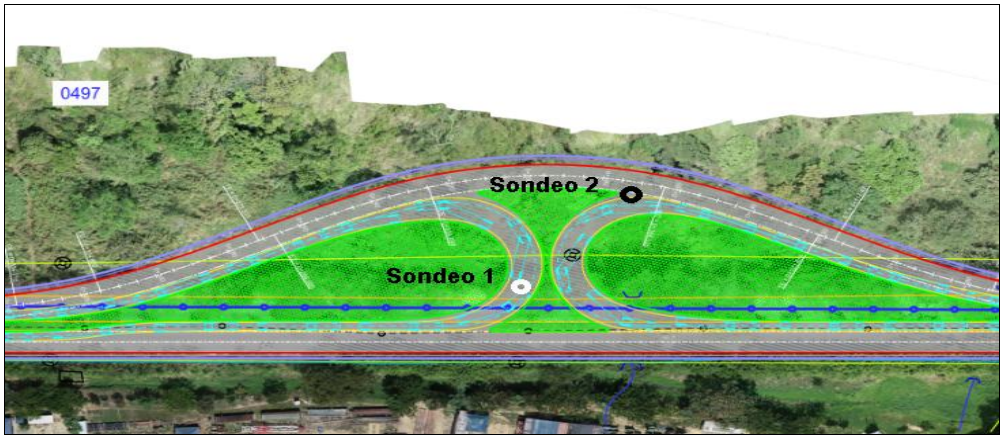
TABLA 7. Resumen de los Resultados de los Ensayos de Laboratorio de Suelos de las Muestras de Sub-Rasante Recabadas de los Apiques Iniciales en New Port

$W_{nat.}$	GRANULOMETRÍA y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL ENCONTRADO									DESCRIPCIÓN DEL	COMPACIDAD		CBR INALTERADO		Observaciones
Prom. (%)	G(%)	A(%)	F(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)	IL(%)	CLASIF. USC	CLASIF. AASHTO	SUELO	Densidad Máx. (t/m^3)	$W_{ópt.}$ (%)	%	EX PANSIÓN (%)	
9,6	10,0	56,0	34,0	NL				SM	A-2-4	Arena Limosa	2,01	6,50	**40,0**	N.A.	Suelo de Buena Calidad
6,6	7,0	52,0	41,0	22,5	16,0	6,5	-1,4	SC-SM	A-4	Arena Arcillosa	2,01	6,50	**19,0**	N.A.	Suelo de Calidad Aceptable
										Promedios:	**2,01**	**6,50**	**29,5**		

FUENTE: Tabla 7, Informe Diseño Intercambio New Port, enero-2022

Como se anotó atrás, estos apiques e investigaciones geotécnicas para el intercambio de New Port se hicieron aproximadamente 800 m al oriente de las del presente proyecto NEWPORT, en la misma formación geológica, razón por la cual sus resultados también son válidos para este nuevo diseño; sin embargo, se ejecutaron ensayos geotécnicos adicionales en la nueva localización para verificar lo anteriormente afirmado, como se muestra a continuación en las ilustraciones 2, 3 y 4 (ubicación de los Apiques y/o Sondeos y un breve registro fotográfico del proceso):

ILUSTRACIÓN 2: Ubicación en planta de los apiques ejecutados en NEWPORT



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ILUSTRACIÓN 3. Ejecución del Ensayo de Cono Dinámico de Penetración (CDP) en el Apique 1



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

ILUSTRACIÓN 4.. Ejecución del Sondeo o Apique 2 y Empaquetamiento de Muestras para Transporte al Laboratorio de Ensayos de Suelos



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Obtenidas las muestras y transportadas al laboratorio con los debidos cuidados, se ejecutaron los ensayos requeridos para el propósito de este diseño; los resultados de los ensayos ejecutados se resumen en la tabla No. 8 siguiente, en tanto que los informes de estos ensayos de laboratorio se presentan como anexo al final de este documento. Se anota que para la verificación de la capacidad de soporte de la sub-rasante, el ensayo de CBR se ejecutó mediante el empleo e hinca del CDP

TABLA 8. Resumen de los Resultados de los Ensayos de Laboratorio de las Muestras de Sub-Rasante Recabadas de los Apiques y/o Sondeos de NEWPORT

APIQUE y/o SONDEO	Prof. (m)	ABSCISA	$W_{nat.}$ Prom. (%)	GRANULOMETRÍA y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL ENCONTRADO									DESCRIPCIÓN DEL SUELO	CBR por CDP %	Observaciones
				G(%)	A(%)	F(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)	IL(%)	CLASIF. USC	CLASIF. AASHTO			
1	1,20	K6+600 Aprox.	21,7	1,0	72,7	26,3	35,0	21,8	13,2	0,0	SC	A-2-6	Arena Arcillosa	**8,3**	Suelo de Aceptable Calidad
2	1,30	K6+600 Aprox.	12,6	13,6	57,6	28,8	13,5	12,1	1,4	0,4	SM	A-2-4	Arena Arcillosa con Gravas	**11,3**	Suelo de Buena Calidad
													Promedios:	**9,8**	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De la comparación entre la información consignada en las Tablas 7 y 8 se concluye, como ya se había advertido atrás, que los suelos sobre los que se desplantará el intercambio muestreados en las dos ubicaciones, son similares: arenas limosas y arcillosas. Los LL no exceden el 50% ni sus IP exceden el 30%, razón por la cual no se esperan expansiones volumétricas de estos materiales por cambios importantes de humedad.

Para modelar la estructura del pavimento por la metodología AASHTO se recomienda por la misma institución emplear los valores promedio de los valores de CBR de cada zona o tramo homogéneo; en el caso que nos ocupa solo es una zona homogénea con un promedio aproximado de CBR del 10%, indicando un suelo de muy buena calidad como el muestreado en la anterior ubicación del intercambio. La diferencia en los valores de CBR estriba en que en esta nueva localización ya fue efectuada la explanación de la escarpa sur de la Terraza de Bucaramanga hace varios años, y la "descarga" del barranco de más de 7.0 m de altura, aunado al intemperismo a la que ha sido sometida esta explanación, se ve reflejada en los valores del CBR. Así, para el diseño de la estructura del pavimento se utilizará un valor de CBR igual a 10.0%

CBR de diseño = 10.0%

Para la modelación AASHTO se requiere conocer el valor del MR de la sub-rasante; la mejor información se puede lograr en una máquina triaxial determinándolo directamente en lugar del CBR, ensayo costoso y demorado. Para obviarlo, este se puede calcular a través de una de las tantas correlaciones existentes, entre ellas las siguientes (solamente se presentan las correspondientes a valores de CBR ≥ 10%):

a) Expresión contenida en un nuevo Manual INVIAS, aún sin resolucionar:

$$\mathbf{MR = 22.1CBR^{0.55},\ (MR\ en\ MPa)}$$

a) Expresión recomendada por el NCHRP (USA):

$$\mathbf{MR = 130*CBR^{0.714},\ (MR\ en\ kg/cm^2)}$$

b) Expresión recomendada por el Ing. A. Montejo en su texto guía de pavimentos, referente a la metodología AASHTO:

$$\mathbf{MR = 4326*(ln\ CBR) + 241,\ (MR\ en\ psi)}$$

c) Expresión también empleada por varios autores, con referencia a la metodología AASHTO:

$$\mathbf{MR = 2555*CBR^{0.64},\ \ (MR\ en\ psi)}$$

Se ha calculado el valor de MR de la sub-rasante con fundamento en cada una de las expresiones anteriores; los resultados y el breve análisis estadístico efectuado a estos resultados se presenta en la tabla No. 9:

TABLA 9. Cálculo Del Módulo Resiliente De La Sub-Rasante

EXPRESIÓN	FORMULA	CBR de Diseño (%)	Valor del MR		
			Mpa	kg/cm^2	psi
a	MR = 22.1CBR$^{0.55}$ (Mpa)	10,0%	78,4	799,7	11424,0
b	MR = 130*CBR$^{0.714}$ (kg/cm2)	10,0%	66,0	672,9	9612,9
c	MR = 4326*(ln CBR) + 241 (psi)	10,0%	70,0	714,1	10202,0
d	MR = 2555*CBR$^{0.64}$ (psi)	10,0%	76,5	780,7	11153,0
		Promedios:	73,0	742,0	10598,0
		Desviación Estándar:	5,8	58,8	840,2
		Promedios - Desv. Estandar:	**67**	**683**	**9758**

FUENTE: . ELABORACIÓN PROPIA

Basados en la información consignada en la tabla anterior, se adopta como:

$MR_{diseño}$ = 9.800 psi

3.1.5 Diseño de la Estructuras del Pavimento

Para aplicar en el diseño de pavimentos la metodología desarrollada por AASHTO (v.1993) se deben considerar parámetros importantes, tales como:

Confiabilidad, Desviación Estándar Normal, Error Estándar, Servicialidad (Índice de Servicio Inicial, Índice de Servicio Final, Pérdida de Servicialidad Final), Módulo Resiliente de la Subrasante y demás materiales intervinientes en los diseños y el Número de Aplicaciones de Tránsito en términos de $EE_{8.2t}$ que deberá soportar la estructura.

Con la anterior información se modela la expresión que para pavimentos asfálticos recomienda la AASHTO:

$$\log W_{18}^{*} = Z_r \times S_o + 9{,}36 \times \log(S_N + 1) - 0{,}20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{2{,}70}}{0{,}40 + \frac{1094}{(S_N + 1)^{5{,}19}}} + 2{,}32 \times \log MR - 8{,}07$$

Para una mejor comprensión de la anterior expresión, se recuerda:

a) SERVICIABILIDAD

La serviciabilidad de un pavimento se expresa en una escala del cero (0) al cinco (5) y se refiere a la regularidad y nivel de deterioro de la estructura a lo largo de su vida de servicio. Con el fin de realizar el diseño estructural del pavimento es necesario determinar los índices de serviciabilidad (PSI) tanto

inicial como al final de la vida útil de la estructura; en términos generales la ASSHTO recomienda un valor inicial de PSI de 4.2 y final en un rango de 2.0 a 2.5. Con lo anterior se determinó que:

$$PSI_i = 4.20$$
$$PSI_f = 2.20$$
$$\Delta PSI = 2.00$$

b) CONFIABILIDAD

Debido a las variaciones al azar en la predicción del comportamiento del tránsito y a los factores climáticos, es conveniente definir un nivel de confiabilidad (R) del diseño que corresponde a la probabilidad de que la estructura sobrelleve el tránsito proyectado sin sufrir mayor deterioro que el previsto. Debido a la importancia de la vía, se definió para este proyecto una confiabilidad (R) de 90%, por lo cual la desviación estándar (Z_r) tiene un valor de -1,282

Adicionalmente se define el parámetro de error estándar de la metodología, que varía entre 0,44 y 0,49, siendo el límite inferior correspondiente a una predicción del comportamiento del pavimento nuevo y/o sin errores en el tránsito, y el límite superior la predicción del comportamiento del pavimento rehabilitado y/o con errores en el tránsito. Debido a lo anteriormente expuesto se definió un valor de error estándar (S_o) de 0,45

3.1.5.1 Caracterización de los Materiales

Cada capa que conforma la estructura de pavimento se construye a partir de diferentes materiales, que a su vez se comportan de diferente manera ante la aplicación de cargas. Los parámetros de diseño que involucran este aspecto

se definen como el Módulo Elástico (E), Módulo Resiliente (MR), coeficiente estructural (a_i) y coeficiente de drenaje (m_i), este último solo para las capas granulares. A continuación se tabulan los parámetros anteriormente mencionados, determinados y/o recomendados para cada tipo de material.

TABLA 10. Módulos Considerados para las Diferentes Capas de la Estructura

Material	**Módulo Elástico o Resiliente [psi]**	a_i	m_i
Subrasante	9.800	N.A.	N.A.
Base Granular	30.000	0,14	1,00
Sub-Base Granular	17.200	0,12	0.90
Mezcla Densa en Caliente con Asfalto Modificado Polímeros Tipo III	275.000	0,35	1,00
Mezcla Densa en Caliente con Asfalto Normalizado	275.000	0,35	1,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.1.5.2 Procedimiento de Diseño

El procedimiento a seguir para realizar el dimensionamiento de la estructura de pavimento planteado por la ASSHTO es el siguiente:

1. Se proponen dimensiones de espesores de las diferentes capas de la estructura y se verifica que la capacidad de la misma, expresada en el número de ejes equivalentes que soporta, sea superior a la requerida expresada en el número de $EE_{8.2t}$ calculados previamente. Para lograr esto se utiliza la relación del número estructural (S_N), con las dimensiones y características propias de los materiales de cada capa:

$$S_N = \sum a_i \times m_i \times h_i$$

2. Se calcula el número de ejes equivalentes que soporta dicha estructura (W^*_{18}), de acuerdo a la ecuación principal de diseño de la ASSHTO:

$$\log W_{18}^* = Z_r \times S_o + 9{,}36 \times \log(S_N + 1) - 0{,}20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{2{,}70}}{0{,}40 + \frac{1094}{(S_N + 1)^{5{,}19}}} + 2{,}32 \times \log MR - 8{,}07$$

3. Se realiza el chequeo matemático de la capacidad de la estructura contra el requerimiento de la misma:

$$W_{18}^* / W_{18} \geq 1.0$$

Donde:

W^*_{18}: Número de ejes equivalentes que soporta la estructura.

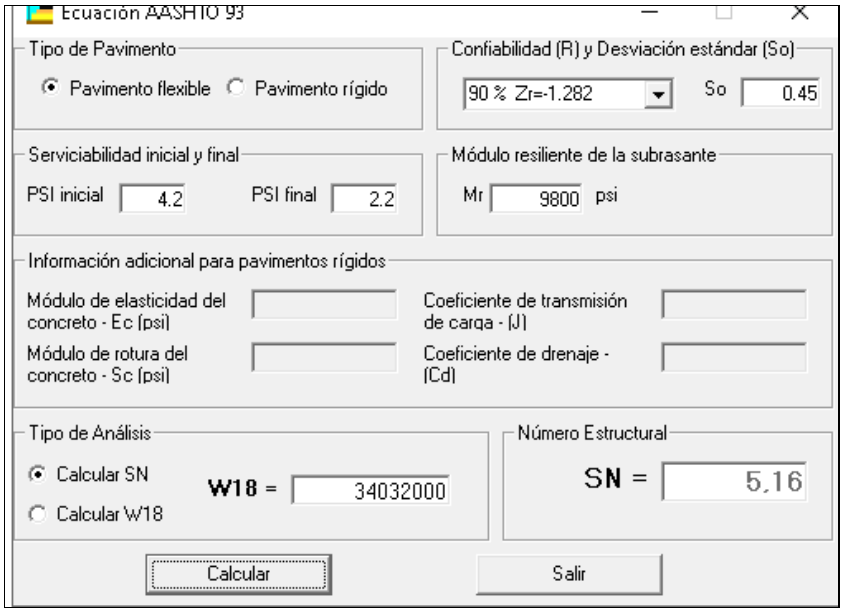
W_{18}: Número de ejes equivalentes que se solicita de la estructura.

Los datos de entrada finales para efectuar la modelación son los siguientes:

- Periodo de Diseño: 10 años
- $EE_{8,2t}$: N = **34.03E06**
- MR: **9.800 psi**
- Confiabilidad: 90%
- Error Estándar: 0.45
- Pérdida de Servicialidad: 2.0
- MR carpeta Asf. Mod. T-III: 275.000 psi
- MR carpeta MDC Normal.: 275.000 psi
- MR de la BG: 30.000 psi
- MR de la SBG: 17.200 psi

En la ilustración 5 siguiente se presenta el resultado de la modelación AASHTO con la información atrás descrita para este proyecto:

ILUSTRACIÓN 5. Resultado de la Modelación de la Ecuación AASHTO



FUENTE: PROGRAMA DESARROLLADO EN UNICAUCA e INFORMACIÓN PROPIA

De los resultados observados en esta modelación se establece que las diferentes capas de la estructura del pavimento diseñado deben aportar un Número Estructural, SN*, mayor al valor mínimo requerido, SN = 5.16, consignado en la ilustración 5. Existen varias combinaciones que cumplen con esta exigencia estructural; en la tabla siguiente se consigna el resultado de una de ellas:

TABLA 8. Determinación de los Espesores de las Diferentes Capas de la Estructura del Pavimento Diseñado Carriles Larga Distancia

ESTRUCTURA ANALIZADA:	*CARRILES LARGA DISTANCIA - NEWPORT*						FECHA: 23/04/2022		
No. CAPA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR		MÓDULO				a_i	m_i	SN_i
		cm	pulg.	CBR	kg/cm2	Mpa	psi			
1	MDC-19 con Asfalto Modificado con Polímeros Tipo III	7,0	2,76				275.000	0,35	1,0	0,96
2	MDC-25 NORMALIZADA	8,0	3,15				275.000	0,35	1,0	1,10
3	BASE GRANULAR, CLASE A	30,0	11,81				30.000	0,14	1,0	1,65
4	SUB-BASE GRANULAR, CLASE A	35,0	13,78				17.200	0,12	0,9	1,49
5	SUBRASANTE			10,00			9.800	SN Total		5,20
Espesor Total Estructura Diseñada:		80,0						W*18 = 3,63E+07		

FUENTE: **ELABORACIÓN PROPIA**

La estructura propuesta aporta un SN* = 5.20, contra un SN mínimo requerido de 5.16: **Cumple**

Los anteriores resultados corresponden a la estructura del pavimento para los cuatro carriles de larga distancia; corresponde ahora diseñar la estructura para los carriles de aceleración, desaceleración y curvas de los retornos; de acuerdo con los estudios de tránsito de VÍAS S.A., el giro más cargado de los retornos es el giro Floridablanca – Floridablanca, con escasamente el 13.0% (2256/17509) del tráfico de larga distancia, como se puede observar en la ilustración siguiente:

ILUSTRACIÓN 6. Volúmenes Determinados Para Los Diferentes Giros Del Retorno NEWPORT

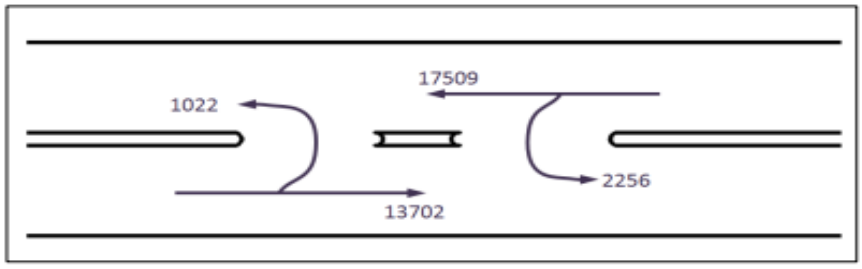


Imagen 3. TPD asignado a las diferentes maniobras del retorno EMPAS.

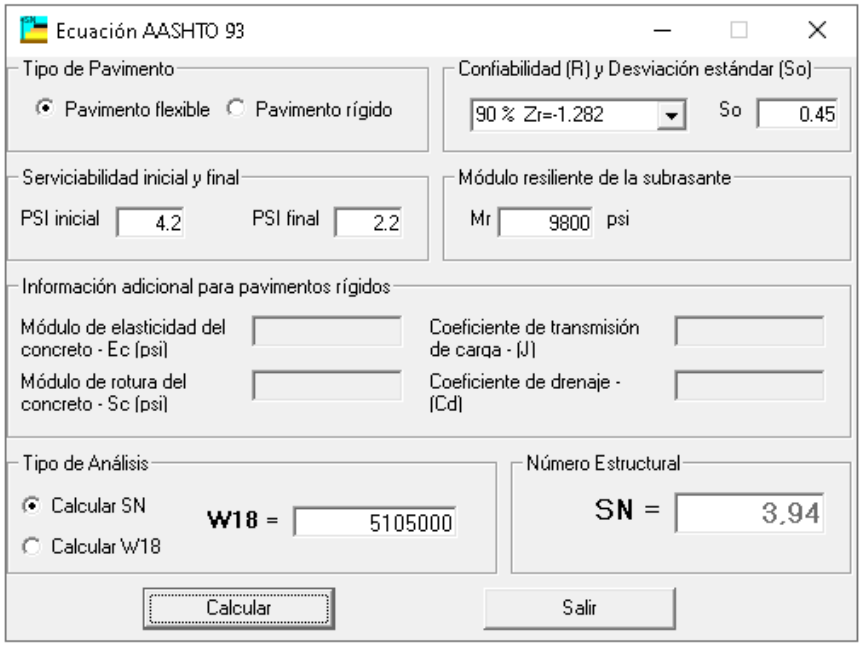
FUENTE: ESTUDIOS y DISEÑOS VIAS S.A. - 2016

Con fundamento en lo anterior es válido establecer que la carga en términos de $EE_{8.2t}$ sobre los carriles del retorno mantienen también esta proporcionalidad. Sin embargo, para el diseño de la estructura del pavimento se adopta un valor del 15.0% de los $EE_{8.2t}$ calculados para los carriles de larga distancia. Así:

$$\mathbf{N'_{retorno} = 15\%X34.032.000\ EE_{8.2t} = 5.105.000\ EE_{8.2t}}$$

Para la determinación de los espesores de la estructura del pavimento para los giros y movimientos del retorno en sí, este es el único valor que cambia en la modelación efectuada para los carriles de larga distancia. En la ilustración siguiente se presenta la modelación correspondiente:

ILUSTRACIÓN 7. Resultado De La Modelación De La Ecuación AASHTO para los Giros y Demás Movimientos del Retorno



FUENTE: PROGRAMA DESARROLLADO EN UNICAUCA e INFORMACIÓN PROPIA

La estructura que cumple con un SN aportado mayor de 3.94 se presenta en la tabla siguiente:

TABLA 9. Determinación de los Espesores de las Diferentes Capas de la Estructura del Pavimento Diseñado Carriles y/o Giros del Retorno

ESTRUCTURA ANALIZADA:	*RETORNOS y GIROS - NEW PORT*							FECHA: 23/04/2022		
No. CAPA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR		MÓDULO				a_j	m_i	SN_i
		cm	pulg.	CBR	kg/cm2	Mpa	psi			
1	MDC-19 con Asfaltos Modificado con Polímeros Tipo III	7,0	2,76				275.000	0,35	1,0	0,96
2	MDC-25 NORMALIZADA	8,0	3,15				275.000	0,35	1,0	1,10
3	BASE GRANULAR, CLASE A	20,0	7,87				30.000	0,14	1,0	1,10
4	SUB-BASE GRANULAR, CLASE A	20,0	7,87				17.200	0,12	0,9	0,85
5	SUBRASANTE			10,00			9.800	**SN Total**		**4,01**
Espesor Total Estructura Diseñada:		55,0						W*18 = 5,81E+06		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La estructura propuesta aporta un SN* = 4.01, contra un SN mínimo requerido de 3.94: **Cumple**

En la ilustración 9 se presentan los esquemas de las estructuras correspondientes:

ILUSTRACIÓN 8. Esquemas de las Estructuras Diseñadas del Intercambio NEWPORT

Espesor (cm)	Capas	Material
7		MDC-19 Mod. T-III
8		MDC-25 NORM.
30		B.G. CLASE A
35		S.B.G. CLASE A
Sub-rasante CBR >= 10.0%		
ESTRUCTURA CARRILES LARGA DISTANCIA		

Espesor (cm)	Capas	Material
7		MDC-19 Mod. T-III
8		MDC-25 NORM.
20		B.G. CLASE A
20		S.B.G. CLASE A
Sub-rasante CBR >= 10.0%		
ESTRUCTURA CARRILES DEL RETORNO		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.1.5.3 Verificación con el Catálogo del Manual INVIAS

a) Carriles de larga Distancia:

Para ubicar las soluciones contenidas en el Manual INVIAS equivalentes a la diseñada, debe tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

- Tránsito: 34.302.000 $EE_{8.2t}$ (**TIPO T9**, 30 a 40 millones de ejes)
- Región Climática: Temperatura entre 20°C -30°C y precipitación media anual menor de 2000 mm (**R. CLIMÁTICA R3,** cálida semi-húmeda)
- Resiliencia de la Sub-rasante: 9.800 psi, es decir, 686 kg/cm^2 (**TIPO S2**, MR entre 500 kg/cm^2 a 700 kg/cm^2)

Con base en la anterior información (T9, R3, S2) se procede a buscar en el catálogo de estructuras del Manual la Carta de Diseño correspondiente, que para el caso es la Carta de Diseño No. 3. Para los tres parámetros definidos arriba, el Manual INVIAS presenta la siguiente estructura:

Mezcla Asfáltica:	15.0 cm
Base Granular Clase A:	35.0 cm
Sub-Base Granular Clase A:	40.0 cm
Espesor Total Estructura:	90.0 cm

La diferencia con respecto a la modulada por AASHTO son 5.0 cm de BG y 5.0 cm de SBG, pero mientras con AASHTO se modela una estructura para una situación específica, el Catalogo de Estructuras del Manual INVIAS debe garantizar que sus estructuras cumplen para los dos requerimientos límites del intervalo donde aplica: MR = 500 kg/cm^2 y N' = 40.000.000$EE_{8.2t}$, versus 686 kg/cm^2 y 34.302.000 $EE_{8.2t}$ del caso que nos ocupa, que lo logra pero para una Confiabilidad solo del 85%, menor a la considerada en este documento.

b) Carriles del Retorno:

Con fundamento en similar procedimiento señalado en **a)**, se tiene que para el caso del retorno los siguientes son los parámetros que deben tenerse en cuenta para ubicar la Carta de Diseño correspondiente (solo cambia el valor del tránsito):

- Tránsito: 5.105.000 $EE_{8.2t}$ (**TIPO T4**, 4.0 a 6.0 millones de ejes)
- Región Climática: Temperatura entre 20°C -30°C y precipitación media anual menor de 2000 mm (**R. CLIMÁTICA R3,** cálida semi-húmeda)
- Resiliencia de la Sub-rasante: 12.200 psi, es decir, 854 kg/cm^2 (**TIPO S2**, MR entre 500 kg/cm^2 a 700 kg/cm^2)

Con base en la anterior información (T4, R3, S2) se procede a buscar en el catálogo de estructuras del Manual la Carta de Diseño correspondiente, que para el caso es la Carta de Diseño No. 3. Para los tres parámetros definidos arriba, el Manual INVIAS presenta la siguiente estructura:

Mezcla Asfáltica:	10.0 cm
Base Granular Clase A:	30.0 cm
Sub-Base Granular Clase A:	35.0 cm
Espesor Total Estructura:	75.0 cm

Aplican las mismas explicaciones en a) consignadas. Además:

- El menor espesor total de la estructura modelada por AASHTO obedece a que se está recomendando colocar 15.0 cm de MDC en lugar de los 10.0 cm del Manual INVIAS, para facilidad de construcción de todo el pavimento, permitiendo que la BG quede enrasada al mismo nivel para ambas estructuras: la de los carriles de larga distancia y los del retorno, con cajas viales diferentes en 15.0 cm de profundidad.

En conclusión: se recomienda construir las estructuras modeladas por AASHTO.

Se anota que no se efectúa ninguna otra verificación de los diseños ni se recomienda hacerlo por algún otro método, habida cuenta de que no es filosófica ni técnicamente recomendable hacer “mezclas” de metodologías de diseño, dado que cada una de ellas cuenta con hipótesis un poco diferentes, contemplando todas sus respectivos factores de seguridad.

Para el caso AASHTO, y con fundamento en la Confiabilidad, R, (a la que corresponde siempre un valor de Zr) y en la Desviación Estándar So contenidas en su desarrollo, el producto “Zr X So“ es en esencia un Factor de Seguridad, como se puede demostrar matemáticamente, que no es el objeto de este documento, pero que algunos autores lo han hecho y cuyos resultados se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 10. Relación Entre los Niveles de Confiabilidad y los Factores de Seguridad

Nivel de Confiabilidad	Factor estadístico de confiabilidad (Z_R)	Factor de seguridad, F_R	
		Flexible (S_o=0.45)	Rígido (S_o=0.35)
50	0.000	1.00	1.00
55	-0.120	1.13	1.10
60	-0.253	1.30	1.23
65	-0.380	1.48	1.36
70	-0.524	1.74	1.53
75	-0.674	2.00	1.72
80	-0.841	2.39	1.97
85	-1.037	2.94	2.31
90	-1.282	3.77	2.81
95	-1.645	5.53	3.76
99	-2.327	11.15	6.52
99.9	-3.090	24.58	12.06

Tabla 4. Niveles de confiabilidad y factores de seguridad para pavimentos flexibles y rígidos.

FUENTE: MOPT de EL SALVADOR. Link Internet: https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/confiabili.pdf

Así, se concluye que con los valores de R y S_o adoptados en este diseño se logra un F.S. = 3.77 para el mismo, guarismo muy importante, como todos los F.S. que tienen que ver con suelos, geotecnia y pavimentos.

FIN DEL INFORME



Fernando Dueñas León
I.C., Esp. Pavimentos, Esp. Geotecnia
MP-09350 STD

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Vías, MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO, 1998

- Aashto, AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, 1993

- Alfonso Montejo Fonseca, INGENIERÍA DE PAVIMENTOS, 2006

- VÍAS S.A. Ingenieros, MEJORAMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL DE DOS RETORNOS UBICADOS EN EL ANILLO VIAL GIRÓN – FLORIDABLANCA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER PARA EL PROGRAMA “VÍAS PARA LA EQUIDAD”, 2016

- PROJEKTA LTDA Ingenieros Consultores, ESTUDIOS Y DISEÑOS A NIVEL FASE II PARA LA SOLUCIÓN FUTURA DE LA INTERSECCIÓN DE LA VÍA NACIONAL (ANILLO VIAL) 45AST08 CON LA TRANSVERSAL MALPASO - GIRÓN EN EL MUNICIPIO DE GIRÓN, DEPARTAMENTO DE SANTANDER, 2019

- MOPT de EL SALVADOR, Link Internet: https://www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/2010/03/confiabili.pdf

ANEXOS

Anexo 1

Resultados de la Ejecución de Apiques y de Ensayos de Laboratorio

COLSUELOS S.A.S

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

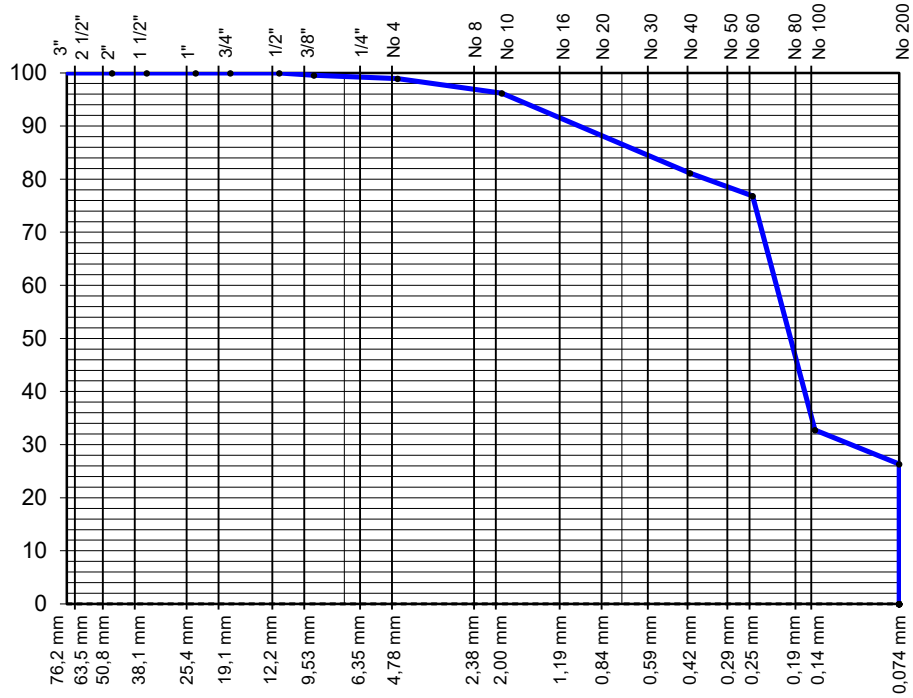
(PASA 200 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS - LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLASTICO)

NORMAS I.N.V. E - 214/123/125/126

CÓD. **PR-001**

FECHA ENSAYO: 21-abr-22

PROYECTO : ANILLO VIAL FRENTE A LOTE DE ISMOCOL
SONDEO : APIQUE 1 DE 0.60 A 1.20 m
DESCRIPCION : ARENA ARCILLOSA COLOR NEGRO
LOCALIZACION : 5.0 METROS DEL ORILLO DEL PAVIMENTO



GRADACIÓN

PESO INICIAL (gr) :			930.2
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	4.1	0.4	99.6
No 4	5.6	0.6	99.0
10	25.8	2.8	96.2
40	140.2	15.1	81.1
60	39.6	4.3	76.9
100	410.4	44.1	32.7
200	59.4	6.4	26.3
-200	245.1	26.3	0.0

LIMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LíQUIDO

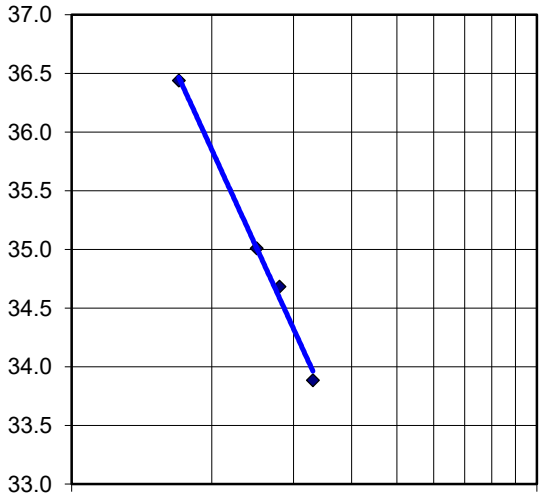
No GOLPES	33	28	17	
P_1 (gr)	33.11	33.22	32.66	
P_2 (gr)	26.06	26.03	25.46	
P_3 (gr)	5.25	5.30	5.69	
% HUMEDAD	33.9	34.7	36.4	

LÍMITE PLÁSTICO

w. Nral

P_1 (gr)	15.66	13.39		67.15
P_2 (gr)	14.19	11.98		56.11
P_3 (gr)	7.44	5.51		5.29
% HUMEDAD	21.8	21.8		21.7

LÍMITES DE ATTERBERG



OBSERVACIONES:

% GRAVAS	1
% ARENA	72.7
% FINOS	26.3

LÍMITE LÍQUIDO:	35.0
LÍMITE PLASTICO:	21.8
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	13.2
HUMEDAD NATURAL:	21.7
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	0.0

CLASIFICACIÓN

ÍNDICE DE GRUPO	**0**
A A S H T O :	**A - 2 - 6**
U. S. C. :	**SC**

COLSUELOS NIT:91221823-4

JOSE VICENTE PAEZ
LABORATORISTA

ING : MONICA CASTRO
REVISO

COLSUELOS S.A.S

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

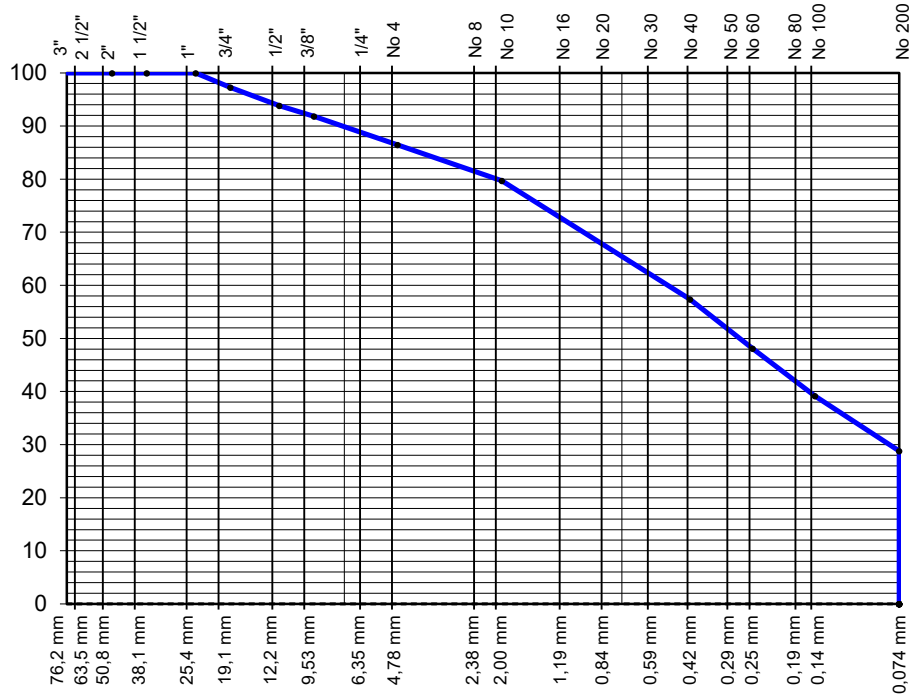
(PASA 200 - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS - LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLASTICO)

NORMAS I.N.V. E - 214/123/125/126

CÓD. **PR-001**

FECHA ENSAYO: 21-abr-22

PROYECTO : ANILLO VIAL FRENTE A LOTE DE ISMOCOL
SONDEO : APIQUE 2 DE 0.60 A 1.30 m
DESCRIPCION : ARENA CON GRAVA LIMOSA COLOR MARRON
LOCALIZACION : 15.0 METROS DEL ORILLO DEL PAVIMENTO



GRADACIÓN

PESO INICIAL (gr) :			1562.2
TAMIZ No	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	42.6	2.7	97.3
1/2"	53.2	3.4	93.9
3/8"	31.5	2.0	91.9
No 4	84.6	5.4	86.4
10	105.0	6.7	79.7
40	348.6	22.3	57.4
60	145.0	9.3	48.1
100	139.9	9.0	39.2
200	162.3	10.4	28.8
-200	449.5	28.8	0.0

LIMITES DE ATTERBERG

LÍMITE LíQUIDO

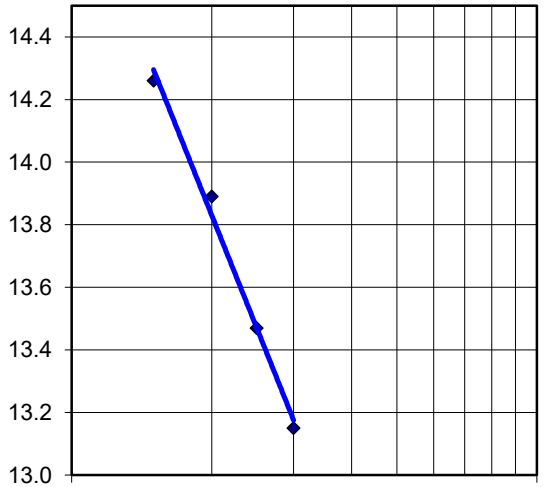
No GOLPES	30	20	15	
P_1 (gr)	26.21	24.30	25.41	
P_2 (gr)	23.86	21.84	22.99	
P_3 (gr)	5.98	4.13	6.01	
% HUMEDAD	13.2	13.9	14.3	

LÍMITE PLÁSTICO

w. Nral

P_1 (gr)	14.00	16.05		97.15
P_2 (gr)	12.94	14.92		87.55
P_3 (gr)	4.44	5.32		11.63
% HUMEDAD	12.5	11.8		12.6

LÍMITES DE ATTERBERG



OBSERVACIONES:

% GRAVAS	13.6
% ARENA	57.6
% FINOS	28.8

LÍMITE LÍQUIDO:	13.5
LÍMITE PLASTICO:	12.1
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	1.3
HUMEDAD NATURAL:	12.6
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	0.4

CLASIFICACIÓN

ÍNDICE DE GRUPO	**0**
A A S H T O :	**A - 2 - 4**
U. S. C. :	**SM**

COLSUELOS NIT:91221823-4

JOSE VICENTE PAEZ
LABORATORISTA

ING : MONICA CASTRO
REVISO

Gamboa González Asociados S.A.S Consultoría en Ingeniería	LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	CARRERA 29 # 94-48 MIRADORES DE SAN LORENZO - BUCARAMANGA TELEFAX 6878124

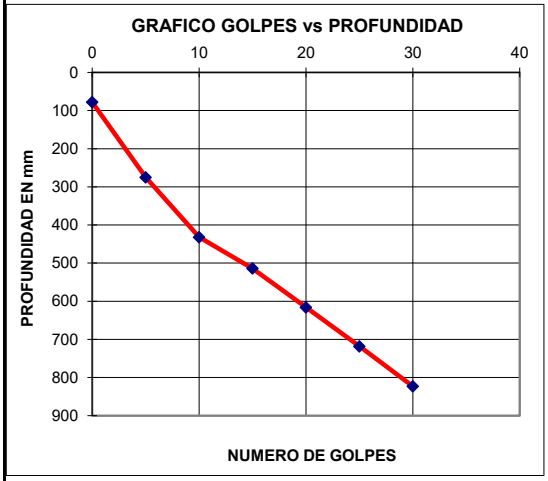
ENSAYO DE CONO DE PENETRACION DINAMICA CPD

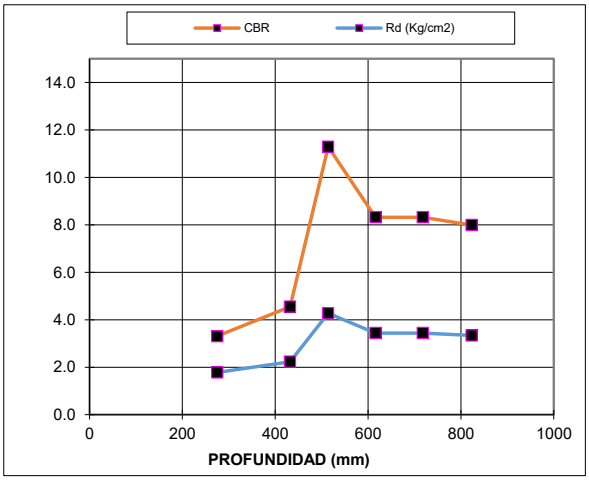
Proyecto : New port 2

Ensayo No 1 **Profundidad :** 0 cm

Situación : Centro de interseccion retorno **Fecha :** 12/04/2022

GOLPES	PROFUNDIDAD cm	LECTURA REAL	PROFUNDIDAD mm	mm/golpe	CBR	Rd (Kg/cm2)
0	7.8	7.8	78			
5	27.5	27.5	275	39.4	3.3	1.78
10	43.2	43.2	432	31.4	4.5	2.23
15	51.4	51.4	514	16.4	11.3	4.27
20	61.6	61.6	616	20.4	8.3	3.44
25	71.8	71.8	718	20.4	8.3	3.44
30	82.3	82.3	823	21.0	8.0	3.34
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
75						





OBSERVACIONES :

ELABORO: ING. JAIRO R. GAMBOA RAMIREZ **REVISO:** ING. JAIRO R. GAMBOA RAMIREZ

Gamboa González Asociados S.A.S Consultoría en Ingeniería	LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	CARRERA 29 # 94-48 MIRADORES DE SAN LORENZO - BUCARAMANGA TELEFAX 6878124

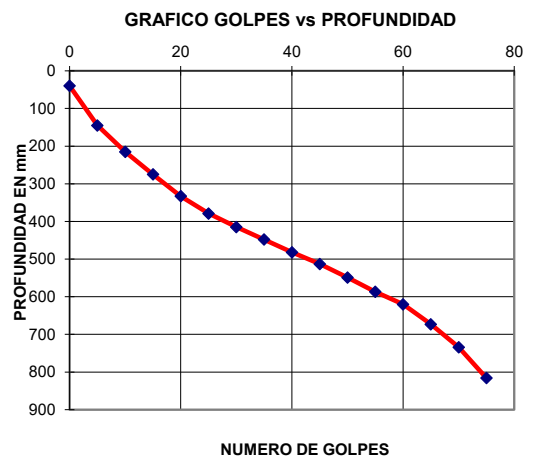
ENSAYO DE CONO DE PENETRACION DINAMICA CPD

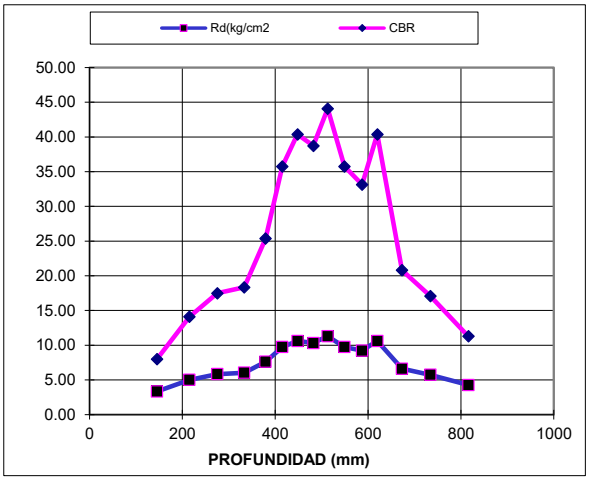
Proyecto : New port 2

Ensayo No 2 **Profundidad :** 0 cm

Situación : Calzada derecha nueva **Fecha :** 12/04/2022

GOLPES	PROFUNDIDAD cm	LECTURA REAL	PROFUNDIDAD mm	mm/golpe	CBR	Rd (Kg/cm2)
0	4	4	40			
5	14.5	14.5	145	21.0	8.0	3.34
10	21.5	21.5	215	14.0	14.1	5.01
15	27.5	27.5	275	12.0	17.5	5.84
20	33.3	33.3	333	11.6	18.3	6.04
25	37.9	37.9	379	9.2	25.4	7.62
30	41.5	41.5	415	7.2	35.8	9.74
35	44.8	44.8	448	6.6	40.4	10.62
40	48.2	48.2	482	6.8	38.7	10.31
45	51.3	51.3	513	6.2	44.1	11.31
50	54.9	54.9	549	7.2	35.8	9.74
55	58.7	58.7	587	7.6	33.1	9.22
60	62	62	620	6.6	40.4	10.62
65	67.3	67.3	673	10.6	20.8	6.61
70	73.4	73.4	734	12.2	17.1	5.75
75	81.6	81.6	816	16.4	11.3	4.27





OBSERVACIONES

ELABORO: ING. JAIRO R. GAMBOA RAMIREZ **REVISO:** ING. JAIRO R. GAMBOA RAMIREZ