DOCUMENTO TECNICO MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON ADICIÒN DE MATERIALES (CANTO RODADO DE RIO)

En el documento "VOLUMEN VI – PARTE I Y II ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS," que forma parte de los diseños iniciales del proyecto, se presentan resultados de suelos en la subrasante con límites líquidos superiores a 50. Según los criterios de expansividad recopilados por R. Ortiz en 1975, estos suelos pueden presentar una expansividad media a muy alta, lo cual podría generar problemas para la estabilidad y durabilidad de las estructuras de pavimentos. Este fenómeno se refiere a la tendencia de ciertos suelos a experimentar cambios volumétricos significativos en respuesta a la variación en la humedad. Los suelos expansivos tienden a hincharse cuando están húmedos y contraerse cuando están secos, lo que podría provocar movimientos en la subrasante y afectar la integridad del pavimento.

Uno de los aspectos a tener en cuenta es el control de la humedad, el cual se lograría de manera adecuada al colocar un material no plástico y con capacidades drenantes, como el material tipo canto rodado de río, subyacente a la construcción de la estructura del pavimento. Este material, a su vez, funcionaría como tratamiento del suelo donde se funda la estructura del pavimento.

Con base en lo anterior el material a emplear debe cumplir las siguientes características:

CARACTERISTICAS	NORMA DE ENSAYOS INV	MATERIAL CRUDO DE RIO
Dureza (O)		
Desgaste en la maquina de los angeles(Gradación A), máximo (%) -500 revoluciones (%)	E-218	50
Limpieza (F)		
Limite liquido, maximo (%)	E-125	NP
Indice de plasticidad, maximo (%)	E-125 y E-126	NP
Equivalente de arena, minimo (%)	E-133	20
Contenido de terrones de arcilla y particulas deleznables, maximo (%)	E-211	0.5
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca,medido en una muestra sometida a cuatro dias de inmersion, minimo.	E-148	20

Firma

Nombre: GABRIEL DAVID SOLARTE VIVEROS

Representante Legal del Contratista o su Apoderado

Matrícula Profesional No.: 76202-134512

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA CONEXIÓN INTERMODAL SAN JOSÉ DE GUAVIARE – EL RETORNO – CALAMAR – MITÚ. MÓDULO I TRAMO CARRETERO EL RETORNO – CALAMAR

VOLUMEN VI – PARTE I Y II
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Preparado para
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS - INVIAS
Calle 25G No. 73 B 90
+3770600
www.invias.gov.co

J.a.m. INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE
Kra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia
+57 3118538700
+57 1 2440222
info@jamingenieria.com
www.jamingenieria.com

Revisión 6
Julio de 2021

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA CONEXIÓN INTERMODAL SAN JOSÉ DE GUAVIARE – EL RETORNO – CALAMAR – MITÚ. MÓDULO I TRAMO CARRETERO EL RETORNO – CALAMAR

VOLUMEN VI – PARTE I
ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS -TOMO I

Contrato 2751 DE 2019

JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE
NIT 830084684-9
Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia
+57 3118538700
+57 1 2440222
info@jam.com.co
www.jam.com.co

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS	FREDY POVEDA ZAMORA	ORIGINAL

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Versión Original	Febrero 2021	
2	Versión modificada	Marzo 2021	Respuesta oficio SJOSÉ-MITÚ 006 21
3	Versión modificada	Marzo 2021	Respuesta oficio SJOSÉ-MITÚ 007-21
4	Versión modificada	Abril 2021	Respuesta oficio SJOSÉ-MITÚ 008-21
5	Versión modificada	Junio 2021	Respuesta oficio SJOSÉ-MITÚ 009-21
6	Versión modificada	Julio 2021	Respuesta oficio SJOSÉ-MITÚ 010-21

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por (Esp. Pavimentos):	**Fredy Poveda Zamora**
Firma:	
Fecha:	Julio de 2021
Aprobado por (Director):	**Carlos Fernando Ángel Perea**
Firma:	
Fecha:	Julio de 2021
Elaborado por (Esp. Pavimentos Interventoría):	Jenny Paola Acero Pachón
Firma:	
Fecha:	Julio de 2021
Aprobado por (Director interventoría):	Mauricio Hernando Camargo
Firma:	
Fecha:	Julio de 2021

VOLUMEN VI – PARTE I

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

TABLA DE CONTENIDO

1 GENERALIDADES DEL CONTRATO 11
1.1 INTRODUCCIÓN 11
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD 12
1.3 OBJETIVO GENERAL 12
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
1.5 ALCANCE 14
1.6 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 14
2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 16
2.1 DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR VIAL 16
2.1.1 ESTUDIO DE ANTECEDENTES 16
2.1.2 VISITA TÉCNICA DE RECONOCIMIENTO Y DIAGNÓSTICO 16
2.2 TRABAJO EN CAMPO Y LABORATORIO 17
2.2.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA PAVIMENTO 17
2.2.2 ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO 17
2.3 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA – GEOTÉCNICA PARA PAVIMENTOS 18
2.4 DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE PAVIMIENTO 19
3 INFORMACIÓN EXISTENTE 20
3.1 CONTRATO No. 535 DE 2018 20
3.2 CONTRATO No. 1100 DE 2017 21
4 MARCO GEOLÓGICO LOCAL 23
5 DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR 28
5.1 INSPECCIÓN VISUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO 28
6 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE 31

7 TRABAJOS DE CAMPO 33
7.1.1 EXPLORACIÓN DIRECTA 33
8 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS 38
8.1 PESO UNITARIO DEL SUELO 38
8.1 GRANULOMETRÍA 40
8.1.1 MATERIAL RELLENO 40
8.1.2 SUBRASANTE 41
8.2 HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE ATTERBERG 44
8.3 PESO ESPECÍFICO Gs 47
8.4 EXPANSIÓN CONTROLADA 48
8.5 CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO 53
8.5.1 ENSAYO CBR INALTERADO 53
8.5.2 PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO 58
9 ESTUDIO DE FUENTES DE MATERIALES 60
9.1 FUENTES DE MATERIALES 61
9.1.1 EL MORRO – FINCA PATIO BONITO: 62
9.1.2 CANTERA LAJITAS SAS: 62
9.1.3 ASOGRAVIG: 67
9.1.4 PUERTO CONCORDIA 68
9.1.5 PRÉSTAMO LATERAL SECTOR K 34 (DESDE LA LEONA) (N: 2°20’44,21” W: 72°51’13,45”) 69
9.1.6 ASFALTITAS SECTOR EL CAPRICHO (N: 2°20’12,94” W: 72°52’07,62”) 69
9.1.7 ZONA DE PRÉSTAMO LATERAL FINCA AURELIO PERILLA (N: 2º6’27,46” W: 72º42’34,39”). 72
9.2 ENSAYOS DE MATERIALES PARA FUENTE DE CANTERA 72
9.2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO 73
9.2.2 RESULTADOS DE LABORATORIO 74
9.2.3 VALIDACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN REQUERIMIENTOS INVIAS 75
9.3 FUENTES DE ASFALTOS 85

9.3.1 VERIFICACIÓN ASFALTITAS VEREDA EL CAPRICHO 85
9.4 PLANTAS 86
9.4.1 PLANTA DE MEZCLA ASFÁLTICA 86
9.4.2 PLANTA DE CONCRETO ASFÁLTICO 87
9.5 ANALISIS DE COSTOS DE TRANSPORTE 87
10 ESTUDIO DE TRÁNSITO 90
10.1 CÁLCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO TPD 90
10.1.1 VÍA EL RETORNO – LA LIBERTAD 90
10.1.2 VÍA LA LIBERTAD - CALAMAR 91
10.2 DEFINICIÓN DE LA TASA 92
10.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA 93
10.4 NÚMERO DE EJES EQUIVALENTEs 95
11 PARÁMETROS DE DISEÑO 98
11.1 SELECCIÓN CBR DE DISEÑO 98
11.2 AASHTO 1993 – FLEXIBLE 99
11.2.1 CONFIABILIDAD (R) 99
11.2.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So) 99
11.2.3 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO (PSI) 100
11.2.4 COEFICIENTE DE DRENAJE (CD) 101
11.2.5 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE (Mr) 102
11.2.6 RESUMEN GENERAL VALORES DE DISEÑO 102
11.2.7 MÓDULOS CAPAS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO 103
11.2.8 COEFICIENTE DE CAPA a 110
11.3 MÉTODO DE DISEÑO DEL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS – PAVIMENTO FLEXIBLE 112
11.3.1 RANGOS DE TRÁNSITOS CONSIDERADOS 113
11.3.2 REGIONES CLIMÁTICAS 114
11.4 MÉTODO RACIONAL – WINDEPAV – FLEXIBLE 114

11.4.1 CRITERIO SHELL PARA DETERMINAR LA DEFORMACIÓN RADIAL ADMISIBLE DE TRACCIÓN EN LA BASE DE LA CARPETA ASFÁLTICA 114
11.4.2 CRITERIO SHELL PARA DETERMINAR LA DEFORMACIÓN VERTICAL ADMISIBLE DE COMPRESIÓN SOBRE LA SUBRASANTE. 116
11.4.3 VERIFICACIÓN DE LAS DEFORMACIONES ADMISIBLES MEDIANTE EL PROGRAMA WINDEDEPAV 2.60. 117
11.5 MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN CONCRETO DEL INVÍAS 118
11.5.1 TRÁNSITO Y PERIODO DE DISEÑO 118
11.5.2 SUBRASANTE 118
11.5.3 MATERIAL DE SOPORTE DEL PAVIMENTO 119
11.5.4 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS 119
11.5.5 TRANSFERENCIA DE CARGAS ENTRE LOSAS Y CONFINAMIENTO LATERAL 119
11.5.6 RESUMEN VARIABLES DE DISEÑO 120
11.6 MÉTODO AASHTO 1993 – RÍGIDO 120
11.6.1 CONFIABILIDAD (R) 120
11.6.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So) 121
11.6.3 MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO (MR) 122
11.6.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec) 122
11.6.5 COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J) 122
11.6.6 MÓDULO DE REACCIÓN DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE (K) 123
11.6.7 ÍNDICE DE SERVICIBILIDAD DEL PAVIMENTO (PSI) 127
11.6.8 COEFICIENTE DE DRENAJE (CD) 128
11.6.9 RESUMEN GENERAL DE LOS VALORES DE DISEÑO 129
11.7 MÉTODO PCA – RÍGIDO 129
11.7.1 CHEQUEO DE ESFUERZOS Y DEFLEXIONES DE LA LOSA 134
12 DISEÑO DE PAVIMENTOS 137
12.1 PAVIMENTO FLEXIBLE 137
12.1.1 METODOLOGÍA AASHTO 1993 137
12.1.2 METODOLOGÍA INVIAS 138

12.1.3 MÉTODO SHELL – CONTROL DE DEFORMACIONES PAVIMENTO FLEXIBLE. 140
12.2 PAVIMENTO RÍGIDO 145
12.2.1 MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN CONCRETO DEL INVÍAS 145
12.2.2 METODOLOGÍA AASHTO 1993 146
12.2.3 MÉTODO PCA 148
12.2.4 VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS Y DEFLEXIONES DE LA LOSA 149
12.2.5 MODULACION DE LOSAS 149
12.2.6 DIMENSIONAMIENTO DOVELAS Y BARRAS DE ANCLAJE 151
13 SECCIONES TRANSVERSALES 154
14 DISEÑO DE MEZCLA 156
15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 158
16 BIBLIOGRAFÍA 160

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Ensayos de Laboratorio a Ejecutar 18
Tabla 7-1. Localización y profundidad de los apiques ejecutados 33
Tabla 8-1 Plan de Ensayos del proyecto 38
Tabla 8-2. Resultados expansión controlada 48
Tabla 8-3. Ensayo CBR del proyecto. 53
Tabla 9-1. Títulos mineros concedidos para extracción de materiales 61
Tabla 9-2. Fuentes de materiales del proyecto. 73
Tabla 9-3. Plan de ensayos para fuentes de materiales 73
Tabla 9-4. Resultados ensayos de laboratorio fuentes de materiales 74
Tabla 9-5. Resultados granulometría de las cuatro muestras. 74
Tabla 9-6. Comprobación Muestras 1, 2 y 3 como subbase granular. 76
Tabla 9-7. Franja granulométrica para subbase granular. 77
Tabla 9-8. Comprobación Muestras 1, 2 y 3 como base granular. 80
Tabla 9-9. Franja granulométrica para subbase granular. 81
Tabla 9-10. Revisión muestra 4 como terraplén. 84
Tabla 9-11. Verificación propiedades de estabilidad y flujo 86

Tabla 9-12. Verificación ensayos mezcla asfáltica 87
Tabla 10-1. Cálculo del TPD para la Vía El Retorno – La Libertad 90
Tabla 10-2. Distribución porcentual según categoría del vehículo para la Vía El Retorno – La Libertad 91
Tabla 10-3. Distribución porcentual por tipo de camión para la Vía El Retorno – La Libertad 91
Tabla 10-4. Cálculo del TPD para la Vía La Libertad - Calamar 91
Tabla 10-5. Distribución porcentual según categoría del vehículo para la Vía La Libertad - Calamar 92
Tabla 10-6. Distribución porcentual por tipo de camión para la Vía La Libertad - Calamar 92
Tabla 10-7. Resumen de tasas de crecimiento 93
Tabla 10-8 Proyecciones del TPD para la Vía El Retorno – La Libertad a 10 y 20 años 94
Tabla 10-9 Proyecciones del TPD para la Vía La Libertad - Calamar a 10 y 20 años 95
Tabla 10-10. Cálculo de ejes equivalentes para la Vía El Retorno – La Libertad a 10 años – Escenario Optimista 96
Tabla 10-11. Cálculo de ejes equivalentes para la Vía El Retorno – La Libertad a 20 años – Escenario Optimista 97
Tabla 11-1. Límites para la selección de resistencia 98
Tabla 11-2. Confiabilidad recomendada por la AASHTO 99
Tabla 11-3. Rangos de la desviación estándar recomendados por la AASHTO 100
Tabla 11-4. Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI) 100
Tabla 11-5. Coeficiente de drenaje (Cd) 102
Tabla 11-6. Resumen valores de diseño pavimento flexible AASHTO 102
Tabla 11-7. Factores de ponderación. 103
Tabla 11-8. Valores típicos de los módulos de capas de pavimentos asfálticos 110
Tabla 11-9. Valores de módulo de las capas de pavimento 110
Tabla 11-10. Coeficiente estructural de cada capa del pavimento 111
Tabla 11-11. Valores de diseño metodología INVIAS. 112
Tabla 11-12. Valores de coeficientes estructurales a metodología INVIAS 112
Tabla 11-13. Valores de coeficiente de drenaje metodología INVIAS 113
Tabla 11-14. Coeficiente estructural – método INVIAS. 113
Tabla 11-15. Designación del tránsito método INVIAS. 113
Tabla 11-16. Regiones climáticas según la temperatura y precipitación. 114
Tabla 11-17. Coeficiente de Calage 115
Tabla 11-18. Valores para calcular la deformación admisible de la carpeta asfáltica. 115
Tabla 11-19. Valores para la modelación en programa WINDEPAV. 117
Tabla 11-20. Categorías de tránsito para la selección de espesores. 118
Tabla 11-21. Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia. 119
Tabla 11-22. Clasificación de los materiales de soporte para pavimento de concreto. 119
Tabla 11-23. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura). 119

Tabla 11-24. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral. ..120
Tabla 11-25. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento 120
Tabla 11-26. Confiabilidad recomendada por la AASHTO 121
Tabla 11-27. Rangos de la desviación estándar recomendados por la AASHTO 121
Tabla 11-28. Coeficiente de transferencia de cargas (J) 123
Tabla 11-29. Parámetros para hallar el módulo efectivo de la subrasante. 125
Tabla 11-30. Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI) 128
Tabla 11-31. Coeficiente de drenaje (Cd) 129
Tabla 11-32. Resumen valores de diseño pavimento rígido AASHTO 129
Tabla 11-33. Datos de entrada diseño de pavimento rígido – Método PCA, Zona 1 131
Tabla 11-34. Parámetros básicos de diseño. 131
Tabla 11-35. Distribución TPD 132
Tabla 11-36. Distribución camiones 132
Tabla 11-37. Distribución del número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño por tipo de vehículo 132
Tabla 11-38. Distribución de los vehículos comerciales por día y carril de diseño, por cada 1000 vehículos 133
Tabla 11-39. Configuración de las cargas de los vehículos y distribución por ejes. 133
Tabla 11-40. Número esperado de ejes en el carril de diseño para el periodo de diseño. 134
Tabla 12-1. Selección del espesor de losa 145
Tabla 12-2. Verificación de esfuerzos en el diseño con D STB WAY. 149
Tabla 12-3. Verificación de deflexiones en el diseño con D STB WAY. 149
Tabla 12-4. Recomendaciones para los pasadores de carga. 152
Tabla 12-5. Recomendaciones para las barras de anclaje. 152

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 Localización del tramo vial del proyecto 15
Ilustración 3-1. Ubicación del contrato 535 de 2018. 20
Ilustración 3-2. Diseño propuesta por el contrato No. 535 de 2018. 21
Ilustración 3-3. Localización del contrato 1100 de 207. 22
Ilustración 3-4. Diseño propuesta por el contrato No. 1100 de 2017. 22
Ilustración 6-1. Estructura pavimento existente 31
Ilustración 6-2. Espesor material de relleno. 32
Ilustración 7-1. Localización y profundidad de los sondeos - apiques ejecutados 35
Ilustración 8-1. Peso unitario del suelo 39
Ilustración 8-2. Peso unitario del suelo por abscisado 39
Ilustración 8-3. Granulometría por profundidad – material granular 40

Ilustración 8-4. Granulometría por abscisado – Material de relleno 41
Ilustración 8-5. Granulometría por profundidad - Subrasante 42
Ilustración 8-6. Granulometría por abscisado - Subrasante 43
Ilustración 8-7. Humedad y límites de Atterberg 44
Ilustración 8-8. Humedad natural 45
Ilustración 8-9. Límite líquido 45
Ilustración 8-10. Límite plástico 46
Ilustración 8-11. Carta de plasticidad 46
Ilustración 8-12. Peso específico Gs 47
Ilustración 8-13. Gs por abscisado 48
Ilustración 8-14. Grados de expansividad en suelos. 51
Ilustración 8-15. Presión de hinchamiento por profundidad 52
Ilustración 8-16. Presión de hinchamiento por abscisado 53
Ilustración 8-17. Ensayo CBR por abscisado 57
Ilustración 8-18. Relación de expansión ensayo CBR. 58
Ilustración 8-19. Ensayo PDC del proyecto. 59
Ilustración 9-1. Polígonos de títulos mineros para extracción de materiales 60
Ilustración 9-2. Curva granulométrica de las muestras. 75
Ilustración 9-3. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como subbase SBG 50. 78
Ilustración 9-4. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como subbase SBG 38. 78
Ilustración 9-5. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como subbase BG 40. 82
Ilustración 9-6. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como subbase BG 27. 82
Ilustración 9-7. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como base BG 38. 83
Ilustración 9-8. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como base SBG 25. 83
Ilustración 9-9. Verificación granulométrica muestra 1 85
Ilustración 9-10. Verificación granulométrica muestra 2. 86
Ilustración 9-11. Costos generales de obra. 88
Ilustración 9-12. APU mezcla densa en caliente MDC-19. 89
Ilustración 11-1. Selección CBR de diseño 98
Ilustración 11-2. Curva de factores de ponderación de temperatura 104
Ilustración 11-3. Determinación del T800 y el índice de penetración del asfalto. 106
Ilustración 11-4. Cálculo de temperatura de la mezcla asfáltica. 107
Ilustración 11-5. Nomograma de Van der poel 108

Ilustración 11-6. Módulo de rigidez de la mezcla asfáltica 109
Ilustración 11-7. Valores típicos del coeficiente de Poisson 117
Ilustración 11-8. Relación CBR y módulo de reacción de la subrasante 124
Ilustración 11-9. Módulo efectivo de la subrasante. 125
Ilustración 11-10. Factor de pérdida de soporte 126
Ilustración 11-11. Determinación del módulo considerando la pérdida de soporte. 127
Ilustración 12-1. Valores de entrada programa Winpas – método AASHTO. 137
Ilustración 12-2. Resultados modelación método AASHTO 1993. 138
Ilustración 12-3. Diseño AASHTO 1993. 138
Ilustración 12-4. Diseño AASHTO 1993. 139
Ilustración 12-5. Valores de entrada –verificación método INVIAS. 139
Ilustración 12-6. Resultados comprobación método INVIAS: 140
Ilustración 12-7. Modelación programa WinDEPAV - método AASHTO 1993 141
Ilustración 12-8. Resultados modelación programa WinDEPAV - método AASHTO 1993 142
Ilustración 12-9. Modelación programa WinDEPAV - método INVIAS 143
Ilustración 12-10. Resultados modelación programa WinDEPAV - método INVIAS. 144
Ilustración 12-11. Diseño Manual INVIAS pavimento rígido sobre suelo natural. 145
Ilustración 12-12. Diseño Manual INVIAS pavimento rígido sobre base granular 146
Ilustración 12-13. Diseño Manual INVIAS pavimento rígido sobre base granular 146
Ilustración 12-14. Resultado modelación Winpas – método AASHTO pavimento rígido 147
Ilustración 12-15. Diseño AASHTO 1993 – pavimento rígido 147
Ilustración 12-16. Resultado modelación programa Winpas escenario 1 – diseño rígido tradicional 148
Ilustración 12-17. Diseño pavimento rígido. 149
Ilustración 12-18. Esquema modulación losas recomendada 151
Ilustración 12-19. Modelo estructural de la losa. 153
Ilustración 13-1. Sección transversal – diseño flexible. 154
Ilustración 13-2. Sección transversal – diseño rígido. 155
Ilustración 14-1. Tipo de mezcla a utilizar 156
Ilustración 14-2. Nivel de tráfico de acuerdo al número de ejes equivalentes 156
Ilustración 14-3. Diseño de mezcla acorde a la categoría de tránsito. 157

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1. Sección de puentes y pontones 28
Fotografía 5-2 Estado de puentes y pontones 29
Fotografía 5-3 Efectos del agua en la capa de rodadura. 29
Fotografía 5-4. Imprimaciones de asfalto en la superficie. 30

Fotografía 9-1. Cantera explotación El Morro. A Cantera explotación aluvial. B. Acercamiento a talud. 62
Fotografía 9-2. Valla en acceso a cantera Lajitas. 63
Fotografía 9-3. Detalle en frente de extracción cantera Lajitas (N: 2º30'45,61" W: 72º37'8,47"). 63
Fotografía 9-4. Cantera Lajitas. A. Vista de la cantera. B. Talud en el que se observan las lodolitas meteorizadas (N: 2º30'45,61" W: 72º37'8,47"). 64
Fotografía 9-5. Stock de crudo del río Gauviare en planta de cantera Lajitas en San José del Guaviare. 64
Fotografía 9-6. Stock de crudo del río Ariari en planta de cantera Lajitas en San José del Guaviare. 65
Fotografía 9-7. Valla en entrada de sitio de extracción de cantera Lajitas en el río Guaviare. ... 65
Fotografía 9-8. Stock de material en sitio de extracción La Vaca, en el río Guaviare (N: 2º34'52,72" W: 72º35'36,80"). 66
Fotografía 9-9. Valla en planta de triturados del Ariari (N:3º27'3,65" W:73º35'47,74"). 66
Fotografía 9-10. Stock de crudo del río Ariari en la planta de triturados. 67
Fotografía 9-11. ASOGRAVIG. A. Zona de explotación. B. Detalle del depósito 67
Fotografía 9-12. Aspecto del material del extraído del fondo del cauce en el sector de confluencia del río Ariari con el Guayabero (foto tomada en Puerto Concordia). 68
Fotografía 9-13. Zona de préstamo lateral en K34; vista al SW, hacia La Macarena (N: 2°20'44,21" W: 72°51'13,45"). 69
Fotografía 9-14. Panorámica del costado sur de la excavación en que se extraen las asfaltitas (N: 2°20'12,94" W: 72°52'07,62") 70
Fotografía 9-15. Arriba: Panorámica hacia el norte, de la excavación para extracción de asfaltita. Abajo: Fragmento de arenita de grano medio, impregnada con asfalto (asfaltita). 71

I GENERALIDADES DEL CONTRATO

1.1 INTRODUCCIÓN

Dentro de las funciones del INVIAS se encuentra la de brindar una infraestructura vial que satisfaga requerimientos mínimos de seguridad, comodidad y tránsito para los usuarios de las vías no concesionadas a cargo de la nación, contribuyendo así, al desarrollo sostenible y a la integración del país a través de una red vial eficiente, cómoda y segura. Para el cumplimiento de estos fines, el Instituto Nacional de Vías – INVIAS ejecuta diferentes actividades a través de cada una de sus Unidades Ejecutoras; por lo tanto, con la ejecución del contrato objeto de estudio, el Instituto Nacional de Vías busca el cumplimiento de uno de los fines constitucionales del estado, como es el de darle continuidad al servicio de transporte terrestre y de esta manera apoyar y contribuir con el desarrollo económico del departamento de Guaviare.

El Contrato No. 2751 de 2019, cuyo objeto es “ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA CONEXIÓN INTERMODAL SAN JOSÉ DEL GUAVIARE – EL RETORNO – CALAMAR – MITÚ. MODULO 1 TRAMO CARRETERO EL RETORNO – CALAMAR”, celebrado entre JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE S.A.S y el INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS, se busca el mejoramiento de aproximadamente 45 kilómetros de la vía que comunica a los municipios de El Retorno y Calamar.

Los estudios y diseños se adelantarán coordinando la totalidad de las áreas temáticas del proyecto que incluyen: tránsito y transporte, diseño geométrico, geología, geotecnia, pavimentos, hidrología, hidráulica, estructuras, ambiental y social, gestión predial y la evaluación económica del proyecto junto con su presupuesto.

Igualmente, el desarrollo de los estudios y diseños se regirán por Manuales, Normas y Especificaciones vigentes al momento del desarrollo del contrato.

El presente informe corresponde al Volumen VI Estudio geotécnico para el diseño de pavimentos – Parte I, el cual comprende la definición de la línea base geotécnica del corredor vial que se establece a partir de la campaña de exploración del subsuelo, la cual consiste en apiques, sondeos, ensayos in situ y ensayos de laboratorio que tenían por objetivo conocer las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, y la valoración de la estructura de pavimento con materiales tradicionales, tanto para una estructura en concreto asfaltico como en concreto hidráulico, las cuales se configuran como una alternativa para la solución local, sobre la cual se evaluaran los costos asociados dada la muy baja oferta de materiales de construcción en la zona en estudio.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD

El tramo carretero entre El Retorno – Calamar que corresponde a la abscisa PR 0+000 a PR 45+300 de la Ruta 7506 se ha venido consolidando como una vía importante para el desarrollo de la región con esfuerzos locales y regionales, sin embargo, las condiciones actuales muestran una vía que no permite una movilidad segura y eficaz de los usuarios, operando con muy bajos niveles de servicio.

En la actualidad, el corredor vial está en afirmado y en sitios específicos existen baches, ahuellamientos y pérdida de material granular, además no cuenta con las estructuras necesarias para una vía de orden nacional como son: drenaje longitudinal y transversal, obras para el control de erosión de taludes, filtros superficiales, cunetas, estructuras de estabilización, estructuras de contención y falta de alcantarillas en algunas zonas y puentes o pontones en mal estado o de sección reducida, entre otros. De igual forma, no presenta señalización ni elementos de seguridad vial y el trazado geométrico no cumple con las especificaciones de una vía de primer orden. Lo anterior limita la velocidad de operación e incrementa los tiempos de viajes de los vehículos que transitan por ella. Todo genera una reducción en la movilidad de la región y dificulta el transporte de personas y de los recursos agrícolas y ganaderos originados en la zona. Además, afecta directamente la conectividad del departamento de Guaviare con el departamento del Vaupés.

Considerando la ubicación estratégica del tramo vial y la importancia para el transporte de personas y mercancía y el aporte al desarrollo en la región, sumado a la obligación del INVIAS de brindar infraestructura que satisfaga la normatividad vigente, se hace necesario realizar los estudios y diseños para el mejoramiento y/o pavimentación del corredor vial Calamar – El Retorno que se verá reflejado en términos de seguridad, comodidad y transitabilidad conllevando a un mejor nivel de servicio del corredor vial.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Diseñar las estructuras de pavimentos a partir de la sectorización por comportamiento geotécnico homogéneo, estableciendo los espesores de las capas y las especificaciones técnicas para la construcción de los tramos viales definidos.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- De acuerdo a los resultados de la exploración geotécnica y los resultados de ensayos de laboratorio, las condiciones topográficas y demás condiciones esenciales, seleccionar los parámetros de diseño para encontrar la estructura de pavimento que garantice el buen funcionamiento de la vía con materiales convencionales.

- A partir de la información geológica y geotécnica a lo largo de la longitud del proyecto y la evaluación de posibles fuentes de materiales, se realiza una evaluación de las

propiedades geotécnicas de las posibles fuentes de materiales para obra, como capas de rodadura y capas de granulares.

- Establecer las alternativas de estructura de pavimento, hidráulico o flexible, con materiales convencionales.

1.5 ALCANCE

El alcance de los estudios y diseños del presente proyecto es mejorar las especificaciones y dimensiones de las vías y obras existentes; permitiendo una adecuación de estas a los niveles de servicio requeridos para el tránsito actual como el proyectado. Para lo cual, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: la categoría de las vías objeto de estudio, posibles restricciones sociales o ambientales que existan en la zona, el trazado horizontal de los corredores existentes, esto con el fin de minimizar la afectación predial e intervención de taludes durante la construcción del proyecto.

A nivel de la estructura del pavimento se pretende establecer alternativas de diseño para la estructura que contemplan las condiciones de la subrasante, así como la disponibilidad de los materiales de las posibles fuentes cercanas, partiendo de una adecuada caracterización geotécnica de los materiales de la subrasante- a lo largo del corredor vial.

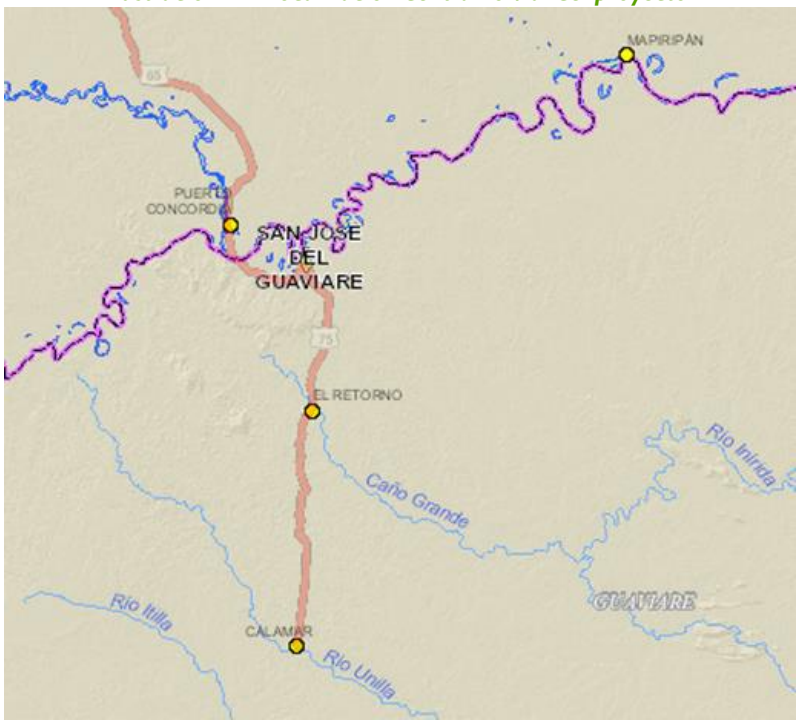
1.6 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolla en el Departamento del Guaviare, el cual limita por el norte con los ríos Guayabero y Guaviare que lo separan de los departamentos de Meta y Vichada; por el oriente con los departamentos de Guainía y Vaupés; por el sur con los departamentos de Vaupés y Caquetá y por el occidente con los departamentos de Caquetá y Meta.

Por medio del Decreto Número 1735 de 2001 se establece la ruta 7506 entre Calamar y San José de Guaviare con una longitud de 73.60 kilómetros como una vía de orden nacional a cargo del Instituto Nacional de Vías INVIAS, de los cuales el sector objeto de estudio comprendido entre el Retorno y Calamar tiene una longitud de 45.3 Km (Ver Ilustración 1). La vía transcurre por peneplanicies, lomeríos y llanuras de erosión modeladas sobre rocas del basamento igneometamórfico. Los suelos son muy lixiviados con predominio de texturas medianas y finas, buen desarrollo estructural y frecuentemente con presencia de hierro y manganeso. En general, son suelos con drenaje bueno a excesivo, aunque existen zonas depresionales donde el drenaje es restringido.

Actualmente la vía se encuentra en material de afirmado y cuenta con una serie de estructuras hidráulicas destinadas a la captación, conducción y entrega de las aguas de escorrentía (canales, cunetas, alcantarillas); como la continuidad de cuerpos hídricos superficiales mediante puentes y pontones.

Ilustración 1-1 Localización del tramo vial del proyecto



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen de Google Earth

2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo del presente estudio constó de los siguientes elementos:

2.1 DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR VIAL

Se realizó el reconocimiento y diagnóstico del corredor vial en dos fases: una primera consistió en la revisión de información secundaria sumada a los trabajos básicos de las áreas de diseño y geología y una segunda fase que se sustentó en un recorrido de reconocimiento e inspección al corredor.

La primera parte abarcó la recopilación y análisis de información cartográfica de diferentes fuentes (IGAC, INGEOMINAS, INVIAS) y geológica-geotécnica, del área de influencia de la vía, con el objetivo de contextualizar los trabajos proyectados con las condiciones propias de la zona de estudio. Igualmente se recopilaron los informes básicos realizados en este estudio por las áreas de geología y diseño geométrico, que permitieron reconocer el territorio y las condiciones viales del corredor actual.

Posteriormente se inició la segunda fase del diagnóstico del corredor vial, la cual consistió en un recorrido de reconocimiento e inspección en campo, donde se complementó en profundidad la valoración preliminar con la que se cuenta actualmente a partir de los resultados que se obtengan en campo. Como resultado se estableció un diagnóstico a nivel de comportamiento de la estructura de pavimento, los sectores donde se identificaron problemas de comportamiento de la subrasante, posibles fuentes de material y aspectos de comportamiento geotécnico especiales que fueron tenidos en cuenta en los diseños del corredor futuro.

De este ejercicio se establecieron las recomendaciones generales para el área de diseño geométrico de tal manera que se permitió establecer criterios geotécnicos en los diseños de mejoramiento del corredor vial, los cuales se fueron ajustando en la medida que avanzó el conocimiento geotécnico del corredor.

2.1.1 ESTUDIO DE ANTECEDENTES

Para la realización del reconocimiento y diagnóstico del corredor vial se tuvo en cuenta la información base de los requerimientos dados en el Anexo Técnico.

2.1.2 VISITA TÉCNICA DE RECONOCIMIENTO Y DIAGNÓSTICO

La segunda fase inició con la visita técnica de reconocimiento que permitió establecer las condiciones geotécnicas del corredor.

Esta consistió en tabular e identificar las condiciones actuales del corredor definiendo a lo largo del mismo tipo de rodadura, tipo de estructura de pavimento, material de subrasante y

condiciones de drenaje. Además de identificar condiciones especiales como deformaciones del terreno o acumulaciones de agua.

Esta labor se realizó en un recorrido donde se identificaron de manera general las condiciones del corredor, donde se tabulará de manera ordenada y sistemática las características geotécnicas generales del corredor vial.

2.2 TRABAJO EN CAMPO Y LABORATORIO

Una vez cumplida la fase de diagnóstico y reconocimiento, se procedió a la planificación de las actividades de levantamiento topográfico detallado y exploración geotécnica, donde se recopilará información de todo el trazado.

2.2.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA PARA PAVIMENTO

Se planteó un programa de exploración teniendo en cuenta toda la información recopilada y la generada especialmente por las áreas de geología, se busca contar con la información de los materiales que afloran a lo largo del corredor y en especial en los sectores de estudios geotécnico de detalle establecidos en el diagnostico o en los diseños geométricos.

La exploración se llevó a cabo por fases:

1. La primera una exploración general del corredor que involucró la requerida para pavimentos y definida con las visitas de campo. La cual fue complementada con la exploración proyectada en los volúmenes IV y V.

La exploración se realizó con apiques cada 500 metros con toma de muestras para CBR inalterados de la subrasante y de la estructura actual de pavimento.

Los apiques fueron complementados con el ensayo de penetración con cono dinámico y en zonas estratégicas se apoyó con la exploración establecida en los volúmenes de Cimentaciones y Taludes. La exploración fue complementada con la toma de muestras para caracterizar los materiales de las posibles fuentes de material y los materiales de la estructura existente.

2.2.2 ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

El programa de ensayos de laboratorio se orientó a establecer las propiedades físico – mecánicas de los materiales que componen la estructura de pavimento actual y de las posibles fuentes de material, que permitieron obtener los parámetros para el diseño del pavimento. Los ensayos de laboratorio y campo realizados se detallan a continuación:

2.2.2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

Para caracterizar los diferentes sectores en la zona de estudio, se contempló la realización de ensayos de laboratorio, los cuales tienen como propósito definir las propiedades físicas de los materiales. Para determinar las propiedades de caracterización fisca de los suelos, se realizaron ensayos de contenido de agua, peso unitario, tamaño de grano, entre otros. En la

Tabla 2-1 se presenta los ensayos de laboratorio realizados y la respectiva norma bajo la cual fueron realizados:

Tabla 2-1. Ensayos de Laboratorio a Ejecutar

ENSAYOS DE LABORATORIO	NORMA
HUMEDAD NATURAL	INV 152
LIMITES DE ATTERBERG	INV 125
LÍMITE DE CONTRACCIÓN	INV 127
GRAVEDAD ESPECIFICA	INV 222
GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	INV 123
LAVADO T200	INV 214
PESO UNITARIO	INV 152
CBR	INV 148
ENSAYOS DE PDC	INV 172
EXPANSIÓN CONTROLADA	INV 120

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

2.2.2.2 ENSAYOS DE CAMPO

Se realizaron ensayos de penetrómetro dinámico de cono PDC con el objetivo de obtener información de las condiciones reales en la que se encuentra el terreno de cimentación del pavimento y establecer en forma estadística los resultados de capacidad de soporte del suelo, por medio de correlaciones. El ensayo mide la penetración dinámica por golpes, a través del terreno natural o suelo fundación, levemente cementados. Es un método no destructivo capaz de medir la capacidad de soporte in situ del suelo de fundación y complementa los ensayos de CBR.

2.3 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA – GEOTÉCNICA PARA PAVIMENTOS

Con base en el estudio geológico y teniendo en cuenta aspectos como pendientes del terreno, hidrología, cobertura vegetal, uso del suelo, entre otros, no se definieron zonas homogéneas pues el comportamiento de la subrasante es muy similar a lo largo del trazado.

2.4 DISEÑO DE ALTERNATIVAS DE PAVIMIENTO

Una vez definido el diseño geométrico del corredor e identificados las características de los materiales de subrasante, estructura de pavimento actual y de las diferentes fuentes de material, se procederá a realizar el diseño de las alternativas de las estructuras de pavimento con materiales convencionales, con base en las siguientes metodologías:

- Pavimento flexible: Método AASHTO 1993 para pavimento flexible y método racional.
- Pavimento rígido: Método AASHTO 1993 para pavimento rígido y método Portland Cement Asociation (PCA).

Los estudios de pavimento contemplan los siguientes aspectos.

1. Determinar las características de la estructura actual de la subrasante
2. Establecer las posibles fuentes de material.
3. Diseño de alternativas de pavimento con materiales convencionales.
4. Análisis de la interacción estructura de pavimento – subrasante.
    - ✓ Para pavimento flexible, verificación de deflexiones de la carpeta asfáltica y la subrasante.
    - ✓ Para pavimento rígido, verificación por fatiga de la losa de concreto y erosión de la subrasante.

.

3 INFORMACIÓN EXISTENTE

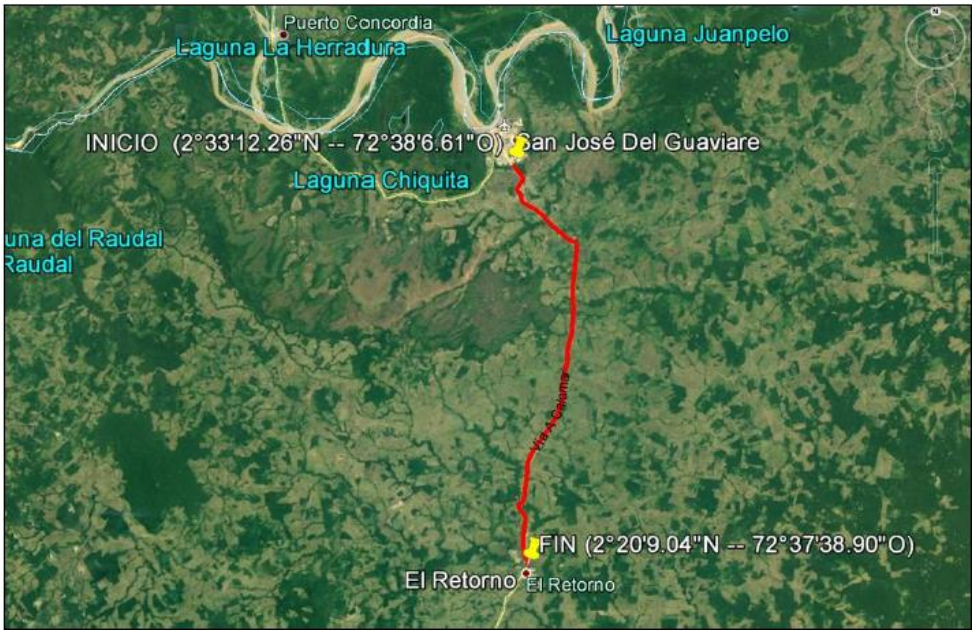
Como parte del proceso de recopilación de información secundaria, se presentan los resultados obtenidos de contratos cercanos a la zona del proyecto.

3.1 CONTRATO No. 535 DE 2018

El contrato No. 535 de 2018 con objeto ESTUDIOS Y DISEÑOS DE 27 KM. DE LA VÍA 7506 QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS: SAN JOSÉ DEL GUAVIARE Y EL RETORNO fue suscrito entre el contratista ING. LUIS EDUARDO RÍOS HERNÁNDEZ con NIT. 17.345.012 y el Departamento del Guaviare.

Se detalla la localización del contrato.

Ilustración 3-1. Ubicación del contrato 535 de 2018.



Fuente: Ing. Luis Eduardo Ríos Hernández.

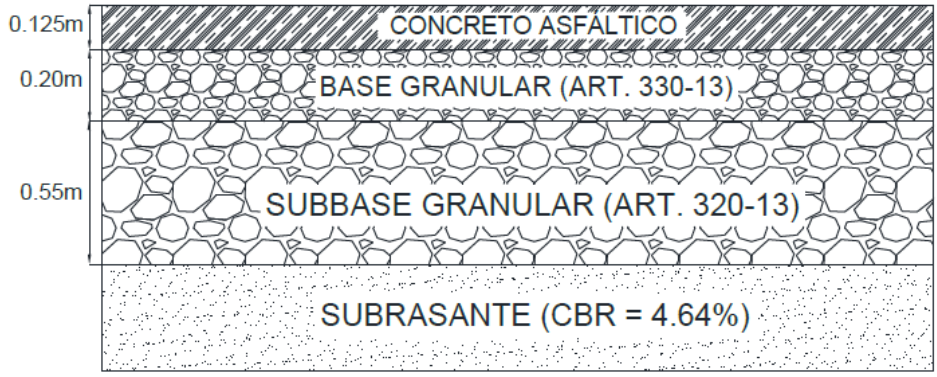
Entre los entregables del contrato se encontró el VOLUMEN VI. ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO.

La subrasante de este tramo presenta una capacidad portante media con un CBR de diseño de 4.64%.

El pavimento presentado por el consultor es flexible y fue diseñado por la metolodología de AASHTO 1993.

La estructura diseñada tiene un espesor de 87.5 cm distribuidos en una carpeta de concreto asfáltico de 12.5 cm, una base granulae de 20 cm y una subbase granular de 55 cm, tal como se detalla a continuación:

Ilustración 3-2. Diseño propuesta por el contrato No. 535 de 2018.



Fuente: Ing. Luis Eduardo Ríos Hernández.

3.2 CONTRATO No. 1100 DE 2017

La firma JAM Ingeniería y Medio Ambiente S.A.S ejecutó el contrato de consultoría No. 1100 de 2017 cuyo objeto fue: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA 75GV14 EJE ECONÓMICO LA GANADERA, AGUA BONITA - FLORIDA 2 - EL MORRO - BOQUERÓN – SABANAS DE LA FUGA - CHARRAS, DEL K12 + 280 AL K13+176, del K13+439 AL K13+627, DEL K13+787 AL K13+841, DEL K14+078 AL K14+145, DEL K14+376 AL K46 + 620, ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS Y ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS DE LA K00+000 HASTA EL K12+280, DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE, DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE E INVENTARIO DE ACUERDO A LA RESOLUCIÓN 1067 del 2015 del Ministerio de Transporte DESDE K00+000 HASTA EL K92+950" en San José del Guaviare.

A continuación, se presenta la localización del proyecto, ubicando en Guaviare.

Ilustración 3-3. Localización del contrato 1100 de 207.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

La subrasante es descrita como arcillolita areno limosa con una capacidad de soporte media (CBR de 8%). Se propuso un diseño en pavimento hidráulico, tal como se muestra a continuación:

Ilustración 3-4. Diseño propuesta por el contrato No. 1100 de 2017.

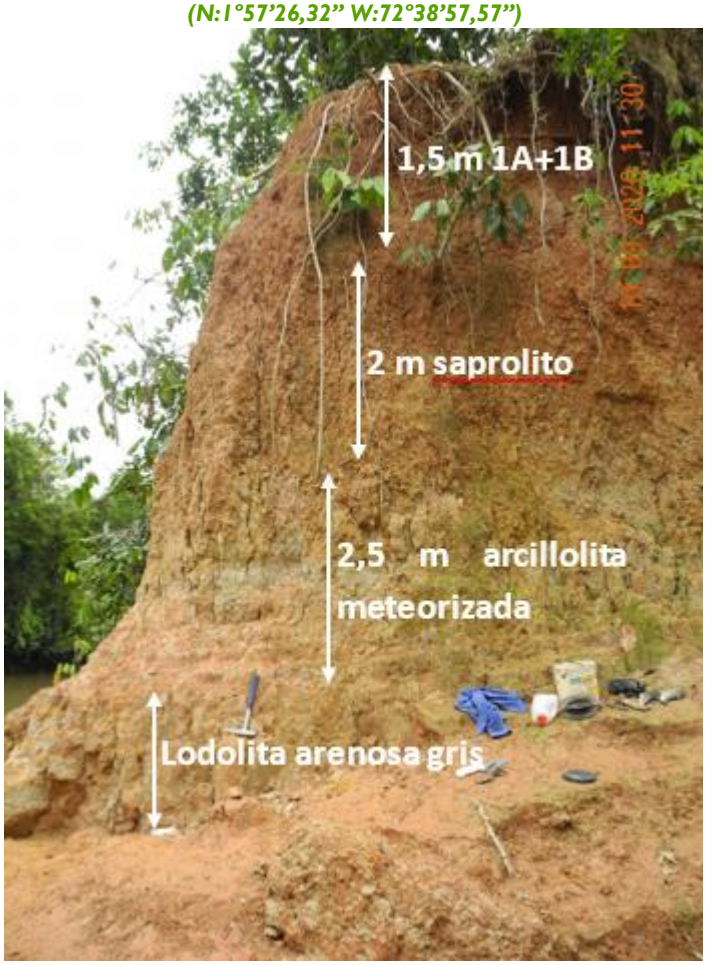
Losa de Concreto	17 cm
Base Estabilizada con Cemento - BEC	15 cm

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

4 MARCO GEOLÓGICO LOCAL

El recorrido del corredor vial muestra la transición entre niveles arcillosos, lodosos y arenosos, con variaciones tanto en la vertical como lateralmente, correlacionables con la Formación Caja (Nc). Los perfiles son escasos dado el suave relieve desarrollado por la unidad; la mejor exposición de la sección se identificó en el río Unilla, frente al K0 de la vía (ver fotografía 2-1).

Fotografía 2-1. Afloramiento de 8 m en margen izquierda del río Unilla, perfil de meteorización de la Fm. Caja (N:1°57'26,32" W:72°38'57,57")



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

El perfil expuesto muestra una profunda meteorización de la Fm. Caja, con cerca de 4 m de suelo residual, entre los horizontes A, B y C – saprolito, seguidos de arcillolita gris con vetas rojizas por meteorización; la secuencia es infrayacida por lodolita arenosa gris.

Los eventuales cortes en la vía muestran el perfil de suelo residual, como en el K2, donde se diferencian los 60 cm superficiales de horizonte B arenoso (color habano rojizo en fotografía 2-2), infrayacidos por horizonte B arcilloso rojizo. Se intercalan en el perfil, a lo largo del corredor vial, niveles arcillosos y arenosos, como parte de la secuencia de la Fm. Caja.

Fotografía 2-2. Talud de corte de 1 m al costado derecho de la vía, aproximadamente en K2. Vista hacia Calamar (N:1°58'27,15" W:72°38'58,93").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

El relieve ondulado en la parte norte del corredor vial, generando pequeños cortes en el perfil arcilloso, menores de 1 metro, como el que se expone en un pequeño alto aproximadamente en K6+500 (fotografía 2-3).

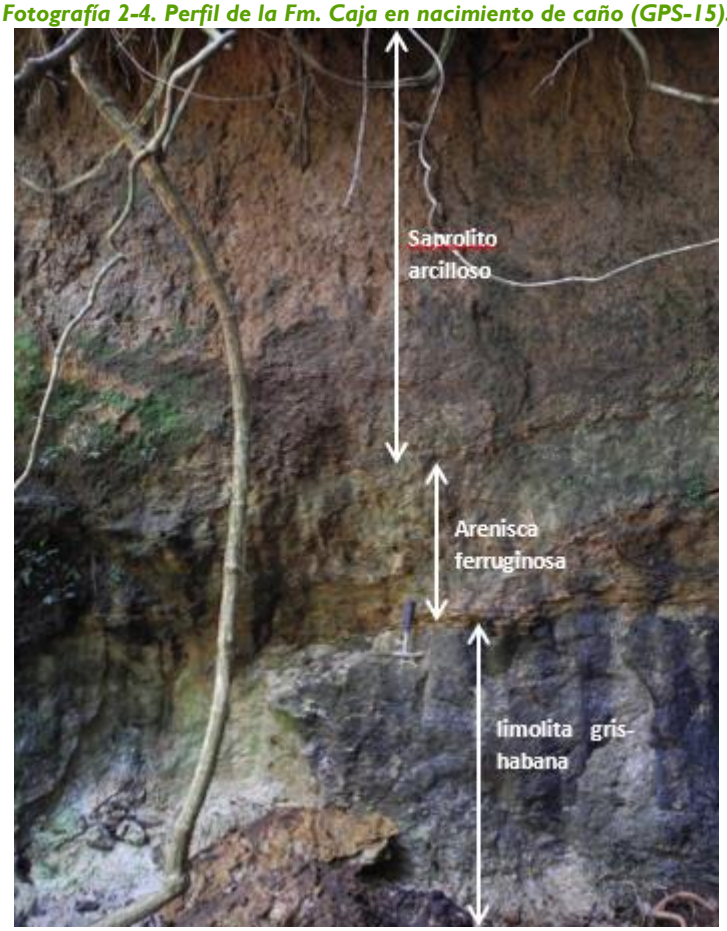
Fotografía 2-3. Vista desde el K6+500 hacia Calamar (N2°00'49,20" W:72°38'45,53").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En el sector de la zona de extracción de materiales en el predio de Aurelio Perilla (GPS15 N: 2º6'23,22" W: 72º42'30,25"), 10 Km al occidente del Km 20 de la carretera nacional, se observa en una concavidad asociada a un nacimiento, donde se aprecia un perfil de la Fm. Caja (fotografía 2-4), conformado por sucesión de 1,2 m de horizonte A+B, 3 m de saprolito arcilloso gris claro con vetas rojizas, un nivel de 60 cm de arenisca ferruginosa algo arcillosa y 1,2 m de limolita gris-habana en la base, algo arcillosa y con intraclastos de arenita ferruginosa. Estos dos niveles son los explotados en la zona de extracción de materiales 200 m al norte, si bien se mezcla con los niveles arcillosos y lodosos intercalados para obtener material para terraplenes.

Fotografía 2-4. Perfil de la Fm. Caja en nacimiento de caño (GPS-15).



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En el sondeo para el Zodme 3, al costado izquierdo de la vía en el K23+500, se encontraron arcillas azules a 6 m de profundidad (fotografía 2-5), como roca fresca de la secuencia de la Formación Caja.

Fotografía 2-5. Muestra a 6 m en el sondeo para el Zodme 3, costado izquierdo de la vía K23+500 (N:2°9'14,72" W:72°38'52,54").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

5 DIAGNÓSTICO DEL CORREDOR

5.1 INSPECCIÓN VISUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

La visita de reconocimiento de campo se realizó con el objetivo de identificar el estado actual del pavimento en la zona del proyecto.

En la vía se cuenta con aproximadamente 180 estructuras de conducción transversal de las cuales 15 corresponden a puentes o pontones, algunas de estas últimas con un ancho insuficiente para una proyección vial de dos carriles más aún si se incluye ciclorruta.

Fotografía 5-1. Sección de puentes y pontones



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Con respecto a la geometría y condiciones topográficas, la sección vial en su mayoría se encuentra a nivel, y en terraplén en algunos sectores, manteniéndose esta condición para las aproximaciones a puentes.

Algunos puentes, presentan actualmente desplazamientos verticales de las aletas con respecto a los estribos y se observa falta de estructuras adecuadas de encole y descole de aguas.

Fotografía 5-2 Estado de puentes y pontones



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Al contar con una topografía mayormente a nivel en algunas zonas del recorrido se observa empozamientos de algunos cuerpos de agua, en donde se observa insuficiencia hidráulica de las obras existentes las cuales deberán ser reevaluadas.

La superficie de rodadura es bastante homogénea a lo largo del corredor y corresponde a un material de relleno arcillo arenoso color rojizo con algunas gravas, que con la presencia del agua genera deformaciones tipo abultamientos y ahuellamientos que reducen la capacidad de servicio y propician riesgos en la circulación de los usuarios.

Fotografía 5-3 Efectos del agua en la capa de rodadura.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En tramos puntuales la gobernación del Guaviare por medio de la unidad de mantenimiento de vías del departamento ha realizado imprimaciones en asfalto a la superficie, logrando reducir el efecto del agua temporalmente.

Fotografía 5-4. Imprimaciones de asfalto en la superficie.



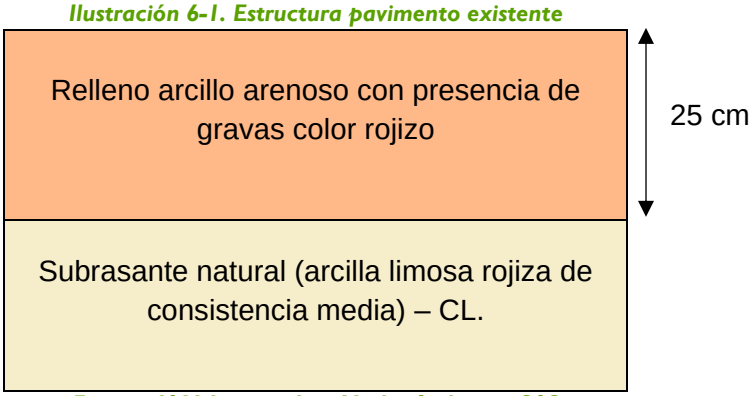
Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

6 ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE

Con base en los registros de perforación, se observa que la estructura de pavimento existente está conformada por una capa de rodadura correspondiente a un material de relleno arcillo arenoso color rojizo con algunas gravas apoyado directamente sobre la subrasante.

Se realizó el análisis para determinar el espesor del relleno a lo largo del trazado, concluyendo que oscila entre 0.12 y 0.60 m con un promedio de 0.25 m.

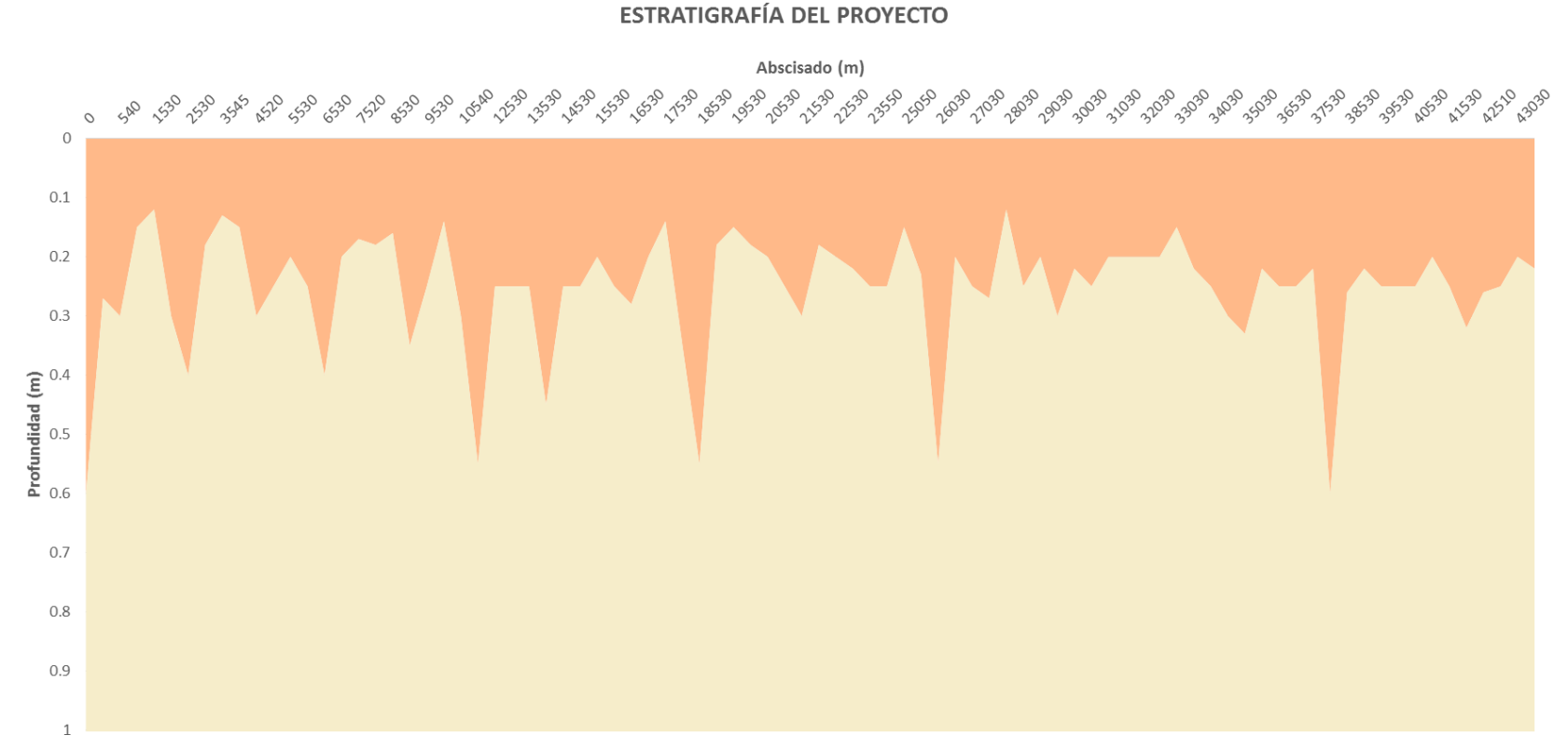
Ilustración 6-1. Estructura pavimento existente



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En la Ilustración 6-2 se presenta el perfil estratigráfico del proyecto.

Ilustración 6-2. Espesor material de relleno.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

7 TRABAJOS DE CAMPO

Para determinar las características del corredor vial se llevó a cabo un plan de exploración del subsuelo.

El plan de exploración para pavimentos consiste en la realización de apiques con extracción de muestras para la ejecución de ensayos CBR. Adicional a los apiques y tomas de muestras que posteriormente se llevan al laboratorio para su análisis, se realizan ensayos de campo PDC (Penetrómetro Dinámico de Cono) los cuales complementan la información recolectada en los ensayos de laboratorio.

7.1.1 EXPLORACIÓN DIRECTA

Para lograr una identificación de los materiales de la subrasante se realizaron 90 apiques (AP) como métodos directos espaciados entre ellos aproximadamente cada 500 metros, de donde se extrajeron diversas muestras para la posterior realización de ensayos de laboratorio. En la Tabla 7-1 se presentan las abscisas y las coordenadas de localización de los apiques. Es importante aclarar que algunos apiques superan los 2.00 metros de profundidad y fueron denominados Sondeo – Apique (S_A), donde se especifica la profundidad alcanzada. Estos permiten obtener información de los estratos más profundos de la estructura de pavimento existente.

Tabla 7-1. Localización y profundidad de los apiques ejecutados

APIQUE	ID	ABSCISA	COORDENADA NORTE (m)	COORDENADA ESTE (m)	PROFUNDIDAD (m)
A	88	0+030	2° 19' 43.77"	72° 37' 55.9"	2,00
A	86	1+020	2°19'18.80"	72°38' 7.93"	1,70
A	85	1+530	2°19' 9.53"	72°38' 19.41"	1,60
A	83	2+530	2°18'36.76"	72°38'36.37"	1,90
A	82	3+030	2°18'22.47"	72°38"32.53"	1,70
A	76	6+030	2°16'51.16"	72°38'54.16"	1,70
A	74	7+030	2°16'22.28"	72°38'56.07"	1,80
A	73	7+520	2°16'7.46"	72°38"51.27"	1,80
A	70	9+070	2° 15' 20.73"	72° 38' 45.7"	0,85
A	68	10+030	2° 14' 51.05"	72° 38' 54.60"	1,90

APIQUE	ID	ABSCISA	COORDENADA NORTE (m)	COORDENADA ESTE (m)	PROFUNDIDAD (m)
A	67	10+540	2° 14' 34.69"	72° 38' 55.02"	1,80
A	65	11+540	2° 14' 2.67"	72° 38'48.57"	1,90
A	62	13+020	2° 13' 17,27"	72° 38' 35,74"	1,90
A	61	13+530	2° 13' 1,87"	72° 38' 31,14"	2,00
A	56	16+030	2° 11' 54.31"	72° 38' 17,56"	1,80
A	55	16+530	2° 11' 50,34"	72° 38' 40,49"	1,80
A	53	17+530	2° 11' 18.30"	72° 38' 45.52"	1,80
A	49	19+530	2° 10' 15.17"	72° 38' 50.46"	1,70
A	46	21+030	2° 9' 33.53"	72° 38' 45.85"	1,80
A	44	22+030	2° 9' 4.78"	72° 38' 55.69"	1,70
A	38	25+020	2° 7' 42.17"	72° 38' 36.54"	1,80
A	35	26+530	2° 7' 4.16"	72° 38' 12.48"	1,80
A	34	27+030	2° 6' 47.71"	72° 38' 13.59"	1,80
A	31	28+530	2° 5' 59.26"	72° 38' 17.81"	1,70
A	28	30+030	2° 5' 10.84"	72° 38' 20.22"	1,80
A	26	31+030	2° 4' 38.67"	72° 38' 24.30"	1,90
A	25	31+530	2° 4' 22.42"	72° 38' 24.38"	1,90
A	23	32+530	2° 3' 50.88"	72° 38' 23.53"	1,80
A	22	33+030	2° 3' 35.44"	72° 38' 23.36"	1,70
A	20	34+030	2° 3' 4.11"	72° 38' 30.99"	1,80
A	19	34+530	2° 2' 48.05"	72° 38' 32.12"	1,90
A	16	36+030	2° 1' 50.84"	72° 38' 39.60"	1,90
A	14	37+030	2° 1' 27.74"	72° 38' 42.28"	2,00

APIQUE	ID	ABSCISA	COORDENADA NORTE (m)	COORDENADA ESTE (m)	PROFUNDIDAD (m)
A	8	40+030	1° 59' 51.91"	72° 38' 52.08"	1,90
A	7	40+530	1° 59' 35.66"	72° 38' 52.58"	1,80
A	5	41+530	1° 59' 3.31"	72° 38' 55.22"	1,90
A	4	42+030	1° 58' 47.04"	72° 38' 56.88"	1,90
A	1	43+030	1° 57' 59.80"	72° 39' 4.80"	1,80

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 7-1. Localización y profundidad de los sondeos - apiques ejecutados

SONDEO APIQUE	ID	ABSCISA	COORDENADA NORTE (m)	COORDENADA ESTE (m)	PROFUNDIDAD (m)
S_A	89	0+000	2° 19' 52.64"	72° 37' 46.7"	3,00
S_A	87	0+540	2°19'32.19"	72° 0" 0"	3,70
S_A	84	2+035	2°18'52.49"	72°38' 22.14"	3,20
S_A	81	3+545	2°18'9.58"	72°38'41.82"	3,10
S_A	80	4+010	2°17'54.53"	72°38"44.16"	2,20
S_A	79	4+520	2°17'37.97"	72°38'39.26"	2,30
S_A	78	5+030	2°17"22.52"	72°38'38.58"	3,05
S_A	77	5+530	2°17'7.33"	72°38'43.46"	2,20
S_A	75	6+530	2°16'38.64"	72°38'65.17"	3,30
S_A	72	8+030	2°15'51.47"	72°38'52.31"	3,00
S_A	71	8+530	2° 15' 35.94"	72° 38' 51.29"	2,40
S_A	69	9+530	2° 15' 6.99"	72° 38' 53.21"	3,60
S_A	66	11+030	2° 14' 18.62"	72° 38' 52.67	4,00
S_A	64	12+060	2° 13' 46.65"	72° 38'48.57"	2,30
S_A	63	12+530	2° 13' 31.27"	72° 38'44.19"	3,00

SONDEO APIQUE	ID	ABSCISA	COORDENADA NORTE (m)	COORDENADA ESTE (m)	PROFUNDIDAD (m)
S_A	60	14+030	2° 12' 46,36"	72° 38' 28,94"	3,30
S_A	59	14+530	2° 12' 36,12"	72° 38' 17,01"	2,30
S_A	58	15+030	2° 12' 19,93"	72° 38' 15,08"	2,70
S_A	57	15+530	2° 12' 4,23"	72° 38' 15,10"	3,10
S_A	54	17+030	2° 11' 34.63"	72° 38'45.02"	3,60
S_A	52	18+030	2° 11' 2.43"	72° 38' 47.3"	2,30
S_A	51	18+530	2° 10' 46.03"	72° 38' 45.37"	2,90
S_A	50	19+030	2° 10' 30.30"	72° 38' 44.70"	2,30
S_A	48	20+030	2° 9' 59.78"	72° 38' 55.28"	3,00
S_A	47	20+530	2° 9' 45.16"	72° 38' 57.42"	2,30
S_A	45	21+530	2° 9' 19.39"	72° 38' 49.29"	3,05
S_A	43	22+530	2° 8' 48.82"	72° 38' 58.46"	2,40
S_A	42	23+050	2° 8' 33.37"	72° 39' 0.18"	2,20
S_A	41	23+550	2° 8' 18.07"	72° 38' 56.55"	2,30
S_A	40	24+050	2° 8' 2.79"	72° 38' 59.04"	2,30
S_A	39	24+550	2° 7' 51.76"	72° 38' 49.28"	3,00
S_A	37	25+530	2° 7' 33.82"	72° 38' 22.82"	2,30
S_A	36	26+030	2° 7' 19.58"	72° 38' 16.72"	2,90
S_A	33	27+530	2° 6' 31.64"	72° 38' 14.92"	3,20
S_A	32	28+030	2° 6' 15.48"	72° 38' 16.95"	2,20
S_A	30	29+030	2° 5' 43.19"	72° 38' 19.66"	3,80
S_A	29	29+530	2° 5' 26.96"	72° 38' 18.77"	2,70
S_A	27	30+530	2° 4' 54.74"	72° 38' 22.13"	3,10

SONDEO APIQUE	ID	ABSCISA	COORDENADA NORTE (m)	COORDENADA ESTE (m)	PROFUNDIDAD (m)
S_A	24	32+030	2° 4' 6.22"	72° 38' 26.08"	3,00
S_A	21	33+530	2° 3' 20.50"	72° 38' 30.19"	3,00
S_A	18	35+030	2° 2' 32.27"	72° 38' 34.82"	3,60
S_A	17	35+530	2° 2' 16.30"	72° 38' 36.23"	2,30
S_A	15	36+530	2° 2' 44"	72° 38' 41.02"	4,00
S_A	13	37+530	2° 1' 11.74"	72° 38' 44.30"	2,10
S_A	12	38+030	2° 0' 55.41"	72° 38' 45.94"	3,00
S_A	11	38+530	2° 0' 39.31"	72° 38' 45.99"	2,10
S_A	10	39+030	2° 0' 23.35"	72° 38' 46.70"	2,30
S_A	9	39+530	2° 0' 7.53"	72° 38' 47.80"	3,30
S_A	6	41+030	1° 59' 19.45"	72° 38' 54.17"	3,30
S_A	3	42+510	1° 58' 30.81"	72° 38' 57.93"	3,10
S_A	2	43+030	1° 58' 15.53"	72° 39' 3.57"	2,30
S_A	0	43+530	1° 57' 43.72"	72° 39' 8.06"	2,70

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

8 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Teniendo en cuenta el plan de exploración realizado, se generó un plan de ensayos para caracterizar física y mecánicamente los materiales encontrados en la zona, este se realiza para obtener los parámetros necesarios para el diseño de la estructura de pavimento.

El resumen del plan de ensayos se presenta a continuación:

Tabla 8-1 Plan de Ensayos del proyecto

ENSAYO	CANTIDAD
Humedad natural	139
Límites de Atterberg	139
Límite de contracción	30
Granulometría	38
Peso unitario suelo	41
Lavado Tamiz No. 200	112
Gravedad específica (Gs)	30
CBR	30
Expansión controlada	30
Proctor	4
Cono de Yoder	90

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos de laboratorio realizado:

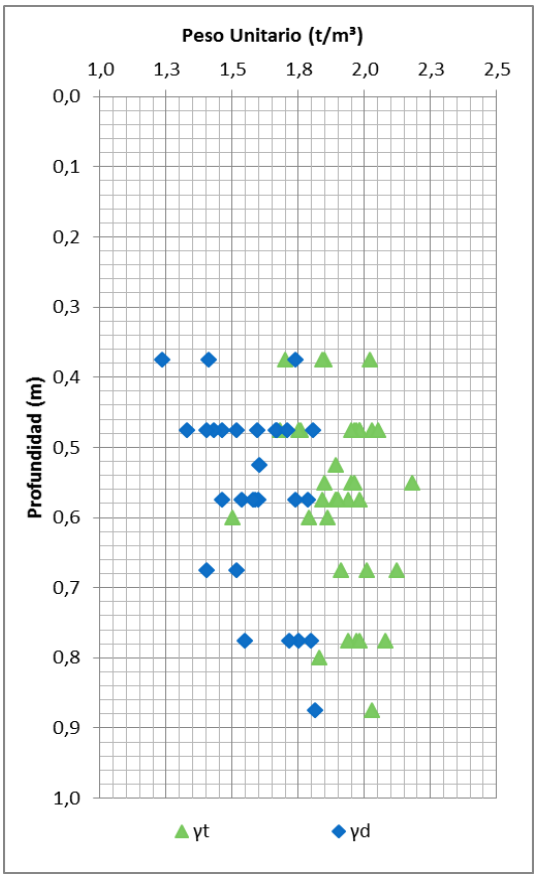
8.1 PESO UNITARIO DEL SUELO

El peso unitario total varía entre 1.50 t/m3 y 2.18 t/m3 con un valor promedio de 1.91 t/m3 mientras que el peso unitario seco se encuentra entre 1.23 t/m3 y 1.81 t/m3 con una media de 1.58 t/m3.

En la Ilustración 8-1 se observa que los datos fueron tomados a una profundidad entre 0.40 m y 1.00 m, esto debido a que en la zona más superficial se encuentra un material relleno arcillo arenoso color rojizo que cumple el papel de capa de rodadura:

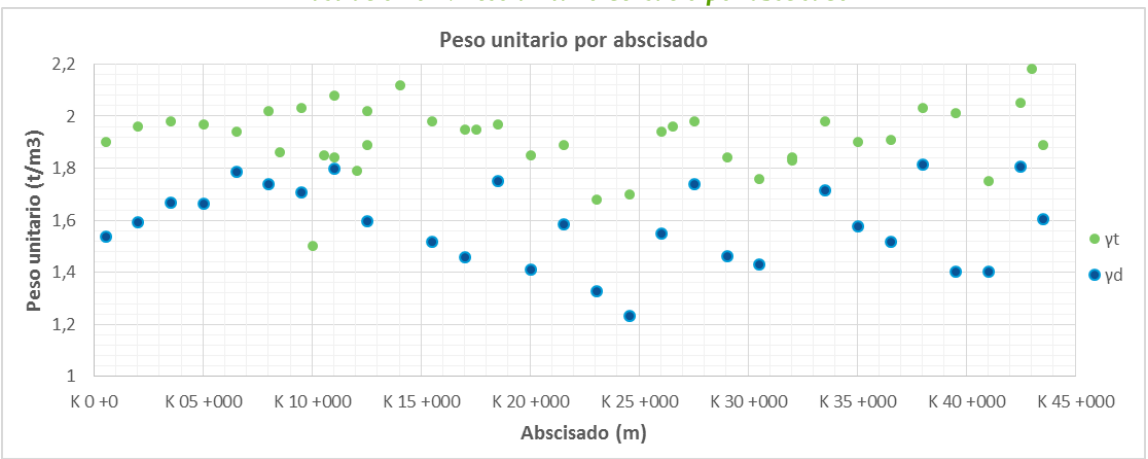
Por otro lado, en la Ilustración 8-2 se presenta el comportamiento de los pesos unitarios, tanto secos como sumergidos, en relación al abscisado del proyecto. Se observa que los pesos unitarios más bajos se encuentran entre k20+000 y k25+000.

Ilustración 8-1. Peso unitario del suelo



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 8-2. Peso unitario del suelo por abscisado



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

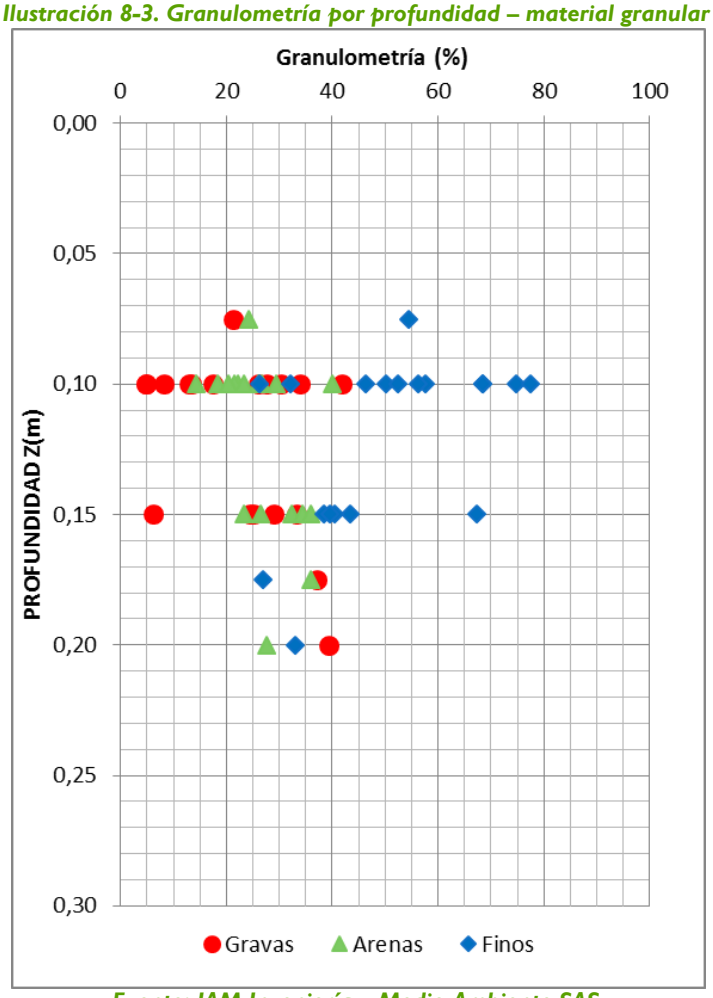
8.1 GRANULOMETRÍA

8.1.1 MATERIAL RELLENO

El material de relleno corresponde a una matriz fina con material granular donde las gravas representan el 23.95% y varían entre 4.81% y 41.90%, las arenas se encuentran entre 14.29% y 39.91% con una media de 26.76% mientras que el material fino aporta, en promedio, 49.29% y oscila entre 29.15% y 77.50%.

En la Ilustración 8-3 se observa la distribución de acuerdo a la profundidad. Se concluye que los primeros 15 cm predomina el material fino con una participación cercana al 60% y después de esta profundidad existe una distribución homogénea de gravas, arenas y finos.

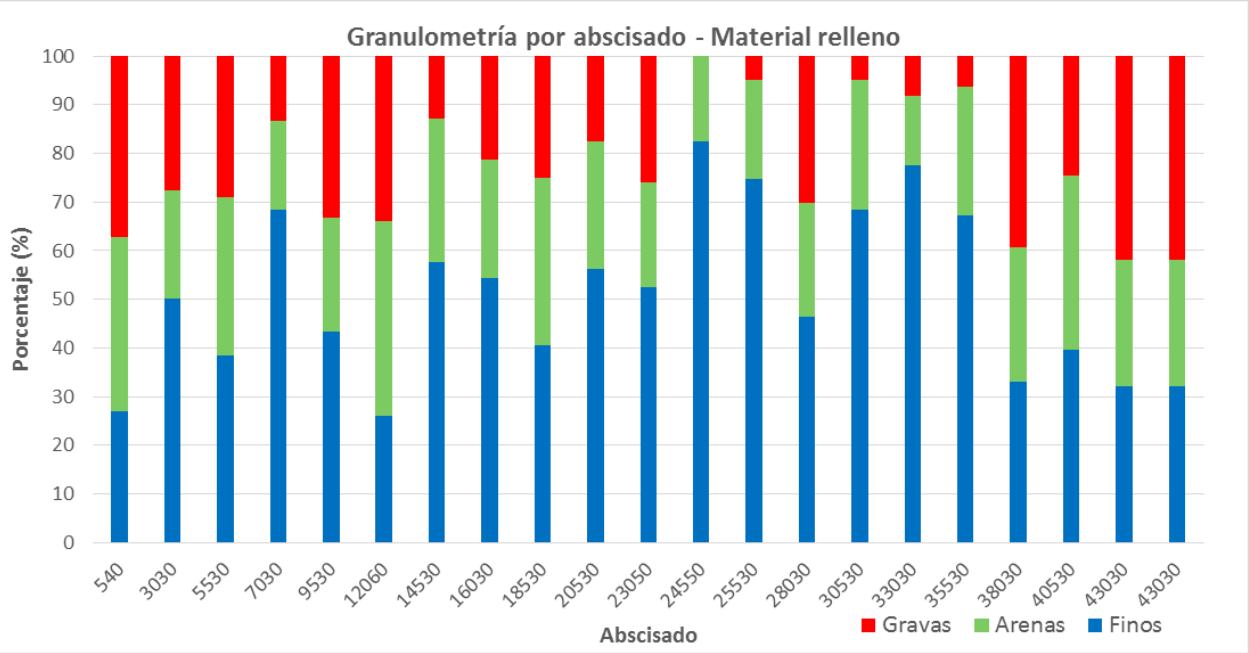
Ilustración 8-3. Granulometría por profundidad – material granular



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En la Ilustración 8-4 se presenta la distribución granulométrica del material de relleno a lo largo del trazado. Se identifica que en la parte final (después de K36+000) existe un equilibrio entre los porcentajes de gravas, arenas y finos. Además, entre K29+000 y K36+000 hay una zona con muy pocas gravas y alto porcentaje de finos.

Ilustración 8-4. Granulometría por abscisado – Material de relleno



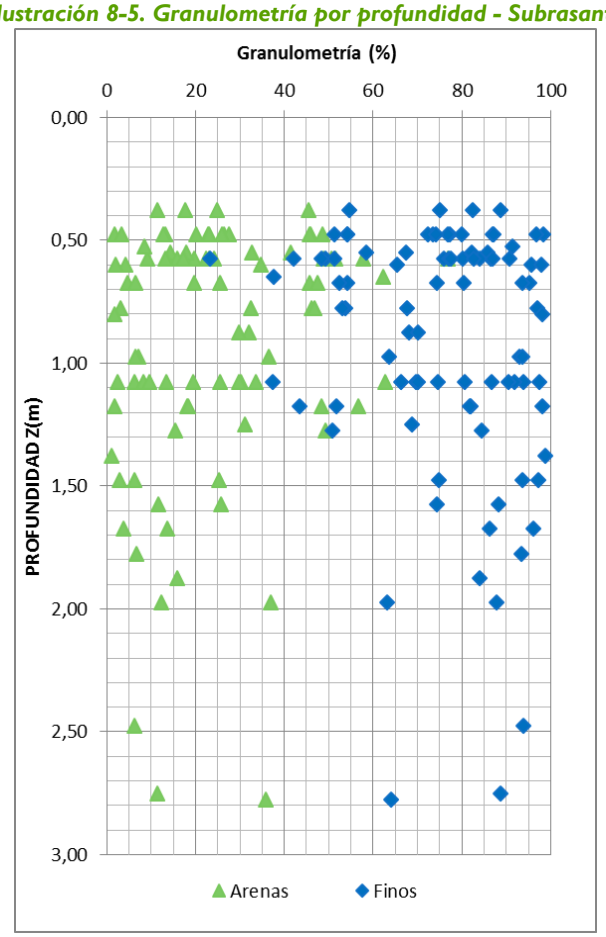
Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

8.1.2 SUBRASANTE

La subrasante del proyecto está conformada por material fino que varía entre 23.22% y 98.80% con un promedio de 75.87% y arenas que oscilan entre 1.20% y 76.78% con una media de 24.13%.

En la Ilustración 8-5 se presenta la distribución granulométrica variando con la profundidad. En los primeros 1.30 m, predomina el contenido de material fino pero en algunos casos puntuales el porcentaje de arenas supera el 60%. Después de 1.30 m, las arenas disminuyen considerablemente y nunca superan el 40%.

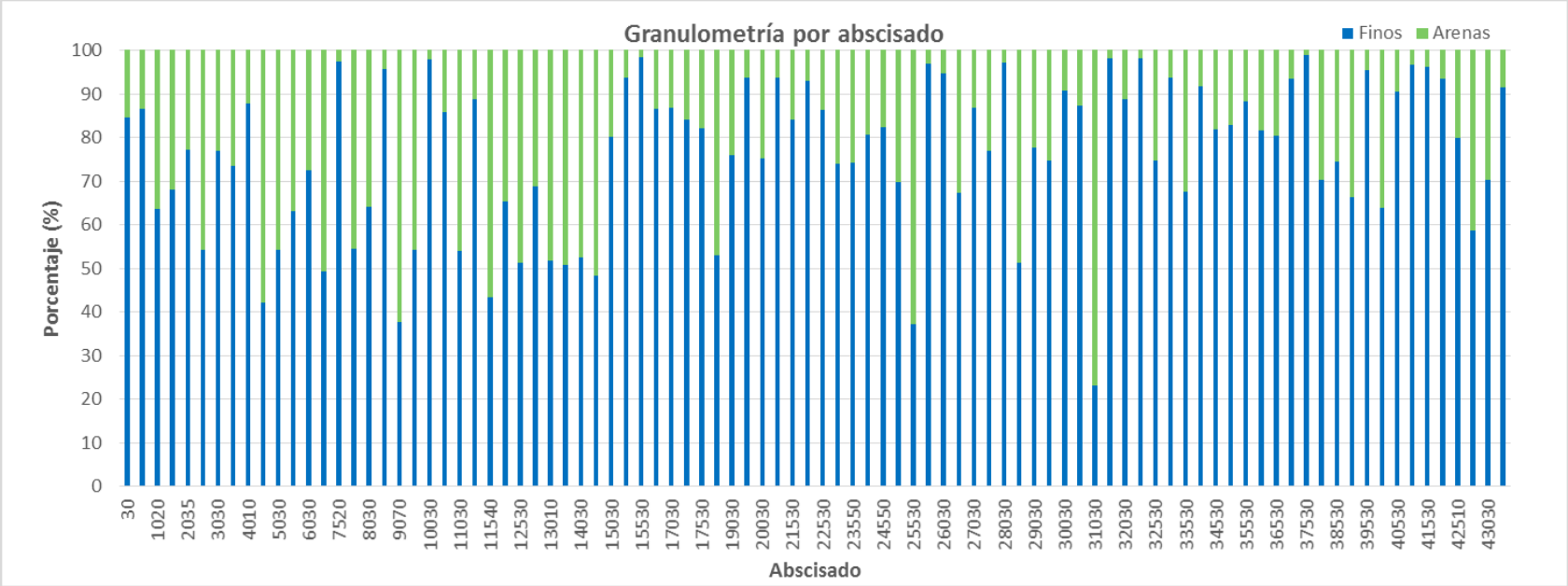
Ilustración 8-5. Granulometría por profundidad - Subrasante



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En la Ilustración 8-6 se presenta la distribución granulométrica del abscisado del proyecto. Se observa la predominancia del material fino, aunque existe una zona con un contenido importante de arena entre K1+000 y K15+000. Además, existen puntos muy arenosos en K25+530 y K31+030.

Ilustración 8-6. Granulometría por abscisado - Subrasante



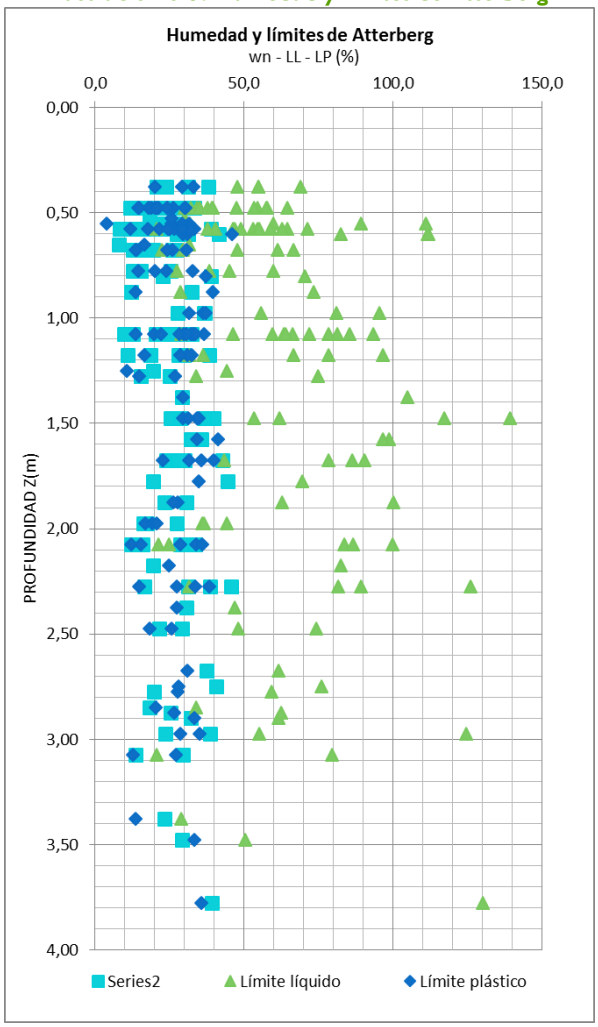
Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

8.2 HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE ATTERBERG

El contenido de agua del material encontrado varía entre 45.76% y 7.98 % con un valor promedio de 24.95%. El límite líquido se encuentra en el rango de 139.27% y 20.57% y el límite plástico varía entre 45.81% y 3.73%, con valores promedio de 61.72% y 26.37%, respectivamente.

En la Ilustración 8-7 se observa que los valores de humedad natural y límite plástico se mantienen constantes a medida que aumenta la profundidad y se mantienen en una franja constante que nunca supera el 50%. Por otro lado, el límite líquido es sumamente variable y presenta valores atípicamente altos en toda la profundidad.

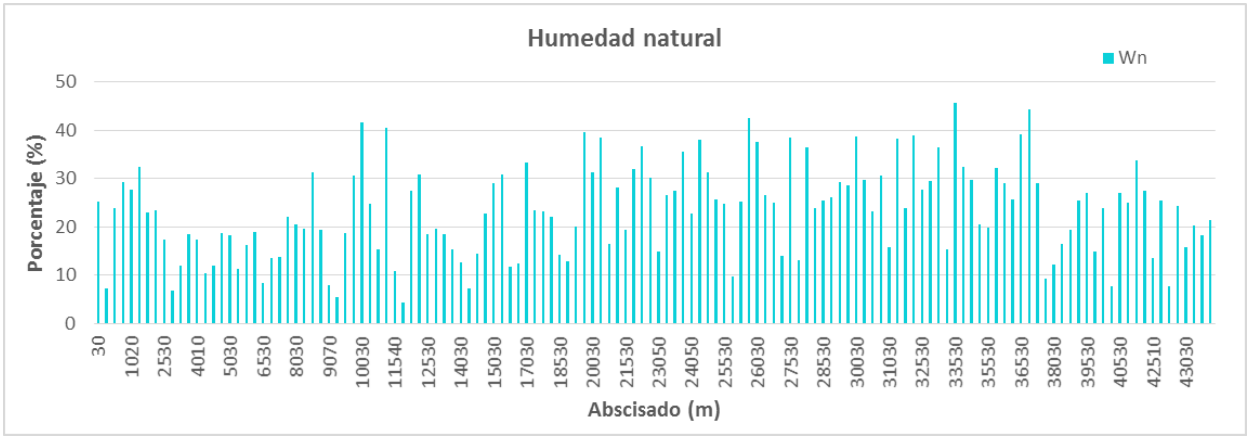
Ilustración 8-7. Humedad y límites de Atterberg



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

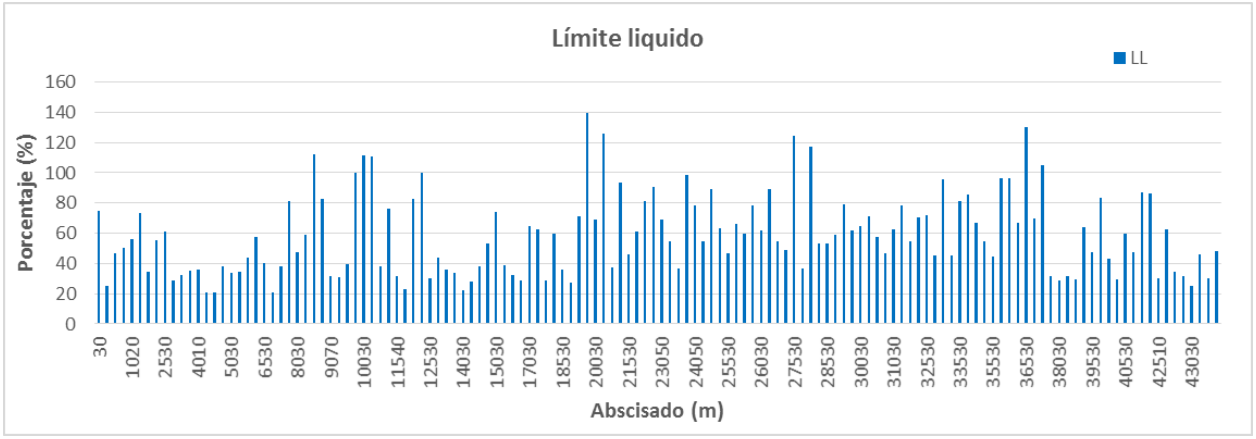
Como complemento, en la Ilustración 8-8, Ilustración 8-9 e Ilustración 8-10 se presenta el comportamiento de la humedad natural y los límites de Atterberg a lo largo del trazado. En términos generales, en el segundo tramo del abscisado se observan valores más altos de humedad y plasticidad, aunque en todo el recorrido se presentan puntos altos y bajos.

Ilustración 8-8. Humedad natural



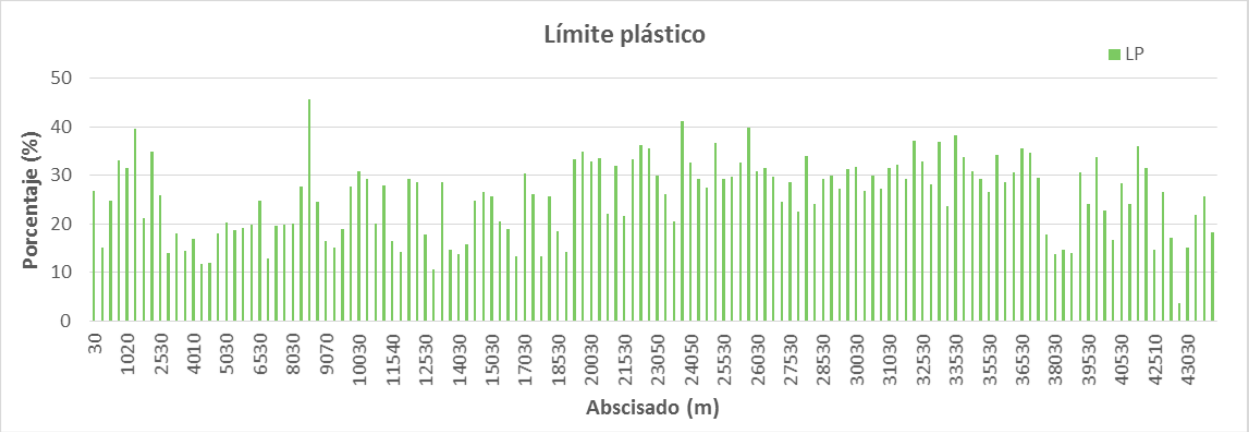
Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 8-9. Límite líquido



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

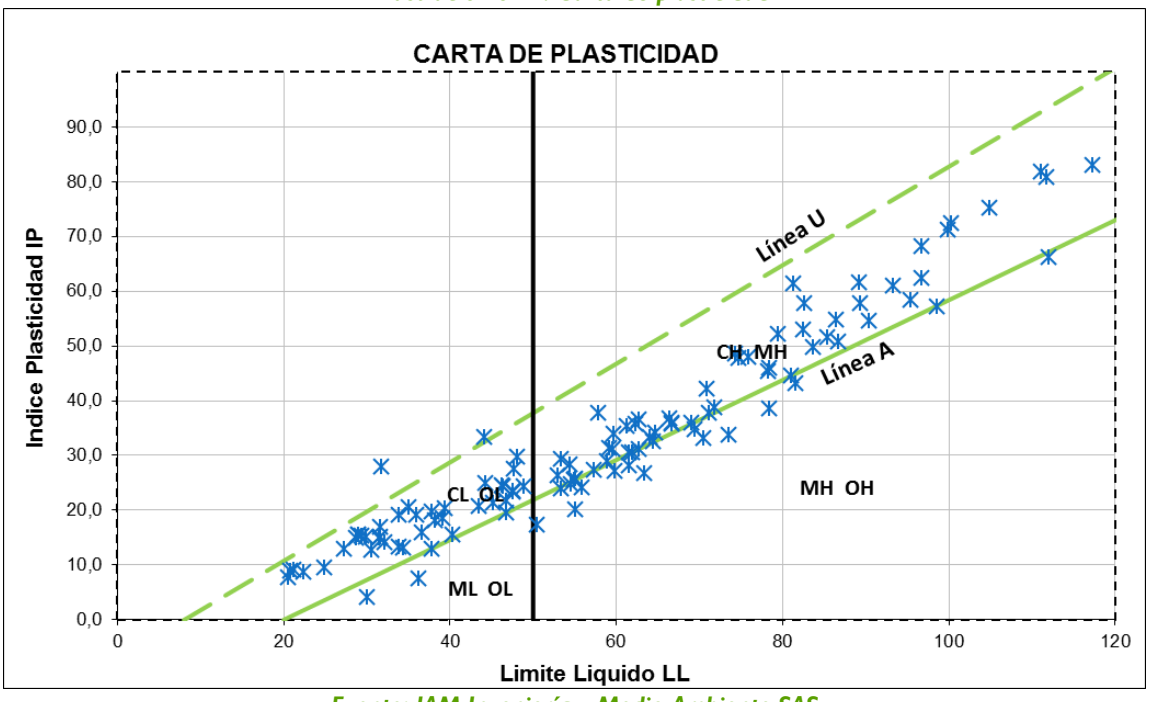
Ilustración 8-10. Límite plástico



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En la Ilustración 8-11 se presenta la carta de plasticidad donde el material de subrasante puede clasificarse como arcillas que varían desde baja plasticidad a muy plástica. Existe una predominancia del material con alta plasticidad y por consiguiente, puede clasificarse como CL (según la clasificación Unified Soil Classification System USCS)

Ilustración 8-11. Carta de plasticidad



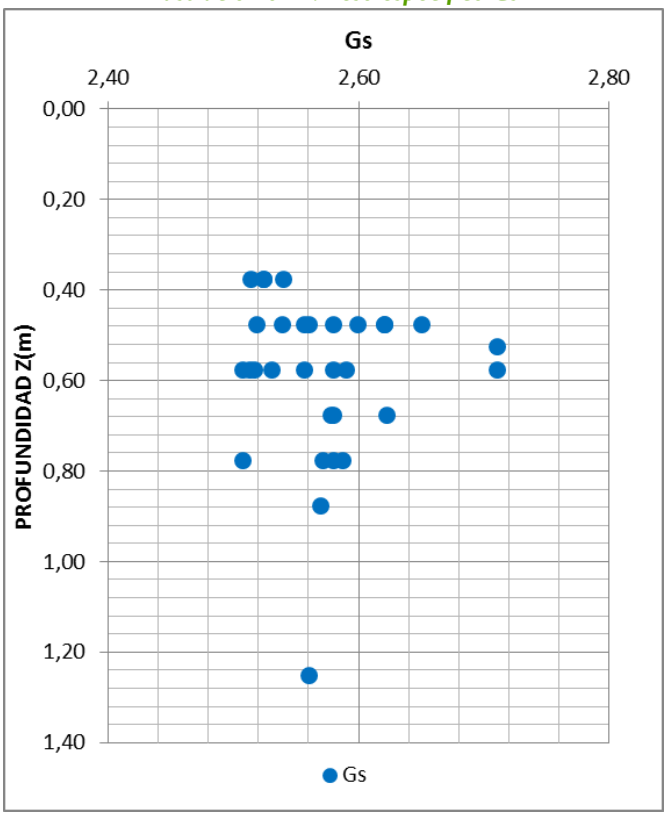
Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

8.3 PESO ESPECÍFICO Gs

El peso específico del material presente varía entre 2.71 y 2.51 y tiene un promedio de 2.57.

En la Ilustración 8-12 se observa la variación del Gs con la profundidad dejando en evidencia que existen dos valores altos que rompen con la homogeneidad del material y se encuentran cercanos a los 0.60 m de profundidad.

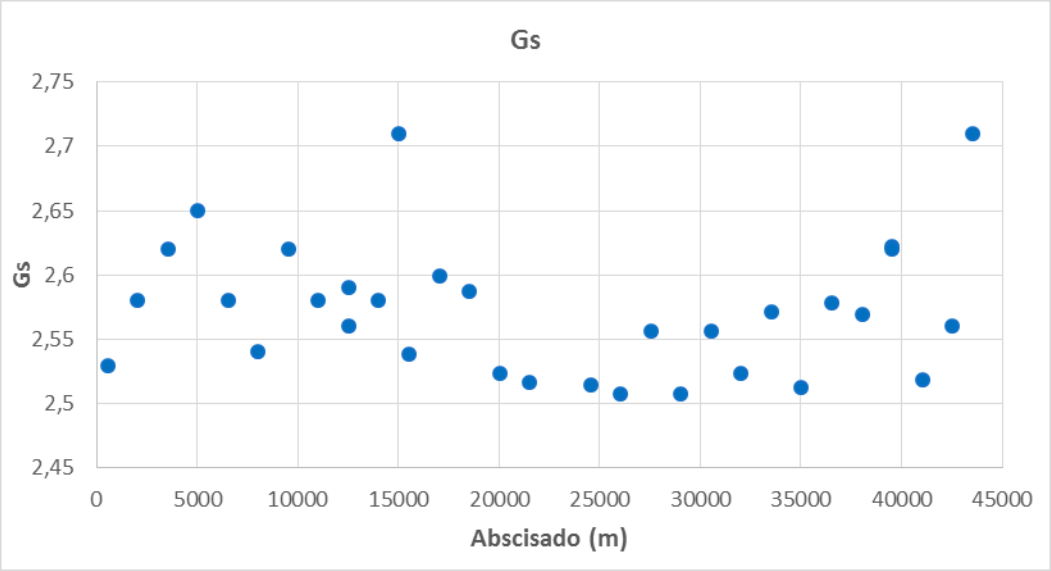
Ilustración 8-12. Peso específico Gs



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En la Ilustración 8-13 se presenta la variación del peso específico con el abscisado de la vía. Los valores más bajos se encuentran entre K20+000 a K35+000 mientras que los Gs más altos se encuentran en el primer tramo de la vía K5+000 a K15+000. Los dos valores altos, nombrados con anterioridad, se localizan en K15+000 y K+43+500 (final del trazado).

Ilustración 8-13. Gs por abscisado



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

8.4 EXPANSIÓN CONTROLADA

Dependiendo del mineral arcilloso que conforme el suelo fino, los cambios volumétricos ocasionados por diferentes contenidos de humedad puede causar patologías en las estructuras. Por lo tanto, es importante detectar en etapas tempranas suelos potencialmente expansivos.

Siguiendo lo estipulado en la norma ASTM 4829 ENSAYO DE EXPANSION CONTROLADA EN CONSOLIDOMETRO, que es la máxima presión que desarrolla una muestra de suelo inalterado (dentro de un molde edométrico) cuando, al sumergirse en agua, se impide su hinchamiento.

En la Tabla 8-2 se presenta la presión de hinchamiento obtenida de los ensayos de laboratorio.

Tabla 8-2. Resultados expansión controlada

ID	Descripción	Abscisa (m)	Profundidad (m)	Presión de hinchamiento (gr/cm2)	Presión de hinchamiento (kPa)
AP87_2	Arcilla limosa carmelita clara amarillenta de consistencia media	540	0,575	160,282	15.72
AP84_2	Arcilla limosa amarillenta ocre de consistencia media	2035	0,475	17,000	1.67
AP81_2	Arcilla limosa rojiza amarillenta de consistencia media	3545	0,475	13,547	1.33

ID	Descripción	Abscisa (m)	Profundidad (m)	Presión de hinchamiento (gr/cm2)	Presión de hinchamiento (kPa)
AP78_2	Arcilla limosa rojizo claro amarillenta de consistencia media.	5030	0,475	86,835	8.52
AP75_2	Arcilla limosa algo arenosa rojiza clara amarillenta.	6530	0,575	4,838	0.47
AP72_2	Arcilla areno limosa amarillenta ocre rojiza de consistencia media.	8030	0,375	334,71	32.82
AP69_2	Arcilla limo arenosa rojiza oscura de consistencia media.	9530	0,475	46,687	4.58
AP66_2	Arcilla limosa rojiza amarillenta fisurada.	11030	0,775	111,712	10.96
AP63_2	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	12530	0,575	31,448	3.08
AP60_2	Arcilla limosa rojiza de consistencia media.	14030	0,675	4,736	0.46
AP57_2	Arcilla limosa algo arenosa rojiza amarillenta clara.	15530	0,475	63,141	6.19
AP54_2	Arcilla limosa rojiza de consistencia media.	17030	0,475	58,057	5.69
AP51_2	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	18530	0,775	49,144	4.82
AP48_2	Arcilla limosa amarillenta ocre y habana de consistencia media.	20030	0,375	474,224	46.51
AP45_2	Arcilla limosa amarillenta clara algo parduzca de consistencia media.	21530	0,575	43,713	4.29
AP42_2	Arcilla algo limosa amarillenta clara y habana de consistencia media.	23050	0,475	153,619	15.06
AP39_1	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	24550	0,375	12,143	1.19

ID	Descripción	Abscisa (m)	Profundidad (m)	Presión de hinchamiento (gr/cm2)	Presión de hinchamiento (kPa)
AP36_2	Arcilla limosa rojiza clara amarillenta de consistencia media.	26030	0,775	213,709	20.96
AP33_2	Arcilla limosa rojiza amarillenta de consistencia media.	27530	0,575	537,667	52.73
AP30_2	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	29030	0,575	155,425	15.24
AP27_2	Arcilla amarillenta rojiza de consistencia media.	30530	0,475	466,274	45.73
AP24_2	Arcilla limosa amarillenta ocre de consistencia media.	32030	0,375	120,015	11.77
AP21_2	Arcilla limosa amarillo ocre de consistencia media.	33530	0,775	1065,734	104.51
AP18_2	Arcilla limosa amarillenta ocre rojiza de consistencia media.	35030	0,575	72,009	7.06
AP15_2	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	36530	0,675	189,424	18.58
AP12_2	Arcilla limosa algo arenosa de consistencia media amarillenta ocre.	38030	0,875	12,002	1.18
AP9_2	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	39530	0,675	55,856	5.48
AP6_2	Arcilla limosa amarillenta de consistencia media.	41030	0,475	4,801	0.47
AP3_2	Arcilla limosa amarillenta parduzca de consistencia media.	42510	0,475	44,561	4.37
AP0_2	Arcilla limosa amarillenta parduzca de consistencia media.	43530	0,525	10,561	1.04

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

De acuerdo con lo estipulado en el cuadro 2.2 Grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos del libro Ingeniería Geológico de Luis González de Vallejo, se establecen cuatro grados para catalogar el grado de expansividad del suelo, tal como se presenta a continuación:

Ilustración 8-14. Grados de expansividad en suelos.

CUADRO 2.12

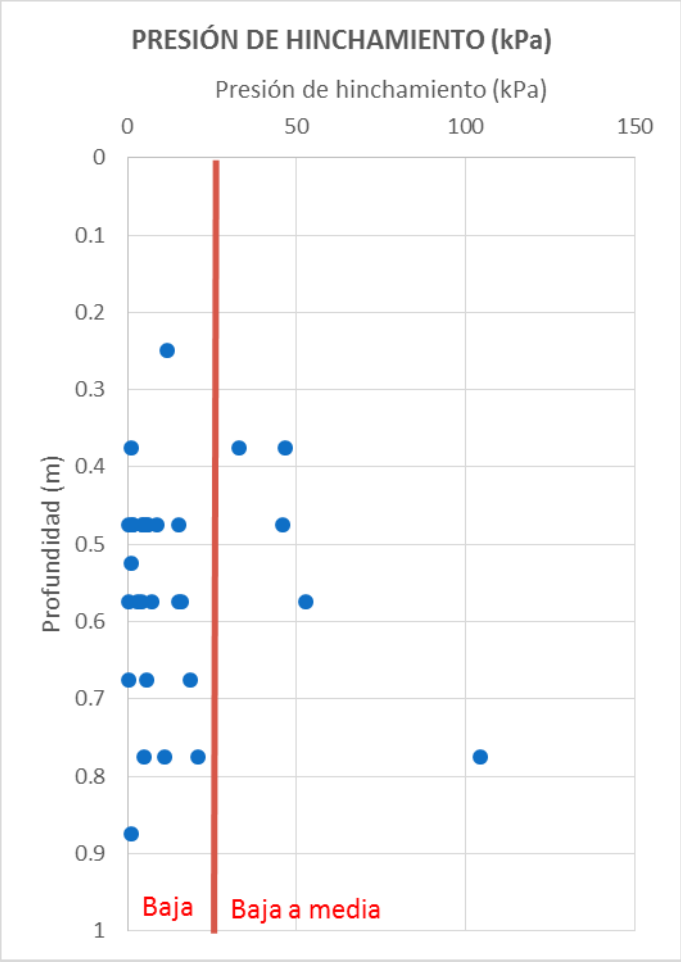
Grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos

Grado	Expansividad	Finos (%)	Límite líquido	Índice Lambe (kPa)	Presión de hinchamiento (kPa)	Hinchamiento libre (%)
I	Baja	< 30	< 35	< 80	< 25	< 1
II	Baja a media	30-60	35-50	80-150	25-125	1-4
III	Media a alta	60-95	50-65	150-230	125-300	4-10
IV	Muy alta	> 95	> 65	> 230	> 300	> 10

Fuente: Ingeniería Geológica, Luis González Vallejo.

Se grafican los resultados de la Tabla 8-2 teniendo en cuenta la profundidad de la muestra y el límite entre Grado I – Expansividad baja y Grado II Expansividad baja a media, que es de 25 kPa.

Ilustración 8-15. Presión de hinchamiento por profundidad

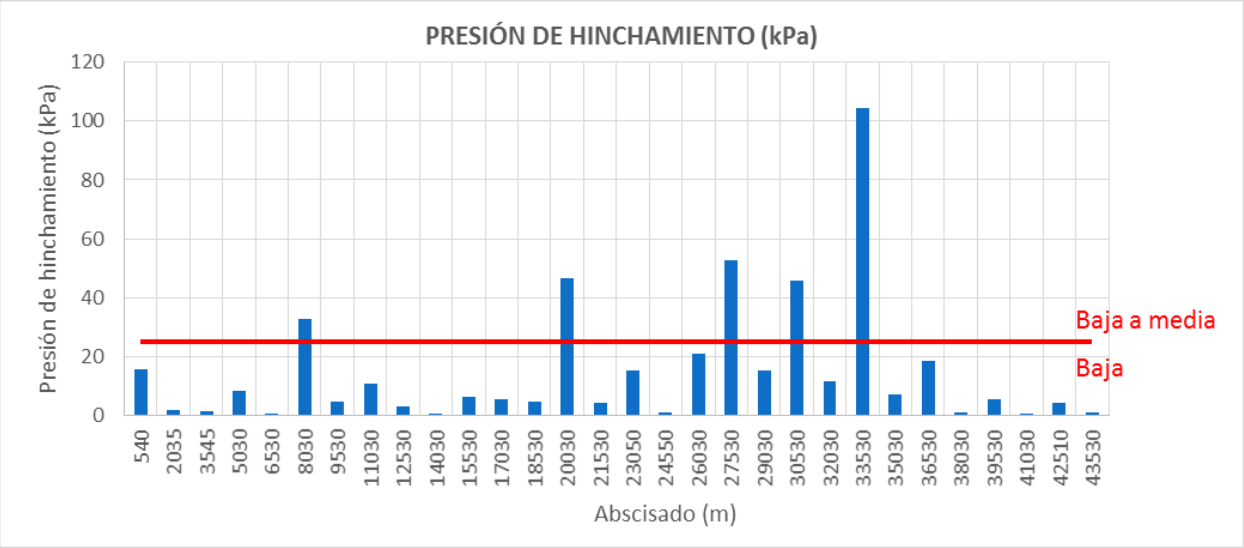


Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Se observa que la mayoría de las muestras ensayadas tiene un comportamiento expansivo bajo mientras cuatro valores superan levemente el límite y corresponden a una expansividad de baja a media. Adicionalmente, se observa un dato atípico que supera los 100 kPa de presión de hinchamiento.

Como complemento a la información anterior, se presenta la Ilustración 8-16 donde se evidencia el comportamiento de la presión de hinchamiento a lo largo del abscisado. El dato atípico se encuentra en la absicisa K33+530.

Ilustración 8-16. Presión de hinchamiento por abscisado



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

8.5 CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO

Para la determinación de la capacidad de soporte de la subrasante, se realizan ensayos de laboratorio tipo CBR a muestras inalteradas y se ejecuta el ensayo de PDC (Penetrómetro dinámico de cono) en cada uno de los sondeos realizados, con base a estos resultados, se caracteriza la resistencia de la subrasante. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos y el respectivo análisis de selección de parámetros.

8.5.1 ENSAYO CBR INALTERADO

Se tomaron treinta muestras inalteradas para realizar el ensayo de laboratorio CBR, estas se encuentran distribuidas de tal manera que permitirán abarcar y caracterizar toda el área de estudio, a continuación, se muestra la tabla relacionando el sondeo, la profundidad a la cual fueron tomados y el resultado obtenido:

Tabla 8-3. Ensayo CBR del proyecto.

Sondeo	Abscisado	Material	Prof. Inicial	Prof. Final	Prof. Media	CBR seco (%)	CBR sumer(%)
AP87_2	K 0 +540	Arcilla limosa carmelita clara amarillenta de consistencia media	0,45	0,7	0,575	9,41	3,88

Sondeo	Abscisado	Material	Prof. Inicial	Prof. Final	Prof. Media	CBR seco (%)	CBR sumer(%)
AP84_2	K 02 +035	Arcilla limosa amarillenta ocre de consistencia media	0,35	0,60	0,475	8,65	2,72
AP81_2	K 03 +545	Arcilla limosa rojiza amarillenta de consistencia media	0,35	0,60	0,475	5,29	2,72
AP78_2	K 05 +030	Arcilla limosa rojizo claro amarillenta de consistencia media	0,35	0,60	0,475	5,5	3,19
AP75_2	K 06 +530	Arcilla limosa algo arenosa rojiza clara amarillenta	0,45	0,70	0,575	5,22	2,72
AP72_2	K 08 +030	Arcilla areno limosa amarillenta ocre rojiza de consistencia media	0,25	0,50	0,375	6,91	3,45
AP69_2	K 09 +530	Arcilla limo arenosa rojiza oscura de consistencia media	0,35	0,60	0,475	8,45	5,11
AP66_2	K 11 +030	Arcilla limosa rojiza amarillenta fisurada	0,65	0,90	0,775	12,04	5,89
AP63_2	K 12 +530	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	0,45	0,70	0,575	4,7	3,17
AP60_2	K 14 +030	Arcilla limosa rojiza de consistencia media.	0,55	0,80	0,675	7,05	3,53
AP57_2	K 15 +530	Arcilla limosa algo arenosa rojiza amarillenta clara.	0,35	0,60	0,475	16,53	5,07

Sondeo	Abscisado	Material	Prof. Inicial	Prof. Final	Prof. Media	CBR seco (%)	CBR sumer(%)
AP54_2	K 17 +030	Arcilla limosa rojiza de consistencia media.	0,35	0,60	0,475	5,84	2,43
AP51_2	K 18 +530	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	0,65	0,90	0,775	8,45	3,86
AP48_2	K 20 +030	Arcilla limosa amarillenta ocre y habana de consistencia media.	0,25	0,50	0,375	7,57	2,76
AP45_2	K 21 +530	Arcilla limosa amarillenta clara algo parduzca de consistencia media.	0,45	0,70	0,575	8,23	1,69
AP42_2	K 23 +050	Arcilla algo limosa amarillenta clara y habana de consistencia media.	0,35	0,60	0,475	4,53	1,8
AP39_1	K 24 +550	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	0,25	0,50	0,375	3,53	1,4
AP36_2	K 26 +030	Arcilla limosa rojiza clara amarillenta de consistencia media.	0,65	0,90	0,775	9,7	1,81
AP33_2	K 27 +530	Arcilla limosa rojiza amarillenta de consistencia media.	0,45	0,70	0,575	7,23	2,2
AP30_2	K 29 +030	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	0,45	0,70	0,575	6,79	2,72
AP27_2	K 30 +530	Arcilla amarillenta rojiza de consistencia media.	0,35	0,60	0,475	6,79	2,72

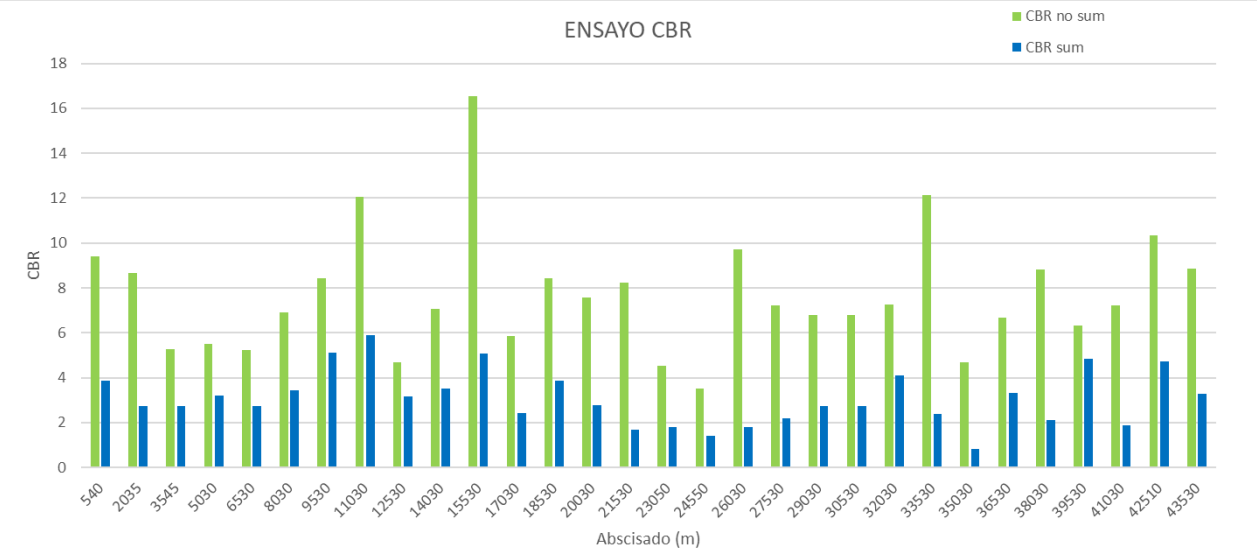
Sondeo	Abscisado	Material	Prof. Inicial	Prof. Final	Prof. Media	CBR seco (%)	CBR sumer(%)
AP24_2	K 32 +030	Arcilla limosa amarillenta ocre de consistencia media.	0	0,50	0,25	7,28	4,12
AP21_2	K 33 +530	Arcilla limosa amarillo ocre de consistencia media.	0,65	0,90	0,775	12,13	2,39
AP18_2	K 35 +030	Arcilla limosa amarillenta ocre rojiza de consistencia media.	0,45	0,70	0,575	4,7	0,81
AP15_2	K 36 +530	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	0,55	0,80	0,675	6,69	3,34
AP12_2	K 38 +030	Arcilla limosa algo arenosa de consistencia media amarillenta ocre.	0,75	1,00	0,875	8,82	2,12
AP9_2	K 39 +530	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media.	0,55	0,80	0,675	6,32	4,85
AP6_2	K 41 +030	Arcilla limosa amarillenta de consistencia media.	0,35	0,60	0,475	7,23	1,9
AP3_2	K 42 +510	Arcilla limosa amarillenta parduzca de consistencia media.	0,35	0,60	0,475	10,36	4,72
AP0_2	K 43 +530	Arcilla limosa amarillenta parduzca de consistencia media.	0,4	0,65	0,525	8,85	3,29

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En la Tabla 8-3 se puede que el promedio del CBR al aire es 7.70% mientras que el CBR sumergido es 3.08%, esto representa una capacidad portante del terreno media a baja, que disminuye considerablemente con la presencia de agua.

En la Ilustración 8-17 se presenta la distribución de los resultados obtenidos de acuerdo a la abscisa, discretizando los ensayos sumergidos y sin sumergir.

Ilustración 8-17. Ensayo CBR por abscisado

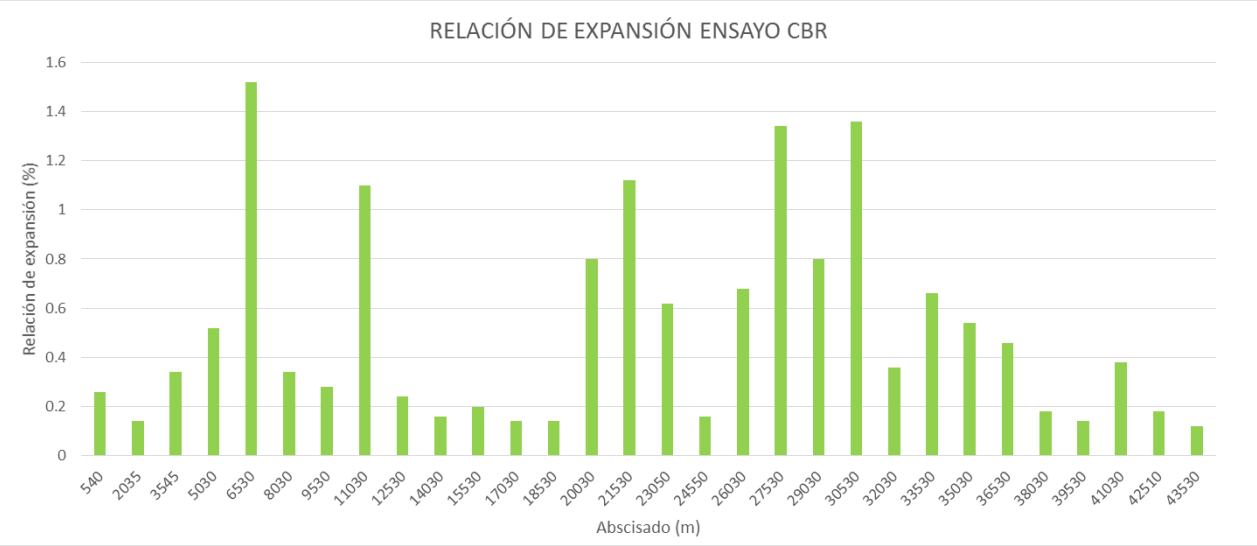


Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Adicionalmente, en la Ilustración 8-18 se presenta la relación de expansión de las probetas después de sumergirse en agua durante 4 días. Se observa que el promedio de expansión es de 0.509%, el valor máximo es de 1.52% y el mínimo de 0.12%.

Teniendo en cuenta que se trata de valores en porcentaje y que la probeta de CBR mide, aproximadamente, 17.8 cm, una expansión de 0.509% representa un incremento en altura de 0.09 mm, el cual es un valor bajo de expansión.

Ilustración 8-18. Relación de expansión ensayo CBR.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

8.5.2 PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO

Para complementar los ensayos de laboratorio de capacidad de soporte realizados en el laboratorio, se realizan ensayos de penetrómetro dinámico de cono, donde el porcentaje de CBR se obtiene a partir de la correlación entre la penetración por golpe (PDC) y el CBR.

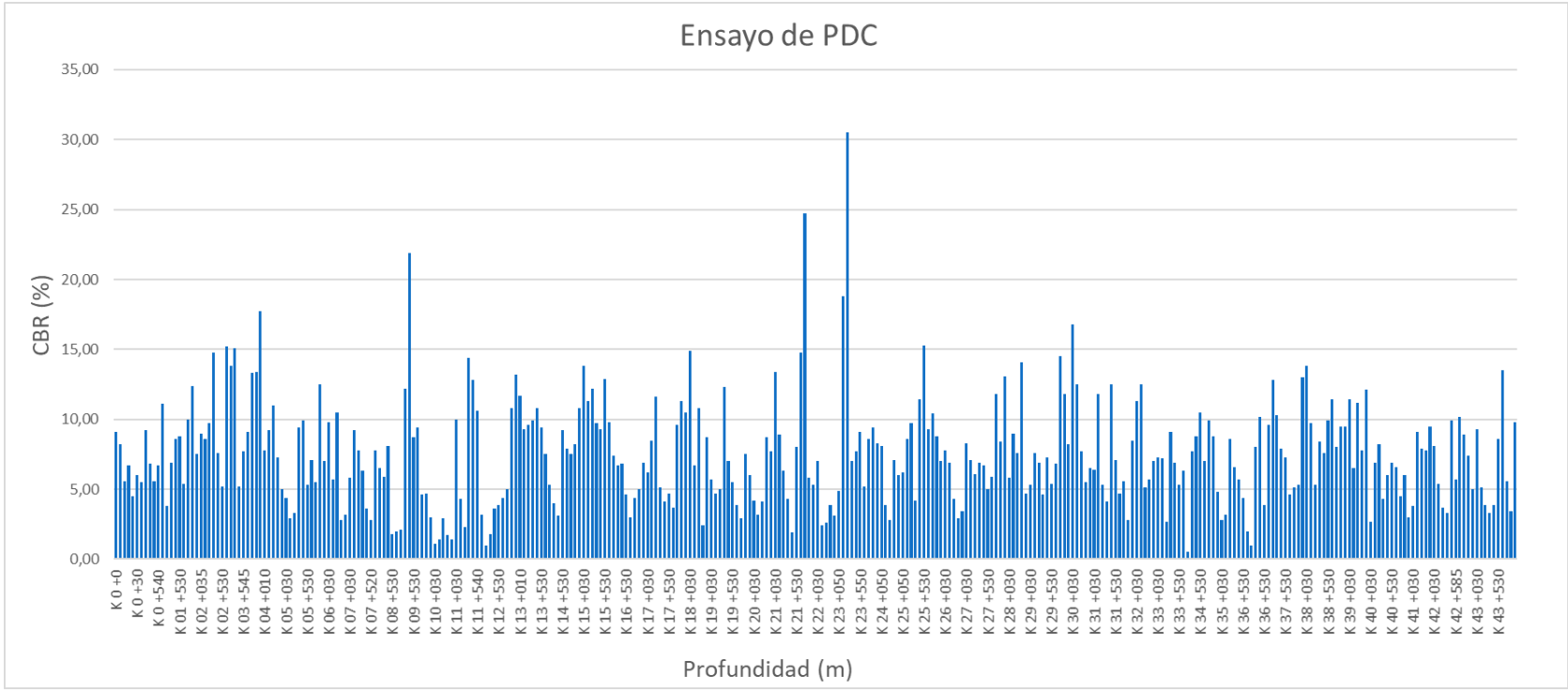
En el capítulo ANEXOS se presenta los valores de CBR reportado por el laboratorio donde la correlaciona la resistencia del suelo a través de la fórmula de KLEYN. Se observan valores de CBR a lo largo de todo el abscisado y a diferentes profundidades.

$$\log_{10} CBR = 2.632 - 1.28 * \log_{10} Resistencia$$

En la Ilustración 8-19 , se muestra gráficamente los resultados obtenidos de CBR a partir de la correlación con PDC, se puede observar un comportamiento heterogéneo de los datos con datos atípicamente altos en la mitad del trazado.

En resumen, los valores de CBR por cono yoder varían entre 0.50% y 30.5%; y tienen un promedio de 7.52%, valor muy similar a los resultados de CBR en laboratorio, en condición seca.

Ilustración 8-19. Ensayo PDC del proyecto.

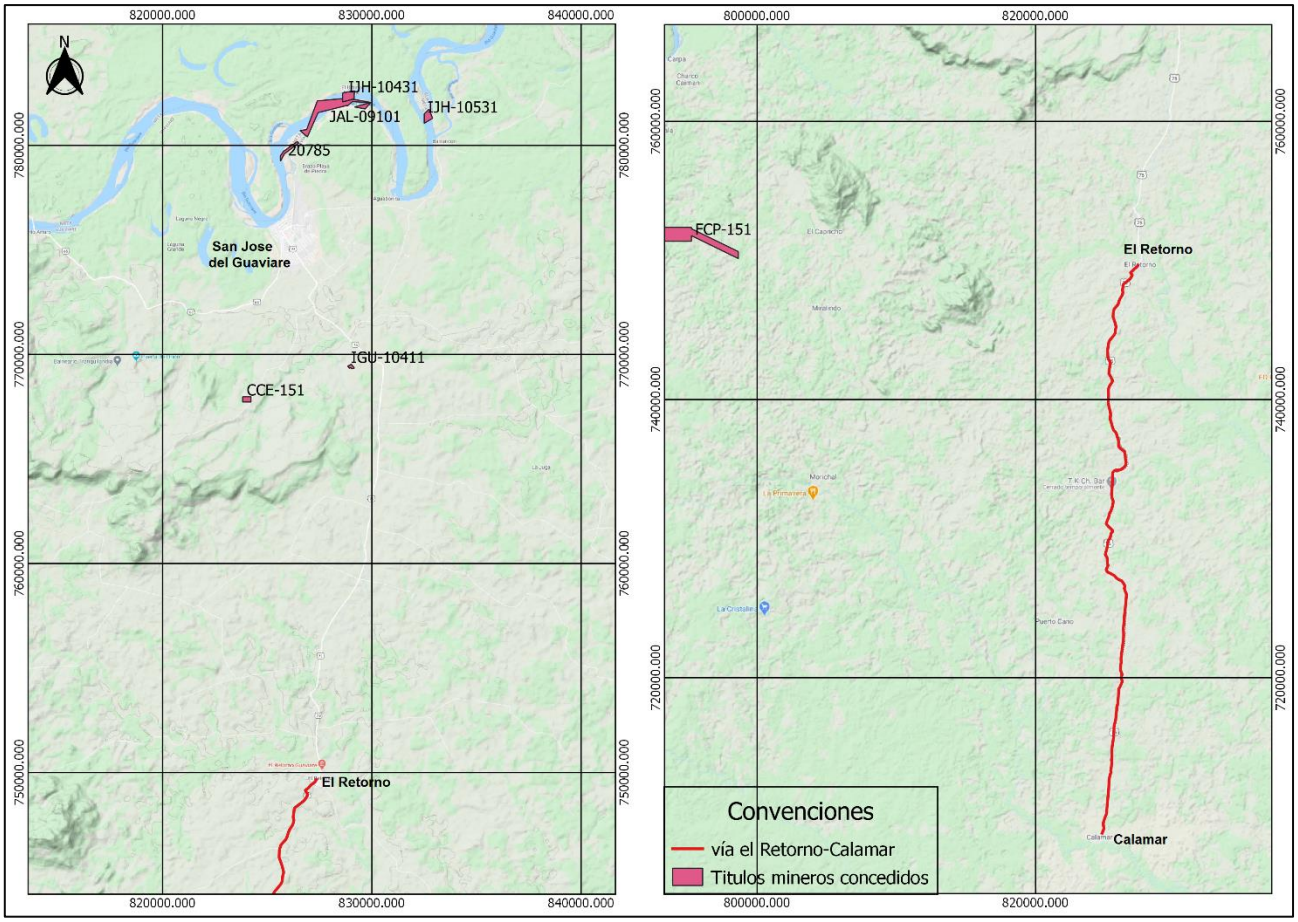


Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9 ESTUDIO DE FUENTES DE MATERIALES

A partir de información disponible en la página del SIGOT-IGAC (http://sigotvg.igac.gov.co:8080/), la página del Catastro Minero (http://www.cmc.gov.co:8080/CmcFrontEnd/consulta/inicio.cmc), y la base de datos de Tierra Minada (https://sites.google.com/site/tierraminada/), se construyó un mapa que incluye los títulos licencias ambientales otorgadas para extracción de materiales de construcción en cercanías a la vía El Retorno - Calamar, del departamento de Guaviare. A continuación, se presenta el mapa con los polígonos de los títulos mineros y su código ante la ANLA.

Ilustración 9-1. Polígonos de títulos mineros para extracción de materiales



Fuente: Elaboración propia utilizando datos de SIGOT-IGAC, Catastro Minero y la base de datos de Tierra Minada.

Se presenta también el cuadro que contiene la información encontrada de cada título, en el que se presenta el código ante la ANLA, tipo de material que es extraído, el titular del título y una descripción de la ubicación con la que se cuenta.

Tabla 9-1. Títulos mineros concedidos para extracción de materiales

Codigo	Material extraído	Titular	Ubicación
FCP-151	Materiales de Construcción	Olga Lucia Martinez Restrepo	Confluencia de la quebrada la Flauta con el RMO Guayabero en Vuelta Mala
20785	Material de arrastre	Gavillera Isla del Sol Limitada	No se presenta
CCE-151	Materiales de Construcción	Jorge Luis Hernandez Betancuort	No se presenta
IJH-10531	Materiales de Construcción	Asociación Gravilleros del Guaviare	Confluencia entre el caño Antioquia y el río Guaviare
JAL-09101	Materiales de Construcción	Tomas William Zuñiga Lopez	No se presenta
IJH-10431	Materiales de Construcción	Asociación Gravilleros del Guaviare	Confluencia entre el caño Antioquia y el río Guaviare
IGU-10411	Materiales de Construcción	Pedro Latorre Sanabria	Desembocadura del caño Negro en Caño la Esperanza vereda Agua Bonita- Municipio de San Jose de Guaviare
RJE-09371	Materiales de Construcción	Rosa Quique Garcia	No se presenta

Fuente: Elaboración propia utilizando datos de SIGOT-IGAC, Catastro Minero y la base de datos de Tierra Minada.

9.1 FUENTES DE MATERIALES

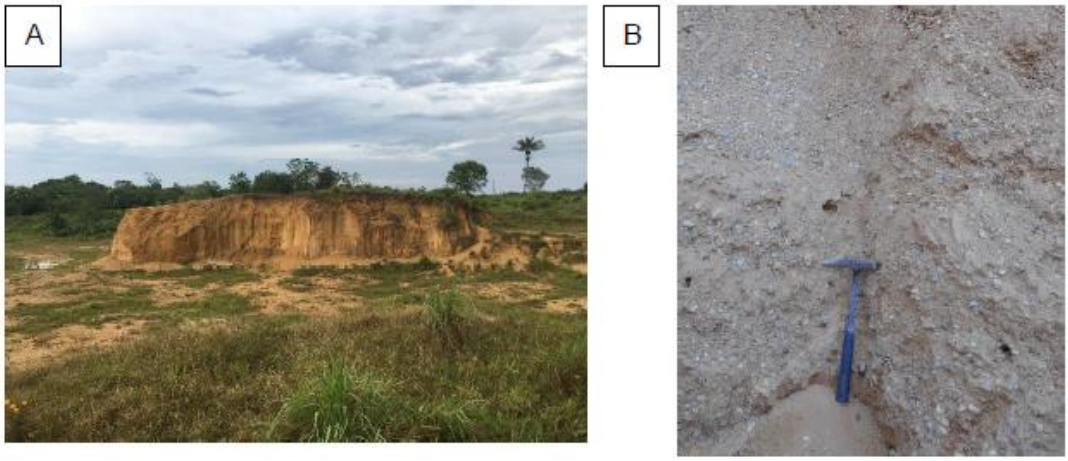
Las fuentes de materiales nombradas en este capítulo corresponden a la recopilación de información de diversas fuentes, que incluyen:

- Trabajo de oficina, nombrado en el numeral anterior.
- Trabajo de reconocimiento de campo.
- Recopilación de información de proyectos ejecutados en la región, especialmente el desarrollado por JAM Ingeniería en el contrato de consultoría 1100 de 2017, cuyo objeto es: ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA VÍA 75GV14 EJE ECONÓMICO LA GANADERA, AGUA BONITA - FLORIDA 2 - EL MORRO - BOQUERÓN – SABANAS DE0 LA FUGA - CHARRAS, DEL K12 + 280 AL K13+176, del K13+439 AL K13+627, DEL K13+787 AL K13+841, DEL K14+078 AL K14+145, DEL K14+376 AL K46 + 620, ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS, DISEÑOS Y ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS DE LA K00+000 HASTA EL K12+280, DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE, DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE E INVENTARIO DE ACUERDO A LA RESOLUCIÓN 1067 del 2015 del Ministerio de Transporte DESDE K00+000 HASTA EL K92+950".

9.1.1 EL MORRO – FINCA PATIO BONITO:

Ubicado aproximadamente a 3 km del caserío El Morro, se identificó una fuente de materiales cuya licencia temporal fue otorgada a través de la Resolución No. 388 del 29 de diciembre de 2017. La dueña del predio es la señora Rosa Quique García, identificada con CC. 41.212.312 expedida en San José del Guaviare. Se explota material proveniente de depósitos aluviales de terraza, conglomeráticos matriz soportados, los cuales, presentan una matriz arenosa muy fina a gruesa, mal seleccionada, y gravas redondeadas con tamaños que oscilan entre 0,5 y 8,0 centímetros, de los que se encontraron taludes de hasta 6 metros. Ubicada en las coordenadas 781.300 norte, 849.830 este.

Fotografía 9-1. Cantera explotación El Morro. A Cantera explotación aluvial. B. Acercamiento a talud.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.1.2 CANTERA LAJITAS SAS:

Fuente de materiales legalizada, que extrae material de cantera, en el predio Lajitas, con acceso de 600 m al occidente del PK68+200 de la carretera nacional Calamar-San José del Guaviare (N: 2º30’45,61” W: 72º37’8,47”). En el sitio se explotan niveles duros: areniscas, intercaladas con lodolitas grises y calizas arenosas (Fotografía 9-3), correlacionables con el Miembro caño El Retiro (Kmsr), de la Fm. Areniscas de San José (Kmcr, geología de la plancha 350-San José del Guaviare, SGC, 2011).

Fotografía 9-2. Valla en acceso a cantera Lajitas.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Fotografía 9-3. Detalle en frente de extracción cantera Lajitas (N: 2°30'45,61" W: 72°37'8,47").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Fotografía 9-4. Cantera Lajitas. A. Vista de la cantera. B. Talud en el que se observan las lodolitas meteorizadas (N: 2°30'45,61" W: 72°37'8,47").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En la planta localizada al costado derecho del Km 73+800 de la vía nacional (extremo sur del casco urbano de San José del Guaviare), se aprecian stocks clasificados de base, subbase y triturados, traídos desde las fuentes de materiales de arrastre de Lajitas SAS, en el río Guaviare (Fotografía 9-5) y el río Ariari (Fotografía 9-6).

Fotografía 9-5. Stock de crudo del río Gauviare en planta de cantera Lajitas en San José del Guaviare.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Fotografía 9-6. Stock de crudo del río Ariari en planta de cantera Lajitas en San José del Guaviare.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

El sitio de extracción en el río Guaviare se localiza por la vía al batallón, la cual se desvía por el oriente del PR69 de la vía nacional, aproximadamente a 8 Km. La mina, conocida como La Vaca (Fotografía 9-7), en la vereda Puerto Tolima de San José del Guaviare, se localiza en las coordenadas: N: 2º34'52,72" W: 72º35'36,80". El material crudo de arrastre (Fotografía 9-8), son arenas de grano medio a fino, habanas, con gravas de hasta 4 cm, redondeadas a subredondeadas, principalmente de cuarzoareniscas de grano fino a muy fino, chert, cuarzo y hematita.

Fotografía 9-7. Valla en entrada de sitio de extracción de cantera Lajitas en el río Guaviare.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Fotografía 9-8. Stock de material en sitio de extracción La Vaca, en el río Guaviare (N: 2°34'52,72" W: 72°35'36,80").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

La planta del material de arrastre extraído del río Ariari por parte de Lajitas SAS se localiza frente al PR85 de la ruta nacional 6508, cerca de la población de Fuente de Oro, aproximadamente a 186 Km de San José del Guaviare (Fotografía 9-9). El crudo del río Ariari acopiado aquí consta de bolos de hasta 40 cm, principalmente de cuarzoareniscas, en grava media a gruesa y arena media.

Fotografía 9-9. Valla en planta de triturados del Ariari (N:3°27'3,65" W:73°35'47,74").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Fotografía 9-10. Stock de crudo del río Ariari en la planta de triturados.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.1.3 ASOGRAVIG:

Corresponde a la Asociación de Gravilleros del Guaviare, los cuales tienen explotación a las orillas del río Guaviare, en el que se extraen los materiales de depósitos aluviales, se trata de depósitos matriz soportados compuestos por gravas redondeadas, subelongadas de unos pocos centímetros, en una matriz arenosa. Coordenadas 778.993 norte, 825.921 este.

Fotografía 9-11. ASOGRAVIG. A. Zona de explotación. B. Detalle del depósito



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.1.4 PUERTO CONCORDIA

En el sector entre Puerto Concordia y Puerto Arturo (la primera población a 50 y la segunda a 43 Km de El Retorno, sobre la vía San José - Villavicencio), específicamente en las coordenadas N: 2°37'18,74" W: 72°45'46,97", se extraen materiales de arrastre de los cauces de los ríos Ariari y Guaviare, respectivamente. Las gravas y arena son extraídas en forma casi permanente dragando el fondo del cauce, en forma artesanal.

Por la forma de extracción y los volúmenes de material disponibles que puedan extraerse sin perjudicar la dinámica fluvial del río, no se considera adecuada esta fuente para un proyecto grande.

Se ha usado con éxito en proyectos pequeños a medianos, básicamente como agregado en concreto hidráulico, en San José del Guaviare y el área circundante. En la Fotografía 9-12 se puede apreciar el material extraído en este sector.

Fotografía 9-12. Aspecto del material del extraído del fondo del cauce en el sector de confluencia del río Ariari con el Guayabero (foto tomada en Puerto Concordia).



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.1.5 PRÉSTAMO LATERAL SECTOR K 34 (DESDE LA LEONA) (N: 2°20'44,21" W: 72°51'13,45")

Superficialmente afloran niveles de arenas con grava, de depósitos de terraza aluvial antigua, como lo indica el desarrollo de relieve ondulado de la zona (Fotografía 9-13). Este material es utilizado como afirmado para las carreteras del sector, incluyendo la vía desde La Leona, sector de El Capricho, hacia Puerto Cachicamo y Charco Caimán.

Fotografía 9-13. Zona de préstamo lateral en K34; vista al SW, hacia La Macarena (N: 2°20'44,21" W: 72°51'13,45").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.1.6 ASFALTITAS SECTOR EL CAPRICHO (N: 2°20'12,94" W: 72°52'07,62")

En este sector se extraen de manera artesanal niveles de arenas y grava, de terrazas aluviales antiguas, impregnadas con asfalto (asfaltita). El área de la que se extrae el material, al costado norte de la carretera La Leona – Puerto Cachicamo (vía a La Macarena), tiene aproximadamente 200 m x 200 m, con profundidad de 5 m. En las Fotografía 9-14 y Fotografía 9-15 se presentan detalles del sitio de extracción y del material explotado. La zona dista aproximadamente 36 Km de La Leona (La leona a 10 Km de El Retorno).

Fotografía 9-14. Panorámica del costado sur de la excavación en que se extraen las asfaltitas (N: 2°20'12,94" W: 72°52'07,62")



Fuente: Consorcio Metrovías Selva 2015

Fotografía 9-15. Arriba: Panorámica hacia el norte, de la excavación para extracción de asfaltita. Abajo: Fragmento de arenita de grano medio, impregnada con asfalto (asfaltita).





Fuente: Consorcio Metrovías Selva 2015

9.1.7 ZONA DE PRÉSTAMO LATERAL FINCA AURELIO PERILLA (N: 2°6'27,46" W: 72°42'34,39").

A partir del K19+800 se desprende un carreteable por el costado izquierdo de la vía, que luego de 10,2 Km llega a la finca de Aurelio Perilla. En este sector se han explotado niveles de arenitas con grava fina, intercaladas con lodolitas meteorizadas (Fotografía 9-8). Este material ha sido usado en la vía nacional para la conformación de terraplenes y mezclado con agregados de materiales de arrastre del río Guaviare para subbase.

Fotografía 9-8. Aspecto del material en frente de extracción predio Aurelio Perilla (N: 2°6'27,46" W: 72°42'34,39").



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

El área potencialmente explotable es de 1 hectárea, con espesor promedio de 2 m, con lo cual se tiene un volumen potencial de material de 20.000 m^3.

9.2 ENSAYOS DE MATERIALES PARA FUENTE DE CANTERA

La información presentada en este capítulo se realizó con el material suministrado por la cantera Lajitas SAS y la zona de préstamo lateral finca Aurelio Perilla, verificando si los materiales pueden utilizarse en las estructuras de pavimento propuestas en el presente volumen

En la Tabla 9-2 se presenta la cantidad de muestras, el proveedor, la fuente y el posible uso del material. Se observa que las tres muestras del río Ariari corresponden al mismo material con diferentes niveles de trituración y por consiguiente, comparen las mismas propiedades mecánicas.|

Tabla 9-2. Fuentes de materiales del proyecto.

MUESTRA	PROVEEDOR	FUENTE	DESCRIPCIÓN	POSIBLES USOS
1	Cantera Lajitas SAS	Río Ariari	Grava arenosa redondeada y subredondeada de color gris (crudo de río).	Base y subbase granular
2			Grava arenosa subredondeada y subangulosa de color gris (triturado).	
3			Grava arenosa subredondeada, angulosa y subangulosa de color gris triturado).	
4	Finca Aurelio Padilla	Préstamo lateral	Grava en matriz arcillo arenosa de color marrón – rojizo.	Terraplén

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos propuestos para verificar la idoneidad del material son:

- Humedad natural y límites de Atterberg (NTC - 4630-99).
- Granulometría por tamizado (NTC 1522-99).
- Resistencia al desgaste utilizando máquina de los Ángeles (NTC 93 – 13/NTC 98 – 19).
- Caras fracturadas (INV E-227-13).
- Equivalente de arena (INV E 133-13).

En la Tabla 9-3 se presenta el plan de ensayos realizado para cada una de las muestras.

Tabla 9-3. Plan de ensayos para fuentes de materiales

ENSAYO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Límite líquido	x	x	x	x
Límite plástico	x	x	x	x
Índice de plasticidad	x	x	x	x
Desgaste máquina de los Ángeles	x	x	x	x
Caras fracturadas - criterio de una cara o más	x	x	x	

ENSAYO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Caras fracturadas - criterio de dos caras o más	x	x	x	
Equivalente de arena	x	x	x	x

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.2.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

En la Tabla 9-4 se presentan los resultados de laboratorio de las cuatro muestras.

Tabla 9-4. Resultados ensayos de laboratorio fuentes de materiales

ENSAYO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Límite líquido (%)	NL	NL	NL	47
Límite plástico (%)	NP	NP	NP	22
Índice de plasticidad (%)	-	-	-	25
Desgaste máquina de los Ángeles (%)	20.3	20.3	20.3	
Caras fracturadas - criterio de una cara o más (%)	23	53	67	
Caras fracturadas - criterio de dos caras o más (%)	13	46	57	
Equivalente de arena (%)	82	71	70	12

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Adicional, se realizaron los ensayos granulométricos de las cuatro muestras. En la Tabla 9-5 se presenta los resultados obtenidos.

Tabla 9-5. Resultados granulometría de las cuatro muestras.

Tamiz	Tamiz (mm)	% pasa			
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
3"	76,20	92,1	100,0	100,0	100,0
2"	50,00	82,9	95,6	100,0	97,5
1 1/2"	37,50	64,7	73,2	98,8	93,4
1"	25,00	48,5	56,2	82,9	88,0
3/4"	19,05	41,0	45,4	72,5	81,6
1/2"	12,50	34,2	35,3	58,0	71,9
3/8"	9,50	29,2	30,7	50,5	66,4
N 4	4,75	23,3	25,6	39,8	54,3

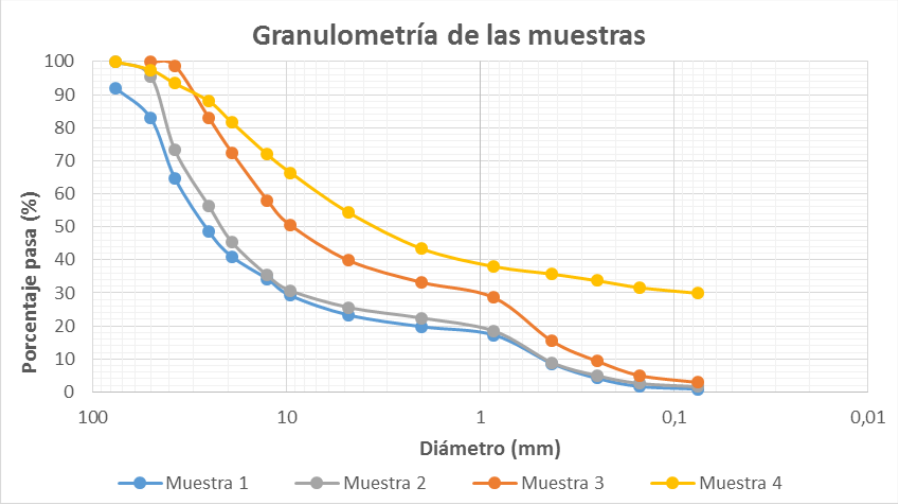
Tamiz	Tamiz (mm)	% pasa			
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
N 10	2,00	19,8	22,4	33,2	43,4
N 20	0,85	17,3	18,5	28,6	38,0
N 40	0,43	8,6	8,9	15,4	35,7
N 60	0,25	4,2	5,0	9,4	33,7
N 100	0,15	1,7	2,6	5,0	31,6
N 200	0,08	0,9	1,6	2,9	29,9

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En la Ilustración 9-2 se muestra las curvas granulométricas de las cuatro muestras.

Se puede concluir que la muestra 4 es el material más fino mientras que la granulometría de la muestra 1 (crudo de río) y 2 (mismo material de río después de un proceso de trituración) es muy similar, lo que permite inferir que la trituración realizada no es importante. Respecto a la muestra 3 (material de río mucho más triturado), es la muestra de río más fina y por consiguiente, el proceso de trituración realizado es significativo.

Ilustración 9-2. Curva granulométrica de las muestras.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.2.3 VALIDACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN REQUERIMIENTOS INVIAS

9.2.3.1 REVISIÓN SUBBASE GRANULAR

En la Tabla 9-6 se presenta la verificación de las muestras 1, 2 y 3 (extraídas del río Ariari) como subbase granular, todo con base en el Artículo 320 del INVIAS. Se observa que el material cumple con los requerimientos de ensayos planteados por el INVIAS.

Tabla 9-6. Comprobación Muestras 1, 2 y 3 como subbase granular.

Ensayo	Norma INVIAS	Requerimientos Subbase granular			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Observaciones
		Clase C	Clase B	Clase A				
Desgaste máquina de los Ángeles (500 revoluciones), máximo (%)	E-218	50	50	50	20,3	20,3*	20,3*	Las tres muestras cumplen para ser utilizadas como subbase granular.
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25	NL	NL	NL	
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6	NL/NP	NL/NP	NL/NP	
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25	82	71	70	

Fuente: Adaptado INVIAS 2013.

Adicionalmente, se debe corroborar que el material se encuentre dentro de la franja granulométrica sugerida por el INVIAS y mostrada en la Tabla 9-7.

Tabla 9-7. Franja granulométrica para subbase granular.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	50.0 2"	37.5 1 ½"	25.0 1"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.075 No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Fuente: INVIAS, 2013.

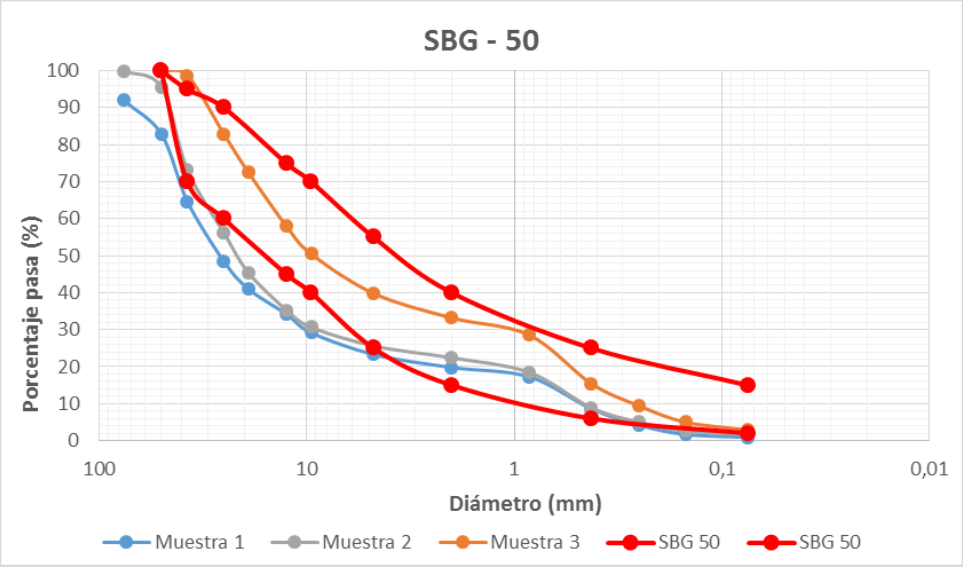
En la Ilustración 9-3 e Ilustración 9-4 se presenta las curvas granulométricas de las tres muestras y en color rojo, los límites admitidos por el INVIAS para una subbase SBG 50 y SBG 30.

Se observa que únicamente la muestra 3 se encuentra dentro de las franjas INVIAS mientras que las muestras 1 y 2 corresponden a un material muy grueso que no cumple.

Es importante aclarar que la granulometría no es un factor crítico para decidir si un material puede o no ser empleado como subbase granular pues es posible preparar el material y lograr que entre dentro de franja granulométrica.

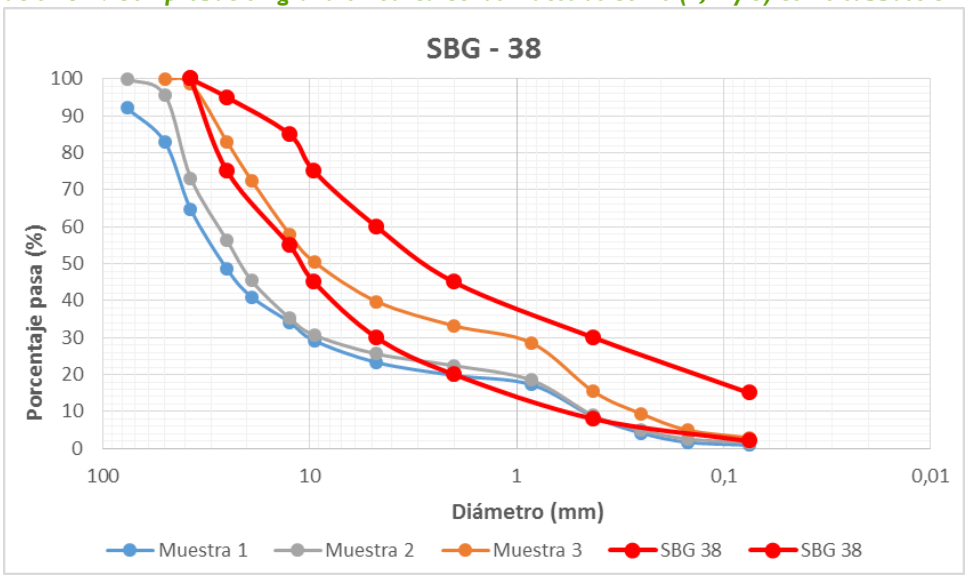
Por consiguiente y con base en los resultados de laboratorio mostrados en la Tabla 9-6, se concluye que el material extraído del río Ariari es apto para ser utilizado como subbase granular siempre y cuando sufra un proceso óptimo de trituración y sea preparado para cumplir con los requerimientos granulométricos, tal como ocurre con la muestra 3.

Ilustración 9-3. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como subbase SBG 50.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 9-4. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como subbase SBG 38.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

9.2.3.2 REVISIÓN BASE GRANULAR

En la Tabla 9-6 se presenta la verificación de las muestras 1, 2 y 3 (extraídas del río Ariari) como base granular, todo con base en el Artículo 330 del INVIAS

Se observa que el material cumple con los requerimientos de los siguientes ensayos:

- Máquina de los Ángeles.
- Límite líquido.
- Índice de plasticidad.
- Equivalente de arena.

Por otro lado, el material tiene problemas con el ensayo de una y dos caras fracturadas.

- Ninguna de las tres muestras cumple para base Clase A y Clase B.
- La muestra 2 y 3 cumple para base Clase C.

Tabla 9-8. Comprobación Muestras 1, 2 y 3 como base granular.

Ensayo	Norma INVIAS	Requerimientos base granular			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Observaciones
		Clase C	Clase B	Clase A				
Desgaste máquina de los Ángeles (500 revoluciones), máximo (%)	E-218	40	40	40	20,3	20,3*	20,3*	Las tres muestras cumplen.
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	-	-	NL	NL	NL	Las tres muestras cumplen.
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	3	0	0	NL/NP	NL/NP	NL/NP	Las tres muestras cumplen.
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30	82	71	70	Las tres muestras cumplen.
Caras fracturadas – criterio de una cara o más, mínimo (%)	E-227	50	70	100	23	53	67	Muestra 2 y 3 cumple para base Clase C.
Caras fracturadas – criterio de dos cara o más, mínimo (%)	E-227	-	50	70	13	46	57	Todas las muestras cumplen para base Clase C, únicamente la muestra 1 cumple para base Clase B.

Fuente: Adaptado INVIAS 2013.

Adicionalmente, se debe corroborar que el material se encuentre dentro de la franja granulométrica sugerida por el INVIAS y mostrada en la Tabla 9-9.

Tabla 9-9. Franja granulométrica para subbase granular.

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
BASES GRANULARES DE GRACACIÓN GRUESA								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

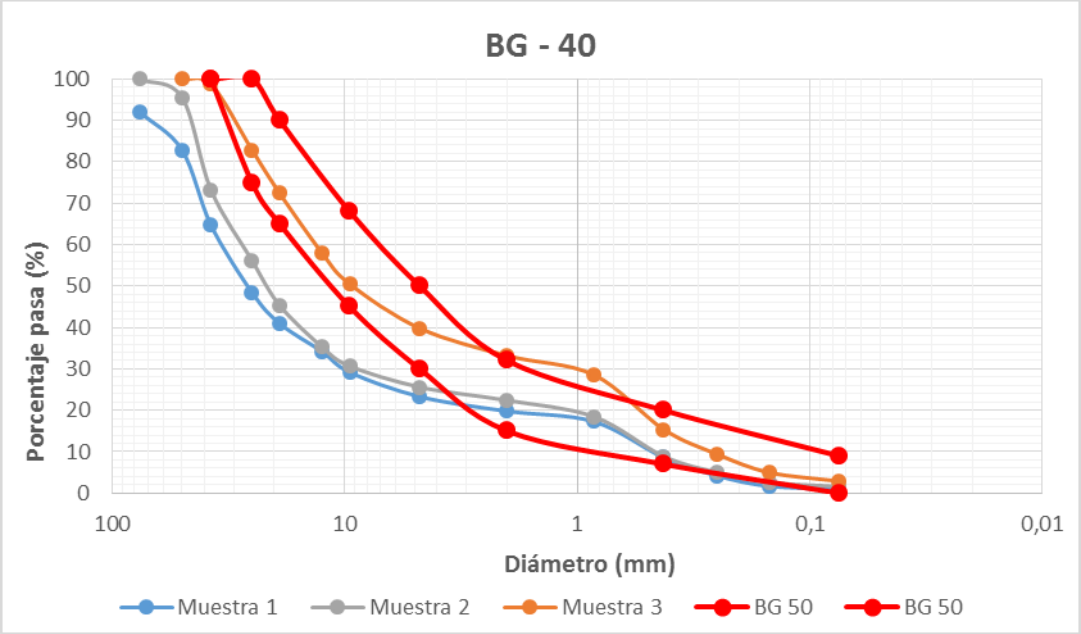
ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS

Fuente: INVIAS, 2013.

En las Ilustración 9-5, Ilustración 9-6, Ilustración 9-7 e Ilustración 9-8 se presentan las curvas granulométricas de las tres muestras y en color rojo, los límites admitidos por el INVIAS para una base granular.

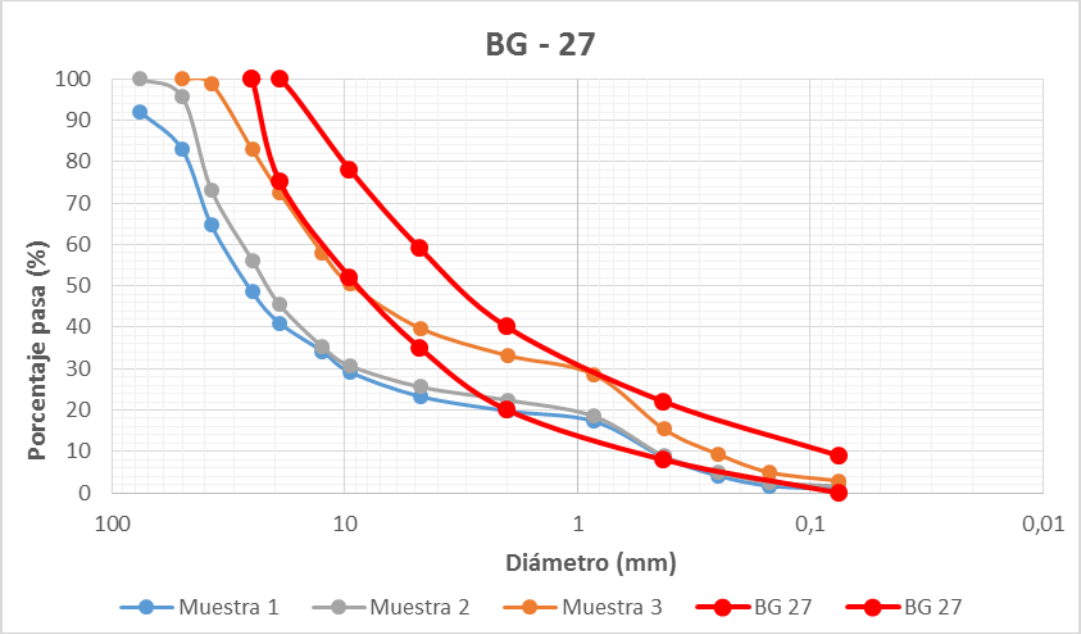
Se observa que únicamente la muestra 3 se encuentra dentro de las franjas granulométricas para una base de gradación gruesa BG 40 (aunque un punto se encuentra fuera de la curva, la normativa permite una tolerancia de 6%). Ninguna muestra cumple con los requerimientos de una base de gradación gruesa BG 27 o gradación fina BG 38 y BG 25.

Ilustración 9-5. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como subbase BG 40.



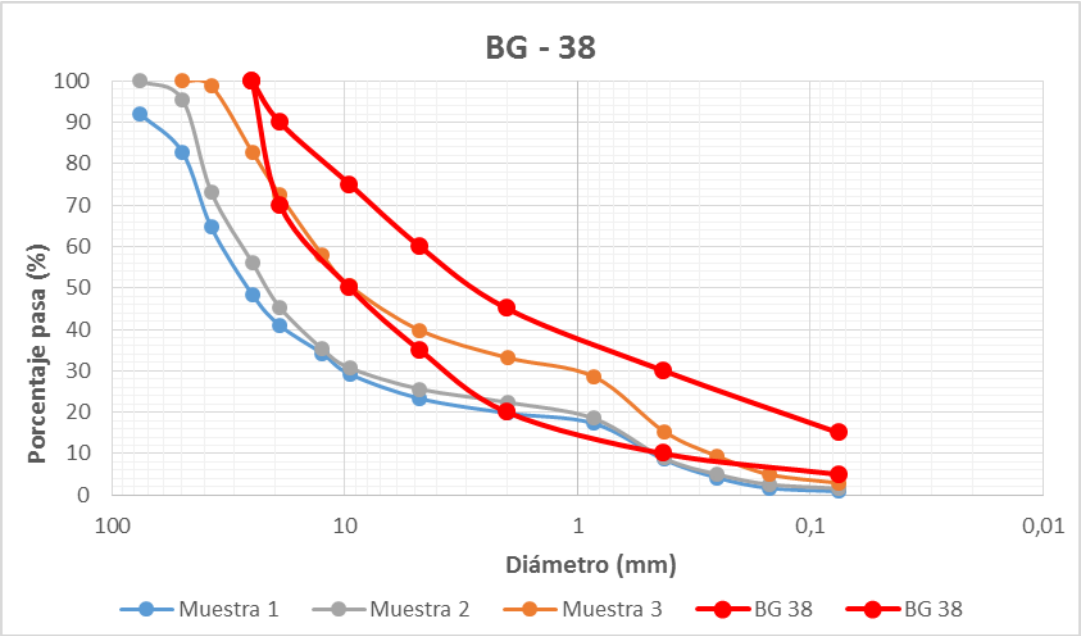
Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 9-6. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como subbase BG 27.



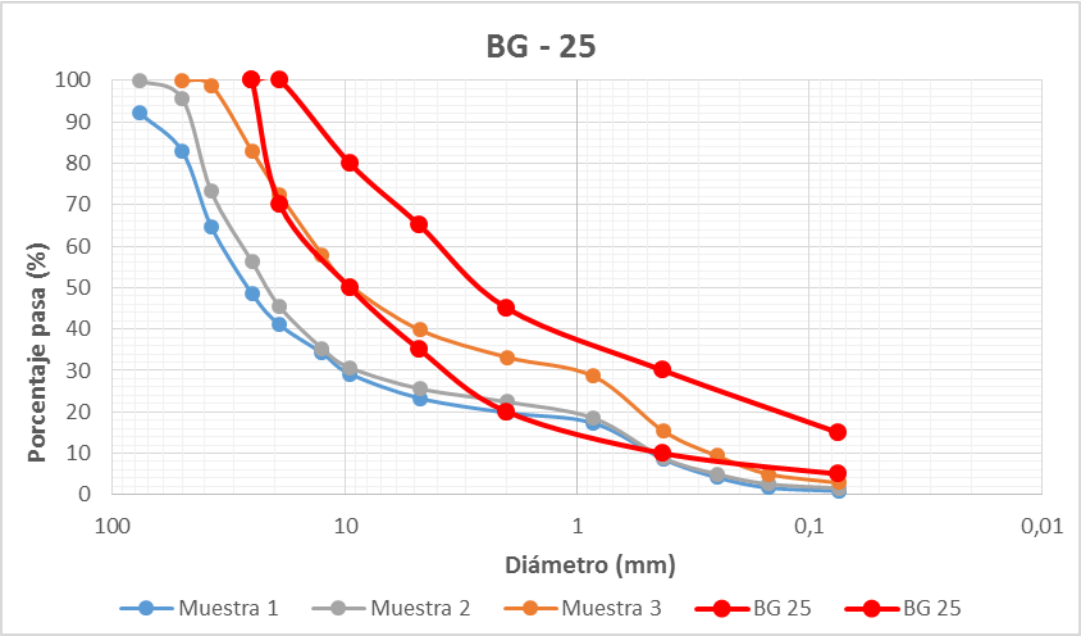
Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 9-7. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como base BG 38.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 9-8. Comprobación granulométrica de las muestras de río (1, 2 y 3) como base SBG 25.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Es importante aclarar que, como se nombró anteriormente, la granulometría no es un factor crítico para decidir si un material puede o no ser empleado como base granular pues es posible preparar el material y lograr que entre dentro de franja granulométrica.

Además, el porcentaje de caras fracturadas depende del grado de trituración del material (con un proceso riguroso de trituración, el porcentaje de una y dos de caras fracturadas se incrementa fácilmente).

Por consiguiente y con base en los resultados de laboratorio mostrados en la Tabla 9-6 donde se observa que el agregado cumple con los requisitos de dureza (máquina de los Ángeles) y limpieza (límites de Atterberg y equivalente de arena), se concluye que el material extraído del río Ariari es apto para ser utilizado como base granular siempre y cuando sufra un proceso óptimo de trituración y sea preparado para cumplir con los requerimientos granulométricos del INVIAS.

9.2.3.3 REVISIÓN MATERIAL DE TERRAPLÉN.

De acuerdo a las características físicas y mecánicas del material de préstamos extraído de la finca Aurelio Padilla (muestra 4), se procede a verificar si es posible emplearlo como material de terraplén, todo con base en el Artículo 220 del INVIAS

Tabla 9-10. Revisión muestra 4 como terraplén.

Ensayo	Requerimientos INVIAS			Muestra 4	Observaciones
	Suelos seleccionados	Suelos adecuados	Suelos tolerables		
Tamaño máximo, mm	75	100	150	50	Cumple
Porcentaje que pasa por el tamiz No 10, en masa, máximo	80	80	-	43,4	Cumple
Porcentaje que pasa por el tamiz No 200, en masa, máximo	25	35	35	29,9	Cumple
Límite líquido, máximo (%)	30	40	40	47	No cumple
Índice de plasticidad, máximo (%)	10	15	-	25	No cumple

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Se concluye que el material no cumple con los requerimientos normativos y no debe ser utilizado como material de terraplén.

9.3 FUENTES DE ASFALTOS

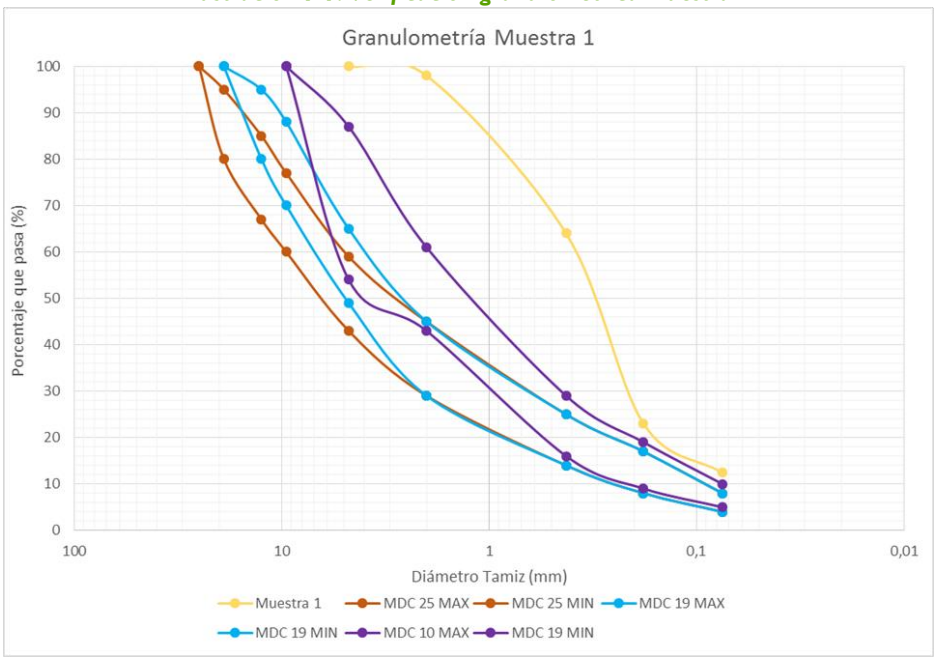
9.3.1 VERIFICACIÓN ASFALTITAS VEREDA EL CAPRICHO

Con el objetivo de identificar la calidad de la asfaltita extraída de la vereda el Capricho y que se ha venido utilizando de forma artesanal en la región, se extrajeron muestras y fueron ensayadas en laboratorio.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos y la comparación con los requerimientos normativos para una mezcla densa en caliente (Artículo 450 de 2013).

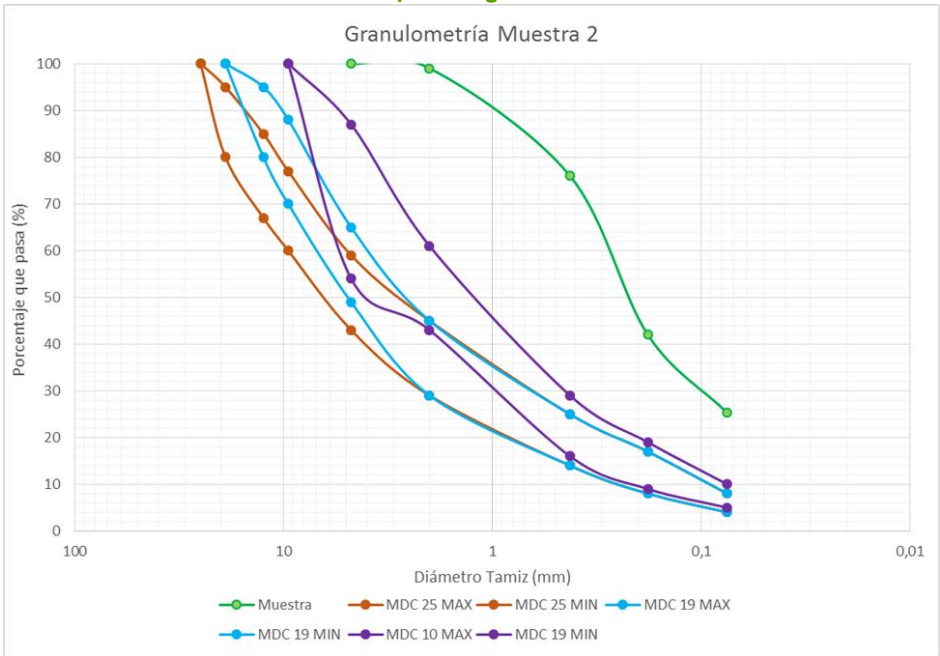
En primera medida, se verifica los requerimientos granulométricos de mezclas densas en caliente MDC – 25, MDC – 19 y MDC – 10 para las dos muestras ensayadas.

Ilustración 9-9. Verificación granulométrica muestra 1



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 9-10. Verificación granulométrica muestra 2.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ninguna de las muestras se encuentra dentro de las franjas granulométricas dadas por la normativa.

Tabla 9-11. Verificación propiedades de estabilidad y flujo

CARACTERÍSTICA	RESULTADO MUESTRA	REQUERIMIENTOS INVIAS (N1)	CUMPLE/NO CUMPLE
Estabilidad mínima (N)	6593	5000	Cumple
Flujo (mm)	7.1	2.0 a 4.0	No cumple

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En términos generales, la asfaltita NO cumple con los requerimientos del Art. 450 Mezclas Asfálticas en Caliente de Gradación Continua (Concreto Asfáltico).

9.4 PLANTAS

9.4.1 PLANTA DE MEZCLA ASFÁLTICA

La planta de mezcla asfáltica más cercana al proyecto se encuentra localizada en el municipio de Fuente de Oro (Meta), a más de 200 km de distancia.

En el Anexo 4. Fuentes de materiales se presenta la ficha correspondiente a esta planta de asfalto.

A continuación, se presentan los resultados de laboratorio a la mezcla asfáltica de Fuente de Oro.

Tabla 9-12. Verificación ensayos mezcla asfáltica

ENSAYO	NORMA	MÁXIMO	MÍNIMO	RESULTADO
Viscosidad Saybolt Furol a 25 grados.	INV E 763	20	200	27.2
Contenido de agua en volumen	INV E 761		43	40
Estabilidad almacenamiento a 5 días	INV E 764		5	2
Contenido de asfalto residual	INV E 762	57		60
Tamizado retenido Tamiz # 20	INV E 765		0.1	TRAZAS
Carga partícula	INV E 767	Positiva		Positiva
pH	INV E 767		0,6	3,4

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Se observa que la muestra se encuentra dentro de los rangos estipulados por le INVIAS y puede ser utilizada en el proyecto.

En el Anexo 3. Resultados de laboratorio se presentan los ensayos de laboratorio.

9.4.2 PLANTA DE CONCRETO ASFÁLTICO

La planta de concreto hidráulico se encuentra localizada en San José de Guaviare.

En el Anexo 3. Resultados de laboratorio se presentan los ensayos de compresión en cilindros de concreto, los cuales cumplen con las especificaciones de diseño.

9.5 ANALISIS DE COSTOS DE TRANSPORTE

Con el fin de establecer los posibles costos asociados al transporte de materiales desde las fuentes (Fuente de Oro, Meta) hasta el sitio de obra se toma como referencia la información suministrada por la Gobernación del Guaviare referente al proyecto “PAVIMENTACIÓN DE LA VIA 7506 QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS: SAN JOSÉ DEL GUAVIARE Y EL RETORNO – ETAPA - 1, GUAVIARE, en una longitud de9 km.

A continuación, se presenta los costos globales de cada uno de los capítulos del presupuesto de obra:

Ilustración 9-11. Costos generales de obra.

1	EXPLANACIONES	$	1,512,072,430.00	4%
2	BASES, SUBBASES Y AFIRMADOS	$	18,321,740,540.00	50%
3	PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	$	11,594,819,861.00	32%
4	ESTRUCTURAS Y DRENAJES	$	2,468,684,738.00	7%
5	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD	$	444,949,127.00	2%
6	OBRAS VARIAS	$	1,275,187,591.00	3%
7	OBRAS PUENTE	$	862,995,307.00	2%
SUBTOTAL OBRAS		$	36,480,449,594.00	

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

En primera medida se observa que el 82% del valor total del proyecto corresponde a los materiales que conforman la estructura de pavimento; y el peso del trasporte es aproximadamente el 24 % del costo total del proyecto.

Si se observa el APU correspondiente a la Mezcla densa en caliente MDC-19 8 (Ilustración 9-12), el valor de transporte por m3 de material es de $170.628 y esto solamente considerando el transporte desde Fuente de Oro hasta San José del Guaviare.

Ilustración 9-12. APU mezcla densa en caliente MDC-19.

CONSORCIO GUAVIARE 7506

PAVIMENTACIÒN DE LA VIA 7506 QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE SAN JOSÈ DEL GUAVIARE Y EL RETORNO -ETAPA 1, GUAVIARE

BASES, SUBBASES Y AFIRMADOS

3,2	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19	UNIDAD:	M3

I. EQUIPO

DESCRIPCION	UNID	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor Unitario	Valor Total
Herramienta menor	gl	2% m/o	1,00	$ 3.024,47	$ 3.024,47
VIBROCOMPACTADOR DYNAPAC HP10 TONELADAS	H	$ 125.000,00	0,125	$ 15.575,92	$ 15.575,92
CARGADOR : POTENCIA EN EL VOLANTE 125 HP, CLASIFICACIÓN DE RPM DEL MOTOR 2300.	H	$ 139.000,00	0,200	$ 27.800,00	$ 27.800,00
TERMINADORA DE ASFALTO FINISHER	H	$ 190.000,00	0,200	$ 38.000,00	$ 38.000,00
				SUB-TOTAL	$ 84.400,39

II. MATERIALES

DESCRIPCION	UNID	Precio Unitario	Rendimiento	Valor Unitario	Valor Total
ASFALTO EN FUENTE DE ORO	M3	$ 360.000,00	1,050	$ 378.000,00	$ 378.000,00
				SUB-TOTAL	$ 378.000,00

III. TRANSPORTE

DESCRIPCION		UNID	CANT	VR. PARCIAL	Valor Unitario	Valor Total
TRANSPORTE DE MATERIALES EN VOLQUETA VIA NACIONAL DESDE FUENTE DE ORO HASTA SJG	Fuente de Oro - Puente del Nowen	M3/KM	187,710	$ 909,00	$ 170.628,39	$ 170.628,39
	Puente del Nowen - SJG(Marañon)+ 5km internos	M3/KM	20,620	$ 909,00	$ 18.743,58	$ 18.743,58
					SUB-TOTAL	$ 189.371,97

IV. MANO DE OBRA

DESCRIPCION	Jornal Total	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
CUADRILA 2: 1 OF + 1 AYU	$ 199.615,00	0,7576	$ 151.223,48	$ 151.223,48
			SUB-TOTAL	$ 151.223,48
			TOTAL COSTO DIRECTO	$ 802.995,84

V. COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCION	% DIRECTO	Valor Unitario	Valor Unitario	Valor Total
Administracion Imprevistos Utilidad	32%	$ 256.958,67	$ 256.958,67	$ 256.958,67
			SUB TOTAL	$ 256.958,67
			PRECIO UNITARIO TOTAL	*$ 1.059.954,51*

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Considerando este valor de transporte por m3, se obtiene que de los 30 mil millones que se necesitan para construir las capas granulares y el asfalto, el 24% de este valor corresponde a transporte, el costo de trasporte de las capas granulares para este tramo de 9 km tendría un valor cercano a los 5 mil millones de pesos, es decir que con estos recursos se podrían construir 2 km más de vía.

10 ESTUDIO DE TRÁNSITO

En el VOLUMEN I. ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO se presenta en detalle el análisis de información, proyecciones de tránsito, estimación de la capacidad y niveles de servicio, caracterización de los tramos de vía a partir de las encuestas y cálculo de ejes equivalentes.

A continuación, se presenta de forma general el procedimiento para calcular el número de ejes de proyecto.

10.1 CÁLCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO TPD

10.1.1 VÍA EL RETORNO – LA LIBERTAD

El cálculo del TPD se realiza con base en información primaria recolectada en campo.

Se obtuvo un TPD de 1727 donde 1610 (93.26%) corresponde a vehículos livianos; 5 son buses (0.31%) y 111 (6.44%) son camiones.

En la Tabla 10-1 se muestra el cálculo del TPD del proyecto.

Tabla 10-1. Cálculo del TPD para la Vía El Retorno – La Libertad

		LIVIANOS						
DÍA		**AUTOS**	**MOTOS**	**MOTO CARROS**	**TOTAL LIVIANOS**	**BUSES**	**CAMIONES**	**TOTAL**
Lunes	Típico	258	1190	52	1501	7	111	1618
Martes	Típico	258	1190	52	1501	7	111	1618
Miércoles	Típico	258	1190	52	1501	7	111	1618
Jueves	Típico	258	1190	52	1501	7	111	1618
Viernes	Típico	258	1190	52	1501	7	111	1618
Sábado	Atípico	299	1560	26	1885	1	112	1999
Domingo	Atípico	299	1560	26	1885	1	112	1999
SUBTOTAL		**1889**	**9073**	**312**	**11273**	**37**	**778**	**12089**
TPD		270	1296	45	**1610**	**5**	**111**	**1727**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Tabla 10-2. Distribución porcentual según categoría del vehículo para la Vía El Retorno – La Libertad

LIVIANOS						
AUTOS	MOTOS	MOTO CARROS	TOTAL LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
270	1296	45	**1610**	**5**	**111**	**1727**
15,63%	75,05%	2,58%	**93,26%**	**0,31%**	**6,44%**	**100,00%**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Así mismo, se obtuvo la distribución por tipo de camión sobre el total general.

Tabla 10-3. Distribución porcentual por tipo de camión para la Vía El Retorno – La Libertad

CAMIONES						
C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	TOTAL CAMIONES
42	55	10	0	2	2	**111**
2,44%	3,16%	0,59%	0,02%	0,11%	0,11%	**6,44%**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

10.1.2VÍA LA LIBERTAD - CALAMAR

Se obtuvo un TPD de 863 donde 785 (91.03%) corresponde a vehículos livianos; 3 son buses (0.33%) y 75 (8.64%) son camiones.

Tabla 10-4. Cálculo del TPD para la Vía La Libertad - Calamar

		LIVIANOS						
DÍA		AUTOS	MOTOS	MOTO CARROS	TOTAL LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
Lunes	Típico	168	559	2	729	2	74	805
Martes	Típico	168	559	2	729	2	74	805
Miércoles	Típico	168	559	2	729	2	74	805
Jueves	Típico	168	559	2	729	2	74	805
Viernes	Típico	168	559	2	729	2	74	805
Sábado	Atípico	242	677	7	926	5	76	1007
Domingo	Atípico	242	677	7	926	5	76	1007
SUBTOTAL		**1324**	**4149**	**24**	**5497**	**20**	**522**	**6039**
TPD		189	593	3	**785**	**3**	**75**	**863**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

La distribución por tipología vehicular obtenida es la siguiente:

Tabla 10-5. Distribución porcentual según categoría del vehículo para la Vía La Libertad - Calamar

LIVIANOS						
AUTOS	MOTOS	MOTO CARROS	TOTAL LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
189	593	3	**785**	**3**	**75**	**863**
21,92%	68,70%	0,40%	**91,03%**	**0,33%**	**8,64%**	**100,00%**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Así mismo, se obtuvo la distribución por tipo de camión sobre el total general.

Tabla 10-6. Distribución porcentual por tipo de camión para la Vía La Libertad - Calamar

CAMIONES						
C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	TOTAL CAMIONES
17	35	19	0	0	3	**75**
1,95%	4,06%	2,25%	0,00%	0,00%	0,38%	**8,64%**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

10.2 DEFINICIÓN DE LA TASA

Teniendo en cuenta las diferentes tasas de crecimiento socioeconómico y de las series históricas obtenidas, se observa que su promedio es del orden de 2,6% como tasa normal la cual debe aumentar con la generación propia por mejorar la infraestructura actual. Con base en lo anterior se adopta como tasa de crecimiento para el proyecto el 3,00%, la cual tiene implícito el tránsito actual y el generado por las nuevas condiciones. Se considera que por no tener una conexión expedita con otros corredores el tránsito atraído a esta vía es inexistente. Ante la incertidumbre en materia económica y de tránsito, se realiza un análisis de sensibilidad para dos escenarios: uno bajo (pesimista) y otro alto (optimista). Para el escenario pesimista se tomaron las tasas de los indicadores de población y PIB locales, y las tasas menores obtenidas de las estaciones de INVIAS. Para el escenario optimista se tomaron las tasas de los indicadores socioeconómicos de población y PIB nacionales, y las tasas mayores obtenidas de las estaciones de INVIAS. La estación 1230 del INVIAS no se tuvo en cuenta por su bajo coeficiente de correlación R^2.

Tabla 10-7. Resumen de tasas de crecimiento

TASA DE CRECIMIENTO		Bajo (Pesimista) %	Medio (Probable) %	Alto (Optimista) %
PIB Colombia			3,97	3,97
PIB Guaviare		2,23	2,23	
PIB Nacional Transporte y Almacenamiento			3,72	3,72
Población Colombia			1,45	1,45
Población Guaviare		2,11	2,11	
Población San José del Guaviare		2,05	2,05	
Población El Retorno		3,17	3,17	
Población Calamar		0,12	0,12	
ESTACION No. 1081 CRUCE PUERTO RICO - PUERTO LLERAS	Proyección lineal		2,89	2,89
	Proyección potencial	2,07	2,07	
ESTACION No. 1157 SAN JOSE DEL GUAVIARE - CRUCE PUERTO RICO	Proyección lineal		3,61	3,61
	Proyección potencial	2,21	2,21	
ESTACION No. 1230 CALAMAR - SAN JOSE DEL GUAVIARE	Proyección lineal		3,24	
	Proyección exponencial		3,50	
PROMEDIO		**1,99**	**2,60**	**3,13**
TASA NORMAL MÁS GENERACIÓN		**2,39**	**3,00**	**3,53**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

10.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

En la Tabla 10-8 y Tabla 10-9 se presentan las proyecciones de los TPDs actuales para una vida útil de 10 y 20 años, y el total de vehículos mixtos que circularán en estos periodos de tiempo para los tramos El Retorno - La Libertad y La Libertad - Calamar respectivamente, para los escenarios pesimista, probable y optimista. Es importante indicar que el año 0 base tomado es el año 2023 cuando se considera que se ha cumplido la fase de construcción del proyecto.

Tabla 10-8 Proyecciones del TPD para la Vía El Retorno – La Libertad a 10 y 20 años

EL RETORNO - LA LIBERTAD Tránsito de Diseño				
REGISTRO	**AÑO**	**TPD`S Pesimista**	**TPD`S Probable**	**TPD`S Optimista**
-3 (Construcción año 1)	2020	**1727**	**1727**	**1727**
-2 (Construcción año 2)	2021	1768	1779	1788
-1 (Construcción año 3)	2022	1810	1832	1851
0	2023	1854	1887	1916
1	2024	1898	1944	1984
2	2025	1943	2002	2054
3	2026	1990	2062	2127
4	2027	2037	2124	2202
5	2028	2086	2188	2279
6	2029	2136	2253	2360
7	2030	2187	2321	2443
8	2031	2239	2390	2529
9	2032	2293	2462	2619
10	2033	2348	2536	2711
11	2034	2404	2612	2807
12	2035	2461	2691	2906
13	2036	2520	2771	3008
14	2037	2580	2854	3115
15	2038	2642	2940	3225
16	2039	2705	3028	3338
17	2040	2770	3119	3456
18	2041	2836	3213	3578
19	2042	2904	3309	3705
20	2043	2973	3408	3835
TOTAL TPD`S		**49.805**	**54.115**	**58.196**
No. Total de vehiculos a 10 AÑOS		**8.399.104**	**8.821.761**	**9.206.653**
No. Total de vehiculos a 20 AÑOS		**18.178.964**	**19.751.807**	**21.241.706**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente, 2020

Tabla 10-9 Proyecciones del TPD para la Vía La Libertad - Calamar a 10 y 20 años

LA LIBERTAD - CALAMAR Tránsito de Diseño				
REGISTRO	**AÑO**	**TPD`S Pesimista**	**TPD`S Probable**	**TPD`S Optimista**
-3 (Construcción año 1)	2020	**863**	**863**	**863**
-2 (Construcción año 2)	2021	883	889	893
-1 (Construcción año 3)	2022	904	915	925
0	2023	926	943	957
1	2024	948	971	991
2	2025	971	1000	1026
3	2026	994	1030	1062
4	2027	1018	1061	1100
5	2028	1042	1093	1139
6	2029	1067	1126	1179
7	2030	1093	1159	1220
8	2031	1119	1194	1264
9	2032	1145	1230	1308
10	2033	1173	1267	1354
11	2034	1201	1305	1402
12	2035	1230	1344	1452
13	2036	1259	1384	1503
14	2037	1289	1426	1556
15	2038	1320	1469	1611
16	2039	1351	1513	1668
17	2040	1384	1558	1727
18	2041	1417	1605	1788
19	2042	1451	1653	1851
20	2043	1485	1703	1916
TOTAL TPD`S		**24.881**	**27.034**	**29.073**
No. Total de vehiculos a 10 AÑOS		**4.195.885**	**4.407.029**	**4.599.307**
No. Total de vehiculos a 20 AÑOS		**9.081.545**	**9.867.280**	**10.611.579**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

10.4 NÚMERO DE EJES EQUIVALENTEs

El cálculo de ejes equivalentes se estima con base en la proyección del número de vehículos para la vida útil del proyecto planteada para 10 años (pavimento flexible) y 20 años (pavimento rígido). Los factores de daño corresponden a los determinados por la Universidad del Cauca para Colombia.

Como se observa en el capítulo 10.3, la proyección más alta de vehículos ocurre en la vía El Retorno - La Libertad para el escenario optimista, por consiguiente, este será el punto de referencia y la base para definir los ejes equivalentes del proyecto.

En la Tabla 10-10 los cálculos del número de ejes equivalentes del proyecto para un periodo de 10 años y en Tabla 10-11 para un periodo de 20 años.

Tabla 10-10. Cálculo de ejes equivalentes para la Vía El Retorno – La Libertad a 10 años – Escenario Optimista

EL RETORNO - LA LIBERTAD Cálculo del No. De Ejes Equivalentes de 8.2 Ton Periodo 10 años				
TIPO	**% VEHICULAR**	**No. VEHICULOS**	**FACTOR DE DAÑO**	**EJES EQUIV. 8.2 Ton**
Livianos	93,26%	8.585.871		
Buses	0,31%	28.108	1,000	28.108
Camiones	6,44%	592.673		
C2P	2,44%	224.971	1,140	256.466
C2G	3,16%	290.617	3,440	999.722
C3	0,59%	54.181	3,760	203.722
C4	0,02%	2.087	3,420	7.137
C5	0,11%	10.409	4,400	45.798
<C5	0,11%	10.409	4,720	49.129
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 Ton				**1.590.083**
FACTOR DIRECCIONAL (Fd):			**53,1% - 46,9%**	
EJES EQUIVALENTES SENTIDO CARRIL MAYOR VOLUMEN (53,1%)				**844.334**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES PARA UN PERIODO DE 10 AÑOS = 0.85x10^6 E.E

Tabla 10-11. Cálculo de ejes equivalentes para la Vía El Retorno – La Libertad a 20 años – Escenario Optimista

EL RETORNO - LA LIBERTAD Cálculo del No. De Ejes Equivalentes de 8.2 Ton Periodo 20 años				
TIPO	**% VEHICULAR**	**No. VEHICULOS**	**FACTOR DE DAÑO**	**EJES EQUIV. 8.2 Ton**
Livianos	93,26%	19.809.431		
Buses	0,31%	64.852	1,000	64.852
Camiones	6,44%	1.367.423		
C2P	2,44%	519.055	1,140	591.723
C2G	3,16%	670.515	3,440	2.306.571
C3	0,59%	125.008	3,760	470.030
C4	0,02%	4.815	3,420	16.467
C5	0,11%	24.015	4,400	105.666
<C5	0,11%	24.015	4,720	113.351
TOTAL DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 Ton				**3.668.660**
FACTOR DIRECCIONAL (Fd):			**53,1% - 46,9%**	
EJES EQUIVALENTES SENTIDO CARRIL MAYOR VOLUMEN (53,1%)				**1.948.058**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES PARA UN PERIODO DE 20 AÑOS = 1.95x10^6 E.E

11 PARÁMETROS DE DISEÑO

11.1 SELECCIÓN CBR DE DISEÑO

A continuación, se describe el criterio de selección de acuerdo al número de ejes equivalentes, con el cual se toma el percentil para la selección del CBR de diseño.

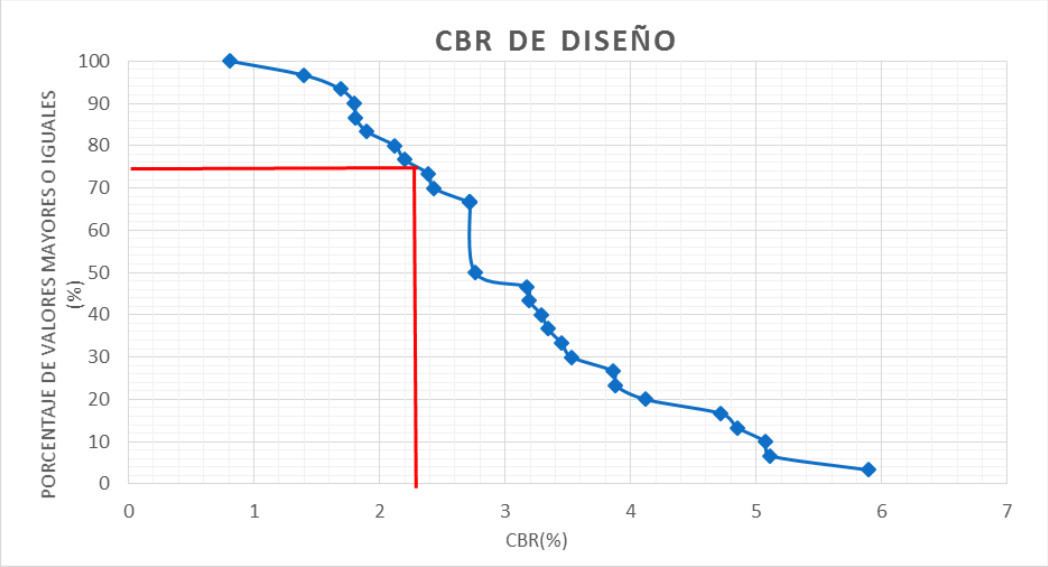
Tabla 11-1. Límites para la selección de resistencia

Numero de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a Seleccionar para hallar la resistencia
$< 10^4$	60
10^4 - 10^6	75
$>10^6$	87.5

Fuente: MS-1. Asphalt Institute, Thickness Dessing, 1981

Como el número de ejes equivalentes para 10 años es de **$0.85x10^6$ E.E.** se debe seleccionar el CBR de diseño utilizando un percentil del 75%, El CBR de diseño se hallan tomando los valores de CBR sumergido de laboratorio, considerado la condición crítica.

Ilustración 11-1. Selección CBR de diseño



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

CBR DISEÑO = 2.3%

11.2 AASHTO 1993 – FLEXIBLE

El pavimento se diseña con base en la metodología AASHTO 1993, tiene como finalidad determinar el espesor de la estructura de pavimento (capa de rodadura, base y subbase granular) para que pueda soportar el paso del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que se han determinado previamente por el estudio de tránsito, (estos ejes equivalentes también se denomina ESALS por sus siglas en inglés) sin que se produzca una disminución en el índice de servicio (PSI) superior a un cierto valor, el cual se calcula a partir de una serie de medidas en el pavimento (regularidad superficial, agrietamiento, baches).

Sin embargo, la buena aplicación del método depende de varios parámetros que se deben definir previamente con la mayor confiabilidad posible para obtener resultados válidos.

11.2.1 CONFIABILIDAD (R)

Está definida como la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. Otra manera de entender la confiabilidad, por ejemplo, es: si se considera una confiabilidad "R" del 80% se estaría permitiendo que el 20% de las losas del pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad igual, a la serviciabilidad final seleccionada en el diseño.

Tabla 11-2. Confiabilidad recomendada por la AASHTO

Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)	
	Urbano	Rural
Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO

Considerando las condiciones de la vía, se selecciona una **confiablidad del 85%.**

11.2.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So)

La desviación estándar es la cantidad de error estadístico presente en la ecuación de diseño de AASHTO resultando de la variación en los diferentes parámetros que intervienen en la formulación, tales como: materiales, calidad de construcción, cuantificación del tráfico, variaciones del soporte en el suelo, etc. Se encuentra asociada al Factor de Seguridad dado que junto con los valores de confiabilidad R componen el Factor de Seguridad utilizado en la formulación. A continuación, se presentan los rangos sugeridos por la AASHTO.

Tabla 11-3. Rangos de la desviación estándar recomendados por la AASHTO

Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34

Fuente: AASHTO

Teniendo en cuenta que se trata de un diseño en pavimento flexible y se debe considerar la varianza del tránsito, **la desviación estándar del diseño es 0.49.**

11.2.3 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO (PSI)

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circula en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero) significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo, la tendencia es poder definirla con parámetros medibles como los son: el índice de perfil, índice de rugosidad internacional, coeficiente de fricción, distancias de frenado, visibilidad, etc. La serviciabilidad inicial es la calificación que tendrá el pavimento inmediatamente después de terminar su construcción. La serviciabilidad final tiene que ver con la calificación que esperamos tenga el pavimento al final de su vida útil. Los índices sugeridos por la AASHTO se presentan en la Tabla 11-4.

Tabla 11-4. Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)

Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Vías principales	4.2	2.5	4.5	2.5
Vías secundarias		2.0		2.0
Condición de falla		1.5		1.5

Fuente: AASHTO

Teniendo en cuenta que se trata de un pavimento flexible en vía principal, **el índice de serviciabilidad inicial y final son, respectivamente, 4.2 y 2.5.**

11.2.4 COEFICIENTE DE DRENAJE (CD)

En cualquier tipo de pavimento, el drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. Es muy importante evitar que exista presencia de agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afectará en gran medida el desempeño del pavimento, debido a la pérdida de soporte causada por el lavado de finos.

Entre los aspectos relevantes para evitar que el agua penetre en la estructura de soporte se encuentran:

- ✓ Mantener perfectamente selladas las juntas del pavimento.
- ✓ Sellar las juntas entre pavimento y acotamiento o cuneta.
- ✓ Colocar barreras rompedoras de capilaridad (en donde se requiera).
- ✓ Utilizar cunetas, bordillos, lavaderos, contracunetas, subdrenajes, etc.
- ✓ Construir o aprovechar los drenajes pluviales en las ciudades.

Tener agua atrapada en la estructura del Pavimento produce efectos nocivos en el mismo, como pueden ser:

- ✓ Reducción de la resistencia de materiales granulares no ligados.
- ✓ Reducción de la resistencia de la subrasante.
- ✓ Expulsión de finos
- ✓ Levantamientos diferenciales de suelos expansivos

Algunos de estos fenómenos se pueden minimizar cuando se utilizan bases estabilizadas con cemento o bases de relleno fluido.

Los valores recomendados para el coeficiente de drenaje se presentan en la Tabla 11-5.

Tabla 11-5. Coeficiente de drenaje (Cd)

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: AASHTO

Sabiendo que el estado del drenaje es malo y el tiempo de exposición supera el 25%, **el coeficiente de drenaje de la base y la subbase es de 0.8.**

11.2.5 MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE (Mr)

Heukelom y Klomp han reportado correlaciones entre los valores CBR del Cuerpo de Ingenieros, usando compactación dinámica y los módulos in situ del suelo. La correlación se da en la siguiente relación:

$$M_R\ (psi) = 1500 * CBR$$

$$M_R\ (psi) = 1500 * 2.3$$

$$M_R\ (psi) = 3450$$

11.2.6 RESUMEN GENERAL VALORES DE DISEÑO

En la Tabla 11-6 se presenta el resumen de los valores para el diseño de pavimentos.

Tabla 11-6. Resumen valores de diseño pavimento flexible AASHTO

PARÁMETRO	VALOR
Confiabilidad del diseño R (%)	85
Desviación Estándar So	0.49
PSI Inicial	4.2
PSI Final	2.5
Número de ejes equivalentes de 8.2 Tn*	850.000
Módulo de la subrasante (psi)	3450*

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

11.2.7 MÓDULOS CAPAS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

El módulo representa la respuesta del material a lo largo del año, el cual se modifica en función de las condiciones ambientales a los cuales está sometido durante ese tiempo. Este valor, por otra parte, cuantifica el daño relativo al cual está sometido un pavimento durante cada época del año, y pondera este daño en una forma global para cualquier momento del año.

11.2.7.1 MÓDULO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

El módulo de la mezcla asfáltica se halla siguiendo la metodología SHELL. A continuación, se presenta a detalle la metodología:

11.2.7.1.1 TEMPERATURA MEDIA ANUAL PONDERARADA DEL AIRE

Con los registros de temperatura media mensual desde 1983 hasta 2017, se calcula la temperatura promedio mensual.

El factor de ponderación se calcula de la siguiente manera:

$$Fp = 10\text{^}((Temperatura\ mensual - 20.348)/17.5683)$$

Los resultados se presentan en la Tabla 11-7

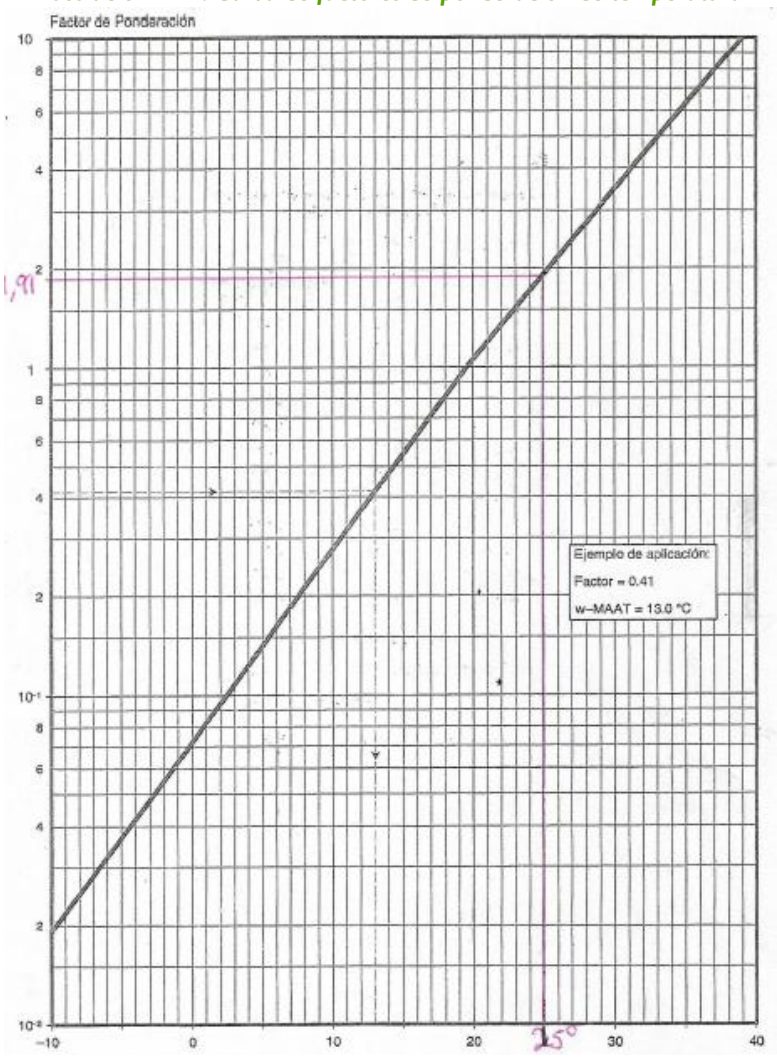
Tabla 11-7. Factores de ponderación.

Mes	Temperatura	Factor de ponderación
Enero	26.2	2.153
Febrero	26.4	2.210
Marzo	26.0	2.098
Abril	25.5	1.965
Mayo	25.0	1.840
Junio	24.4	1.701
Julio	24.1	1.635
Agosto	24.5	1.723
Septiembre	25.1	1.864
Octubre	25.3	1.914
Noviembre	25.4	1.939
Diciembre	25.6	1.990
FACTOR PROMEDIO		**1.919**

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Con el factor de ponderación promedio, se ingresa a la carta para obtener la temperatura promedio media del aire.

Ilustración 11-2. Curva de factores de ponderación de temperatura



Fuente: Manual de diseño Shell

11.2.7.1.2 TIPIFICACIÓN DE LA MEZCLA

Características de rigidez

- Mezclas de tipo S1: Son las mezclas corrientes de cemento asfáltico de alta rigidez con contenidos normales o promedios de agregados, porcentaje de asfalto y contenido de vacíos de aire.

- Mezclas de tipo S2: Son mezclas de baja rigidez, mezclas abiertas que tienen un alto contenido de vacíos con aire y un bajo contenido de asfalto. Dentro de este tipo se consideran también mezclas con un alto contenido de asfalto y un bajo volumen de agregados pétreos, como es el casi de la arena asfalto.

Características de resistencia a la fatiga

- Mezclas de tipo F1: Son mezclas de alta resistencia y cantidades moderadas de vacíos con aire y de asfalto. Mezclas con mayor vida en fatiga.
- Mezclas de tipo F2: Son mezclas de baja resistencia, con altos volúmenes de vacíos con aire. Mezclas con menor vida de fatiga.

Características del cemento asfáltico

- Penetración de 50 (1/10 mm), de consistencia dura, empleados en climas cálidos.
- Penetración de 100 (1/10 mm), de consistencia blanda, empleados en climas fríos.

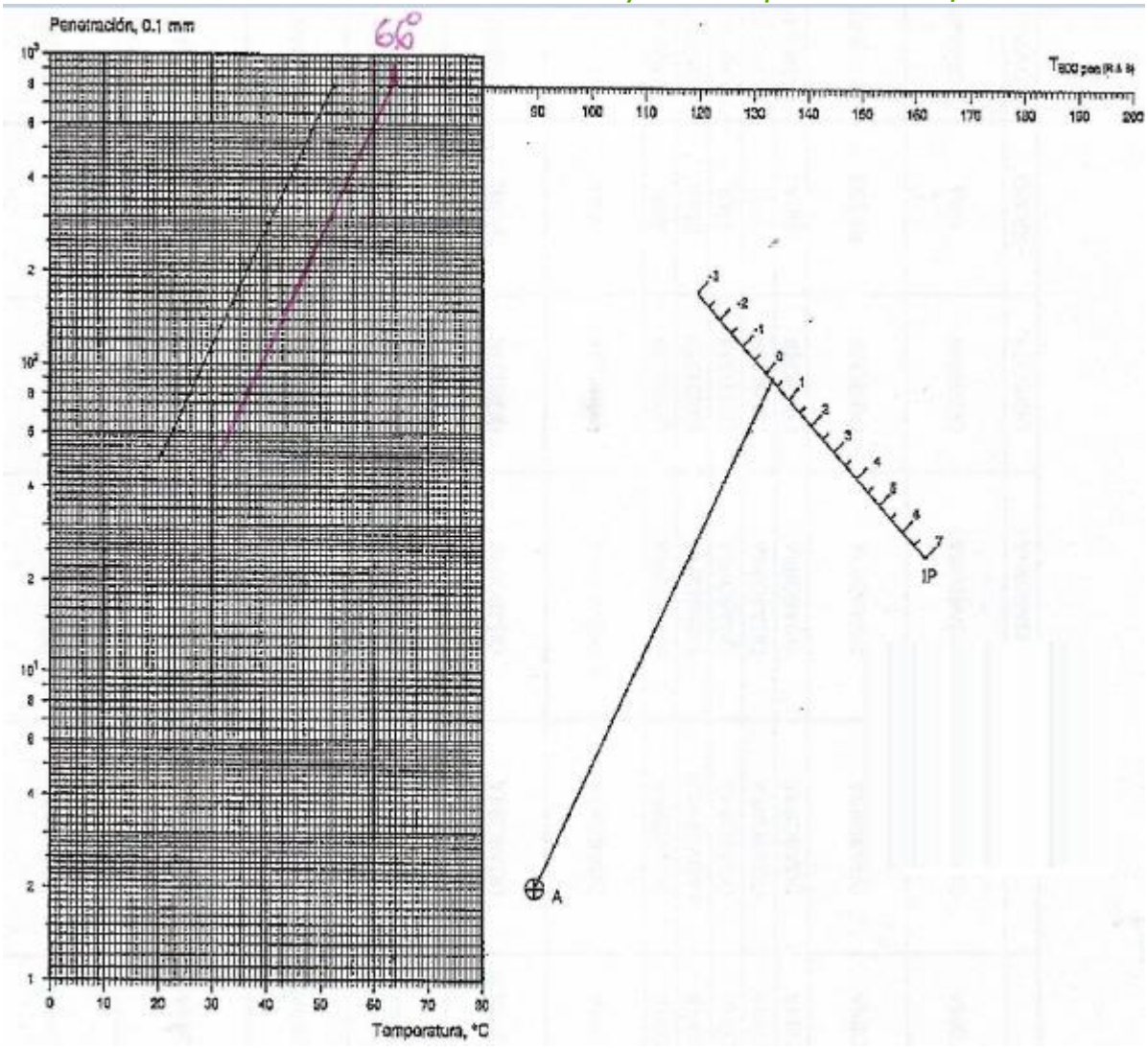
Considerando las características del proyecto, la mezcla asfáltica es del tipo: **S1 – F1 – 50.**

11.2.7.1.3 TEMPERATURA PARA 800 1/10 mm DE PENETRACIÓN (T800) E ÍNDICE DE PENETRACIÓN (IP)

T800 es la temperatura a la cual la penetración es de 800 1/10 mm, y el índice de penetración IP, que es una medida de la susceptibilidad térmica del asfalto. Un valor bajo del índice de penetración índice que el asfalto es susceptible a los cambios de temperatura. El índice de penetración para los asfaltos utilizados en pavimentos varía de -1 a +0.5. El índice de penetración se determina haciendo pasar una paralela de la línea definida por las temperaturas y las penetraciones del punto A y seleccionando en la escala del índice de penetración (IP) el valor correspondiente.

El índice de penetración de la mezcla es de 0.3 y la temperatura T800 es de 66° C.

Ilustración 11-3. Determinación del T800 y el índice de penetración del asfalto.

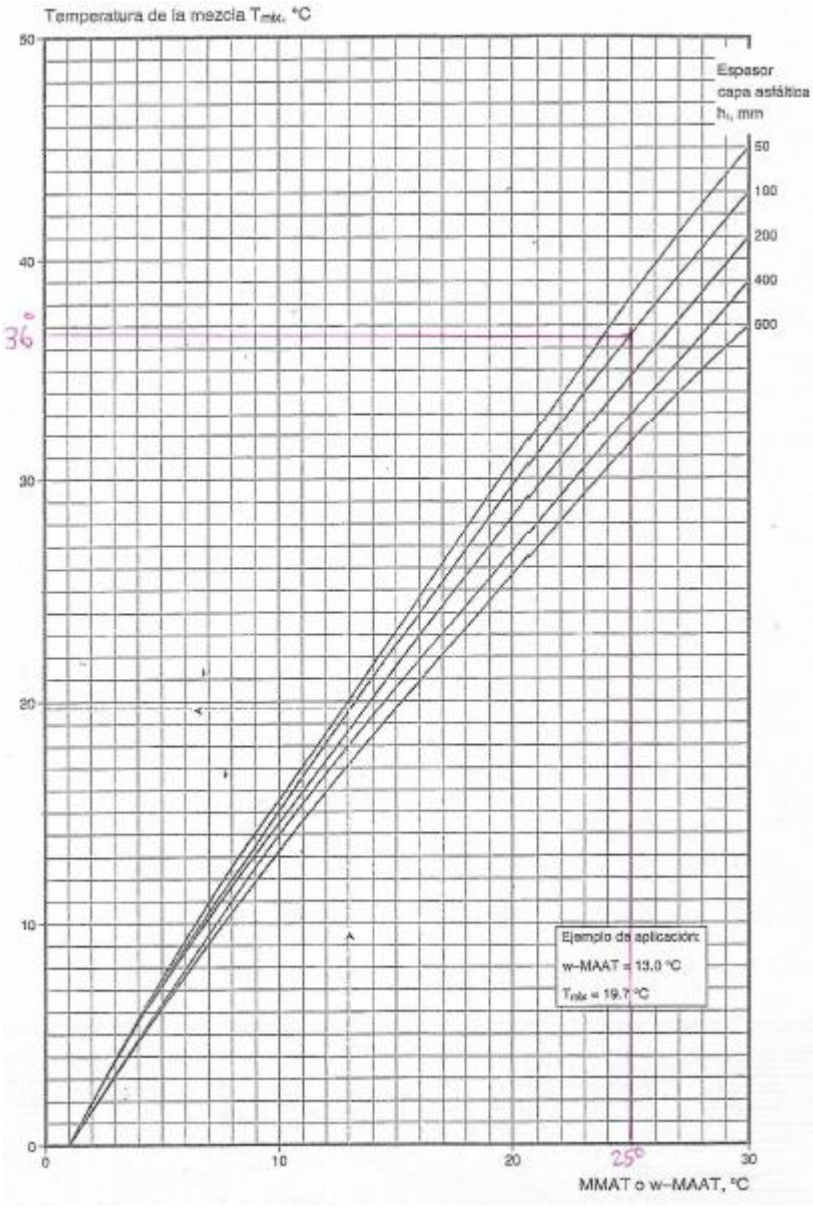


Fuente: Manual de diseño Shell

11.2.7.1.4 TEMPERATURA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

La temperatura de la mezcla asfáltica Tmix se halla con la carta presentada en la Ilustración 11-4, donde se entra con la temperatura media del aire (calculada previamente) y asumiendo un espesor de carpeta, que para este caso es de 100 mm. Se obtiene un Tmix de 36° C.

Ilustración 11-4. Cálculo de temperatura de la mezcla asfáltica.

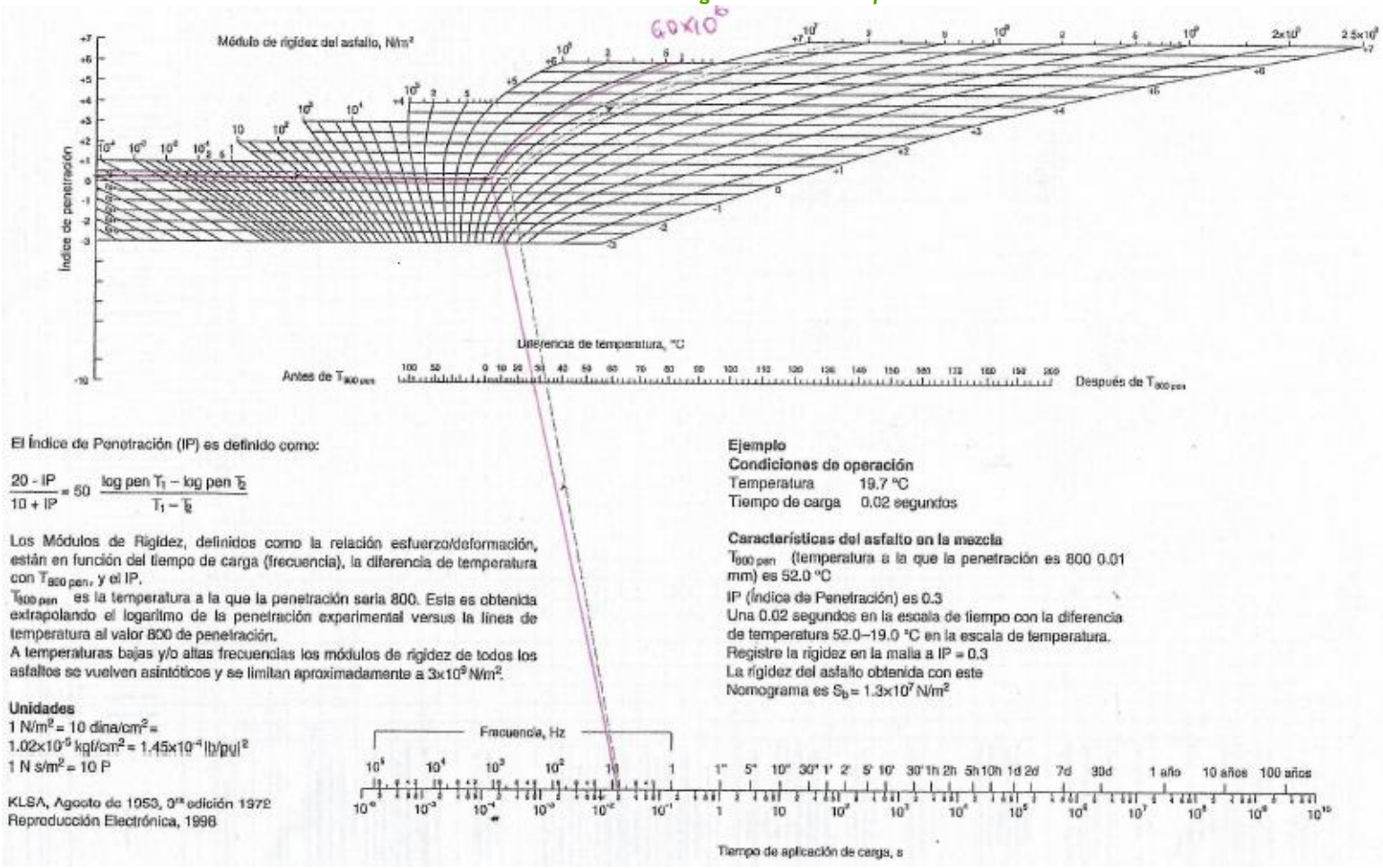


Fuente: Manual de diseño Shell

11.2.7.1.5 MÓDULO DE RIGIDEZ DEL ASFALTO

Con ayuda del nomograma de Van der Poel es posible obtener el módulo de rigidez de la mezcla.

Ilustración 11-5. Nomograma de Van der poel



El Índice de Penetración (IP) es definido como:

$$\frac{20 - IP}{10 + IP} = 50\,\frac{\log pen\ T_1 - \log pen\ T_2}{T_1 - T_2}$$

Los Módulos de Rigidez, definidos como la relación esfuerzo/deformación, están en función del tiempo de carga (frecuencia), la diferencia de temperatura con $T_{800\,pen}$, y el IP.

$T_{800\,pen}$ es la temperatura a la que la penetración sería 800. Esta es obtenida extrapolando el logaritmo de la penetración experimental versus la línea de temperatura al valor 800 de penetración.

A temperaturas bajas y/o altas frecuencias los módulos de rigidez de todos los asfaltos se vuelven asintóticos y se limitan aproximadamente a 3×10^9 N/m².

Unidades

1 N/m² = 10 dina/cm² =
1.02×10^{-5} kgf/cm² = 1.45×10^{-4} lb/pul²
1 N s/m² = 10 P

KLSA, Agosto de 1953, 3ra edición 1972
Reproducción Electrónica, 1998

Ejemplo

Condiciones de operación

Temperatura 19.7 °C
Tiempo de carga 0.02 segundos

Características del asfalto en la mezcla

$T_{800\,pen}$ (temperatura a la que la penetración es 800 0.01 mm) es 52.0 °C
IP (Índice de Penetración) es 0.3
Una 0.02 segundos en la escala de tiempo con la diferencia de temperatura 52.0–19.0 °C en la escala de temperatura.
Registre la rigidez en la malla a IP = 0.3
La rigidez del asfalto obtenida con este Nomograma es $S_b = 1.3\times10^7$ N/m²

Fuente: Manual de diseño Shell

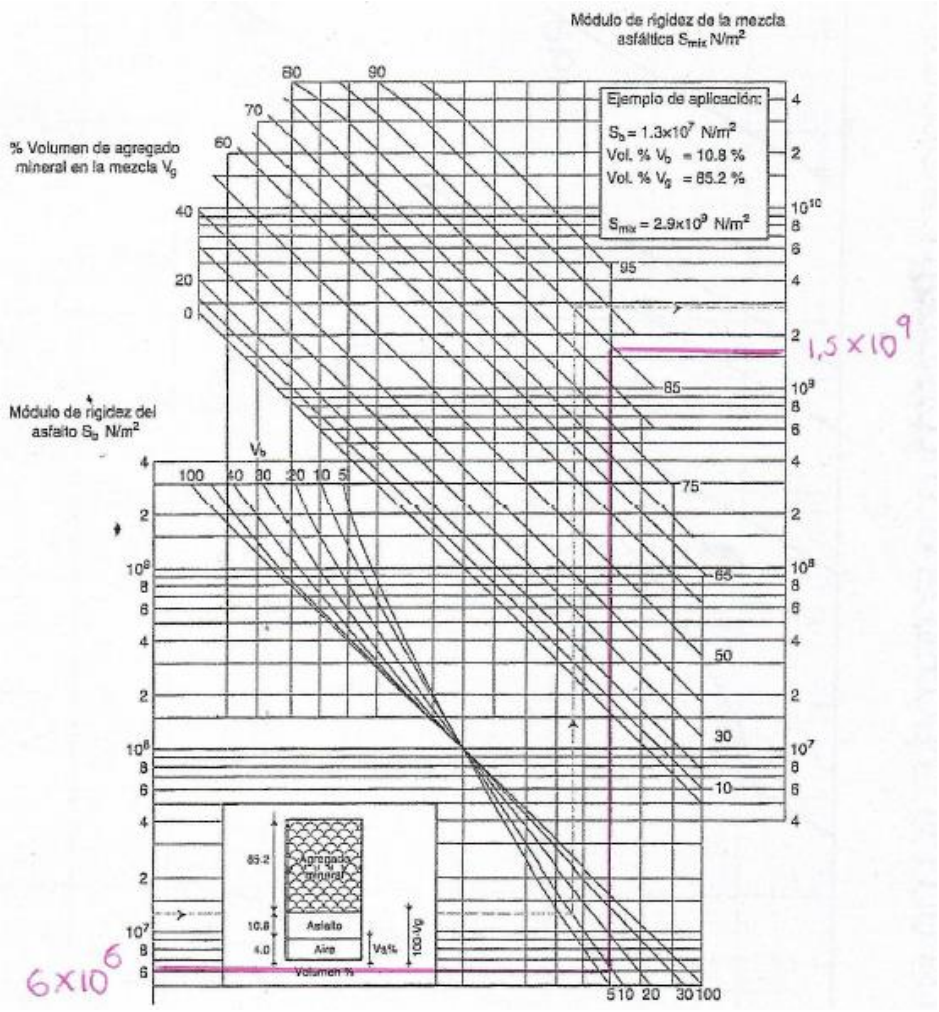
Basado en las recomendaciones de la metodología Shell, se toma un tiempo de carga de 0.02 s y una frecuencia de 10 Hz.

La diferencia de temperatura se obtiene al restar la temperatura T800 (66° C) y la temperatura de la mezcla Tmix (36° C). El índice de penetración es 0.3 y el módulo de la mezcla es $6.0x10^6 \frac{N}{m^2}$

11.2.7.1.6 MÓDULO DE RIGIDEZ DE LA MEZCLA

Con los datos del módulo dinámico del asfalto, del volumen del asfalto en la mezcla (10%) y volumen de agregados de la mezcla (85%), se determina el módulo de rigidez de la mezcla, como se observa en la Ilustración 11-6. Se obtiene un valor de $1.5x10^9 \frac{N}{m^2}$ o 1500 MPa.

Ilustración 11-6. Módulo de rigidez de la mezcla asfáltica



Fuente: Manual de diseño Shell

11.2.7.2 MÓDULO DE LOS AGREGADOS

Para los módulos de los agregados pétreos es necesario consultor bibliografía que brinde valores típicos de los mismos. En la Tabla 11-8 se presentan lo valores generales del módulo para diferentes materiales.

Tabla 11-8. Valores típicos de los módulos de capas de pavimentos asfálticos

MATERIAL	RANGO GENERAL (MPa)	VALOR TÍPICO (MPa)
Concreto asfáltico(*)	1,000-4,000	2,500
Base estabilizada con asfalto(*)	700-3,500	1,700
Grava cemento	2,000-7,000	4,000
Suelo cemento	350-700	500
Suelo cal	200-400	300
Base granular	140-280	210
Subbase granular	70-140	100
Subrasante granular	50-140	80
Subrasante fina	20-50	35

(*)Los módulos de las capas asfálticas son altamente dependientes de la temperatura y de la frecuencia de aplicación de la carga. Los valores indicados corresponden a temperaturas entre 20 °C y 30 °C y a las velocidades corrientes de circulación de los vehículos pesados en las carreteras colombianas.

Fuente: INVIAS, 2008, Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfalticos de Carreteras

Evaluando el rango y los valores típicos, se seleccionan los siguientes valores de diseño:

Tabla 11-9. Valores de módulo de las capas de pavimento

MATERIAL	MÓDULO DE DISEÑO SELECCIONADO (	
	MPa	psi
Concreto asfáltico	1500	217.556
Base granular	210	30.458
Subbase granular	105	15.229

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

11.2.8 COEFICIENTE DE CAPA a

El coeficiente de capa a_i expresa la relación empírica entre el SN (número estructural) y el espesor y es una medida de la habilidad relativa del material para funcionar como un componente estructural del pavimento.

Con base en las recomendaciones de la AASHTO, a continuación, se presenta el cálculo del coeficiente de cada capa de la estructura del pavimento.

- Coeficiente estructural (concreto asfáltico):

$$a = 0.40 * \log\left(\frac{E_{CA}}{435\ ksi}\right) + 0.44$$

$$a = 0.40 * \log\left(\frac{217.556\ ksi}{435\ ksi}\right) + 0.44$$

$$a1 = 0.32$$

- Coeficiente estructural (base granular):

$$a = 0.25 * \log\left(\frac{E_{BG}}{23\ ksi}\right) + 0.11$$

$$a = 0.25 * \log\left(\frac{30.457\ ksi}{23\ ksi}\right) + 0.11$$

$$a = 0.14$$

- Coeficiente estructural (subbase granular):

$$a = 0.23 * \log\left(\frac{E_{BG}}{23\ ksi}\right) + 0.15$$

$$a = 0.23 * \log\left(\frac{15.229\ ksi}{435\ ksi}\right) + 0.15$$

$$a = 0.11$$

En resumen, se tiene:

Tabla 11-10. Coeficiente estructural de cada capa del pavimento

Capa	Coeficiente estructural a
Concreto asfáltico	0.32
Base granular	0.14
Subbase granular	0.11

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

11.3 MÉTODO DE DISEÑO DEL INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS – PAVIMENTO FLEXIBLE

La metodología de fundamentó en una combinación de métodos existentes, en la experiencia, en la teoría de comportamiento estructural y los materiales disponibles.

Se basa en la ecuación AASHTO 1993 para el diseño de pavimentos flexibles, donde estipula las siguientes variables:

Tabla 11-11. Valores de diseño metodología INVIAS.

PARÁMETRO	VALOR
Confiabilidad del diseño R (%)	90
Desviación Estándar So	0.44
PSI Inicial	4.2
PSI Final	2.2

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medias y altos volúmenes de tránsito.

Para la determinación de espesores se establecieron los siguientes coeficientes estructurales (a) para los diferentes materiales teniendo en cuenta las características mecánicas de los mismos.

Tabla 11-12. Valores de coeficientes estructurales a metodología INVIAS

MEZCLA DENSA EN CALIENTE	MDC a_i = 0.44 MDC a_i = 0.37 MDC a_i = 0.30	TMAP < 13 °C 13 °C ≤ TMAP < 20 °C 20 °C ≤ TMAP ≤ 30 °C
MEZCLA DENSA EN FRÍO	MDF a_i = 0.8 × 0.44 MDF a_i = 0.8 × 0.37 MDF a_i = 0.8 × 0.33	TMAP < 13 °C 13 °C ≤ TMAP < 20 °C 20 °C ≤ TMAP ≤ 30 °C
BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	BEE–1 a_i = 0.20 BEE–2 a_i = 0.20 BEE–3 a_i = 0.14	Agregado grueso Agregado medio Suelo
BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	BEC–1 a_i = 0.16 BEC–2 a_i = 0.14 BEC–3 a_i = 0.13	A–1–a; A–1–b A–3; A–2–4; A–2–5 A–2-6; A–2–7; A–4 A–5; A–6; A–7
BASE GRANULAR	BG–1, BG–2 a_i = 0.14	
SUBBASE GRANULAR	SBG–1, SBG–2 a_i = 0.12	

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medias y altos volúmenes de tránsito.

Los valores de coeficiente de drenaje m utilizados para las capas granulares se determinan de acuerdo con los niveles de precipitación y la calidad de drenaje, considerando que le pavimento estará a niveles humedad próximos a la saturación por lapsos cercanos al 15% del tiempo de exposición.

Tabla 11-13. Valores de coeficiente de drenaje metodología INVIAS

PRECIPITACIÓN (mm/año)	COEFICIENTE DE DRENAJE (m_i)
< 2000	1.00
2000 – 4000	0.90
> 4000	0.80

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medias y altos volúmenes de tránsito

Con base en la información presentada en el VOLUMEN VII ESTUDIO DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACION, la temperatura media anual promedio es de 25° C y la precipitación anual es de 2900 mm/año, por consiguiente, por ende, los coeficientes estructurales y los coeficientes de drenaje son:

Tabla 11-14. Coeficiente estructural – método INVIAS.

Capa	Coeficiente estructural a	Coeficiente de drenaje m
Concreto asfáltico	0.30	1.0
Base granular	0.14	0.9
Subbase granular	0.12	0.9

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

De acuerdo a las condiciones del proyecto, el método INVIAS evalúa las siguientes variables:

11.3.1 RANGOS DE TRÁNSITOS CONSIDERADOS

La designación del tránsito depende del número de ejes equivalentes 8.2 toneladas que circularán por el carril de diseño. En la Tabla 11-15 se presenta la designación del manual. Sabiendo que el número de ejes es 850.000, se selecciona un tránsito T1

Tabla 11-15. Designación del tránsito método INVIAS.

DESIGNACIÓN	RANGOS DE TRÁNSITO ACUMULADO POR CARRIL DE DISEÑO
T1	$0.5 - 1\times10^6$
T2	$1 - 2\times10^6$
T3	$2 - 4\times10^6$
T4	$4 - 6\times10^6$
T5	$6 - 10\times10^6$
T6	$10 - 15\times10^6$
T7	$15 - 20\times10^6$
T8	$20 - 30\times10^6$
T9	$30 - 40\times10^6$

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medias y altos volúmenes de tránsito

11.3.2 REGIONES CLIMÁTICAS

Con base en las temperaturas y precipitaciones, el país se ha dividido en seis regiones climáticas, con el fin de que la variable clima se involucre en forma apropiada en el diseño de pavimentos.

Tabla 11-16. Regiones climáticas según la temperatura y precipitación.

N.°	REGIÓN	TEMPERATURA TMAP (°C)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	< 13	< 2000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13 – 20	< 2000
R3	Cálido seco y Cálido semihúmedo	20 – 30	< 2000
R4	Templado húmedo	13 – 20	2000 – 4000
R5	Cálido húmedo	20 – 30	2000 – 4000
R6	Cálido muy húmedo	20 – 30	> 4000

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medias y altos volúmenes de tránsito

El proyecto corresponde a la región No. 5 Cálido húmedo donde la temperatura anual se encuentra entre 20 a 30° C y la precipitación oscila entre 2000 y 4000 mm de lluvia al año.

11.4 MÉTODO RACIONAL – WINDEPAV – FLEXIBLE

La estructura de pavimento diseñada por el método AASHTO se debe chequear por el método racional con el propósito de verificar las deformaciones admisibles de tracción en la carpeta asfáltica y la deformación vertical admisible de compresión sobre la subrasante.

- Control de fatiga: La deformación radial de tracción actuante ϵ_r debe ser menor a la deformación admisible $\epsilon_{r\,adm}$.

$$\epsilon_r < \epsilon_{r\,adm}$$

- Control de la deformación o ahuellamiento: La deformación vertical de compresión ϵ_z presente sobre la capa de subrasante deberá ser menor a la deformación vertical de compresión admisible $\epsilon_{z\,adm}$.

$$\epsilon_z < \epsilon_{z\,adm}$$

11.4.1 CRITERIO SHELL PARA DETERMINAR LA DEFORMACIÓN RADIAL ADMISIBLE DE TRACCIÓN EN LA BASE DE LA CARPETA ASFÁLTICA

La ley de fatiga de la Shell se expresa de la siguiente manera:

$$\in_{r\ adm} = (0.856 * V_b + 1.08) * E_1^{-0.36} * (\frac{N}{K})^{-0.20}$$

Donde:

$\in_{r\ adm}$:. Deformación de tracción de la carpeta asfáltica

V_b: $Porcentaje\ en\ volumen\ de\ asfalto\ de\ la\ mezcla, \%$.

E_1: $Módulo\ dinámico\ de\ la\ mezcla\ asfáltica\ (\frac{N}{m^2})$

N: $Tránsito\ de\ diseño\ expresado\ en\ ejes\ equivalentes\ de\ 80\ kN$.

K: $Coeficiente\ de\ Calage\ (k1 * k2 * k3)$.

El coeficiente de Calage relaciona el número de aplicaciones de carga de diseño y el número de aplicaciones de carga en un ensayo de laboratorio. El factor considera principalmente variaciones laterales de las cargas de tránsito, condiciones de temperatura de trabajo de la mezcla y diferentes estados de tensiones.

Tabla 11-17. Coeficiente de Calage

Autorreparación de fisuras pequeñas	K_1	Mezclas abiertas con bajos porcentajes de asfalto 2.0	Mezclas densas con altos porcentajes de asfalto 10.0
Distribución lateral de cargas	K_2	2.5	
Diferentes temperaturas de trabajo de la mezcla por día por año	K_3	Espesores pequeños Temperaturas bajas 1.00	Espesores altos Temperaturas altas 0.33

Fuente: Universidad del Cauca.

Los valores para calcular las deformación admisible de la carpeta asfática se calcula según recomendaciones de la Universidad del Cauca, estos son:

Tabla 11-18. Valores para calcular la deformación admisible de la carpeta asfáltica.

Parámetro	Valor
Vb, porcentaje de asfalto de la mezcla (%)	10
E, Módulo de la mezcla asfáltica (N/m2)	1.499´927.118
N, número de ejes equivalentes	850.000

Parámetro	Valor
K1, autorepración de fisuras	10
K2, distribución lateral de cargas	2.5
K3, diferentes temperaturas de trabajo	0.33

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$\in_{r\ adm} = (0.856 * 10\% + 1.08) * (1.499'927.118 \frac{N}{m2})_1^{-0.36} * (\frac{850.000}{10 * 2.5 * 0.33})^{-0.20}$$

$$\in_{r\ adm} = \mathbf{4.76\ x\ 10^{-4}}$$

11.4.2 CRITERIO SHELL PARA DETERMINAR LA DEFORMACIÓN VERTICAL ADMISIBLE DE COMPRESIÓN SOBRE LA SUBRASANTE.

El criterio de deformación admisible sobre la subrasante está en función del nivel de confiabilidad, y sus expresiones de cálculo para diferentes niveles de confianza son las siguientes:

- Para un nivel de confianza del 50%:

$$\in_{z\ adm} = 2.80x10^{-2} * N^{-0.25}$$

- Para un nivel de confianza del 85%:

$$\in_{z\ adm} = 2.10x10^{-2} * N^{-0.25}$$

- Para un nivel de confianza del 95%:

$$\in_{z\ adm} = 1.80x10^{-2} * N^{-0.25}$$

Donde;

$\in_{z\ adm}$: $Deformación\ vertical\ admisible\ de\ la\ subrasante.$

N: $Tránsito\ de\ diseño\ expresado\ en\ ejes\ equivalentes\ de\ 80\ kN.$

Sabiendo que la confiabilidad, se reemplazan los valores en la ecuación correspondiente:

$$\epsilon_{z\,adm} = 2.10x10^{-2} * 850.000^{-0.25}$$

$$\epsilon_{z\,adm} = \mathbf{6.92x10^{-4}}$$

11.4.3 VERIFICACIÓN DE LAS DEFORMACIONES ADMISIBLES MEDIANTE EL PROGRAMA WINDEDEPAV 2.60.

Mediante el programa WINDEPAV desarrollado por el ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela es posible calcular las deformaciones actuantes de la carpeta asfáltica y la subrasante del diseño de pavimentos propuesto, verificando así si cumple o no con las deformaciones admisibles calculadas previamente.

Para la modelación en el programa es necesario conocer el coeficiente de Poisson y el módulo de las capas del pavimento.

Ilustración 11-7. Valores típicos del coeficiente de Poisson

Material	Rango	Típico
Concreto hidráulico	0,10-0,20	0.15
Concreto asfáltico	0,15-0,45	0.35
Base tratada con asfalto	0,15-0,45	0.35
Base tratada con cemento		
Suelo granular	0,10-0,20	0.15
Suelo fino	0,15-0,35	0.25
Concreto pobre	0,10-0,20	0.15
Base y subbase granular	0,30-0,40	0.35
Suelo de subrasante	0,30-0,50	0.40

Fuente: Curso Básico de Diseño de Pavimentos Parte 1 - Fernando Sánchez Sabogal

De acuerdo con los valores típicos presentados en la Ilustración 11-7 y los valores de módulo asumidos en la numeral 11.2.7 del presente informe, los valores de modelación son:

Tabla 11-19. Valores para la modelación en programa WINDEPAV.

MATERIAL	MÓDULO DE DISEÑO SELECCIONADO (		Coeficiente de Poisson
	MPa	Kg/cm2	
Concreto asfáltico	1500	15295	0.35
Base granular	210	2141	0.35
Subbase granular	105	1070	0.35
Subrasante			0.4

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

11.5 MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN CONCRETO DEL INVÍAS

La Asociación Internacional Permanente de Congresos de Rutas -AIPCR- desarrolló en los años 1980 una guía para seleccionar el tipo de pavimento según las condiciones bajo las cuales se desea construir. En el año 2005 se realizó la última actualización del manual.

Las variables contempladas en el manual son:

11.5.1 TRÁNSITO Y PERIODO DE DISEÑO

Las categorías de tránsito que se tuvieron en cuenta para los diseños de los pavimentos se indican en la Tabla 11-20, la cual se obtuvo a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1.000 camiones, en diferentes estaciones de peaje en el país, afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO.

Tabla 11-20. Categorías de tránsito para la selección de espesores.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T_O	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1,000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1,001 a 2,500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2,501 a 5,000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5,001 a 10,000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10,001	25'000.000 a 100'000.000

Fuente: Manual INVIAS para el diseño de pavimento rígido.

Se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección.

Sabiendo que la cantidad de ejes equivalentes de 8.2 toneladas es de 1.950.000, el proyecto se clasifica en la categoría de tránsito T2.

11.5.2 SUBRASANTE

Se contemplan cinco clases de suelo tal y como se indica en la Tabla 11-21, en la cual, la clasificación se hace con base en la Relación de Soporte de California del suelo –CBR evaluada según la Norma INVE-148-07, estos valores se correlacionaron con el Módulo de Reacción de la subrasante -k- que es el parámetro usado en las ecuaciones de diseño.

Tabla 11-21. Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia.

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1,000
S4	20 - 10	1,000 – 2,000
S5	> 20	> 2,000

Fuente: Manual INVIAS para el diseño de pavimento rígido.

11.5.3 MATERIAL DE SOPORTE DEL PAVIMENTO

Se consideran tres tipos de soporte para el pavimento, como se indica en la Tabla 11-22, el suelo natural, las bases granulares y las bases estabilizadas con cemento, de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante.

Tabla 11-22. Clasificación de los materiales de soporte para pavimento de concreto.

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Fuente: Manual INVIAS para el diseño de pavimento rígido.

11.5.4 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS

Para los diseños de los pavimentos se escogieron 4 calidades de concreto según lo indicado en la Tabla 11-23, las resistencias a la flexo tracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo Resistencia a la flexión del concreto. Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz.

Tabla 11-23. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: Manual INVIAS para el diseño de pavimento rígido.

Se considera un módulo de resistencia la flexión de 40 Kg/cm2 que corresponde a MR2.

11.5.5 TRANSFERENCIA DE CARGAS ENTRE LOSAS Y CONFINAMIENTO LATERAL

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos

laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes, en el manual se identificaran con las siglas indicadas en la Tabla 11-24.

Tabla 11-24. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral.

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Fuente: Manual INVIAS para el diseño de pavimento rígido.

El proyecto considera dovelas y bermas.

11.5.6 RESUMEN VARIABLES DE DISEÑO

En la Tabla 11-25 se presenta el resumen general

Tabla 11-25. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	**T0** (EALS <1x10^6)	**D y B** (Dovelas y Bermas)	**SN** (Subrasante)	**MR1**=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	**T1** (1x10^6 EALS <1,5x10^6)	**D y No B** (Dovelas y No Bermas)	**BG** (15 cm BG)	**MR2**=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	**T2** (1,5x10^6 EALS <5x10^6)	**No D y B** (No Dovelas y Bermas)	**BEC** (15 cm BEC)	**MR3**=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	**T3** (5x10^6 EALS <9x10^6)	**No D y No B** (No Dovelas y No Bermas)		**MR4**=45 Mpa
S5 (CBR>20)	**T4** (9x10^6 EALS <17x10^6)			
	T5 (17x10^6 EALS <25x10^6)			
	T6 (25x10^6 EALS <100x10^6)			

Fuente: Manual INVIAS para el diseño de pavimento rígido.

11.6 MÉTODO AASHTO 1993 – RÍGIDO

El método AASHTO tiene como finalidad determinar el espesor de la placa de pavimento de concreto para que pueda soportar el paso del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que se han determinado previamente por el estudio de tránsito, (estos ejes equivalentes también se denomina ESALS por sus siglas en inglés) sin que se produzca una disminución en el índice de servicio (PSI) superior a un cierto valor, el cual se calcula a partir de una serie de medidas en el pavimento (regularidad superficial, agrietamiento, baches).

Sin embargo, la buena aplicación del método depende de varios parámetros que se deben definir previamente con la mayor confiabilidad posible para obtener resultados válidos.

11.6.1 CONFIABILIDAD (R)

Está definida como la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. Otra manera de entender la confiabilidad, por ejemplo, es: si se considera una confiabilidad "R" del 80% se estaría permitiendo que el 20% de

las losas del pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad igual a la serviciabilidad final seleccionada en el diseño.

Tabla 11-26. Confiabilidad recomendada por la AASHTO

Clasificación funcional	Confiabilidad recomendada (R: Reliability)	
	Urbano	Rural
Interestatales y otras autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO

Considerando las condiciones de la vía, se selecciona una **confiablidad del 85%.**

11.6.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (So)

La desviación estándar es la cantidad de error estadístico presente en la ecuación de diseño de AASHTO resultando de la variación en los diferentes parámetros que intervienen en la formulación, tales como: materiales, calidad de construcción, cuantificación del tráfico, variaciones del soporte en el suelo, etc. Se encuentra asociada al Factor de Seguridad dado que junto con los valores de confiabilidad R componen el Factor de Seguridad utilizado en la formulación. A continuación, se presentan los rangos sugeridos por la AASHTO.

Tabla 11-27. Rangos de la desviación estándar recomendados por la AASHTO

Tipo de pavimento	Rango para la desviación estándar total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Flexible	0.40 – 0.50	0.49	0.44
Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34

Fuente: AASHTO

Teniendo en cuenta que se trata de un diseño en pavimento rígido y se debe considerar la varianza del tránsito, **la desviación estándar del diseño es 0.39.**

11.6.3 MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO (MR)

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) o Módulo de Rotura (MR) normalmente especificada a los 28 días.

El módulo de rotura se mide mediante ensayos de vigas de concreto aplicándoles cargas en los tercios de su claro de apoyo. Esta prueba está normalizada por la ASTM C78. Este valor puede varía entre 3,8 y 4,5 MPa para los concretos en Colombia y se puede determinar según la importancia de la vía y la facilidad para su producción.

Se selecciona un valor de 4.0 MPa correspondiente a 580 psi.

11.6.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec)

El Módulo de Elasticidad del concreto está íntimamente relacionado con su Módulo de Ruptura y se determina mediante la norma ASTM C469. Existen varios criterios con los que se puede estimar el Módulo de Elasticidad a partir del Módulo de Rotura o la resistencia a compresión f'c.

Se selecciona un valor de 3.500.000 psi.

11.6.5 COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J)

La efectividad de la transferencia de carga entre losas adyacentes depende de varios factores:

- ✓ Cantidad de tráfico.
- ✓ Utilización de pasajuntas.
- ✓ Soporte lateral de las losas.

Mientras más efectiva sea la transferencia de carga entre losas mejor será el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida útil. Una manera de transferir la carga de una losa a otra es mediante la trabazón de agregados que se genera en la grieta debajo del corte de la junta, sin embargo, esta forma de transferir carga solamente se recomienda para vías con tráfico ligero. A continuación, se presentan los rangos para los coeficientes de transferencia de cargas recomendados en la metodología.

Tabla 11-28. Coeficiente de transferencia de cargas (J)

Tipo de berma	Concreto asfáltico		Anclada y de concreto de cemento Pórtland	
Dispositivos de transmisión de carga	Sí	No	Sí	No
Pavimentos con juntas Concreto simple o concreto reforzado	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Pavimento de concreto continuamente reforzado	2.9 – 3.2	NA	2.3 – 2.9	NA

Fuente: AASHTO

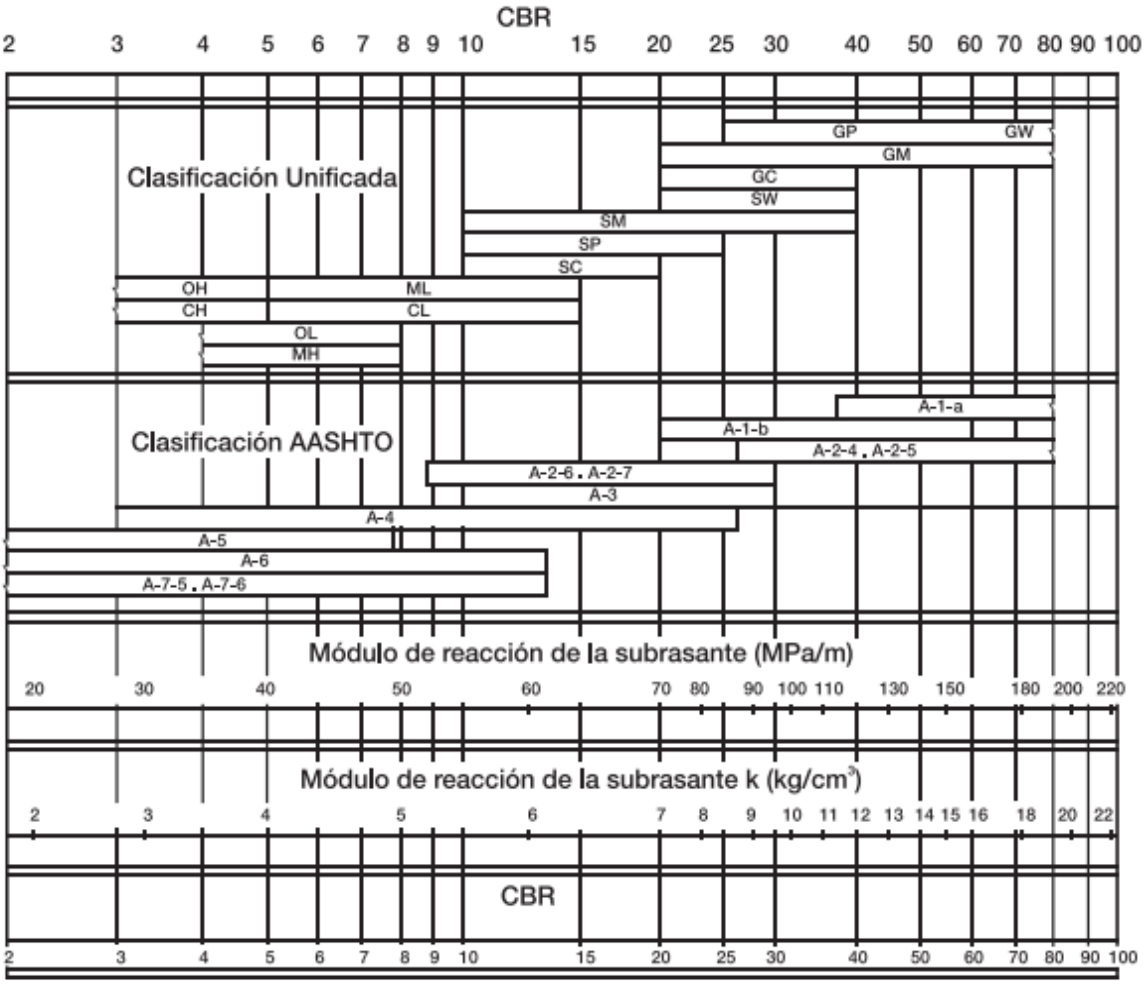
Considerando que se trata de un pavimento de concreto reforzado continuamente anclada y de cemento portland, **se toma un coeficiente de transmisión de cargas de 2.6.**

11.6.6 MÓDULO DE REACCIÓN DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE (K)

La capacidad del material en donde será cimentada la losa de concreto para el diseño de pavimento en concreto hidráulico, es definida mediante el módulo de reacción de soporte, determinado a partir del ensayo de placa, el cual tiene por objetivo determinar la presión que hay que ejercer sobre el suelo para que se presente una deformación de 13 mm (en el caso de los pavimentos). Este módulo de reacción se encuentra en función tanto de la calidad de la subrasante como del aporte que ofrezca la capa de base de la losa.

Sin embargo y reconociendo que la etapa de exploración geotécnica para pavimentos valora la capacidad de soporte del subsuelo (subrasante) mediante ensayos de CBR, se opta por correlaciones en búsqueda de definir el Módulo de reacción de la subrasante; dentro de las correlaciones establecidas por la AASHTO se encuentra la siguiente:

Ilustración 11-8. Relación CBR y módulo de reacción de la subrasante



Fuente: AASHTO

El módulo de reacción de la subrasante es de 20 MPa/m o 72.5 psi/in.

11.6.6.1 MÓDULO EFECTIVO DE LA SUBRASANTE Eef

El módulo de reacción de la superficie en que se apoya el pavimento de concreto, es el valor de la capacidad soporte del suelo, la cual depende del módulo resiliente de la subrasante (M_r), así como el módulo de elasticidad de la subbase (E_{sb}).

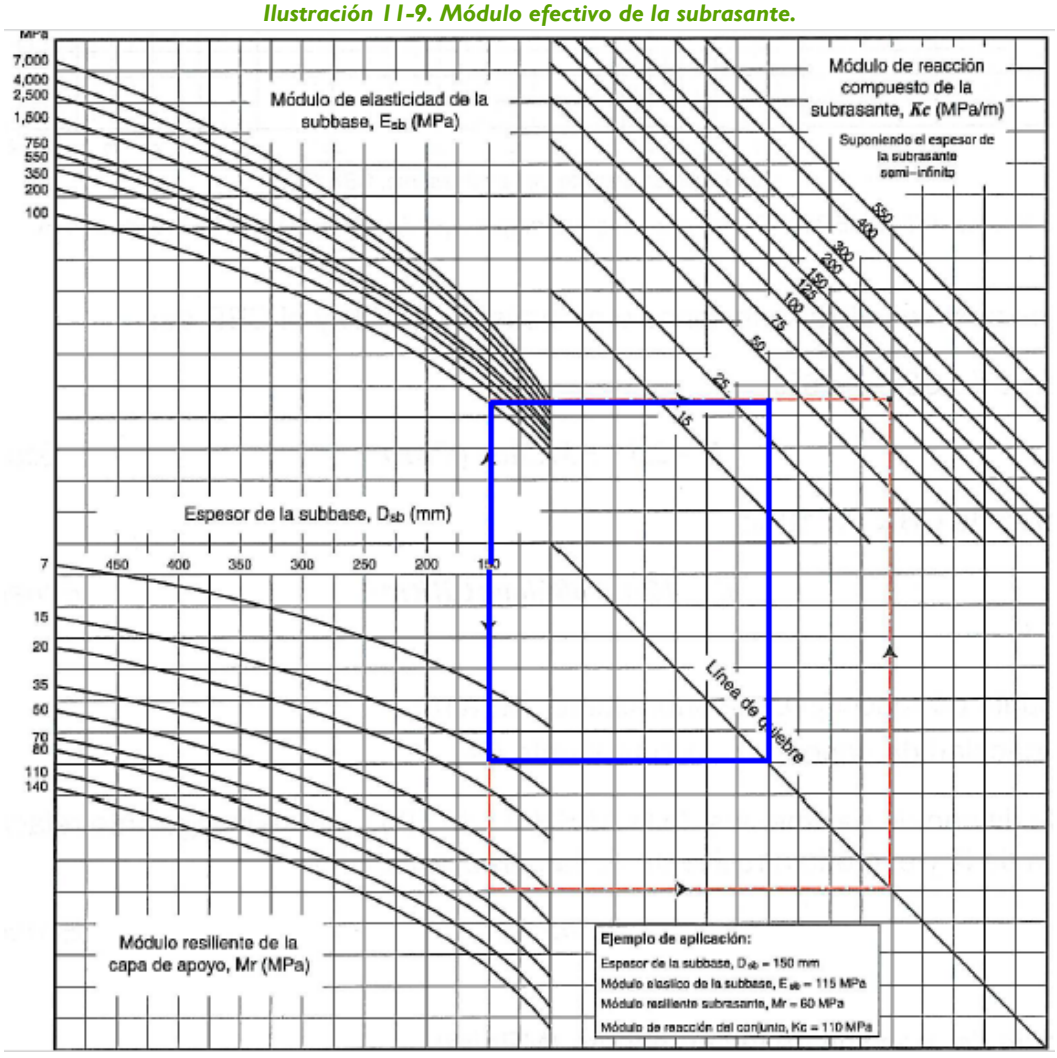
Tabla 11-29. Parámetros para hallar el módulo efectivo de la subrasante.

PARÁMETRO	VALOR
Módulo de elasticidad de la subbase (MPa)	105.0
Espesor de la subbase (cm)	15
Módulo resiliente de la capa de apoyo, Mr (MPa)	23.4

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Se obtiene un módulo de 35 MPa/m o 128 psi/in.

Ilustración 11-9. Módulo efectivo de la subrasante.



Fuente: AASHTO

11.6.6.2 PÉRDIDA DE SOPORTE

Este parámetro índico la pérdida de apoyo potencial de las losas, debido a la erosionabilidad de la subbase o a los asentamientos diferenciales de la subrasante, y aunque no aparece de forma explícita en la fórmula de diseño, si interviene de forma directa a través de una reducción del módulo de reacción efectivo de la superficie en las que se apoya la losa.

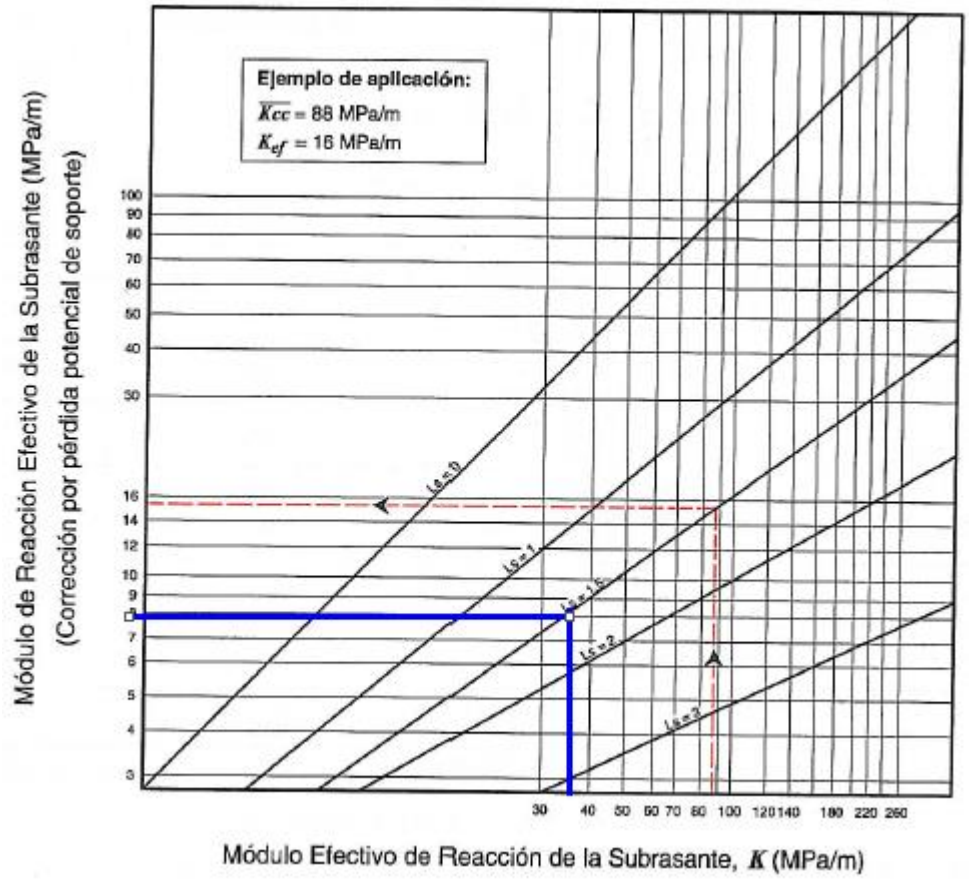
Ilustración 11-10. Factor de pérdida de soporte

TIPO DE BASE O SUBBASE	FACTOR DE PÉRDIDA DE SOPORTE, Ls
Bases granulares tratadas con cemento (E = 7,000 a 14,000 Mpa)	0.0 – 1.0
Subbases tratadas con cemento (E = 3,500 a 7,000 MPa)	0.0 – 1.0
Bases asfálticas (E = 2,500 a 7,000 MPa)	0.0 – 1.0
Subbases estabilizadas con asfalto (E = 300 a 2,000 MPa)	0.0 – 1.0
Estabilización con cal (E = 150 a 1,000 MPa)	1.0 – 3.0
Materiales granulares sin tratar (E = 100 a 300 MPa)	1.0 – 3.0
Suelos finos y subrasantes naturales (E = 20 a 300 MPa)	2.0 – 3.0

Fuente: AASHTO

Como se trata de subbase granular, se considera una pérdida de soporte Ls de 1.5.

Ilustración 11-11. Determinación del módulo considerando la pérdida de soporte.



Fuente: AASHTO

El módulo de reacción efectivo de la subrasante corregido por pérdida potencial de soporte es de 8 MPa/m o 30 psi/in.

11.6.7 ÍNDICE DE SERVICIBILIDAD DEL PAVIMENTO (PSI)

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circula en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero) significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo, la tendencia es poder definirla con parámetros medibles como los son: el índice de perfil, índice de rugosidad internacional, coeficiente de fricción, distancias de frenado, visibilidad, etc. La serviciabilidad inicial es la calificación que tendrá el pavimento inmediatamente después de terminar su construcción. La serviciabilidad final tiene que ver con la calificación que esperamos tenga el

pavimento al final de su vida útil. Los índices sugeridos por la AASHTO se presentan en la Tabla 11-30.

Tabla 11-30. Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)

Tipo de vía	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI)			
	Pavimento flexible		Pavimento rígido	
	PSI inicial	PSI final	PSI inicial	PSI final
Vías principales		2.5		2.5
Vías secundarias	4.2	2.0	4.5	2.0
Condición de falla		1.5		1.5

Fuente: AASHTO

Teniendo en cuenta que se trata de un pavimento rígido en vía principal, **el índice de serviciabilidad inicial y final son, respectivamente, 4.5 y 2.5.**

11.6.8 COEFICIENTE DE DRENAJE (CD)

En cualquier tipo de pavimento, el drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. Es muy importante evitar que exista presencia de agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afectará en gran medida el desempeño del pavimento.

Entre los aspectos relevantes para evitar que el agua penetre en la estructura de soporte se encuentran:

- ✓ Mantener perfectamente selladas las juntas del pavimento.
- ✓ Sellar las juntas entre pavimento y acotamiento o cuneta.
- ✓ Colocar barreras rompedoras de capilaridad (en donde se requiera).
- ✓ Utilizar cunetas, bordillos, lavaderos, contracunetas, subdrenajes, etc.
- ✓ Construir o aprovechar los drenajes pluviales en las ciudades.

Tener agua atrapada en la estructura del Pavimento produce efectos nocivos en el mismo, como pueden ser:

- ✓ Reducción de la resistencia de materiales granulares no ligados.
- ✓ Reducción de la resistencia de la subrasante.
- ✓ Expulsión de finos
- ✓ Levantamientos diferenciales de suelos expansivos

Algunos de estos fenómenos se pueden minimizar cuando se utilizan bases estabilizadas con cemento o bases de relleno fluido.

Los valores recomendados para el coeficiente de drenaje se presentan en la Tabla 11-31.

Tabla 11-31. Coeficiente de drenaje (Cd)

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: AASHTO

Se asume una condición de drenaje buena con un tiempo de exposición superior al 25%, por ende, **el coeficiente de drenaje es 1.00.**

11.6.9 RESUMEN GENERAL DE LOS VALORES DE DISEÑO

En la Tabla 11-32 se presenta el resumen de los valores para el diseño de pavimentos.

Tabla 11-32. Resumen valores de diseño pavimento rígido AASHTO

PARÁMETRO	VALOR
Confiabilidad del diseño R (%)	85
Desviación Estándar So	0.39
PSI Inicial	4.5
PSI Final	2.5
Número de ejes equivalentes de 8.2 Tn*	1.950.000
Mr concreto (psi)	580
Ec concreto (psi)	3.500.000
Coeficiente de transmisión de cargas	2.6
Coeficiente de drenaje	1.00
Módulo de reacción de la subrasante corregido(psi/in)	30.0

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

11.7 MÉTODO PCA – RÍGIDO

La evaluación del pavimento rígido fue realizada aplicando la metodología de la Portland Cement Association, PCA de 1984, en la que se analiza la fatiga y la erosión a la que se verá sometida

una estructura de concreto. El análisis de fatiga suele controlar el diseño de pavimentos de tránsito bajo y juntas con o sin dovelas, y de pavimentos con tráfico medio y juntas con dovelas. El análisis de erosión suele controlar el diseño de pavimentos de tránsitos medio y pesado y juntas sin dovelas y de tráfico pesado y juntas con dovelas.

Estos pavimentos están constituidos por una losa o placa de concreto de cemento Portland construida sobre capas de base y/o subbase.

Las características de retracción del concreto hidráulico y los esfuerzos térmicos inducidos por el clima obligan a seccionar el concreto mediante juntas transversales y longitudinales.

La capa de subbase es opcional, pues el elemento estructural principal es la losa de concreto hidráulico. En ocasiones, la capa de base puede ser tratada para garantizar su carácter no erodable en presencia de agua y cargas de tránsito pesadas y frecuentes.

El procedimiento de diseño de la PCA incluye aspectos como:

- ✓ El grado de transferencia de carga en las juntas transversales (enclavamiento de agregados, dovelas).
- ✓ El efecto de una berma de concreto adyacente al pavimento sobre los esfuerzos y deflexiones causadas por los vehículos.
- ✓ El efecto del uso de subbases de concreto de baja resistencia.
- ✓ El procedimiento considera dos criterios de diseño:
- ✓ Fatiga por repetición de cargas vehiculares.
- ✓ Erosión por la deflexión de la losa en los bordes y juntas que se manifiesta como bombeo, escalonamiento en las juntas y desnivel carril–berma (sin relación con la fatiga).

El análisis incluye ejes sencillos, tándem y tridem; el procedimiento de diseño está basado en:

Estudios teóricos sobre el comportamiento de losas.

- ✓ Fórmulas de Westergaard, ábacos de Pickett & Ray y método de los elementos finitos.
- ✓ El análisis estructural consideró los factores de diseño bajo condiciones de carga en el interior, el borde y la esquina de las losas:
- ✓ Resistencia del concreto.
- ✓ Soporte de la subrasante.
- ✓ Comportamiento de las juntas.
- ✓ Efecto de la berma.
- ✓ Ensayos en escala real donde se estudió el comportamiento de subbases, juntas y bermas de concreto.
- ✓ Estudios experimentales con tráfico controlado.

El análisis de pavimentos de concreto se efectúa con elementos finitos, con losas de dimensiones finitas, múltiples posiciones de la carga para determinar las configuraciones críticas. La fatiga se estudia en el punto medio de la losa. El bombeo se da sobre la junta transversal. Para el eje trídem se ponen dos ejes en una losa y el tercero en la losa adyacente.

Para el diseño de pavimento rígido para la vía empleando el método de la PCA se emplearon los siguientes parámetros iniciales:

Tabla 11-33. Datos de entrada diseño de pavimento rígido – Método PCA, Zona 1

PARÁMETRO	VALOR
Período de diseño (años)	20
FS Carga	1.1
Bermas	SI
Dovelas	SI
MR concreto (psi)	580
K Módulo de reacción de la subrasante (psi/pulg)	72.5

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

El método PCA se basa en un espectro de carga de tránsito que deriva directamente del estudio de tránsito.

En las siguientes tablas se presentan los valores básicos de diseño.

Tabla 11-34. Parámetros básicos de diseño.

PARÁMETRO	VALOR
TPD	1727
Fd – factor direccional	0.5
Fca – distribución por carril	1
Tasa	0.0353
Periodo diseño	20

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Tabla 11-35. Distribución TPD

VEHÍCULO	DISTRIBUCIÓN
Autos	93.26
Buses	0.31
Camiones	6.43
TOTAL	100.00

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Tabla 11-36. Distribución camiones

TIPO CAMIÓN	PORCENTAJE
C2P	2.44
C2G	3.16
C3	0.59
C4	0.02
C5	0.11
C6	0.11
TOTAL	6.43

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Se calcula el número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño como:

$$NVC = 365 * TPD * Vcx * Fd * Fca * Fp$$

Tabla 11-37. Distribución del número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño por tipo de vehículo.

TIPO DE VEHÍCULO	TPD VEHÍCULO	PORCENTAJE VEHÍCULO	PORCENTAJE VEHÍCULOS COMERCIALES	NÚMERO DE EJES COMERCIALES POR DÍA/CARRIL
Bus B	1727	0.31		5.35
C2P	1727	2.44	6.43	42.14
C2G	1727	3.16	6.43	54.57
C3-C4	1727	0.61	6.43	10.53
C5	1727	0.11	6.43	1.90
C6	1727	0.11	6.43	1.90
				116.40

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Se calcula la proyección del tránsito de vehículos comerciales, obteniendo:

$$NVC = 365 * 1727 * 0.58 * 0.5 * 1 * \frac{(1+0.0352)^{20}-1}{\ln(1+0.0352)} = 613.713$$

$$vehículos\ comeciales\ carril\ de\ diseño\ periodo\ de\ diseño$$

A continuación, se halla la distribución de los vehículos comerciales por día/carril de diseño y por cada 1000 vehículos comerciales:

Tabla 11-38. Distribución de los vehículos comerciales por día y carril de diseño, por cada 1000 vehículos.

TIPO DE VEHÍCULOS	NÚMERO DE EJES COMERCIALES POR DÍA/CARRIL	NÚMERO DE VEHÍCULOS COMERCIALES/DÍA /CARRIL POR CADA 1000 VC
Bus B	5.35	46
C2P	42.14	362
C2G	54.57	469
C3-C4	10.53	91
C5	1.90	16
C6	1.90	16
		1000

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Se presenta la distribución de las cargas de los vehículos comerciales y por tipo de vehículo.

Tabla 11-39. Configuración de las cargas de los vehículos y distribución por ejes.

Cuadro 158. Configuración de las cargas de los vehículos comerciales

CONFIGURACIÓN DE LA CARGA POR EJE EN TONELADAS (kN)					
Tipo de vehículo	Carga total toneladas (kN)	Eje simple direccional (SD)	Eje simple doble (SD)	Eje tándem (TAN)	Eje tridem (TRID)
Bus, B	10.0 (98.1)	4.0 (39.5)	6.0 (58.9)	–	–
Camión C2P	8.0 (78.5)	2.8 (27.5)	5.2 (51.0)	–	–
Camión C2G	14.0 (137.3)	4.9 (48.1)	9.1 (89.3)	–	–
Camión C3–C4	28.0 (274.7)	8.4 (82.4)	–	19.6 (192.3)	–
Camión C5	48.0 (470.9)	6.0 (58.9)	–	20.0 (196.2) / 22.0 (215.8)	–
Camión C6	52.0 (510.1)	7.8 (76.5)	–	18.2 (178.5)	26.0 (255.1)

Cuadro 159. Distribución de los ejes por tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO	EJE SIMPLE, %	EJE TÁNDEM, %	EJE TRIDEM, %
Bus, B	100	–	–
Camión C2P	100	–	–
Camión C2G	100	–	–
Camión C3–C4	50	50	–
Camión C5	33	67	–
Camión C6	33	33	33

Fuente: Nociones sobre métodos de diseño de carreteras. Carlos Hernando Higuera

Se distribuye los ejes por cada 1000 vehículos comerciales y se termina el número de ejes en el carril de diseño por el periodo de diseño.

$$Ejes_{periodo\ de\ diseño-carril\ de\ diseño} = \frac{NVC * Ejes\ para\ cada\ 1000\ VC}{1000}$$

Tabla 11-40. Número esperado de ejes en el carril de diseño para el periodo de diseño.

TIPO DE EJE	CARGA POR EJE		TIPO DE VEHÍCULO						TOTAL
	Ton	kN	BUSES	C2-P	C2G	C3-C4	C5	C6	
Simple	2.8	27		221,980					221,980
	4.0	39	28,202						28,202
	4.9	48			287,482				287,482
	5.2	51		221,980					221,980
	6.0	59	28,202				10,007		38,210
	7.8	76						10,007	10,007
	8.4	82				55,495			55,495
	9.1	89			287,482				287,482
Tándem	18.2	178						10,007	10,007
	19.6	192				55,495			55,495
	20.0	196					10,007		10,007
	22.0	216					10,007		10,007
Trídem	28.0	274						10,007	10,007

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

11.7.1 CHEQUEO DE ESFUERZOS Y DEFLEXIONES DE LA LOSA

11.7.1.1 ESFUERZOS Y DEFLEXIONES POR CARGA EN LA ESQUINA DE LA LOSA

Se presentan las fórmulas presentadas por Westergaard.

$$\sigma_c = \frac{3P}{h^2} * \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{l}\right)^{0.6}\right]$$

$$\Delta_c = \frac{P}{kl^2} * \left[1.1 - 0.88\left(\frac{a\sqrt{2}}{l}\right)\right]$$

Donde:

σ_c: Esfuerzo en la esquina de la losa (lb/pulg2)

Δ_c: Deflexión en la esquina de la losa (pulgadas)

a: Radio del área circular de carga (pulgadas)

K: Módulo de reacción de la subrasante (Lb/pulg3)

L: Radio de rigidez relativa (pulgadas).

11.7.1.2 ESFUERZOS Y DEFLEXIONES POR CARGA EN EL INTERIOR DE LA LOSA

Se presentan las fórmulas presentadas por Westergaard.

$$\sigma_i = \frac{0.316P}{h^2} * \left[4 * \log\left(\frac{l}{b}\right) + 1.069\right]$$

$$\Delta_i = \frac{P}{8kl^2} * \left[1 + \frac{1}{2\pi}\left(\ln\left(\frac{a}{2l}\right) - 0.673\right)\left(\frac{a}{l}\right)\text{^}2\right]$$

Donde:

σ_i: Esfuerzo en el interior de la losa (lb/pulg2)

Δ_i: Deflexión en el interior de la losa (pulgadas)

a: Radio del área circular de carga (pulgadas)

K: Módulo de reacción de la subrasante (Lb/pulg3)

L: Radio de rigidez relativa (pulgadas).

11.7.1.3 ESFUERZOS Y DEFLEXIONES POR CARGA EN EL BORDE DE LA LOSA

Se presentan las fórmulas presentadas por Westergaard.

$$\sigma_b = \frac{0.803P}{h^2} * \left[4 * \log\left(\frac{l}{b}\right) + 0.666 * \frac{a}{l} - 0.034\right]$$

$$\Delta_b = \frac{0.431P}{kl^2} * \left[1 - 0.82 * \frac{a}{l}\right]$$

Donde:

σ_b: Esfuerzo en el borde de la losa (lb/pulg2)

Δ_b: Deflexión en el borde de la losa (pulgadas)

a: Radio del área circular de carga (pulgadas)

K: Módulo de reacción de la subrasante (Lb/pulg3)

L: Radio de rigidez relativa (pulgadas).

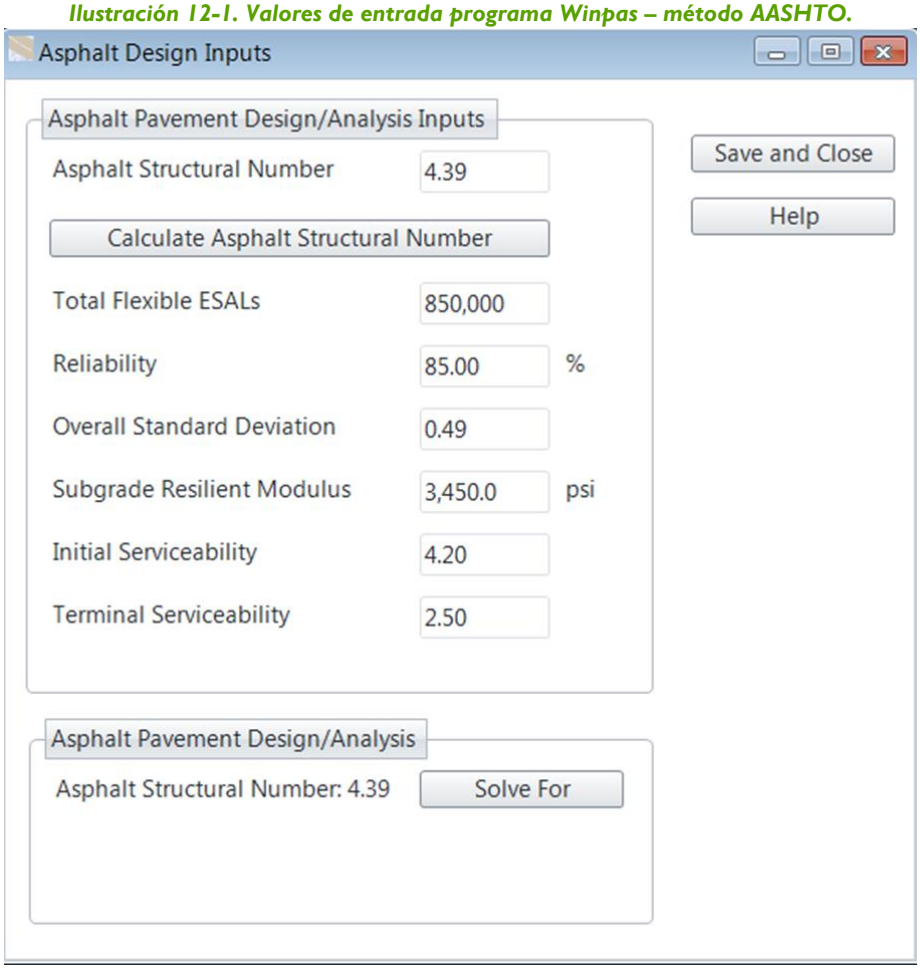
12 DISEÑO DE PAVIMENTOS

12.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

12.1.1 METODOLOGÍA AASHTO 1993

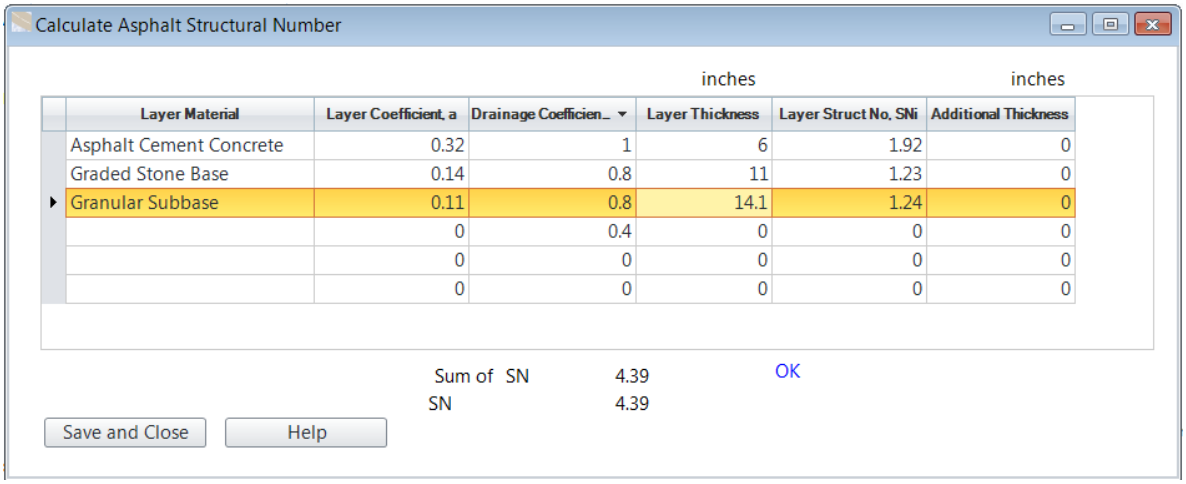
Utilizando el programa Winpas 12 y utilizando las variables de diseño del capítulo 11, se tiene:

Ilustración 12-1. Valores de entrada programa Winpas – método AASHTO.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 12-2. Resultados modelación método AASHTO 1993.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

El diseño propuesto es una estructura de 79 cm distribuidos de la siguiente manera:

Ilustración 12-3. Diseño AASHTO 1993.

Carpeta Asfáltica (MDC – 19)	15 cm
Base granular (BG – 38)	28 cm
Subbase granular (SBG – 38)	36 cm

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

12.1.2 METODOLOGÍA INVIAS

Considerando las condiciones estipuladas en el capítulo anterior y con base en las cartillas para el diseño de pavimento flexible con medios y altos volúmenes de tránsito, se propone la siguiente estructura de 95 cm.

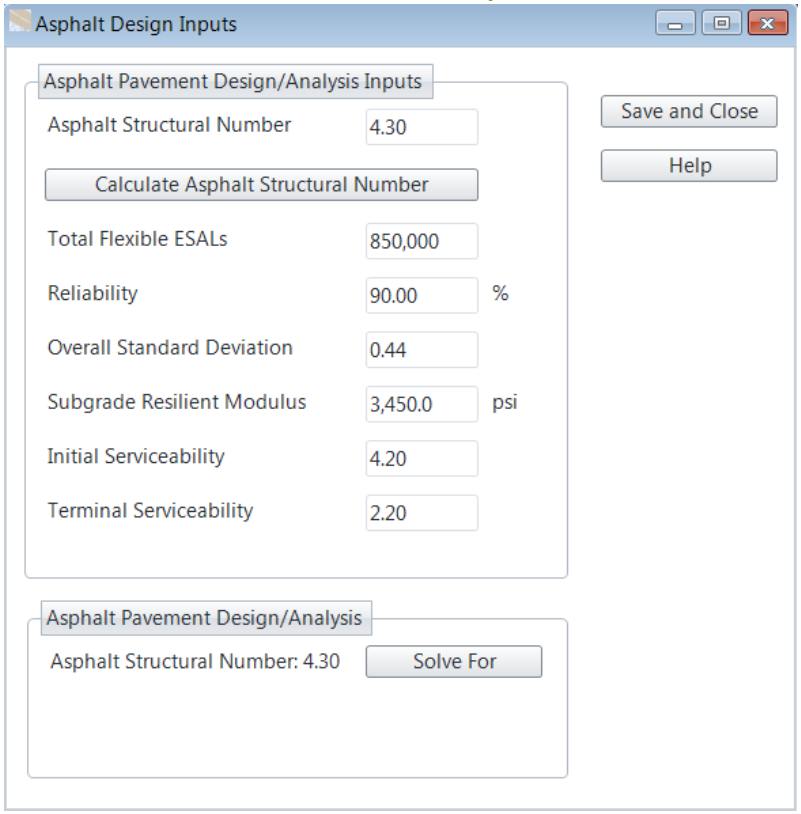
Ilustración 12-4. Diseño AASHTO 1993.

Carpeta Asfáltica (MDC – 19)	10 cm
Base granular (BG – 38)	25 cm
Subbase granular (SBG – 38)	60 cm

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

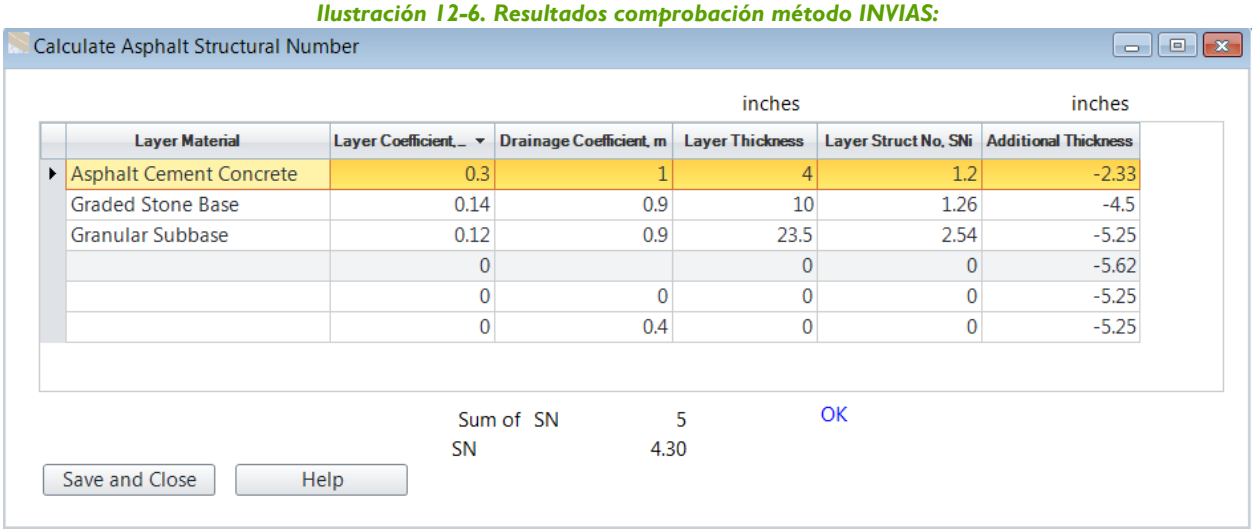
Teniendo en cuenta que la metodología INVIAS se basa en el método AASHTO 1993, se realiza la modelación pertinente en el programa Winpas.

Ilustración 12-5. Valores de entrada –verificación método INVIAS.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 12-6. Resultados comprobación método INVIAS:



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

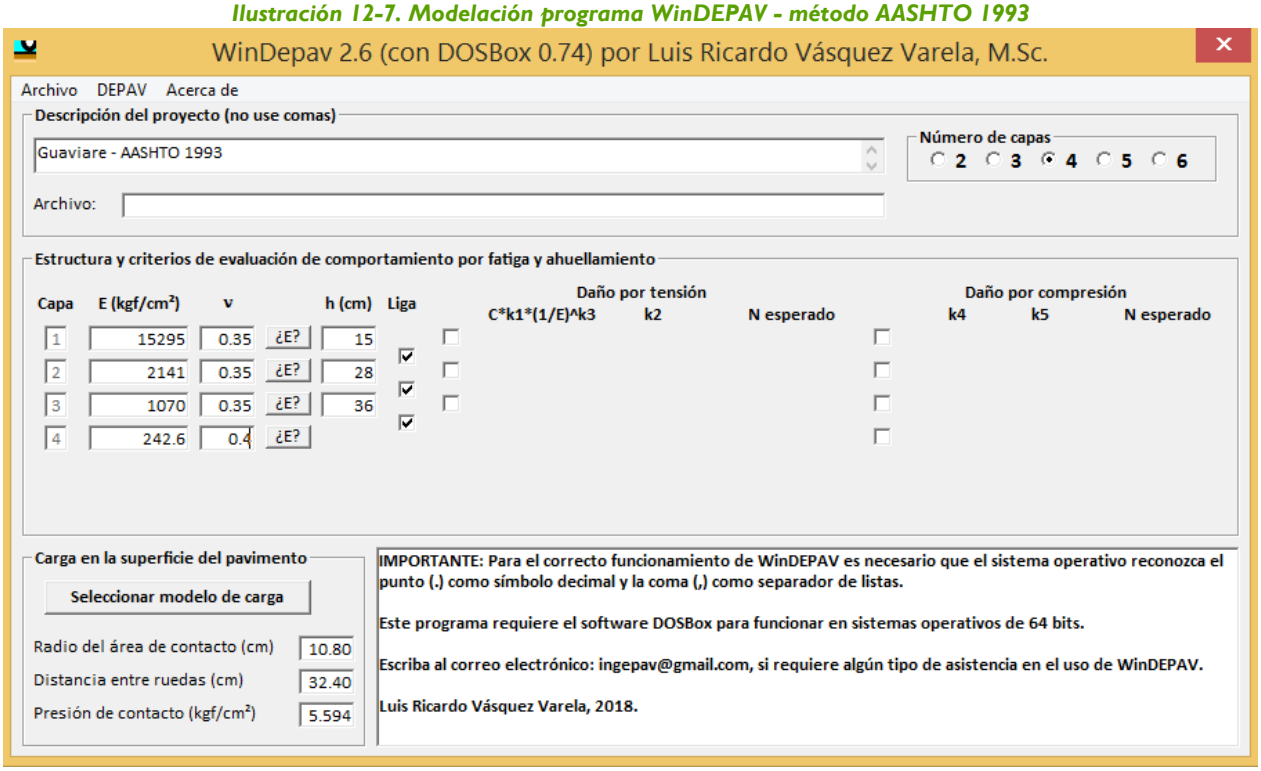
Se observa que el número estructural SN requerido es de 4.30 mientras que la estructura propuesta por la cartilla corresponde a un SN de 5.00, por consiguiente, el diseño cumple por número estructural.

12.1.3 MÉTODO SHELL – CONTROL DE DEFORMACIONES PAVIMENTO FLEXIBLE.

Para los dos diseños en pavimento flexible (por AASHTO 1993 e INVIAS); se realiza la comprobación de deformaciones admisibles en la carpeta asfáltica y la subrasante, mediante el programa WinDEPAV 2.6.

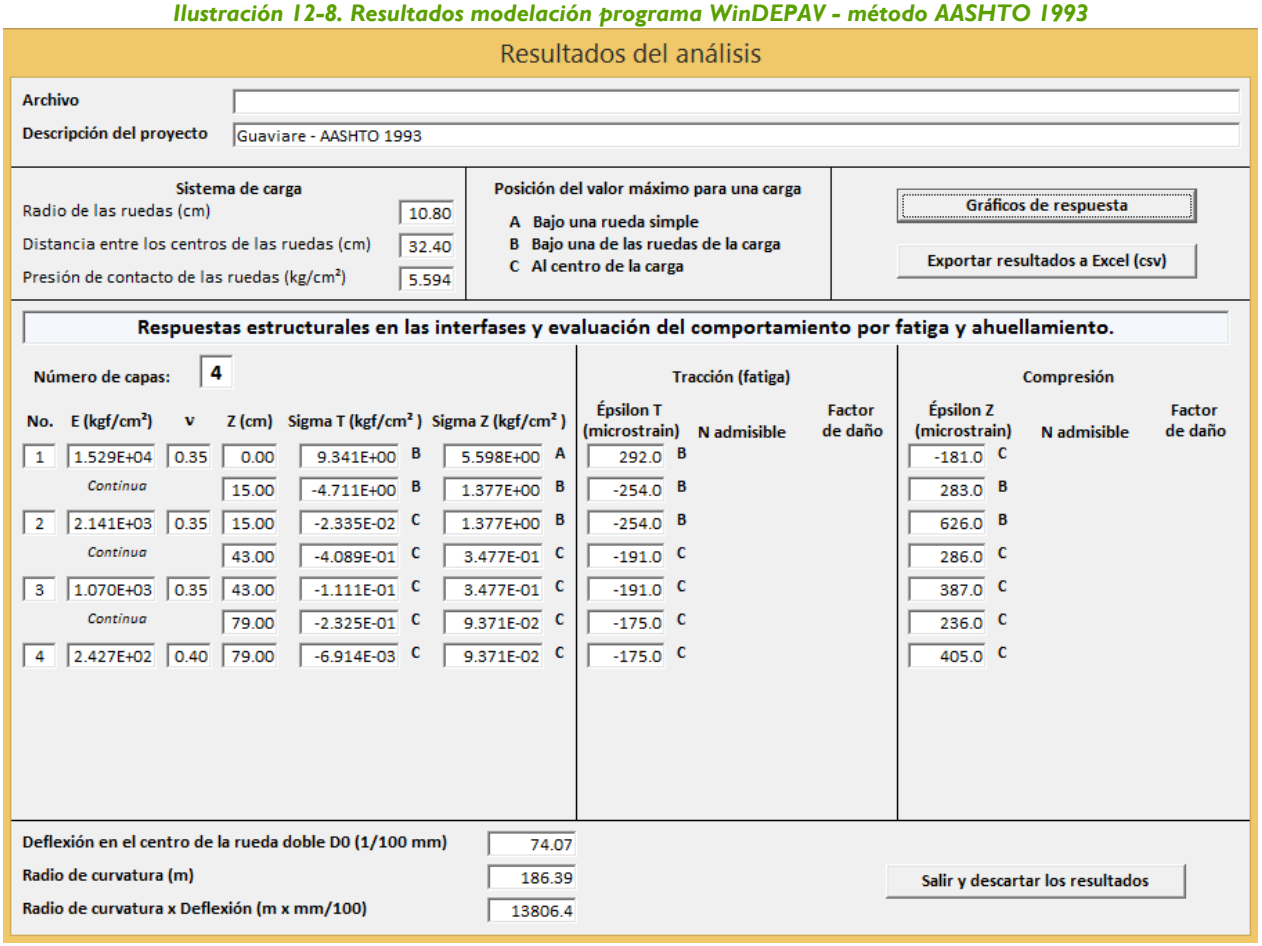
12.1.3.1 MÉTODO AASHTO 1993

Ilustración 12-7. Modelación programa WinDEPAV - método AASHTO 1993



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 12-8. Resultados modelación programa WinDEPAV - método AASHTO 1993



Resultados del análisis

Archivo

Descripción del proyecto: Guaviare - AASHTO 1993

Sistema de carga
Radio de las ruedas (cm): 10.80
Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 32.40
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²): 5.594

Posición del valor máximo para una carga
A Bajo una rueda simple
B Bajo una de las ruedas de la carga
C Al centro de la carga

Gráficos de respuesta
Exportar resultados a Excel (csv)

Respuestas estructurales en las interfases y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.

Número de capas: 4

No.	E (kgf/cm²)	ν	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm²)		Sigma Z (kgf/cm²)		Tracción (fatiga) Épsilon T (microstrain)		N admisible	Factor de daño	Compresión Épsilon Z (microstrain)		N admisible	Factor de daño
1	1.529E+04	0.35	0.00	9.341E+00	B	5.598E+00	A	292.0	B			-181.0	C		
	Continua		15.00	-4.711E+00	B	1.377E+00	B	-254.0	B			283.0	B		
2	2.141E+03	0.35	15.00	-2.335E-02	C	1.377E+00	B	-254.0	B			626.0	B		
	Continua		43.00	-4.089E-01	C	3.477E-01	C	-191.0	C			286.0	C		
3	1.070E+03	0.35	43.00	-1.111E-01	C	3.477E-01	C	-191.0	C			387.0	C		
	Continua		79.00	-2.325E-01	C	9.371E-02	C	-175.0	C			236.0	C		
4	2.427E+02	0.40	79.00	-6.914E-03	C	9.371E-02	C	-175.0	C			405.0	C		

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 74.07
Radio de curvatura (m): 186.39
Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 13806.4

Salir y descartar los resultados

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Los valores de deformación de la estructura propuesta son:

$$\in_r = \mathbf{2.54x\ 10^{-4}}$$

$$\in_z = \mathbf{4.05\ x\ 10^{-4}}$$

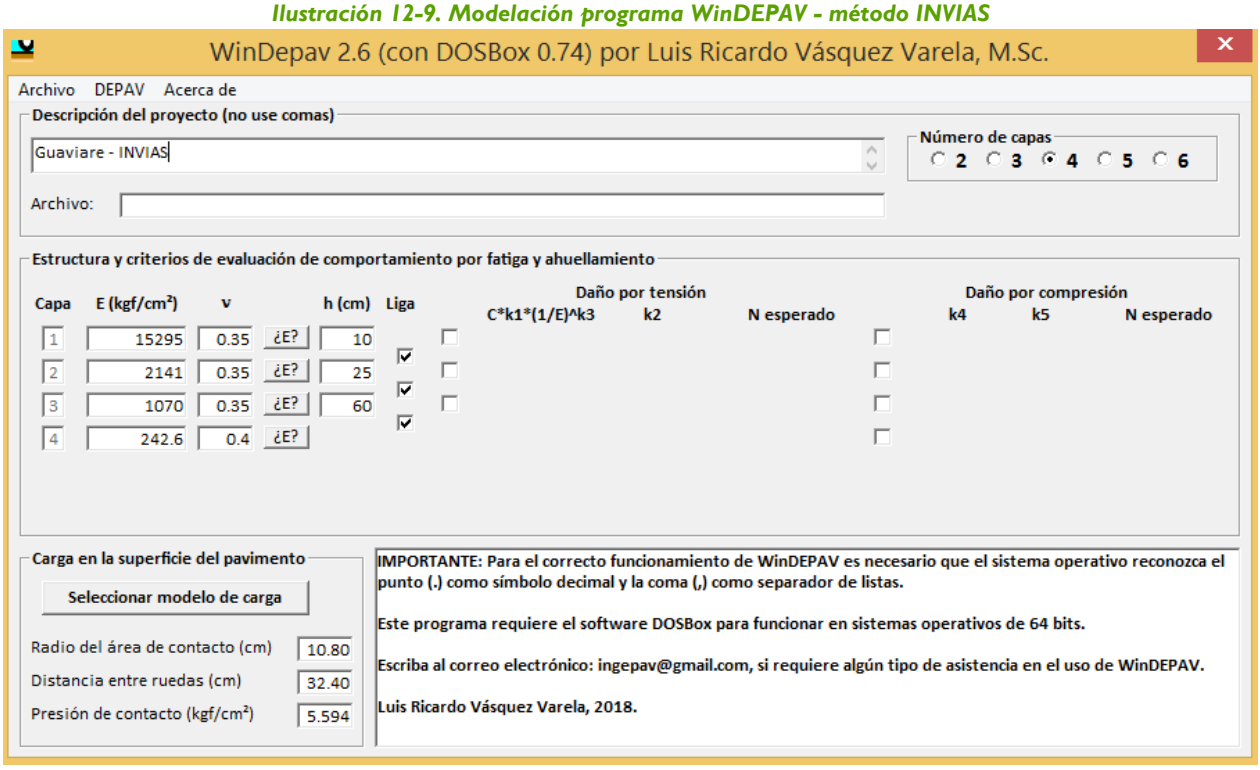
Al comparar las deformaciones de la estructura propuesta con las deformaciones admisibles se observa que la estructura cumple con los requerimientos del método racional.

$$\in_r = \mathbf{2.54\ x\ 10^{-4}} < \in_{r\ adm} = \mathbf{4.76x\ 10^{-4}} \quad \textbf{CUMPLE}$$

$$\in_z = \mathbf{4.05\ x\ 10^{-4}} < \in_{z\ adm} = \mathbf{6.92x10^{-4}} \quad \textbf{CUMPLE}$$

12.1.3.2 MÉTODO INVIAS

Ilustración 12-9. Modelación programa WinDEPAV - método INVIAS



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 12-10. Resultados modelación programa WinDEPAV - método INVIAS.

Resultados del análisis

Archivo

Descripción del proyecto: Guaviare - INVIAS

Sistema de carga
Radio de las ruedas (cm): 10.80
Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 32.40
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²): 5.594

Posición del valor máximo para una carga
A Bajo una rueda simple
B Bajo una de las ruedas de la carga
C Al centro de la carga

Gráficos de respuesta
Exportar resultados a Excel (csv)

Respuestas estructurales en las interfases y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.

Número de capas: 4

No.	E (kgf/cm²)	ν	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm²)		Sigma Z (kgf/cm²)		Tracción (fatiga) Épsilon T (microstrain)		N admisible	Factor de daño	Compresión Épsilon Z (microstrain)		N admisible	Factor de daño
1	1.529E+04	0.35	0.00	1.152E+01	B	5.598E+00	A	394.0	B			-186.0	C		
	Continua		10.00	-6.108E+00	B	2.233E+00	B	-337.0	B			413.0	A		
2	2.141E+03	0.35	10.00	1.805E-01	B	2.233E+00	B	-337.0	B			958.0	B		
	Continua		35.00	-4.721E-01	C	5.792E-01	C	-260.0	C			403.0	C		
3	1.070E+03	0.35	35.00	-7.995E-02	C	5.792E-01	C	-260.0	C			571.0	C		
	Continua		95.00	-1.897E-01	C	7.729E-02	C	-142.0	C			194.0	C		
4	2.427E+02	0.40	95.00	-5.099E-03	C	7.729E-02	C	-142.0	C			333.0	C		

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 77.78
Radio de curvatura (m): 117.69
Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 9153.3

Salir y descartar los resultados

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Los valores de deformación de la estructura propuesta son:

$$\in_r = \mathbf{3.37x\ 10^{-4}}$$

$$\in_z = \mathbf{3.33\ x\ 10^{-4}}$$

Al comparar las deformaciones de la estructura propuesta con las deformaciones admisibles se observa que la estructura cumple con los requerimientos del método racional.

$$\in_r = \mathbf{3.37\ x\ 10^{-4}} < \in_{r\ adm} = \mathbf{4.76\ x\ 10^{-4}} \quad \textbf{CUMPLE}$$

$$\in_z = \mathbf{3.33\ x\ 10^{-4}} < \in_{z\ adm} = \mathbf{6.92x10^{-4}} \quad \textbf{CUMPLE}$$

12.2 PAVIMENTO RÍGIDO

12.2.1 MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS EN CONCRETO DEL INVÍAS

Considerando las condiciones estipuladas en el capítulo anterior y con base en las cartillas para el diseño de pavimento rígido, se seleccionan los espesores de losa mostrados en la Tabla 12-1.

Tabla 12-1. Selección del espesor de losa

ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES

		Tránsito T2																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1	25	29	25	29	24	28	24	28	22	26	22	26	22	25	22	25	21	25	22	25
	MR2	24	28	25	28	24	27	24	27	22	25	22	25	21	24	22	24	21	24	22	24
	MR3	24	27	25	27	24	28	26	28	21	24	22	24	20	23	22	23	20	23	22	23
	MR4	22	26	25	26	23	27	26	27	20	23	22	24	19	22	22	23	19	22	22	23
BG	MR1	24	28	24	28	23	27	23	27	22	25	22	25	21	25	22	25	21	24	21	24
	MR2	23	27	23	27	23	26	23	26	21	24	22	24	21	24	22	24	20	23	21	23
	MR3	22	26	23	26	23	27	25	27	20	24	22	24	20	23	22	23	20	23	21	23
	MR4	21	25	23	25	22	26	25	26	19	23	22	23	19	22	22	23	19	22	21	23
BEC	MR1	21	24	21	24	21	24	21	24	19	22	21	22	19	22	20	22	19	21	20	22
	MR2	20	23	21	23	20	23	21	23	19	21	21	22	18	21	20	22	18	20	20	22
	MR3	19	23	21	23	20	23	23	24	18	21	21	22	18	20	20	22	17	20	20	22
	MR4	18	22	21	23	19	22	23	24	17	20	21	22	17	19	20	22	17	19	20	22

Fuente: Manual INVIAS para el diseño de pavimento rígido.

Las estructuras propuestas son:

- Losa de concreto sobre suelo natural

Ilustración 12-11. Diseño Manual INVIAS pavimento rígido sobre suelo natural.

Losa de concreto	24 cm
Suelo natural	15 cm

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

- Losa de concreto sobre base granular:

Ilustración 12-12. Diseño Manual INVIAS pavimento rígido sobre base granular

Losa de concreto	23 cm
Base granular	15 cm

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

- Losa de concreto sobre base granular estabilizada con cemento.

Ilustración 12-13. Diseño Manual INVIAS pavimento rígido sobre base granular

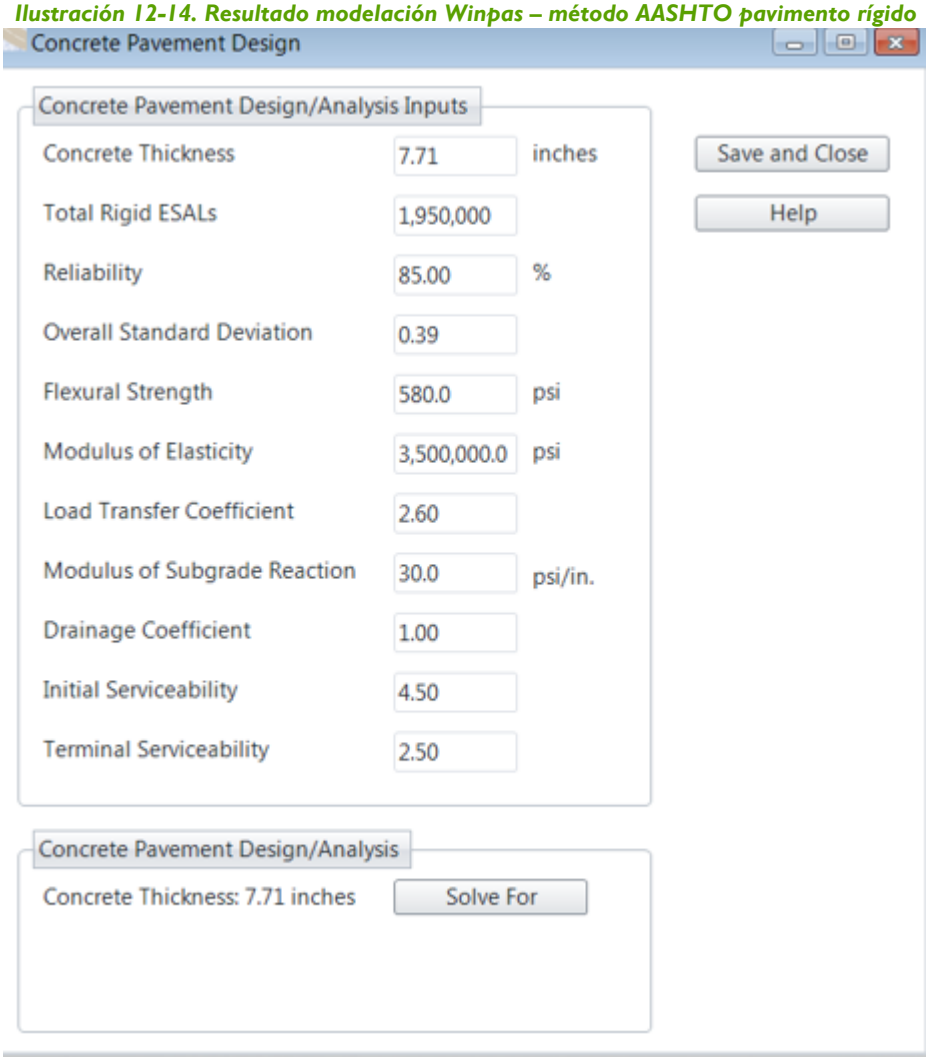
Losa de concreto	20 cm
Base granular estabilizada con cemento	15 cm

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

12.2.2 METODOLOGÍA AASHTO 1993

Utilizando el programa Winpas 12 y utilizando las variables de diseño del capítulo 11, se tiene:

Ilustración 12-14. Resultado modelación Winpas – método AASHTO pavimento rígido



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

La estructura propuesta es:

Ilustración 12-15. Diseño AASHTO 1993 – pavimento rígido

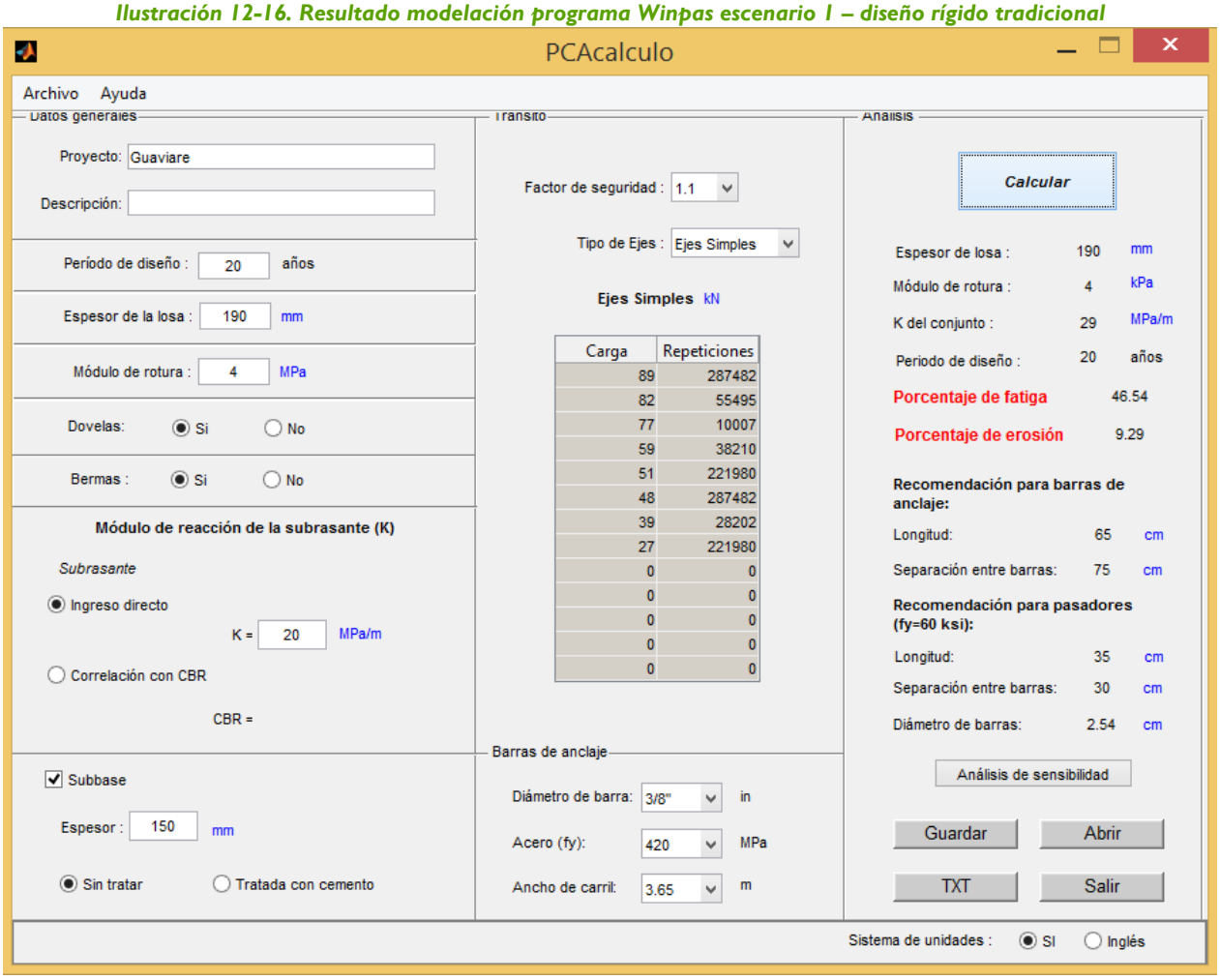
Losa de Concreto	20 cm
Subbase Granular (SBG)	15 cm

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

12.2.3 MÉTODO PCA

Se utiliza el programa de diseño PCAcalculo.

Ilustración 12-16. Resultado modelación programa Winpas escenario 1 – diseño rígido tradicional



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Al verificar el porcentaje de fatiga y erosión de una losa de 19 cm sobre una subbase granular de 15 cm, se observa que el diseño cumple los límites por fatiga y erosión. Desde el punto de vista constructivo, se propone una losa de concreto de 20 cm de espesor.

Teniendo en cuenta que el trazado se desarrolla sobre un material tipo arcilla arenosa que, en presencia de agua, presenta grandes niveles de cambios volumétricos y disminución de la resistencia, es necesario brindar a la losa un apoyo firme y robusto que evite el trabajo en flexión.

Adicionalmente, el diseño se complementará con 5 cm mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19 que servirá como una capa antierosiva que garantizará mitigar, en gran medida, la migración de finos por las juntas de las losas y evitar así problemas de bombeo.

Ilustración 12-17. Diseño pavimento rígido.

Losa de Concreto (Mr=4 Mpa)	20 cm
Mezcla densa en caliente (MDC-19)	5 cm
Subbase Granular (SBG-38)	30 cm

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

12.2.4 VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS Y DEFLEXIONES DE LA LOSA

Se verifica la deformación y la flexión en la esquina, interior y borde de la losa de concreto.

Tabla 12-2. Verificación de esfuerzos en el diseño con D STB WAY.

POSICIÓN EN LA LOSA	ESFUERZO DE TENSIÓN σ (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA DE CONCRETO, Sc (Mpa)	(σ/Sc)x100
Esquina	1.78	4.00	44.54
Interior	1.39		34.69
Borde	2.64		65.88

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Tabla 12-3. Verificación de deflexiones en el diseño con D STB WAY.

POSICIÓN EN LA LOSA	DEFLEXIÓN (mm)
Esquina	1.993
Interior	0.272
Borde	0.828

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

De igual forma, el diseño cumple esfuerzos y deflexiones.

12.2.5 MODULACION DE LOSAS

Debido a que se ha propuesto como alternativa de diseño una estructura de pavimento en concreto hidráulico es importante definir el tipo y la ubicación de las juntas, con el fin de evitar el agrietamiento que se puede presentar por retracción del concreto, dilatación térmica y alabeo principalmente.

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentran: cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, sino proyectar juntas longitudinales y transversales que impiden un fisuramiento temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, mediante el empleo de los siguientes criterios:

Para garantizar el adecuado comportamiento de las losas de concreto, la máxima relación largo/espesor será:

$$\frac{L}{e} \leq 25$$

Donde,

L = Longitud de la losa.

e = espesor de la losa.

En función del espesor obtenido (20 cm), se obtiene una longitud de losa máxima de 4.75 m.

La relación entre el largo y el ancho de la losa debe encontrarse entre un intervalo de 1.0 y 1.4.

$$1.0 < \frac{largo}{ancho} < 1.2$$

En función del radio relativo de rigidez (relación de la rigidez de la losa y la rigidez del suelo de soporte), la longitud de la losa debe ser máximo 5 veces este valor. Mediante este cálculo se está considerando el esfuerzo de alabeo de la losa y el gradiente térmico existente entre la fibra superior de la losa y la fibra inferior.

$$L \leq 5\,\mathrm{l}$$

Donde l = Radio relativo de rigidez de la losa

$$\mathrm{l} = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}}$$

E = Módulo de Elasticidad del concreto (psi)

h = espesor de la losa (pulg)

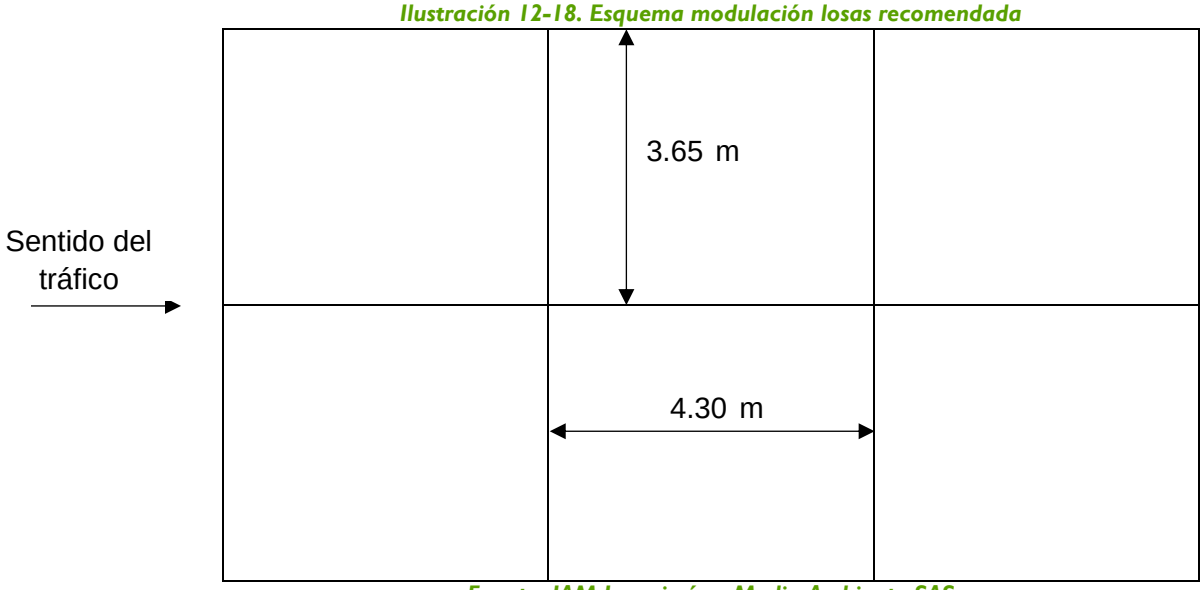
μ = Relación de Poisson del concreto

k = Módulo de reacción del terreno de soporte (psi/in)

El radio relativo de rigidez obtenido registra un espaciamiento máximo entre 5.74 m en función de la alternativa de diseño implementada.

Por lo anterior, teniendo en cuenta las secciones viales, los espesores de las estructuras propuestas y el criterio de alabeo, se recomienda el uso de losas de 3.65 m (ancho del carril) por 4.30 m, con esta geometría se tiene una relación de esbeltez de 1.17.

Ilustración 12-18. Esquema modulación losas recomendada



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

12.2.6 DIMENSIONAMIENTO DOVELAS Y BARRAS DE ANCLAJE

El dimensionamiento de los pasadores de carga o dovelas se basa en la Tabla 12-4.

Tabla 12-4. Recomendaciones para los pasadores de carga.

ESPESOR DE LA LOSA, (mm)	DIÁMETRO DEL PASADOR		LONGITUD TOTAL, (mm)	SEPARACIÓN ENTRE CENTROS, (mm)
	mm	pulgadas		
0 – 100	13	½	250	300
110 – 130	16	5/8	300	300
140 – 150	19	¾	350	300
160 – 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 – 250	32	1 ¼	450	300
260 – 280	35	1 3/8	450	300
290 – 300	38	1 ½	500	300

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE – ICPC. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 2008. p. 96.

Fuente: Ministerio de transporte.

El pasador tiene un diámetro de 1”, una longitud de 350 mm y deben estar separados cada 300 mm

El dimensionamiento de las barras de anclaje se basa en la recomendación de la Tabla 12-5

Tabla 12-5. Recomendaciones para las barras de anclaje.

ESPESOR DE LA LOSA, cm	BARRAS DE ϕ 9.6 mm (3/8")				BARRAS DE ϕ 12.7 mm (1/2")				BARRAS DE ϕ 15.9 mm (5/8")			
	Longitud, mm	Separación entre barras, m			Longitud, mm	Separación entre barras, m			Longitud, mm	Separación entre barras, m		
		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m
Acero de fy = 187.5 MPa (40,000 lb/pulg²)												
15.0	450	0.80	0.75	0.65	600	1.20	1.20	1.20	700	1.20	1.20	1.20
17.5		0.70	0.60	0.55		1.20	1.10	1.00		1.20	1.20	1.20
20.0		0.60	0.55	0.50		1.05	1.00	0.90		1.20	1.20	1.20
22.5		0.55	0.50	0.45		0.95	0.85	0.80		1.20	1.20	1.20
25.0		0.45	0.45	0.40		0.85	0.80	0.70		1.20	1.20	1.10
Acero de fy = 280 MPa (60,000 lb/pulg²)												
15.0	650	1.20	1.10	1.00	850	1.20	1.20	1.20	1000	1.20	1.20	1.20
17.5		1.05	0.95	0.85		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
20.0		0.90	0.80	0.75		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
22.5		0.80	0.75	0.65		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
25.0		0.70	0.65	0.60		1.20	1.15	1.10		1.20	1.20	1.20

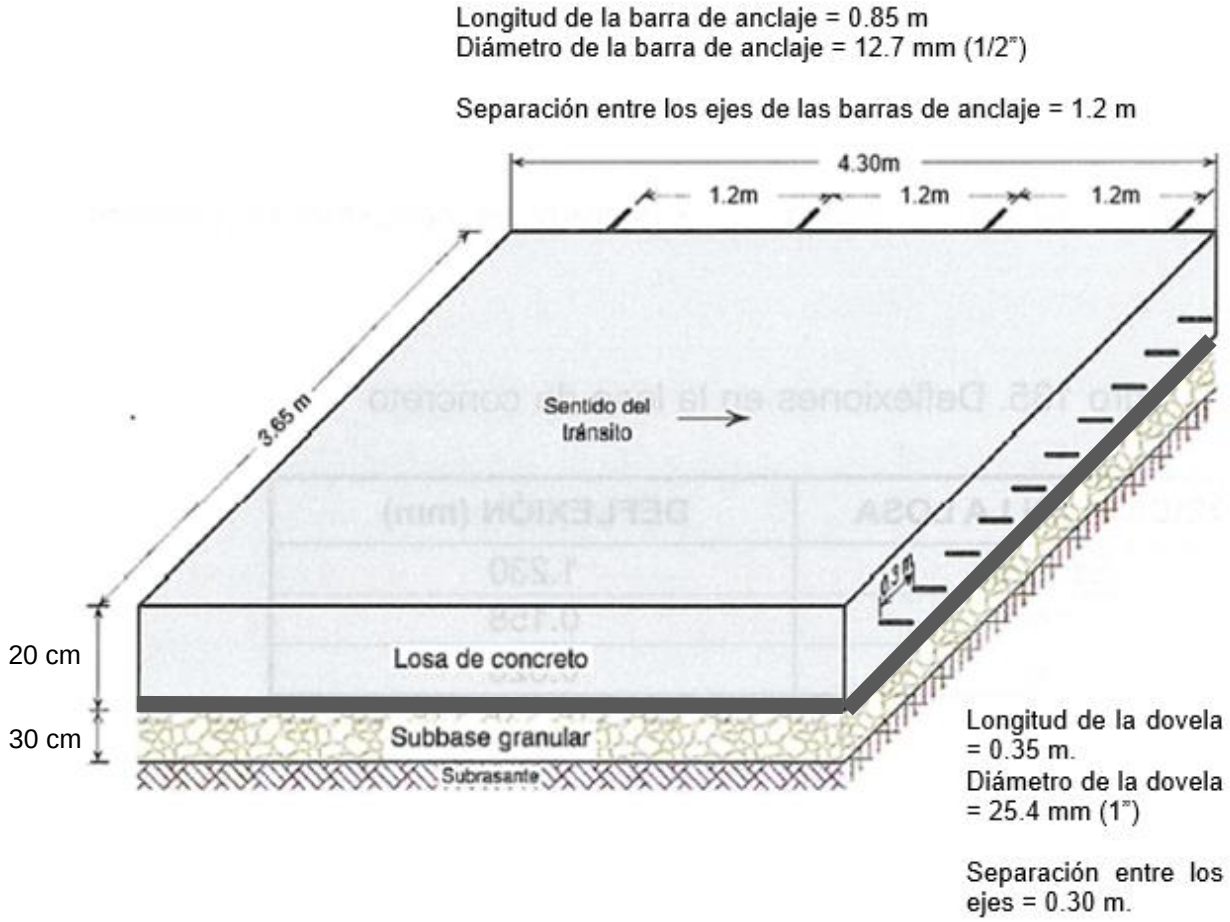
Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE – ICPC. Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Bogotá D.C., 2008. p. 95.

Fuente: Ministerio de transporte.

La barra de anclaje tiene un módulo de 280 MPa, diámetro de 1/2”, una longitud de 850 mm y deben estar separados cada 1.20 m.

El modelo estructural de la losa se presenta en la Ilustración 12-19.

Ilustración 12-19. Modelo estructural de la losa.

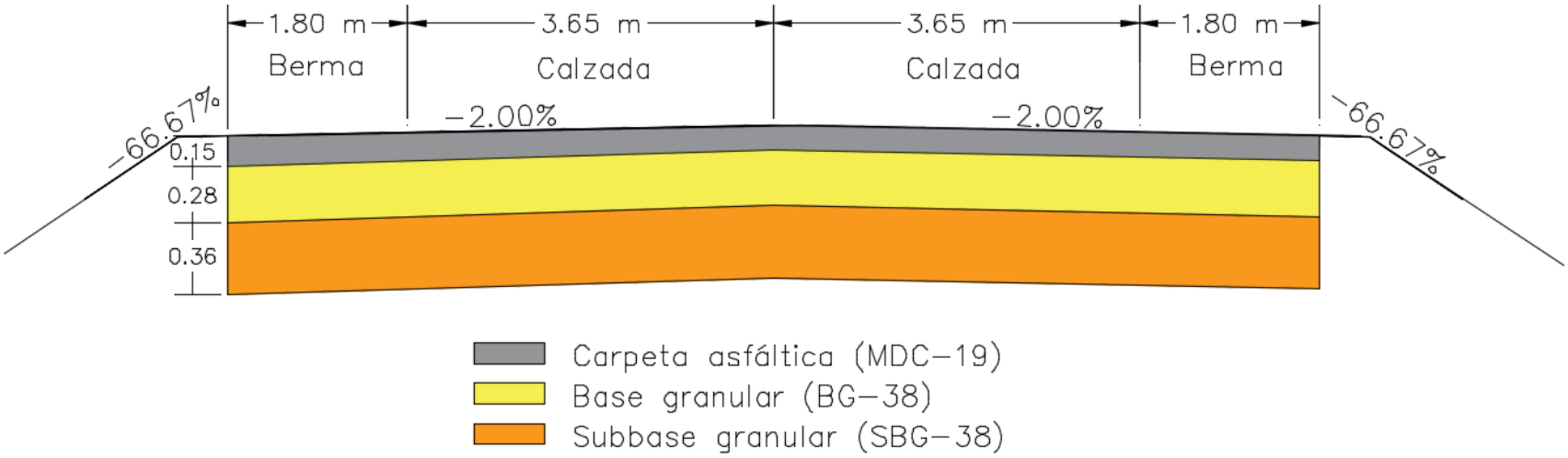


Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

13 SECCIONES TRANSVERSALES

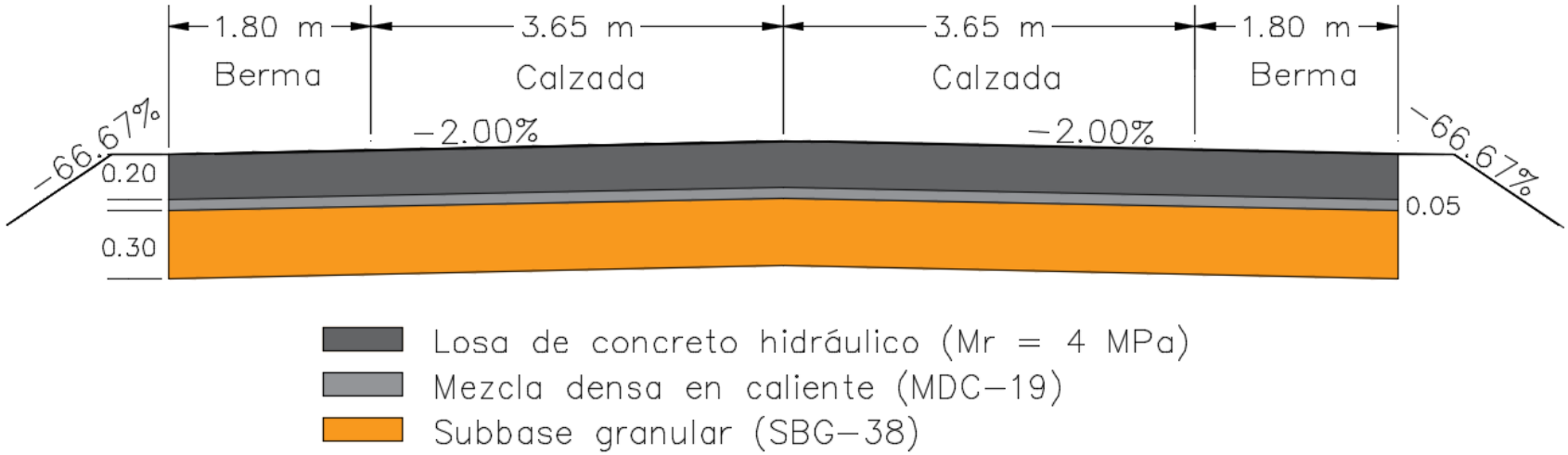
Las secciones de diseño presentadas corresponden al diseño AASHTO 1993, tanto flexible como rígido, los cuales cumplen con todos los requerimientos de diseño.

Ilustración 13-1. Sección transversal – diseño flexible.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Ilustración 13-2. Sección transversal – diseño rígido.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

14 DISEÑO DE MEZCLA

Según el Artículo 450 Mezclas Asfálticas en Caliente de Gradación Continua (Concreto Asfáltico) de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras de INVIAS del año 2013, el tipo de mezcla a emplear depende del tipo y del espesor de la capa asfáltica según lo anunciado en la siguiente tabla:

Ilustración 14-1. Tipo de mezcla a utilizar

Tabla 450 - 7. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30 – 40 40 – 60 > 60	MDC-10 MDC-19, MSC-19 MDC-25, MDC-19, MSC-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60 - 130	MAM-25
Bacheos	50 – 75 > 75	MSC-25, MGC-25 MSC-25, MGC-38, MGC-25

Fuente: INVIAS, 2013.

Considerando que se trata de una capa de rodadura y el espesor compacto debe ser 10 cm para lograr las máximas densidades de compactación, se selecciona una mezcla densa en caliente tipo MDC 19.

Con base en el número de ejes equivalentes del proyecto (0.85x10E6), el proyecto corresponde a un nivel de tráfico NT2.

Ilustración 14-2. Nivel de tráfico de acuerdo al número de ejes equivalentes

Tabla 100 - 1. Niveles de Tránsito

NIVEL DE TRÁNSITO	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 80 kN EN EL CARRIL DE DISEÑO, N_{80kN}, MILLONES
NT1	$N_{80kN} \leq 0.5$
NT2	$0.5 < N_{80kN} \leq 5.0$
NT3	$N_{80kN} > 5.0$

Fuente: INVIAS, 2013.

Siguiendo las especificaciones INVIAS, el diseño de mezcla debe cumplir con los requerimientos de la siguiente tabla:

Ilustración 14-3. Diseño de mezcla acorde a la categoría de tránsito.

CARACTERÍSTICA		NORMA ENSAYO INV	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MÓDULO
			CATEGORÍA DE TRÁNSITO			
			NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)		E-748 (E-800) (Nota 1)	50	75 (112)	75 (112)	75
Estabilidad mínima (N)			5,000	7,500 (16,875)	9,000 (33,750)	15,000
Flujo(mm) (Nota 2)			2.0 a 4.0	2.0 a 4.0 (3.0 a 6.0)	2.0 a 3.5 (3.0 a 5.3)	2.0 a 3.0
Relación Estabilidad / Flujo (kN/mm)			2.0 a 4.0	3.0 a 5.0 (4.5 a 7.5)	3.0 a 6.0 (4.5 a 9.0)	-
Vacíos con aire (V_a),% (Nota 3)	Rodadura	E–736 o E-799	3.0 a 5.0	3.0 a 5.0	4.0 a 6.0	NA
	Intermedia		4.0 a 8.0	4.0 a 7.0	4.0 a 7.0	4.0 a 6.0
	Base		NA	5.0 a 8.0	5.0 a 8.0	4.0 a 6.0
Vacíos en los agregados minerales (VAM), % mínimo	T. Máx. 38 mm	E-799		13.0		-
	T. Máx. 25 mm			14.0		14.0
	T. Máx. 19 mm			15.0		-
	T. Máx. 10 mm			16.0		-
Vacíos llenos de asfalto (VFA), %		E-799	65 a 80	65 a 78	65 a 75	63 a 75
Relación Llenante / Ligante efectivo, en peso		E-799		0.8 a 1.2		1.2 a 1.4
Concentración de llenante, valor máximo		E-745		Valor crítico		
Evaluación de propiedades de empaquetamiento por el método Bailey		-		Reportar		
Espesor promedio de película de asfalto, mínimo µm		E-741		7.5		

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INV

Fuente: INVIAS, 2013.

15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La subrasante del proyecto corresponde a una arcilla algo arenosa color rojizo de consistencia media, la capacidad portante es media, pero en presencia de agua se vuelve muy deformable.

Los diseños fueron desarrollados con un CBR de 2.3%, que responde al percentil de diseño teniendo en cuento los resultados de los CBR sumergidos.

- Diseño en pavimento flexible:

  Está compuesto por una carpeta asfáltica de 15 cm, dispuesto sobre una base granular de 28 cm y finalmente una subbase granular de 36 cm, para un espesor total de 79 cm.

Carpeta Asfáltica (MDC – 19)	15 cm
Base granular (BG – 38)	28 cm
Subbase granular (SBG – 38)	36 cm

- Pavimento rígido

  Este diseño corresponde a una losa de concreto hidráulico de 20 cm dispuesto sobre una capa de mezcla asfáltica densa de 5 cm de espesor, finalmente se presenta una subbase granular de 30 cm, para un total de 55 cm.

  El diseño en pavimento rígido considera berma y dovelas.

Losa de Concreto (Mr=4 Mpa)	20 cm
Mezcla densa en caliente (MDC-19)	5 cm
Subbase Granular (SBG-38)	30 cm

Para la selección de la mejor alternativa es necesario realizar una evaluación completa en términos económicos y de sostenibilidad, esta evaluación económica se realizará en los volúmenes correspondientes (VOLUMEN XIII ESTUDIO ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE OBRAS, COSTOS Y PRESUPUESTOS y VOLUMEN XIV ESTUDIO DE EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO).

Teniendo en cuenta que el trasporte de materiales para la conformación de la estructura de pavimento representa un ítem muy importante en los costos del proyecto, distancia del orden de los 200 km, el cual puede llegar a ser del orden del 24 % del proyecto, se recomienda evaluar la posibilidad de implementar técnicas de estabilización de suelos como alternativa para la solución, la cual debe ser vista desde criterios de sostenibilidad (ambientales y económicos, reducción de huella de carbono, etc)

Teniendo en cuenta que, aunque se instale una estructura de pavimentos esta igual queda soportada sobre materiales de subrasante, es necesario que esta estructura venga acompañada de las correspondientes estructuras hidráulicas, las cuales se diseñan y presentan dentro del VOLUMEN VII ESTUDIO DE HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y SOCAVACIÓN.

El constructor debe cerciorarse de la calidad de los materiales adquiridos, bajo ningún motivo debe variar el tipo o calidad de los materiales respecto a los establecidos por las especificaciones técnicas y los diseños.

Se recomienda al constructor realizar los ensayos de laboratorio contemplados en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras vigentes a la fecha de la construcción del tramo vial con el fin de garantizar la calidad de los materiales durante la ejecución de las obras.

16 BIBLIOGRAFÍA

Montejo, A. (2010). Ingeniería de pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño. Universidad Católica de Colombia, Tercera edición.

Ballinas, R. (2006). Suelos expansivos (Tesis de Maestría), Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. México.

Chen, Fu Hua (1975), "Foundations on expansive soils", Elsevier – Oxford – New York.

Holtz, W.G. (1959), "Expansive Clay – Properties and Problems", Colorado School of Mines Quarterly, Vol. 54, No. 4.

Henry, E.F. (1965), "Engineering effects of moisture changes in soils", Concluding Proceeding of International Research and Engineering Conference on Expansive Soils, Texas A&M University.

Higuera. C. (2011), Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos para carreteras, Universidad Pedagógica y Tecnológico de Colombia. Volumen II

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

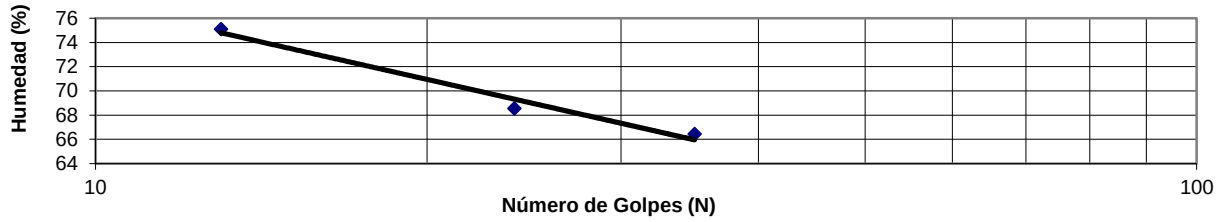
PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap48 - M2	0,25 - 0,50	Arcilla limosa algo arenosa amarillenta ocre y habana de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	234,66	192,40	57,25	31,3%		**Wn= 31,3%**
	20,58	15,55	7,98	66,4%	35	m: -20,53 / b: 97,65
LIMITE	24,38	17,54	7,56	68,5%	24	
LIQUIDO	24,35	15,85	4,53	75,1%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 68,96**
LIMITE	14,12	11,76	4,60	33,0%		
PLASTICO	13,52	11,28	4,49	33,0%		**LP= 32,98**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 35,98**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**

Ensayo de Límite Líquido
REF: ASTM, Desig D424-39



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	155,40	158,00		2,9967	5557,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,85

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	135,15	33,60	0,33	0,00	Pfinos(%) = 75,14%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap51 - M2	0,65 - 0,90	Arcilla arenosa amarillenta rojiza de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	247,42	222,68	30,04	12,8%	
LIMITE LIQUIDO	24,21	20,84	7,83	25,9%	35
	21,37	18,48	7,92	27,4%	25
	30,61	25,44	8,09	29,8%	14
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0
LIMITE PLASTICO	19,04	17,66	8,07	14,4%	
	20,11	18,60	8,00	14,2%	

Wn= 12,8%

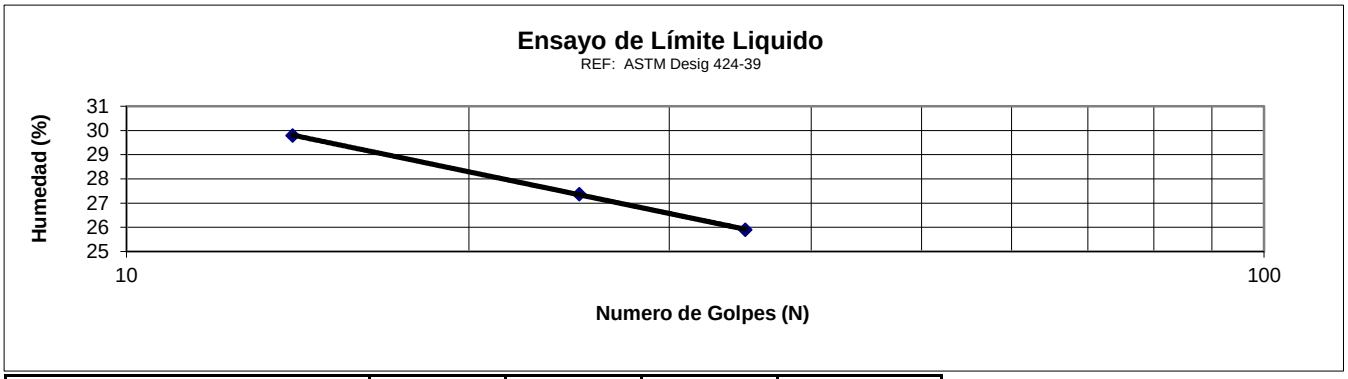
m	b
-9,77	41,01
Coef. de Corr=	-1,00

LL= 27,3

LP= 14,3

INDICE DE PLASTICIDAD — **IP= 13,0**

CLASIFICACION U.S.C.S. — **CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	155,00	171,00		3,2266	6368,0

γt(ton/m^3) = **1,97**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	222,68	104,45	4,93	0,00

Pfinos(%) = 53,09%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

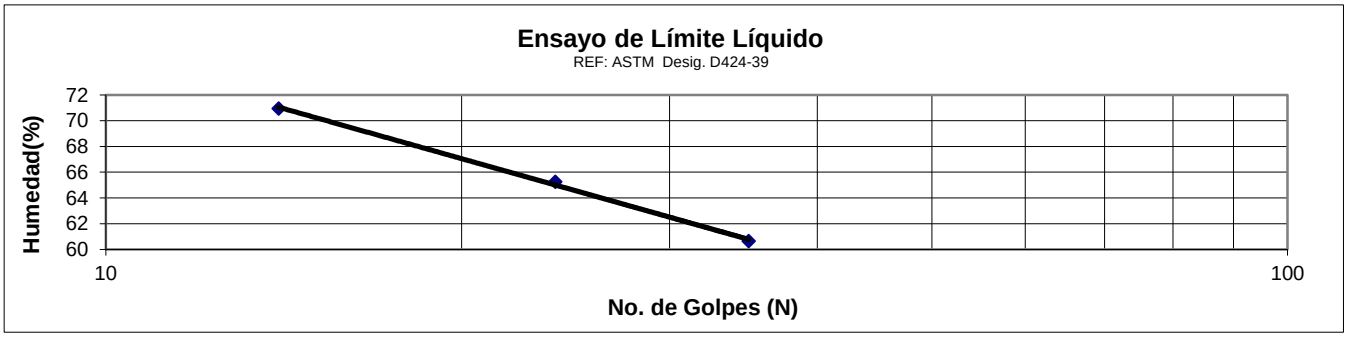
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap54 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla limosa rojiza de consistencia media, de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	232,40	182,16	31,49	33,3%		**Wn= 33,3%**
LIMITE LIQUIDO	26,40	19,42	7,91	60,6%	35	m: -25,81 / b: 100,63
	23,17	17,20	8,05	65,2%	24	
	24,15	17,53	8,20	70,95%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,00%	0	**LL= 64,6**
LIMITE PLASTICO	19,97	17,22	8,15	30,3%		
	19,94	17,15	7,98	30,4%		**LP= 30,4**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 34,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	153,00	170,00		3,1255	6099,0

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,95**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	150,67	19,80	3,50	0,00

Pfinos(%) = 86,86%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

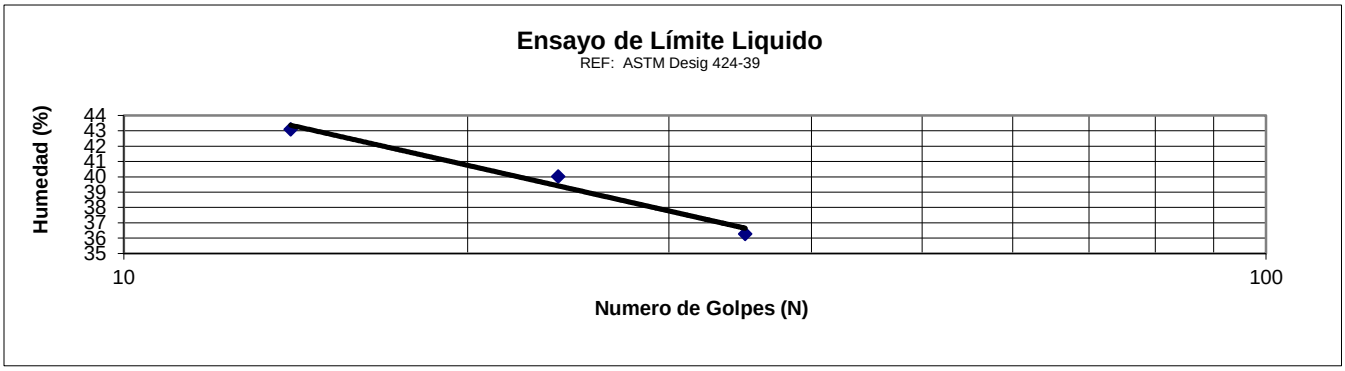
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap57 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla limosa algo arenosa rojiza amarillenta clara de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	218,53	174,17	30,36	30,8%		**Wn= 30,8%**
LIMITE LIQUIDO	22,86	18,93	8,10	36,3%	35	m: -16,88 / b: 62,70
	20,73	17,08	7,96	40,0%	24	
	26,39	20,82	7,90	43,1%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 39,1**
LIMITE PLASTICO	18,86	17,03	8,07	20,4%		
	19,22	17,30	8,04	20,7%		**LP= 20,6**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 18,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	155,80	175,00		3,3363	6621,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,98

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	143,81	2,38	0,30	0,00	Pfinos(%) = 98,35%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap60 - M2	0,55 - 0,80	Arcilla limo arenosa rojiza de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	382,57	347,85	73,38	12,6%	
LIMITE LIQUIDO	28,01	24,49	8,13	21,5%	35
	22,09	19,50	7,98	22,5%	24
	28,97	24,90	7,86	23,9%	15
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0
LIMITE PLASTICO	20,81	19,28	8,02	13,6%	
	20,06	18,60	7,98	13,7%	

Wn= 12,6%

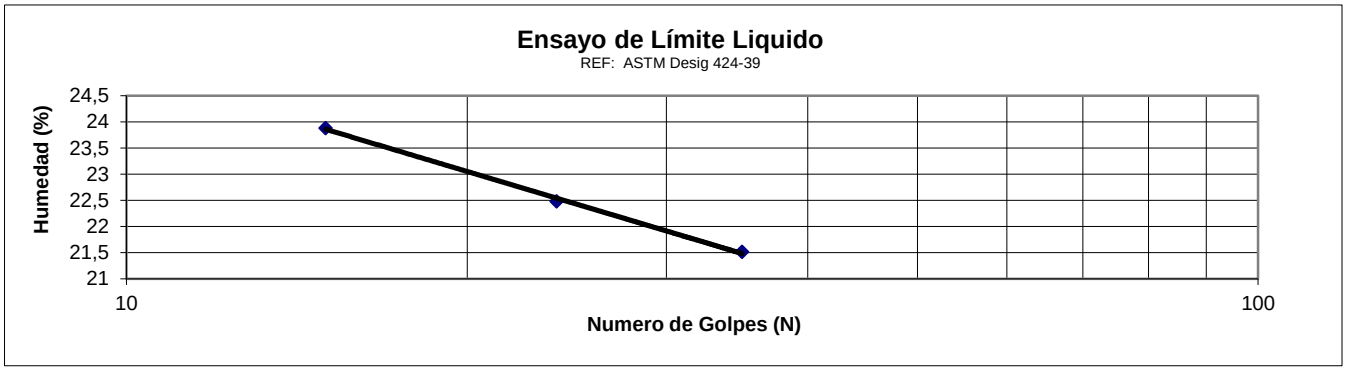
m	b
-6,46	31,45
Coef. de Corr=	-1,00

LL= 22,4

LP= 13,7

INDICE DE PLASTICIDAD — **IP= 8,8**

CLASIFICACION U.S.C.S. — **CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	152,00	158,00		2,8670	6089,0

γt(ton/m^3) = 2,12

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	274,42	130,45	3,47	0,00

Pfinos(%) = 52,46%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

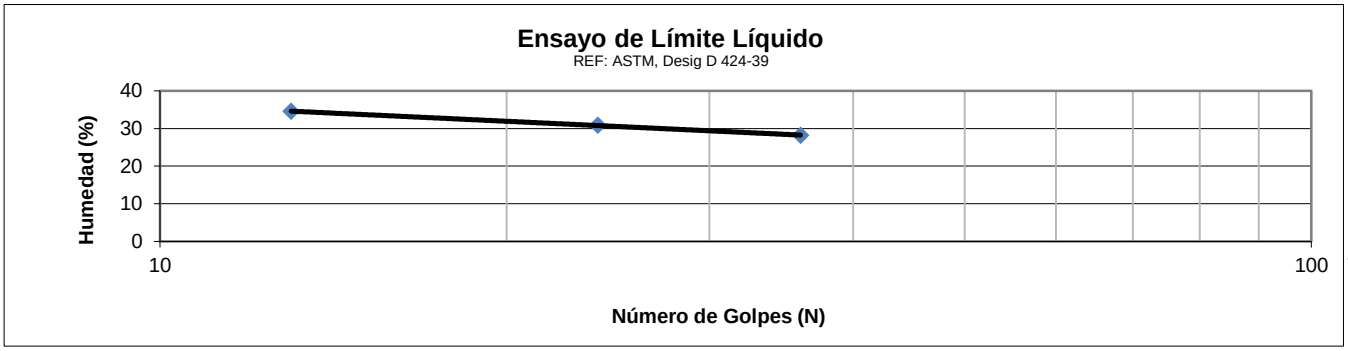
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap63 - M2	0,45 - 0,70	Arcilla limo arenosa amarillenta rojiza de consistencia media, de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	364,07	318,20	71,11	18,6%		**Wn= 18,6%**
LIMITE LIQUIDO	24,68	20,94	7,68	28,2%	36	m: -14,35 / b: 50,59
	24,17	20,37	8,06	30,9%	24	
	25,82	21,26	8,07	34,6%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 30,5**
LIMITE PLASTICO	20,37	18,49	8,06	18,0%		
	20,51	18,64	8,03	17,6%		**LP= 17,82**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 12,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	155,00	180,00		3,39645	6433,00	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,89

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	247,09	120,40	2,80	0,00	Pfinos(%) = 51,27%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap66 - M2	0,65 - 0,90	Arcilla limo arenosa rojiza amarillenta de consistencia media de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	322,23	284,14	37,21	15,4%	
	24,91	20,50	8,04	35,4%	35
LIMITE	23,15	18,92	7,96	38,6%	24
LIQUIDO	26,23	20,79	7,92	42,3%	15
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0
LIMITE	19,20	17,31	7,91	20,1%	
PLASTICO	20,32	18,27	8,01	20,0%	

Wn= 15,4%

m	b
-18,66	64,25
Coef. de Corr=	-1,00

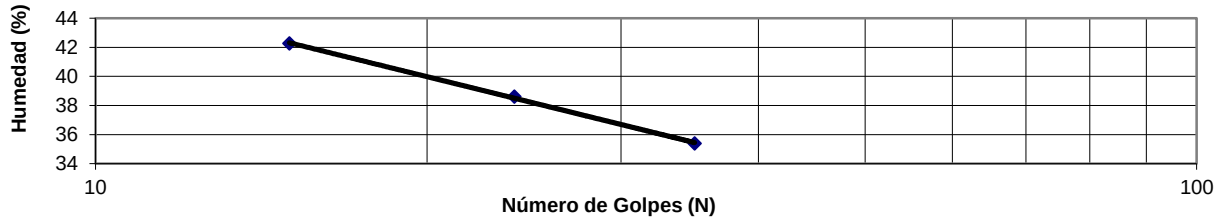
LL= 38,17

LP= 20,04

INDICE DE PLASTICIDAD — **IP= 18,13**

CLASIFICACION U.S.C.S. — **CL**

Ensayo de Límite Líquido
REF: ASTM, Desig D424-39



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
POR VOLUMEN	155,00	179,80		3,3927	7042,0

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **2,08**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	246,93	113,94	10,10	0,00

Pfinos(%) = 53,86%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

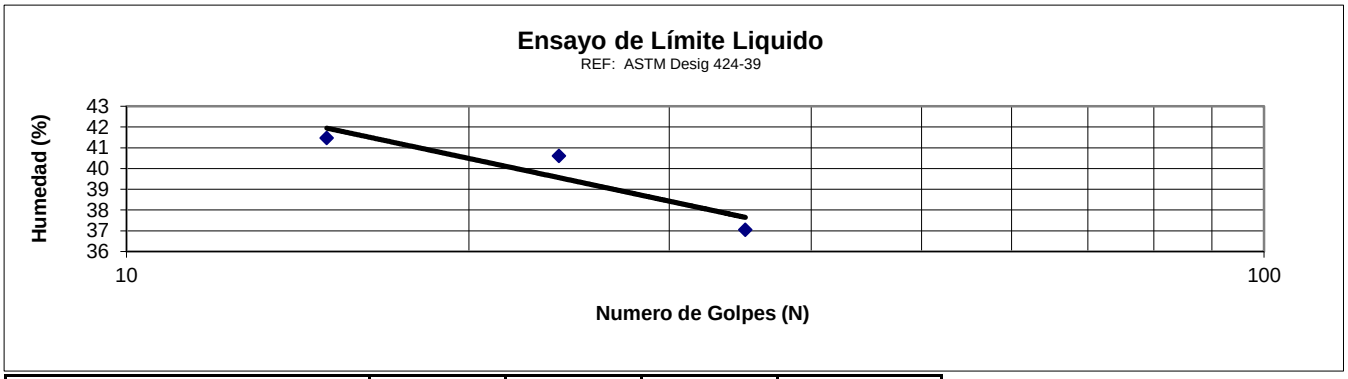
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap69 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla limo arenosa rojiza amarillenta de baja plasticidad, de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	422,59	361,42	33,79	18,7%		**Wn= 18,7%**
LIMITE LIQUIDO	21,66	17,98	8,05	37,1%	35	m: -11,69 / b: 55,69 / Coef. de Corr= -0,92
	20,78	17,08	7,97	40,6%	24	
	26,46	20,84	7,29	41,5%	15	
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 39,4**
LIMITE PLASTICO	17,08	15,63	7,99	19,0%		
	17,00	15,57	8,04	19,0%		**LP= 19,0**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 20,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	155,00	156,00		2,9436	5978,0	γt(ton/m^3) = 2,03

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	327,63	149,91	6,60	0,00	Pfinos(%) = 54,24%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

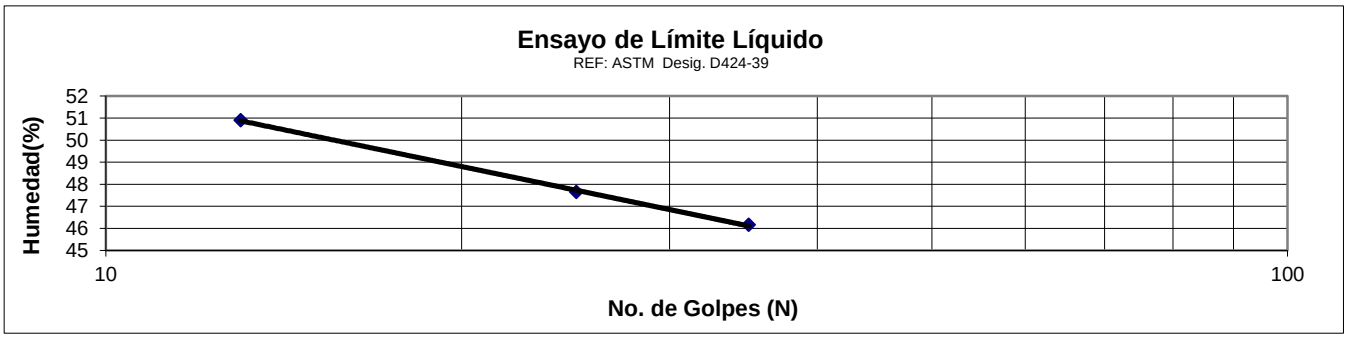
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap72 - M2	0,25 - 0,50	Arcilla areno limosa amarillenta ocre, de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	154,90	133,80	31,09	20,5%		**Wn= 20,5%**
LIMITE LIQUIDO	25,31	19,90	8,18	46,2%	35	m: -11,08 / b: 63,22
	24,18	19,00	8,13	47,7%	25	
	25,61	19,69	8,06	50,90%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,00%	0	**LL= 47,7**
LIMITE PLASTICO	18,20	16,49	8,00	20,1%		
	17,90	16,25	8,01	20,0%		**LP= 20,1**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 27,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	156,00	173,50		3,3162	6707,0

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **2,02**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	133,80	60,78	1,13	0,00

Pfinos(%) = 54,57%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

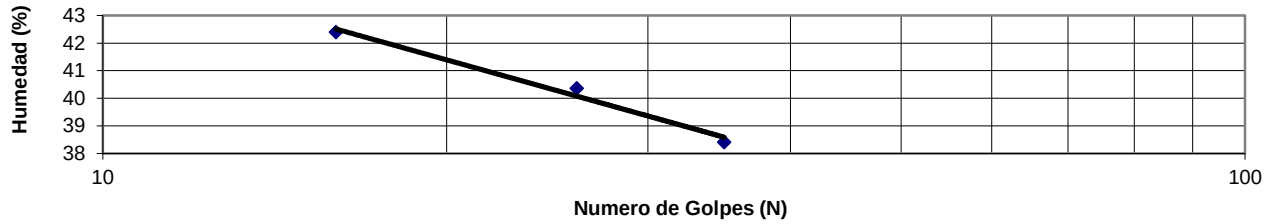
PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap75 - M2	0,45 - 0,70	Arcilla limo arenosa grisácea clara , de consistencia media de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	182,66	170,86	29,99	8,4%		**Wn= 8,4%**
LIMITE LIQUIDO	25,94	19,99	4,50	38,4%	35	m: -11,53 / b: 56,39
	26,83	20,38	4,40	40,4%	26	
	26,32	19,82	4,49	42,4%	16	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 40,3**
LIMITE PLASTICO	15,65	13,44	4,47	24,6%		
	15,05	12,96	4,62	25,1%		**LP= 24,8**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**

Ensayo de Límite Liquido
REF: ASTM Desig 424-39



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	154,00	162,00		3,0175	5842,0

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,94**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	140,87	71,39	2,03	0,00

Pfinos(%) = 49,32%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

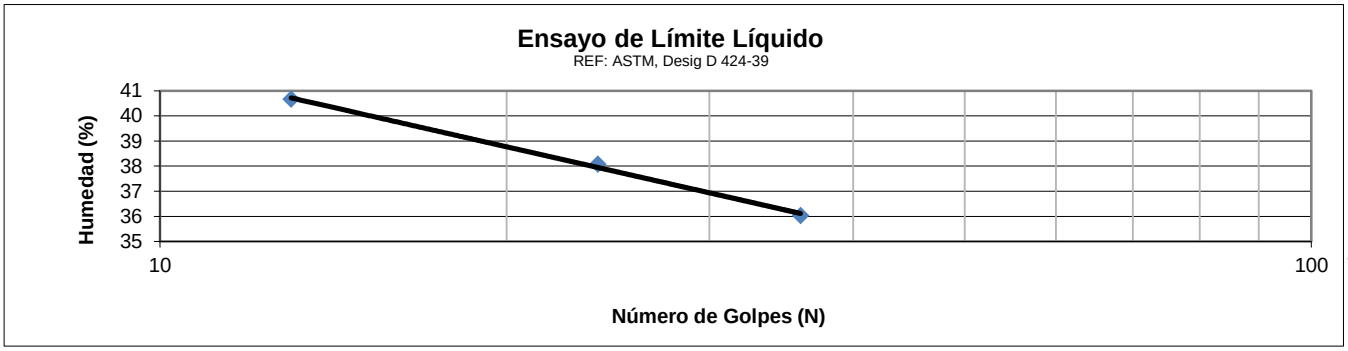
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap78 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla limo arenosa rojizo claro amarillenta de consistencia media de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	156,92	136,95	30,97	18,8%		**Wn= 18,8%**
LIMITE LIQUIDO	24,36	20,00	7,90	36,0%	36	m: -10,41 / b: 52,31
	23,26	19,09	8,14	38,1%	24	
	24,49	19,72	7,99	40,7%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 37,8**
LIMITE PLASTICO	18,60	16,99	7,99	17,9%		
	18,43	16,86	8,14	18,0%		**LP= 17,95**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 19,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	157,00	179,80		3,48080	6855,00	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,97

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	367,22	168,19	7,36	0,00	Pfinos(%) = 54,20%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

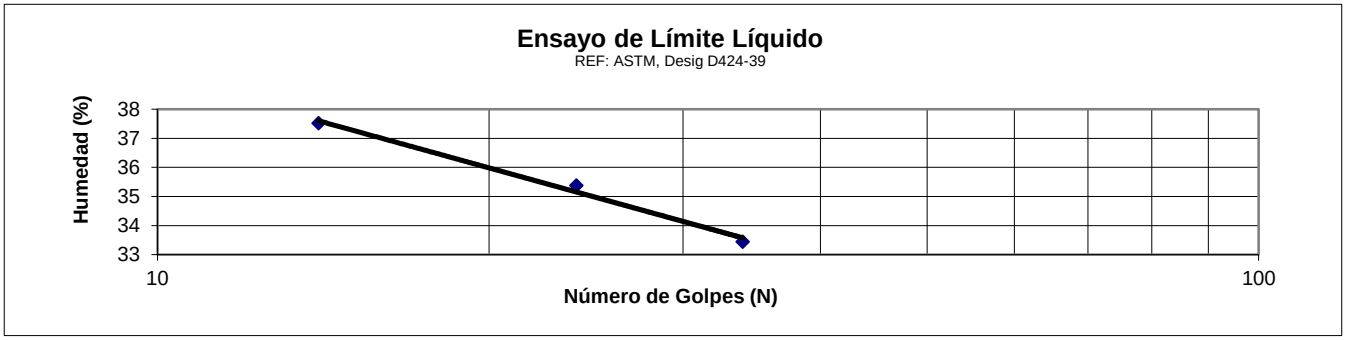
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap81 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla limosa rojiza amarillenta de consistencia media de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	451,88	388,33	43,09	18,4%		**Wn= 18,4%**
	24,53	20,40	8,05	33,4%	34	m: -10,45 / b: 49,58
LIMITE	25,68	21,06	8,00	35,4%	24	
LIQUIDO	30,57	24,38	7,88	37,5%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 34,97**
LIMITE	19,62	18,15	8,01	14,5%		
PLASTICO	20,38	18,83	8,09	14,4%		**LP= 14,46**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 20,51**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	155,00	144,00		2,7172	5373,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,98

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	345,24	91,26	5,81	0,00	Pfinos(%) = 73,57%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap84 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla limo arenosa amarillenta marrón de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	288,73	243,01	44,06	23,0%	
LIMITE LIQUIDO	23,56	19,73	8,02	32,7%	35
	25,07	20,69	8,06	34,7%	24
	26,61	21,57	8,06	37,3%	13
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0
LIMITE PLASTICO	19,78	17,71	7,92	21,1%	
	18,36	16,56	8,00	21,0%	

Wn= 23,0%

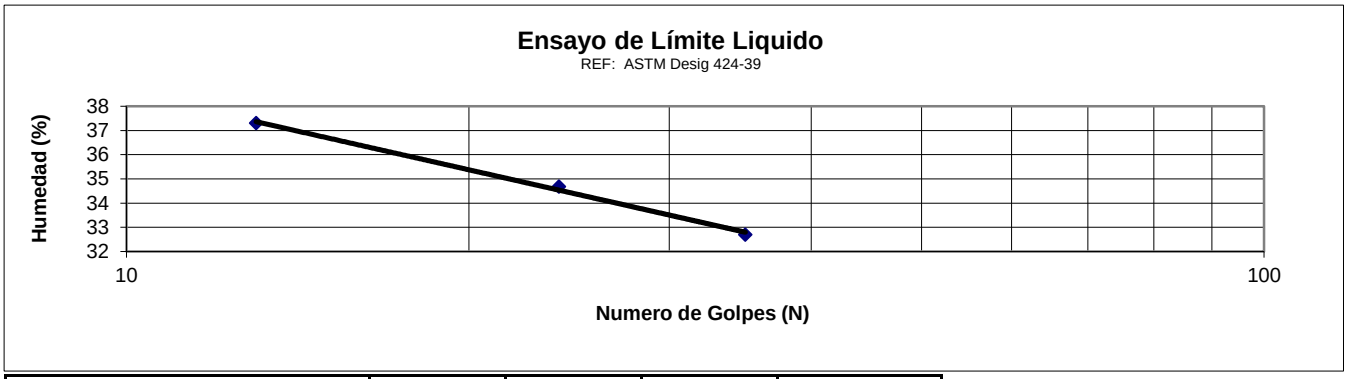
m	b
-10,61	49,18
Coef. de Corr=	-1,00

LL= 34,3

LP= 21,1

INDICE DE PLASTICIDAD — **IP= 13,3**

CLASIFICACION U.S.C.S. — **CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	155,00	162,00		3,0568	5992,0

γt(ton/m^3) = **1,96**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	198,95	45,27	9,29	0,00

Pfinos(%) = 77,25%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

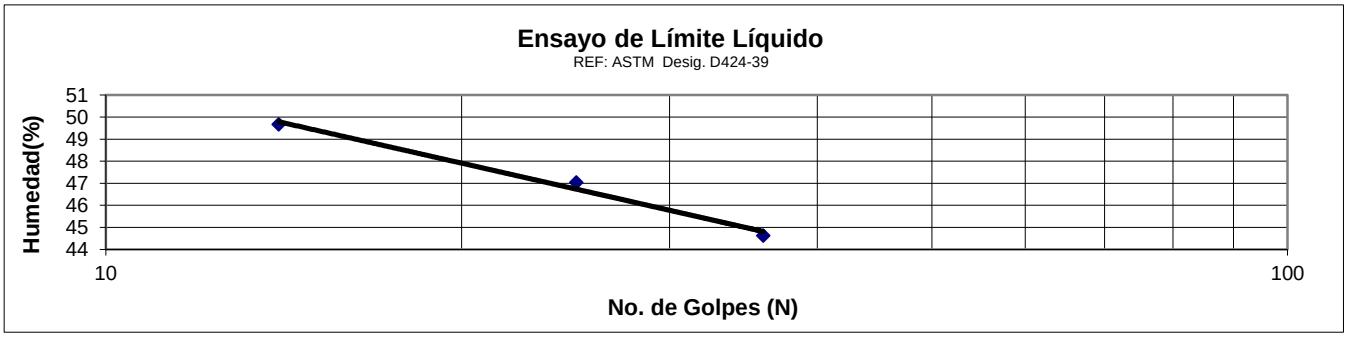
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap87 - M2	0,45 - 0,70	Arcilla limosa carmelita clara amarillenta de consistencia media de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	111,58	95,96	30,52	23,9%		**Wn= 23,9%**
LIMITE LIQUIDO	26,60	20,83	7,90	44,6%	36	m: -12,13 / b: 63,70
	28,41	21,89	8,03	47,0%	25	
	24,05	18,76	8,11	49,67%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00	0,00%	0	**LL= 46,7**
LIMITE PLASTICO	18,87	16,68	7,90	24,9%		
	18,07	16,05	7,94	24,9%		**LP= 24,9**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 21,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	155,00	166,00		3,1323	5964,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,90

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	250,31	33,95	3,10	0,00	Pfinos(%) = 86,44%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap0 - M2	0,40 - 0,65	Arcilla limosa amarillenta parduzca de consistencia media dw baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	514,20	439,95	34,14	18,3%	
LIMITE LIQUIDO	25,96	21,94	7,95	28,7%	36
	22,07	18,80	8,01	30,3%	24
	26,78	22,27	8,05	31,7%	14
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0
LIMITE PLASTICO	20,88	18,23	7,94	25,8%	
	19,74	17,36	8,13	25,8%	

Wn= 18,3%

m	b
-7,20	40,05
Coef. de Corr=	-0,99

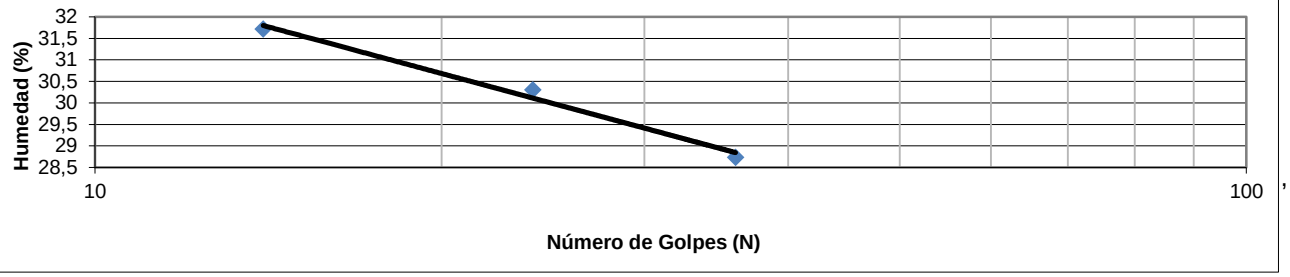
LL= 30,0

LP= 25,77

INDICE DE PLASTICIDAD **IP= 4,2**

CLASIFICACION U.S.C.S. **ML**

Ensayo de Límite Líquido
REF: ASTM, Desig D 424-39



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	153,00	119,96		2,20551	4169,00

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,89**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	405,81	34,77	1,84	0,00	Pfinos(%) = 91,43%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

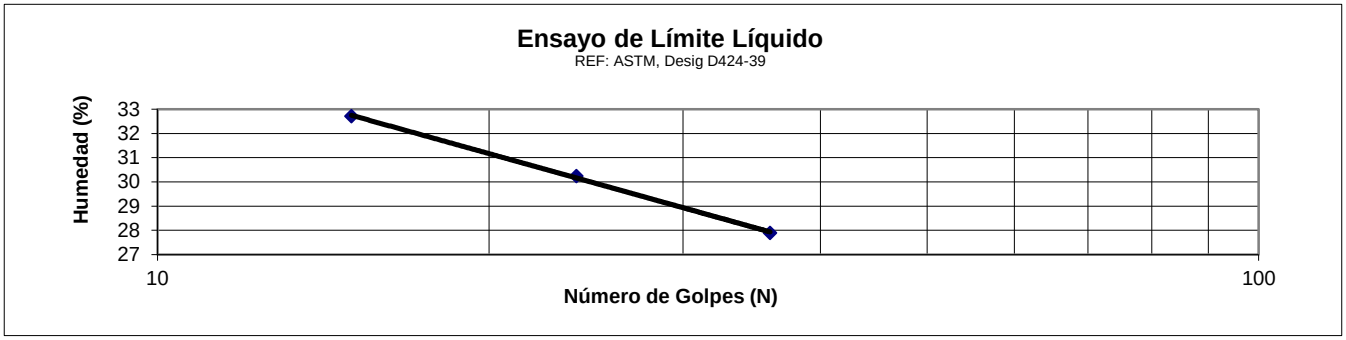
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap3 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla mlimosa amarillenta parduzca de baja plasticidad de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	702,31	622,38	32,97	13,6%		**Wn= 13,6%**
	27,90	23,54	7,91	27,9%	36	m: -12,66 / b: 47,64
LIMITE	29,54	24,52	7,92	30,2%	24	
LIQUIDO	25,08	20,85	7,92	32,7%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 29,94**
LIMITE	20,65	19,02	8,08	14,9%		
PLASTICO	20,97	19,32	8,00	14,6%		**LP= 14,74**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,20**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	155,20	126,50		2,3931	4904,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 2,05

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	589,41	118,56	1,36	0,00	Pfinos(%) = 79,88%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

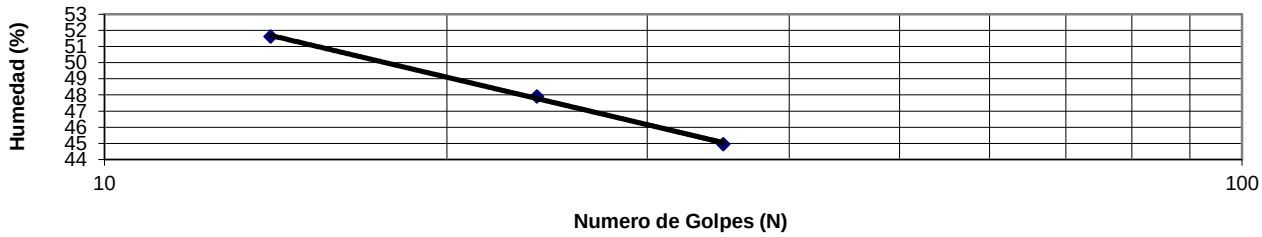
PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap6 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla limosa amarillenta de consistencia media, de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	605,57	490,68	32,34	25,1%		**Wn= 25,1%**
LIMITE LIQUIDO	25,62	20,13	7,92	45,0%	35	m: -16,69 / b: 70,82
	25,73	19,99	8,01	47,9%	24	Coef. de Corr= -1,00
	25,62	19,60	7,94	51,6%	14	**LL= 47,5**
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	
LIMITE PLASTICO	18,01	16,08	8,02	23,9%		
	18,07	16,13	8,17	24,4%		**LP= 24,2**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 23,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**

Ensayo de Límite Liquido
REF: ASTM Desig 424-39



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	154,50	117,90		2,2103	3878,0	γt(ton/m^3) = 1,75

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	458,34	14,84	0,18	0,00	Pfinos(%) = 96,76%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

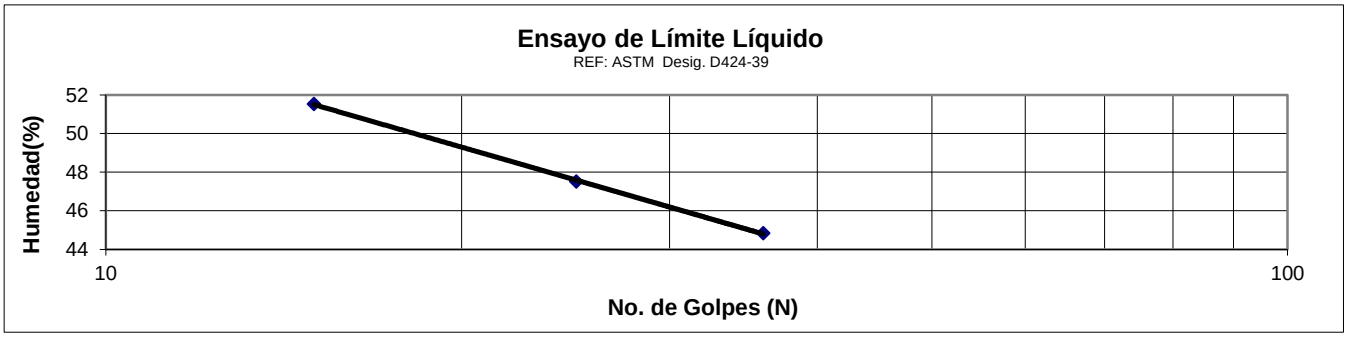
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap9 - M2	0,55 - 0,80	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media, de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	635,03	508,28	38,03	27,0%		**Wn= 27,0%**
LIMITE LIQUIDO	29,79	23,00	7,86	44,8%	36	m: -17,62 / b: 72,23
	24,65	19,30	8,04	47,5%	25	
	24,30	18,76	8,01	51,53%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,00%	0	**LL= 47,6**
LIMITE PLASTICO	18,19	16,23	8,13	24,2%		
	18,23	16,27	8,12	24,0%		**LP= 24,1**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 23,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	159,30	131,90		2,6289	5272,0

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **2,01**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	470,25	22,03	0,81	0,00

Pfinos(%) = 95,32%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

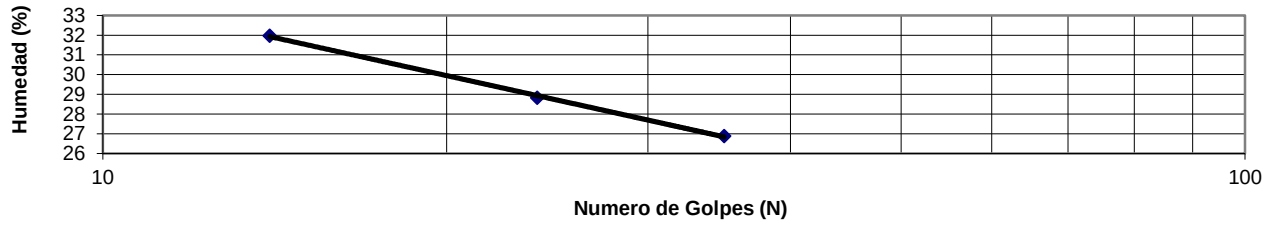
PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap12 - M2	0,75 - 1,00	Arcilla limosa algo arenosa amarillenta ocre de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	777,79	698,97	48,13	12,1%		**Wn= 12,1%**
LIMITE LIQUIDO	28,10	23,85	8,05	26,9%	35	m: -12,79 / b: 46,59
	28,45	23,83	7,81	28,8%	24	
	29,67	24,43	8,04	32,0%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 28,7**
LIMITE PLASTICO	20,92	19,36	8,05	13,8%		
	20,25	18,78	8,02	13,7%		**LP= 13,7**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**

Ensayo de Límite Liquido
REF: ASTM Desig 424-39



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	156,30	128,50		2,4655	5015,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **2,03**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	650,84	193,99	1,87	0,00	Pfinos(%) = 70,19%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:
REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap15 - M2	0,55 - 0,80	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	534,90	432,34	35,07	25,8%	
LIMITE LIQUIDO	24,61	18,24	8,11	62,9%	35
	23,35	17,12	7,87	67,4%	24
	23,05	16,78	8,09	72,2%	15
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0
LIMITE PLASTICO	17,48	15,30	8,16	30,5%	
	17,12	14,99	8,07	30,8%	

Wn= 25,8%

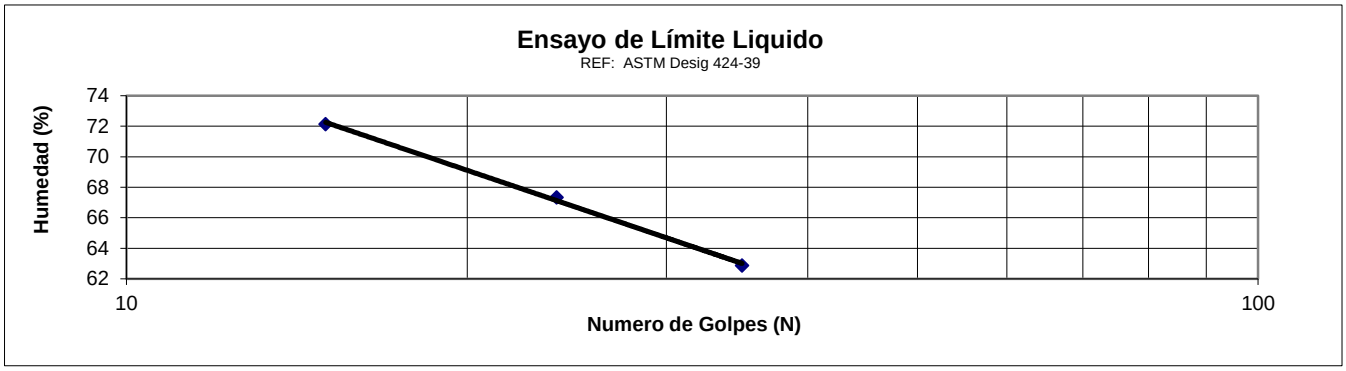
m	b
-25,12	101,80
Coef. de Corr=	-1,00

LL= 66,7

LP= 30,7

INDICE DE PLASTICIDAD — **IP= 36,0**

CLASIFICACION U.S.C.S. — **CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	158,10	119,30		2,3420	4473,0

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,91

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	397,27	78,07	1,01	0,00

Pfinos(%) = 80,35%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

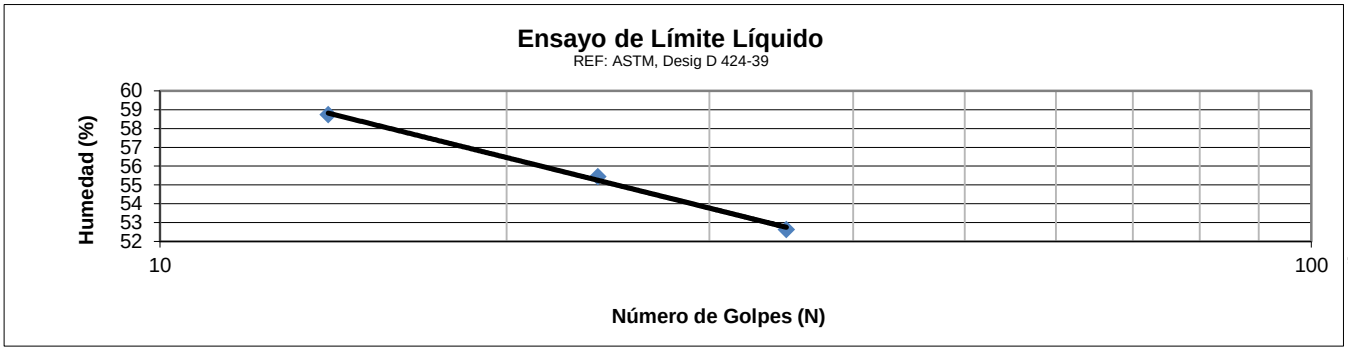
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap18 - M2	0,45 - 0,70	Arcilla limosa amarillenta ocre rojiza de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	774,20	655,31	75,33	20,5%		**Wn= 20,5%**
LIMITE LIQUIDO	26,37	20,08	8,13	52,6%	35	m: -15,24 / b: 76,29
	25,70	19,39	8,01	55,4%	24	
	26,36	19,57	8,01	58,7%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 55,0**
LIMITE PLASTICO	16,90	14,88	7,93	29,1%		
	18,97	16,50	8,07	29,3%		**LP= 29,18**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 25,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	154,50	124,00		2,32471	4420,00	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,90

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	579,98	100,15	0,24	0,00	Pfinos(%) = 82,73%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

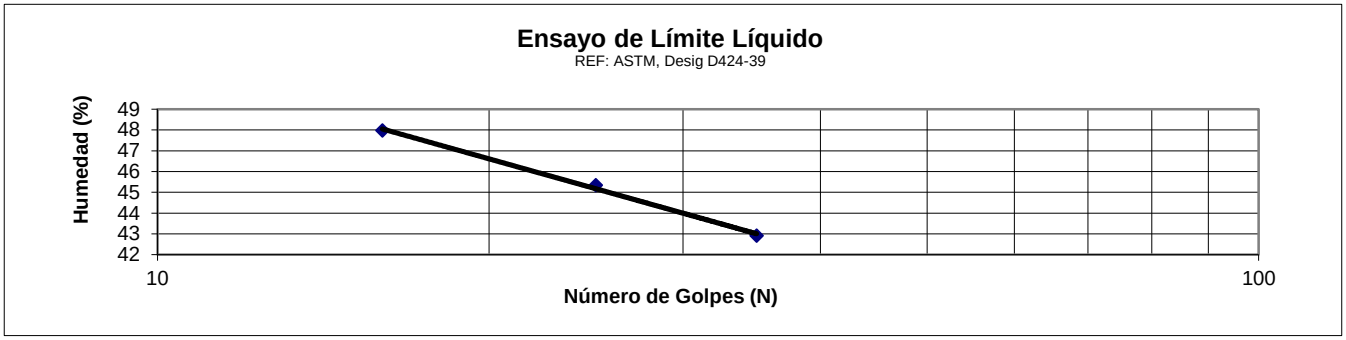
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap21 - M2	0,65 - 0,90	Arcilla limosa amarillo ocre de consistencia media, de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	803,49	702,33	43,09	15,3%		**Wn= 15,3%**
	27,67	21,74	7,92	42,9%	35	m: -14,85 / b: 65,93
LIMITE	29,25	22,59	7,90	45,3%	25	
LIQUIDO	24,81	19,35	7,97	48,0%	16	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 45,17**
LIMITE	20,48	18,08	8,00	23,8%		
PLASTICO	20,59	18,15	7,88	23,8%		**LP= 23,78**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 21,39**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	154,30	124,00		2,3187	4586,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,98

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	659,24	213,39	0,96	0,00	Pfinos(%) = 67,63%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

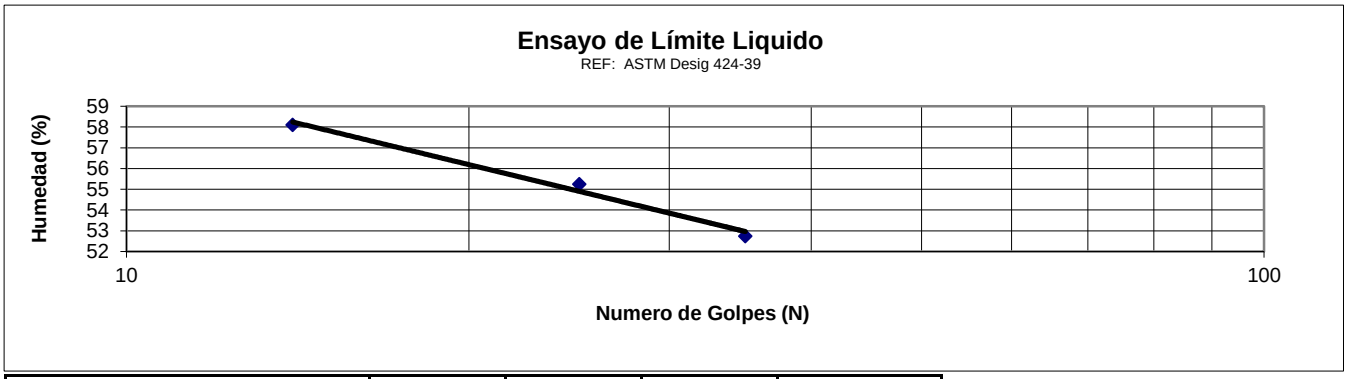
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap24 - M2	0,25 - 0,50	Arcilla limosa amarillenta ocre de consistencia media, de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	777,92	641,60	73,84	24,0%		**Wn= 24,0%**
LIMITE LIQUIDO	25,77	19,61	7,93	52,7%	35	m: -13,26 / b: 73,44 / Coef. de Corr= -0,99
	22,97	17,66	8,05	55,3%	25	
	29,46	21,58	8,02	58,1%	14	
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 54,9**
LIMITE PLASTICO	18,17	15,89	8,00	28,9%		
	18,27	15,93	8,07	29,8%		**LP= 29,3**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 25,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	154,00	122,00		2,2724	4187,0	γt(ton/m^3) = 1,84

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	567,82	64,30	0,22	0,00	Pfinos(%) = 88,68%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

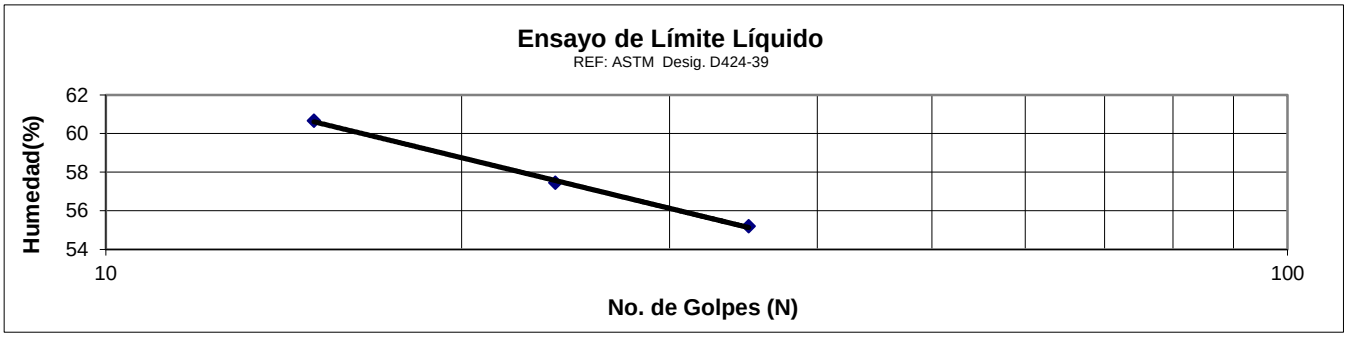
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap27 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla amarillenta rojiza de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	805,83	668,28	74,62	23,2%		**Wn= 23,2%**
LIMITE LIQUIDO	23,06	17,70	7,99	55,2%	35	m: -14,89 / b: 78,12
	26,25	19,58	7,97	57,5%	24	
	26,80	19,69	7,97	60,67%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,00%	0	**LL= 57,3**
LIMITE PLASTICO	19,70	16,99	8,03	30,2%		
	18,57	16,14	7,94	29,6%		**LP= 29,9**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 27,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	156,20	126,30		2,4202	4269,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,76

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	593,66	75,79	0,10	0,00	Pfinos(%) = 87,23%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

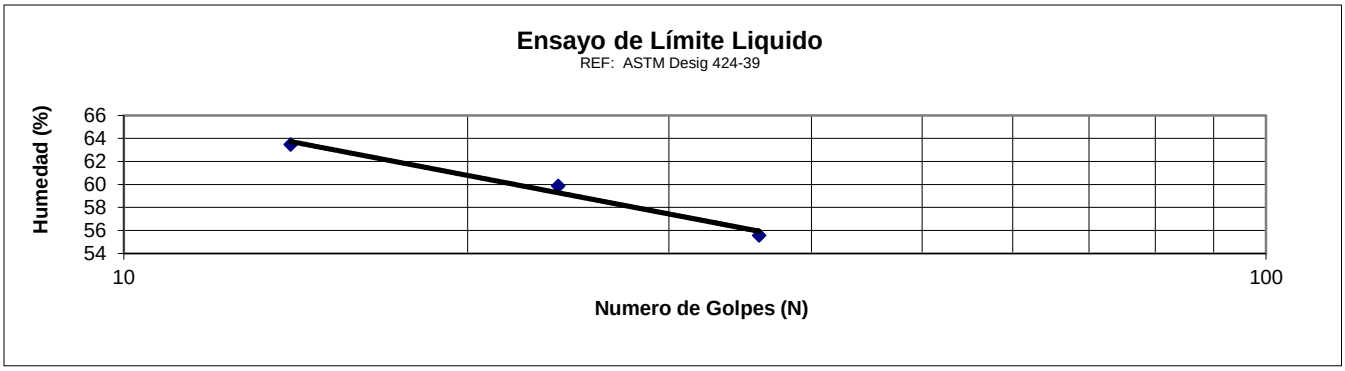
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap30 - M2	0,45 - 0,70	Arcilla limos amarilla ocre rojiza de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	864,67	701,03	76,03	26,2%		**Wn= 26,2%**
LIMITE LIQUIDO	26,11	19,60	7,89	55,6%	36	m: -19,00 / b: 85,51
	26,47	19,50	7,86	59,9%	24	
	29,90	21,42	8,06	63,5%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 58,9**
LIMITE PLASTICO	19,61	16,99	8,00	29,1%		
	18,44	15,99	8,04	30,8%		**LP= 30,0**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 29,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	153,20	123,00		2,2673	4180,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,84

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	625,00	139,95	0,36	0,00	Pfinos(%) = 77,61%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

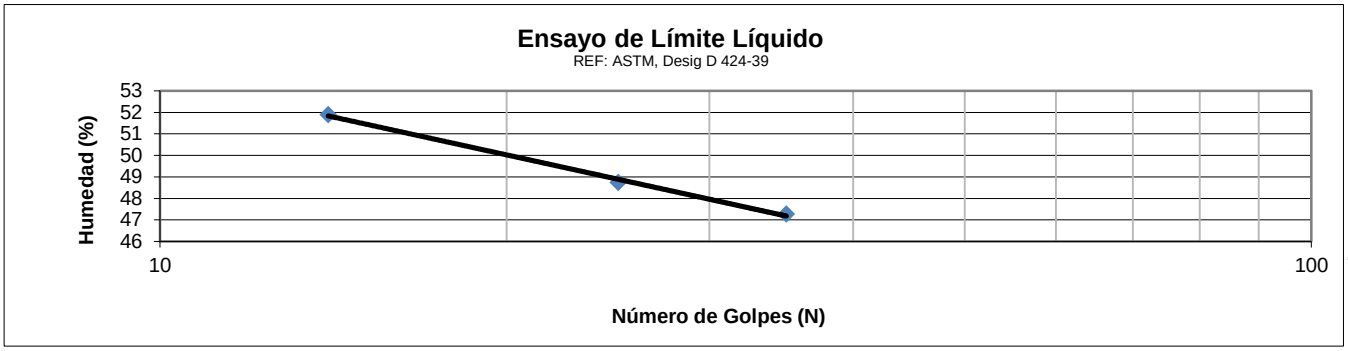
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap33 - M2	0,45 - 0,70	Arcilla limosa rojiza amarillenta de consistencia media de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	668,94	595,60	69,51	13,9%		**Wn= 13,9%**
LIMITE LIQUIDO	25,55	19,92	8,01	47,3%	35	m: -11,70 / b: 65,24
	25,27	19,63	8,06	48,7%	25	
	31,20	23,23	7,87	51,9%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 48,9**
LIMITE PLASTICO	19,24	17,01	7,96	24,6%		
	21,19	18,62	8,12	24,5%		**LP= 24,56**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 24,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
	155,10	125,10		2,36358	4687,00	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,98

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	526,09	121,02	0,37	0,00	Pfinos(%) = 77,00%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap39 - M1	0,25 - 0,50	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	281,48	215,83	42,90	38,0%	
	25,77	19,61	7,93	52,7%	35
LIMITE	22,97	17,66	8,05	55,3%	25
LIQUIDO	29,46	21,58	8,02	58,1%	14
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0
LIMITE	18,17	15,89	8,00	28,9%	
PLASTICO	18,27	15,93	8,07	29,8%	

Wn= 38,0%

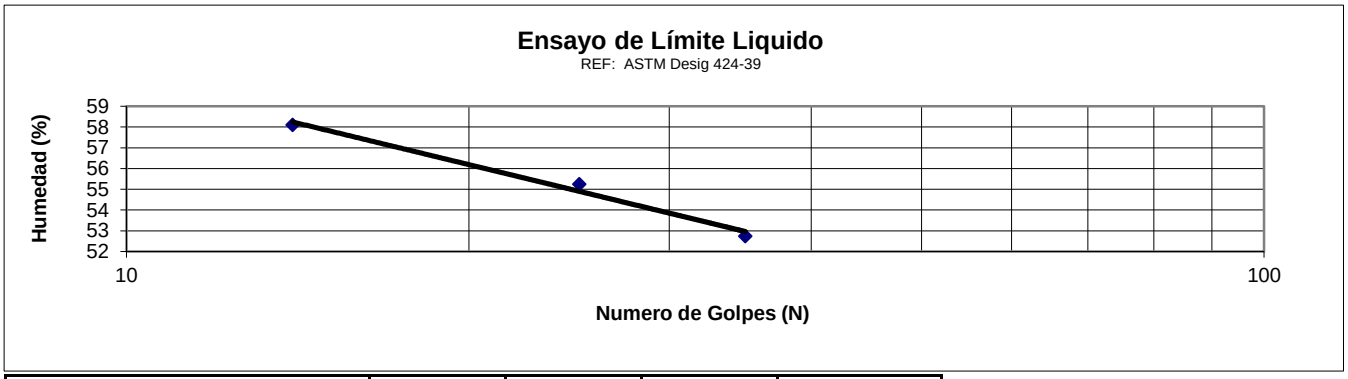
m	b
-13,26	73,44
Coef. de Corr=	-0,99

LL= 54,9

LP= 29,3

INDICE DE PLASTICIDAD — **IP= 25,6**

CLASIFICACION U.S.C.S. — **CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
POR VOLUMEN	154,00	167,00		3,1106	5291,0

γt(ton/m^3) = **1,70**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	172,93	30,39	0,73	0,00

Pfinos(%) = 82,43%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

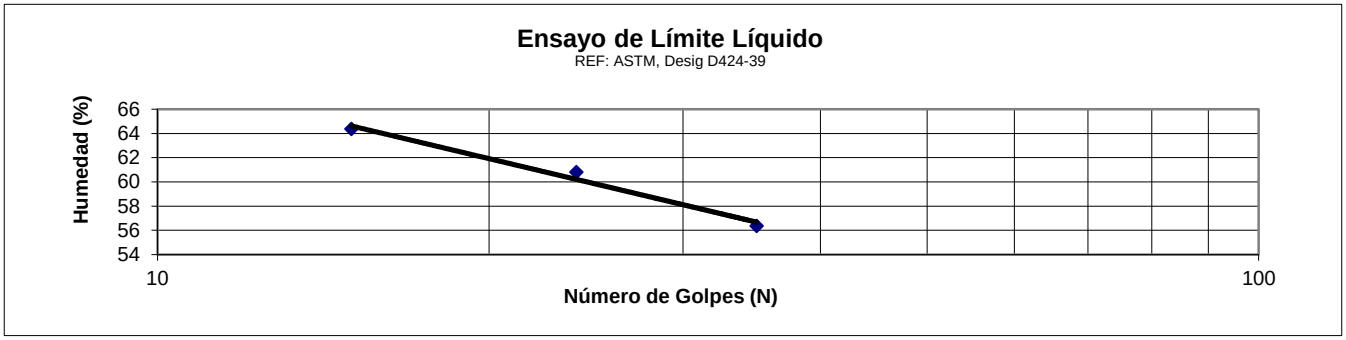
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap36 - M2	0,65 - 0,80	Limo arcilloso rojizo claro amarillenta de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	769,15	627,54	68,17	25,3%		**Wn= 25,3%**
	27,71	20,66	8,15	56,4%	35	m: -21,58 / b: 89,99
LIMITE	24,23	18,09	7,99	60,8%	24	
LIQUIDO	24,02	17,70	7,88	64,4%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 59,83**
LIMITE	19,23	16,49	8,04	32,4%		
PLASTICO	20,13	17,14	8,01	32,7%		**LP= 32,59**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 27,24**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO	**Pa**	**Ppa**	**Pps+K**	**Pps**	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO	**Diam(mm)**	**h(mm)**	**a(mm)**	**Vol(mm3)**	**Pa**	
POR VOLUMEN	157,50	119,60		2,3301	4522,0	**γt(ton/m^3) = 1,94**

PORCENTAJE DE FINOS	**Pms**	**PmsL**	**Fondo**	**P R**	
	559,37	17,09	0,01	0,00	Pfinos(%) = 96,94%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV # 19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

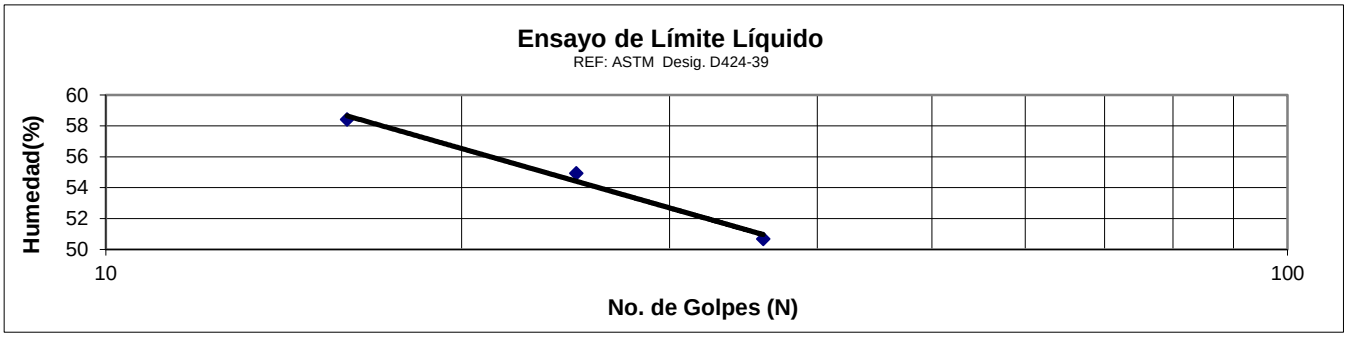
Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap42 - M2	0,35 - 0,60	Arcilla limosa algo arenosa amarilla clara y habana de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	699,12	565,02	62,77	26,7%		**Wn= 26,7%**
LIMITE LIQUIDO	25,68	19,75	8,05	50,7%	36	m: -21,83 / b: 84,94
	28,59	21,28	7,97	54,9%	25	
	25,67	19,15	7,99	58,42%	16	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00	0,00%	0	**LL= 54,4**
LIMITE PLASTICO	19,06	16,78	8,06	26,1%		
	19,83	17,40	8,06	26,0%		**LP= 26,1**
INDICE DE PLASTICIDAD						**IP= 28,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.						**CH**



PESO UNITARIO	**Pa**	**Ppa**	**Pps+K**	**Pps**	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	**Diam(mm)**	**h(mm)**	**a(mm)**	**Vol(mm3)**	**Pa**	
	153,20	123,00		2,2673	3812,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,68**

PORCENTAJE DE FINOS	**Pms**	**PmsL**	**Fondo**	**P R**	
	302,25	78,37	0,12	0,00	Pfinos(%) = 74,07%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

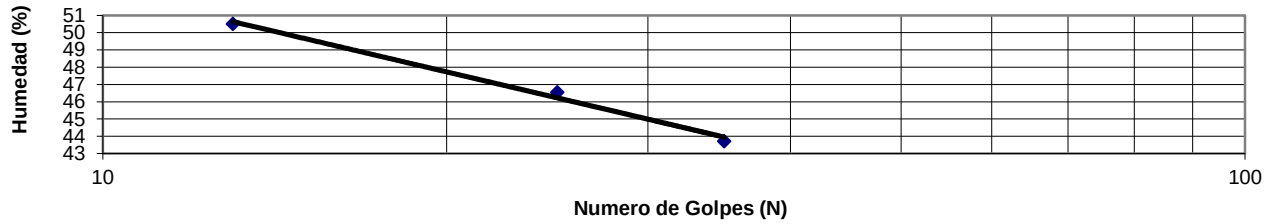
PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap45 - M2	0,45 - 0,70	Arcilla limosa amarillenta clara parduzca de consistencia media de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	764,24	647,18	43,85	19,4%		**Wn= 19,4%**
LIMITE LIQUIDO	28,38	22,21	8,10	43,7%	35	m: -15,55 / b: 67,97
	24,09	18,95	7,91	46,6%	25	
	29,49	22,28	8,01	50,5%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00	0,0%	0	**LL= 46,2**
LIMITE PLASTICO	20,94	18,37	7,91	24,6%		
	21,37	18,74	8,12	24,8%		**LP= 24,7**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 21,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**

Ensayo de Límite Liquido
REF: ASTM Desig 424-39



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
	153,90	119,60		2,2248	4209,0

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,89**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
	604,33	96,13	0,57	0,00

Pfinos(%) = 84,09%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV # 19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

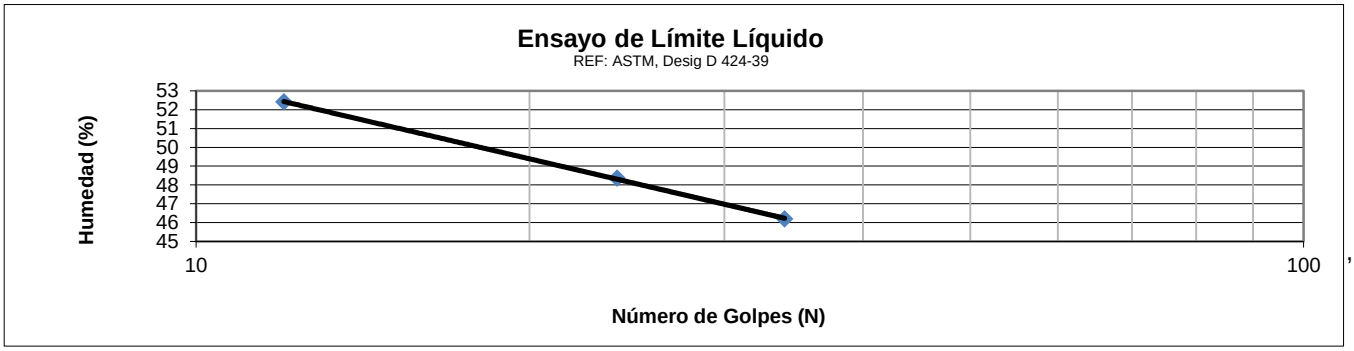
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP0 - M6	2,25 - 2,70	Arcilla amarillenta rojiza abigarrada de consistencia media, baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	177,09	151,15	30,40	21,5%		**Wn= 21,5%**
LIMITE LIQUIDO	23,30	18,33	7,57	46,2%	34	m: -13,71 / b: 67,23
	23,02	16,96	4,43	48,4%	24	
	22,57	17,57	8,03	52,4%	12	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 48,1**
LIMITE PLASTICO	18,62	16,43	4,56	18,4%		
	19,20	17,48	8,01	18,2%		**LP= 18,31**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 29,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	20,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

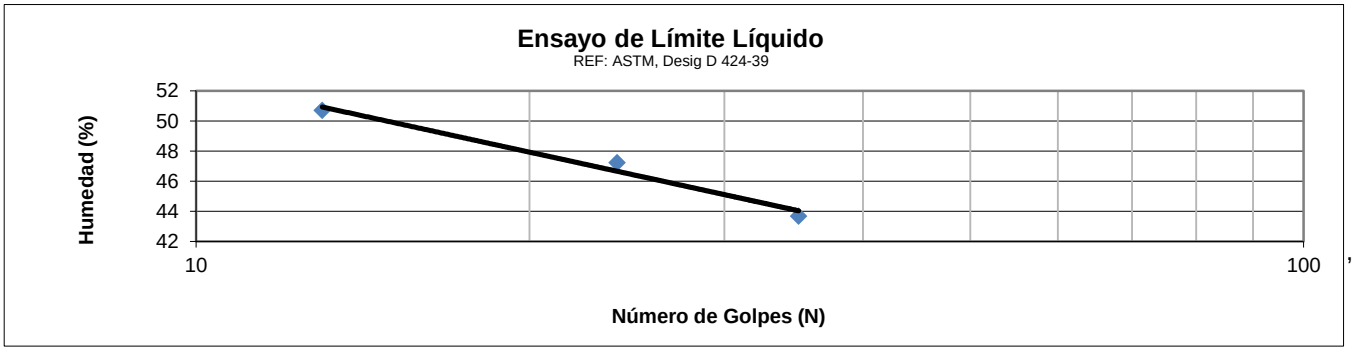
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP1 - M3	0,85 - 1,30	Arcilla arenosa amarillo oscuro, rojiza de consistencia media, baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	195,96	168,02	30,38	20,3%		**Wn= 20,3%**
LIMITE LIQUIDO	25,27	18,94	4,45	43,7%	35	m: -16,03 / b: 68,78
	24,98	18,26	4,03	47,2%	24	
	24,92	17,81	3,79	50,7%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 46,4**
LIMITE PLASTICO	16,25	14,12	4,48	22,1%		
	18,01	15,59	4,52	21,9%		**LP= 21,98**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 24,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	137,64	41,00	1,83	0,00	Pfinos(%) = 70,21%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

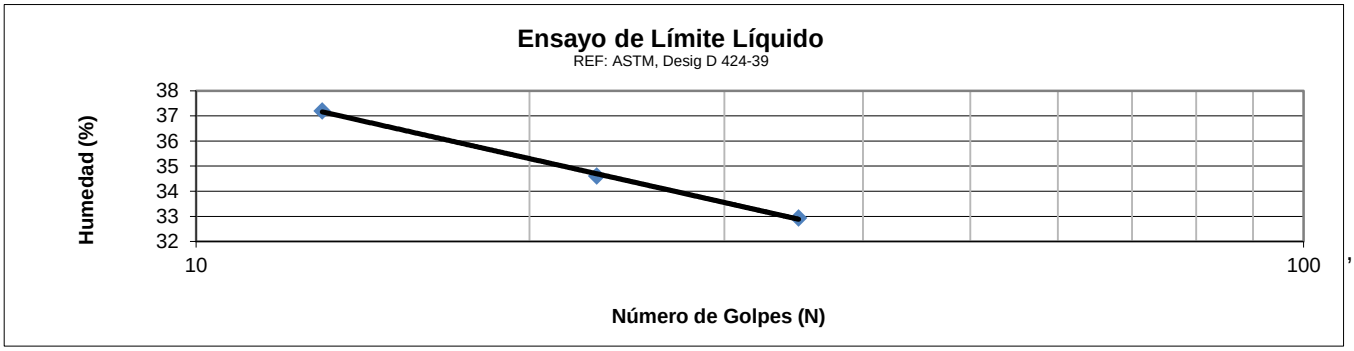
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP2 - M1	0,50-0,60	Relleno arcillo arenoso rojizo con gravas, baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	868,40	810,77	65,70	7,7%		**Wn= 7,7%**
LIMITE LIQUIDO	25,85	21,43	8,01	32,9%	35	m: -9,94 / b: 48,24
	23,39	19,41	7,91	34,6%	23	
	23,94	19,61	7,97	37,2%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 34,3**
LIMITE PLASTICO	19,14	17,48	7,97	17,5%		
	19,47	17,81	8,01	16,9%		**LP= 17,20**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 17,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	745,07	506,24	1,92	0,00	Pfinos(%) = 32,05%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

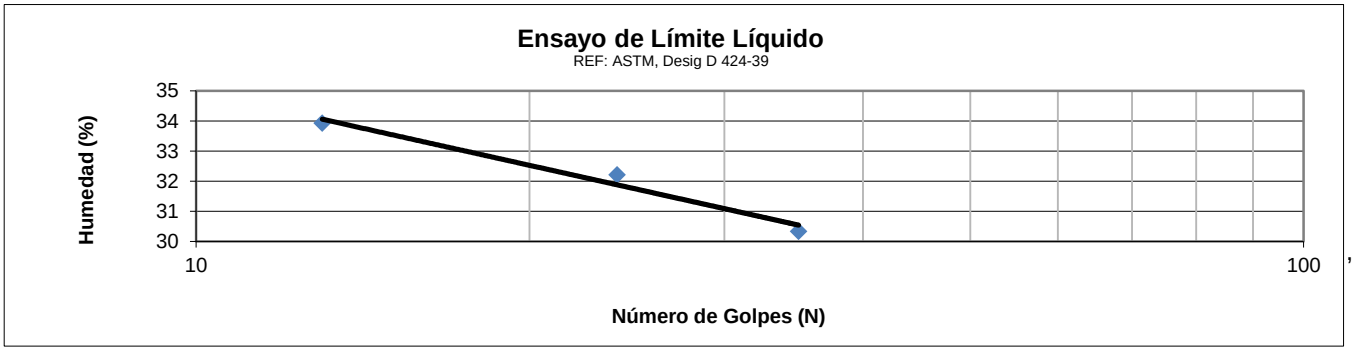
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP2 - M2	0,30 - 0,80	Arcilla limosa amarillo rojizo, fisurada muy deleznable, baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	286,96	236,96	31,51	24,3%		**Wn= 24,3%**
LIMITE LIQUIDO	25,24	20,42	4,53	30,3%	35	m: -8,18 / b: 43,16
	22,63	18,21	4,49	32,2%	24	
	22,34	17,79	4,38	33,9%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 31,7**
LIMITE PLASTICO	16,80	15,13	4,44	15,6%		
	14,86	15,78	4,51	-8,2%		**LP= 3,73**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 28,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	497,10	504,73	259,80	259,5	**$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 2,10**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	59,06	83,06		0,22755	497,10	**$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 2,18**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	205,45	85,14	1,24	0,00	Pfinos(%) = 58,56%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	4,7 ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	5,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

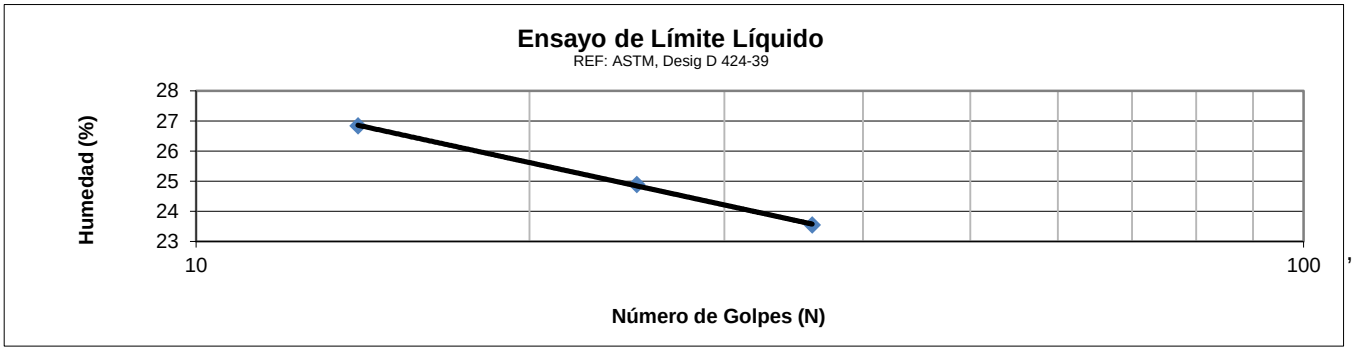
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP2 - M5	1,85 - 2,30	Arcilla arenosa amarillo oscuro rojiza, muy fina, baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	175,07	155,29	30,53	15,9%		**Wn= 15,9%**
LIMITE LIQUIDO	25,58	21,45	3,91	23,5%	36	m: -8,00 / b: 36,03
	24,16	20,10	3,79	24,9%	25	Coef. de Corr= -1,00
	27,42	22,57	4,50	26,8%	14	**LL= 24,8**
	0,00	0,00	1,00		0	
LIMITE PLASTICO	18,17	16,39	4,59	15,1%		
	17,95	16,15	4,42	15,3%		**LP= 15,22**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 9,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

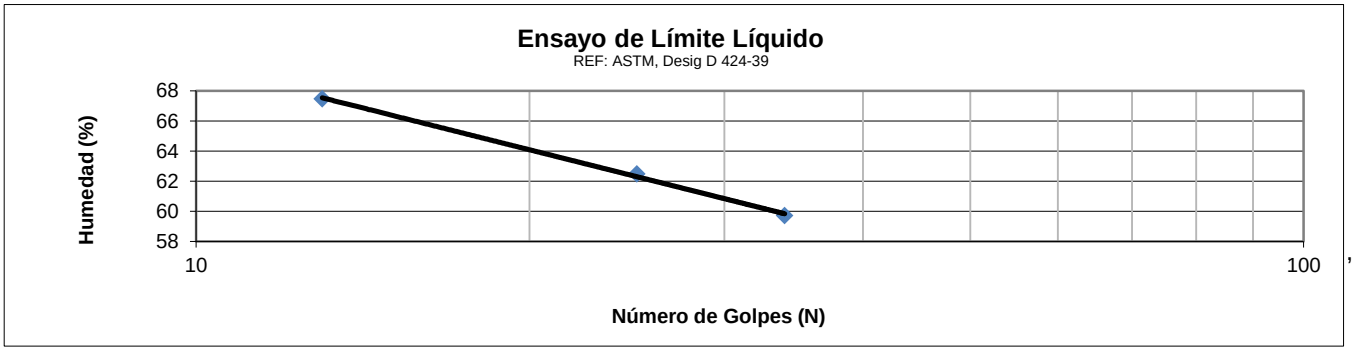
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP3 - M7	2,65 - 3,10	arcilla amarillenta con trazas rojizas, de consistencia media, alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	268,91	220,79	31,12	25,4%		**Wn= 25,4%**
LIMITE LIQUIDO	23,43	17,65	7,97	59,7%	34	m: -18,44 / b: 88,08
	23,43	17,45	7,88	62,5%	25	
	23,19	17,09	8,05	67,5%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 62,3**
LIMITE PLASTICO	19,60	17,16	8,03	26,7%		
	18,84	16,58	7,99	26,3%		**LP= 26,52**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 35,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	18,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

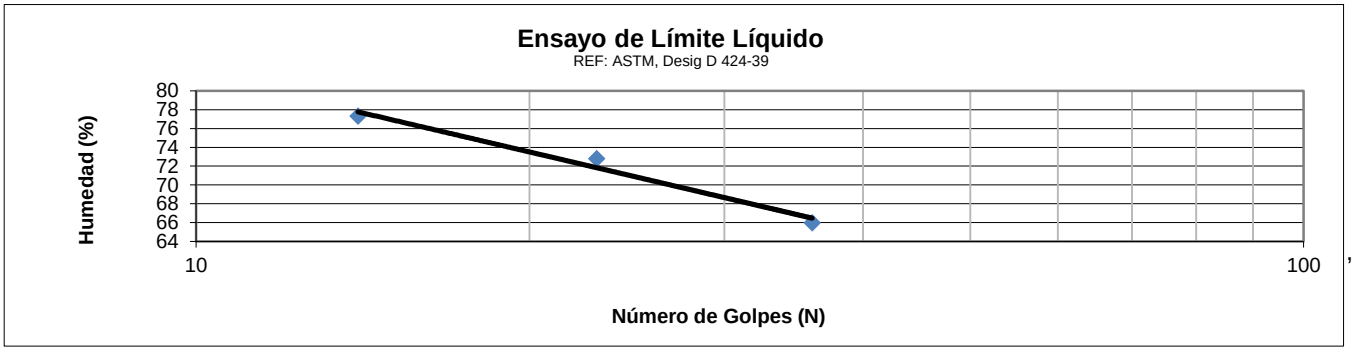
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP4 - M3	0,35 - 1,40	Arcilla limosa amarillenta ocre clara, fisurada, de consistencia media, alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	181,24	148,50	30,96	27,9%		**Wn= 27,9%**
LIMITE LIQUIDO	22,20	16,56	8,01	66,0%	36	m: -27,55 / b: 109,35
	23,14	16,77	8,02	72,8%	23	
	26,83	18,65	8,07	77,3%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 70,8**
LIMITE PLASTICO	19,01	16,55	8,03	28,9%		
	18,44	16,14	8,09	28,6%		**LP= 28,72**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 42,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	117,54	7,56	0,27	0,00	Pfinos(%) = 93,57%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	6,3 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

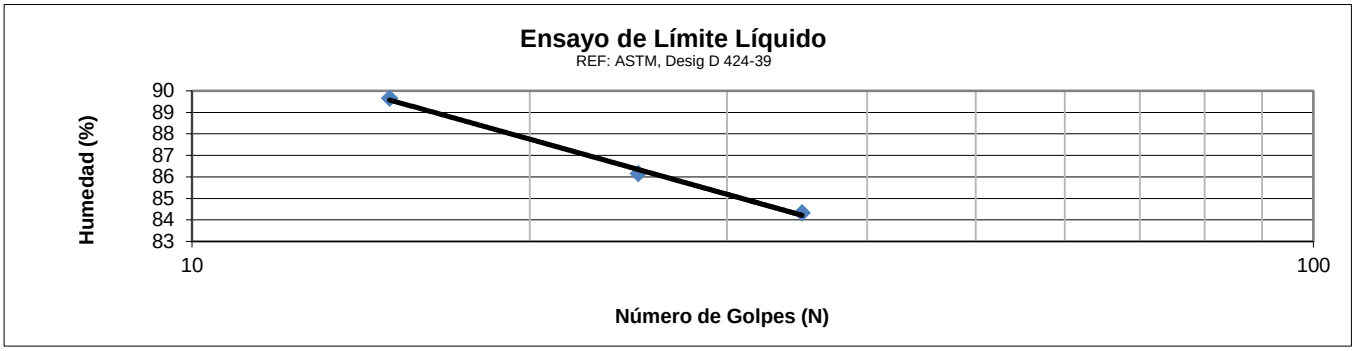
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP5 - M4	1,45 - 1,90	Arcilla rojiza clara con tonos amarillos,de consistencia media, alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	209,19	170,43	29,94	27,6%		**Wn= 27,6%**
LIMITE LIQUIDO	24,65	17,06	8,06	84,3%	35	m: -14,57 / b: 106,72
	23,36	16,27	8,04	86,1%	25	
	24,90	16,84	7,85	89,7%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 86,3**
LIMITE PLASTICO	19,56	16,77	7,98	31,7%		
	18,72	16,17	8,03	31,3%		**LP= 31,53**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 54,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	140,49	5,44	0,11	0,00	Pfinos(%) = 96,13%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m²
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	20,0 ton/m²

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

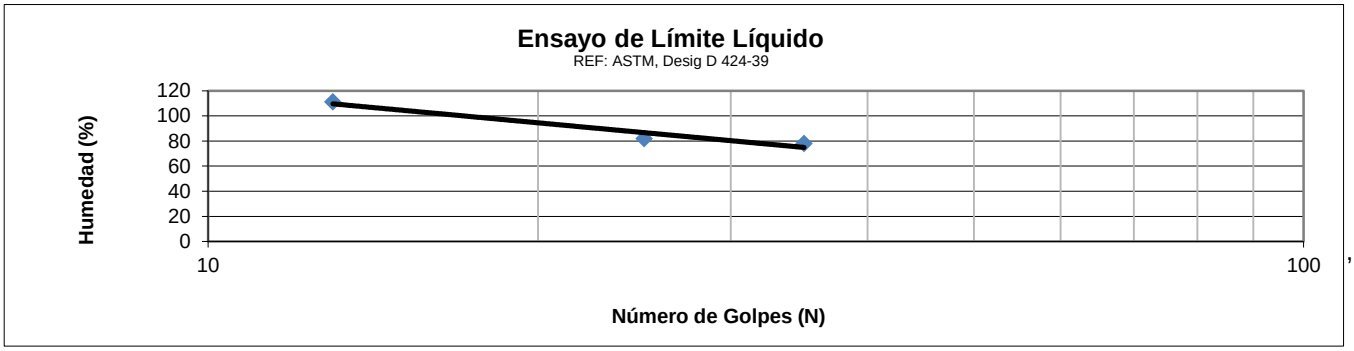
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP6 - M5	1,85 - 2,30	Arcilla amarillenta clara con trazas rojizas, de consistencia media, de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	218,70	180,78	68,21	33,7%		**Wn= 33,7%**
LIMITE LIQUIDO	24,72	17,39	8,00	78,1%	35	m: -80,80 / b: 199,67
	24,09	16,79	7,88	81,9%	25	Coef. de Corr= -0,97
	25,42	16,15	7,82	111,3%	13	**LL= 86,7**
	0,00	0,00	1,00		0	
LIMITE PLASTICO	17,18	14,74	8,01	36,3%		
	17,75	15,22	8,12	35,6%		**LP= 35,94**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 50,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	6,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

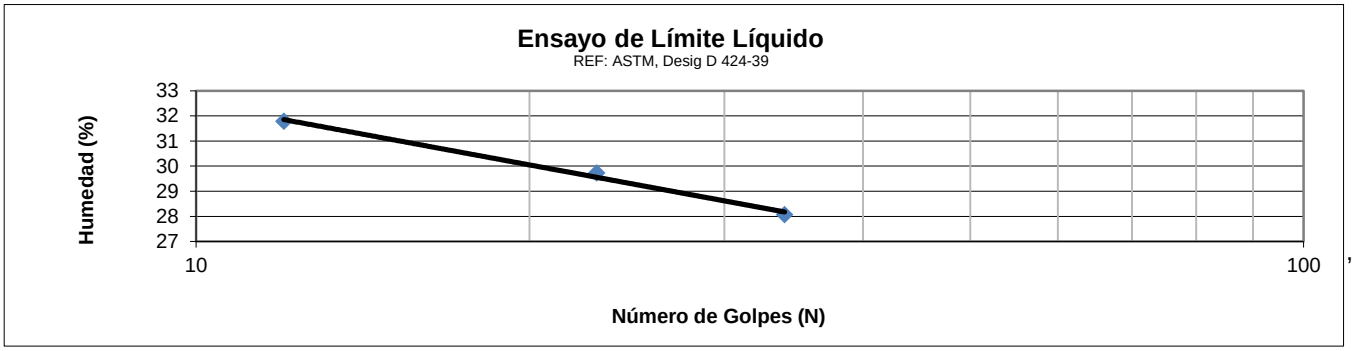
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP7 - M1	0,10 - 0,20	Capa de relleno Arcillo arenoso rojizo amarillento, de baja plasticidad con gravas subredondeadas

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	977,81	913,12	83,71	7,8%		**Wn= 7,8%**
LIMITE LIQUIDO	27,50	23,24	8,06	28,1%	34	m: -8,14 / b: 40,64
	25,03	21,15	8,10	29,7%	23	
	28,12	23,25	7,93	31,8%	12	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 29,3**
LIMITE PLASTICO	20,97	19,10	8,00	16,8%		
	19,46	17,80	7,90	16,8%		**LP= 16,81**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 12,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	829,41	500,79	2,94	0,00	Pfinos(%) = 39,62%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

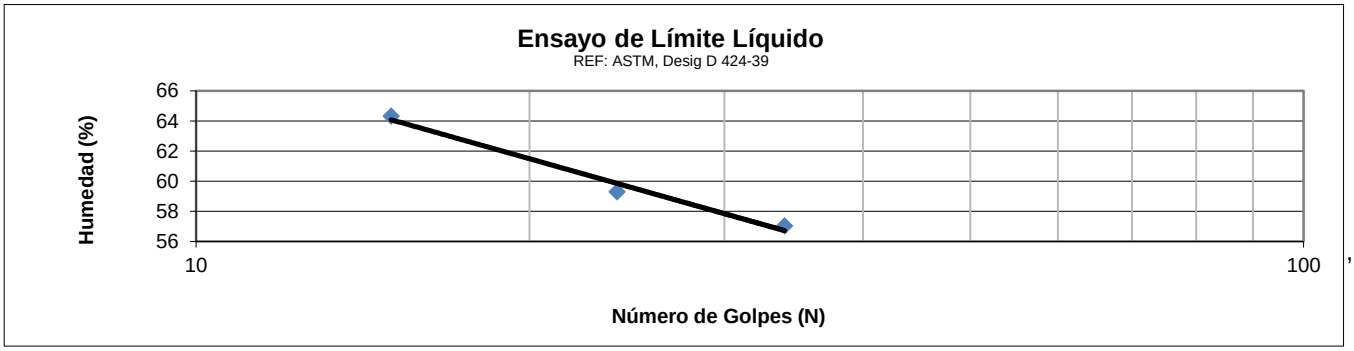
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP7 - M3	0,85 - 1,30	Arcilla limosa rojiza algo fisurada gramosa de consistencia media a firme de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	264,72	215,85	34,92	27,0%		**Wn= 27,0%**
LIMITE LIQUIDO	23,21	17,66	7,93	57,0%	34	m: -20,73 / b: 88,46
	25,05	18,73	8,07	59,3%	24	
	24,13	17,82	8,01	64,3%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 59,5**
LIMITE PLASTICO	19,29	16,79	8,01	28,5%		
	19,35	16,86	8,02	28,2%		**LP= 28,32**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 31,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	16,3 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

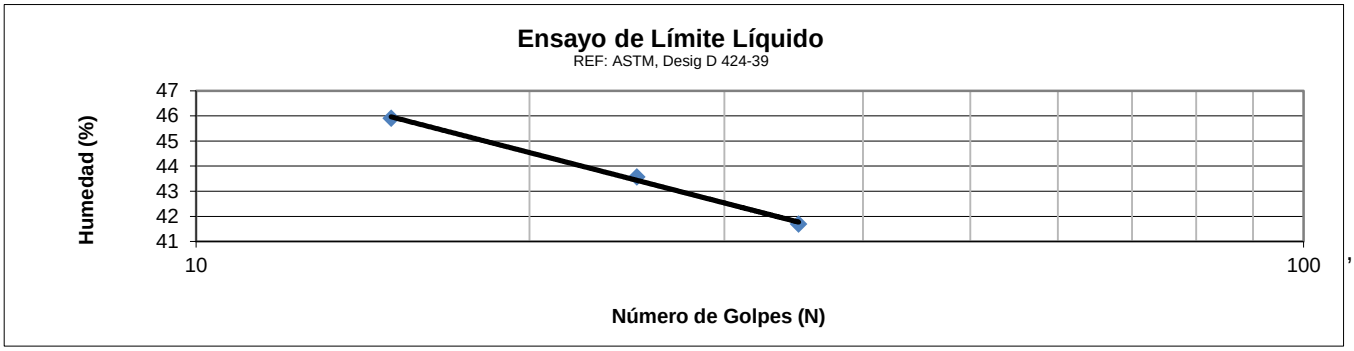
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP8 - M4	1,45 - 1,90	Arcilla habana amarillenta con trazas rojizas muy grumosa de alta plasticidad, cambia a arcilla de consistencia media a firme.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	223,78	187,91	37,20	23,8%		**Wn= 23,8%**
LIMITE LIQUIDO	25,60	20,41	7,96	41,7%	35	m: -11,40 / b: 59,38
	24,96	19,84	8,09	43,6%	25	
	26,09	20,42	8,07	45,9%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 43,4**
LIMITE PLASTICO	20,31	18,06	8,10	22,6%		
	19,71	17,52	7,95	22,9%		**LP= 22,74**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 20,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	150,71	54,57	2,01	0,00	Pfinos(%) = 63,79%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

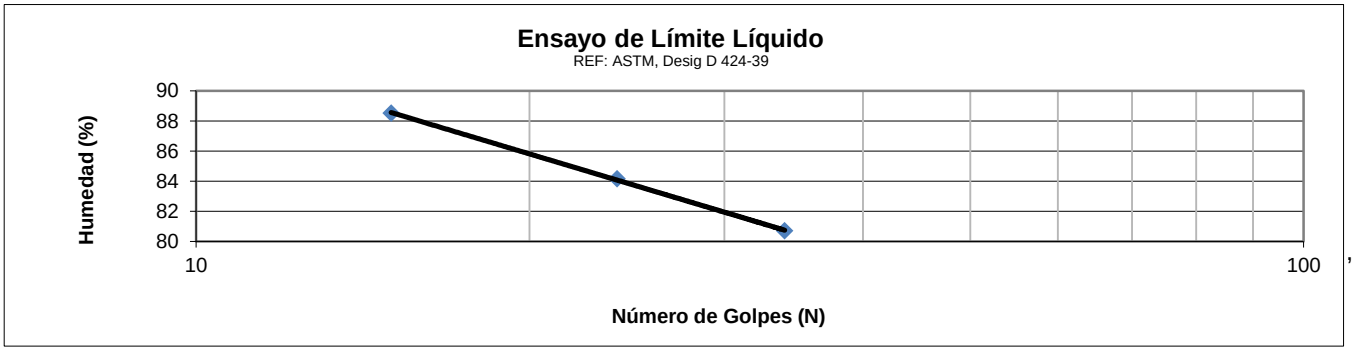
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP9 - M5	1,85 - 2,30	Arcilla limosa amarillenta parduzca clara con trazas rojizas de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	199,96	179,52	42,86	15,0%		**Wn= 15,0%**
LIMITE LIQUIDO	24,12	16,97	8,11	80,7%	34	m: -21,98 / b: 114,41
	27,06	18,35	8,00	84,2%	24	
	25,22	17,12	7,97	88,5%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 83,7**
LIMITE PLASTICO	18,43	15,81	8,00	33,5%		
	18,03	15,48	8,00	34,1%		**LP= 33,82**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 49,9**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	10,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

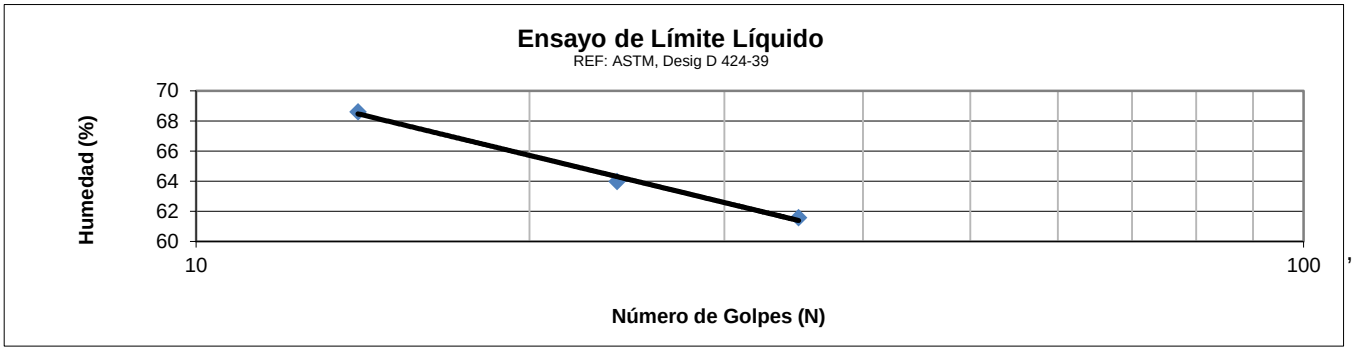
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP10 - M3	0,85 - 1,30	Arcilla limosa fisurada amarillenta rojiza con grumos mas oscuros, de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	214,81	179,69	42,01	25,5%		**Wn= 25,5%**
LIMITE LIQUIDO	26,24	19,30	8,03	61,6%	35	m: -17,80 / b: 88,87
	26,10	19,03	7,98	64,0%	24	
	23,85	17,36	7,90	68,6%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 64,0**
LIMITE PLASTICO	18,83	16,28	7,99	30,8%		
	20,15	17,34	8,12	30,5%		**LP= 30,62**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 33,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	137,68	46,33	0,27	0,00	Pfinos(%) = 66,35%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	12,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

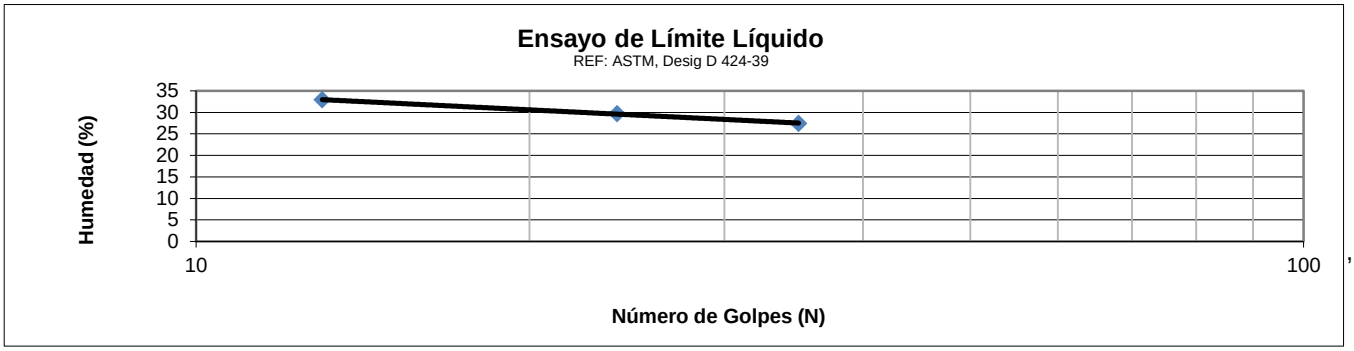
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP11 - M2	0,45 - 0,90	Arcilla limosa amarillenta parduzca clara muy fisurada de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	214,94	186,94	42,01	19,3%		**Wn= 19,3%**
LIMITE LIQUIDO	29,71	25,05	8,08	27,5%	35	m: -12,65 / b: 47,04
	26,16	21,99	7,94	29,7%	24	
	25,29	21,03	8,09	32,9%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 29,4**
LIMITE PLASTICO	21,86	20,17	8,08	14,0%		
	19,31	17,93	7,98	13,9%		**LP= 13,92**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	144,93	37,06	0,58	0,00	Pfinos(%) = 74,43%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	7,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

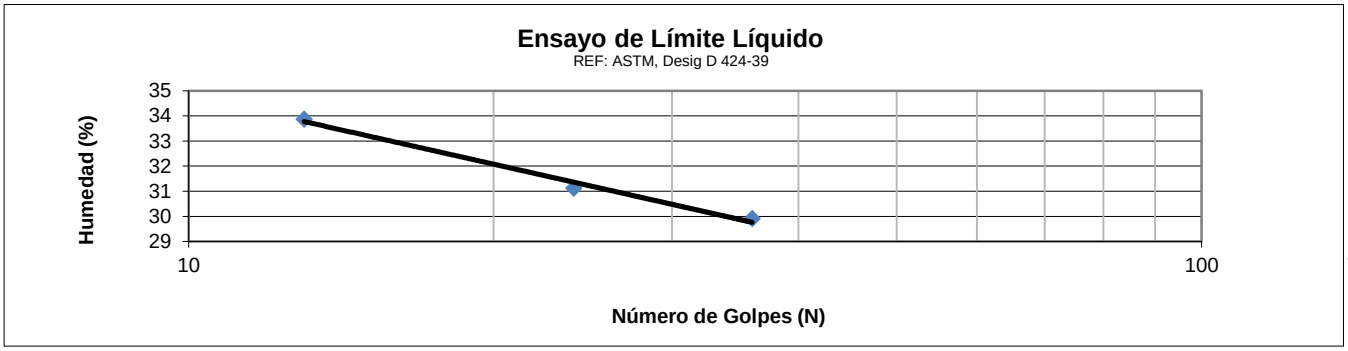
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP12 - M1	0,15-0,25	Relleno areno arcilloso con arcilla arenosa de baja plasticidad amarillenta ocre rojizo con gravas subangulares y subredondeadas en la parte

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	565,21	519,60	30,73	9,3%		**Wn= 9,3%**
LIMITE LIQUIDO	26,57	22,29	7,98	29,9%	36	m: -9,08 / b: 43,89
	26,85	22,36	7,93	31,1%	24	
	31,94	25,90	8,07	33,9%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 31,2**
LIMITE PLASTICO	20,01	18,21	8,00	17,6%		
	19,67	17,89	7,99	18,0%		**LP= 17,80**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 13,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	488,87	327,22	0,91	0,00	Pfinos(%) = 33,07%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

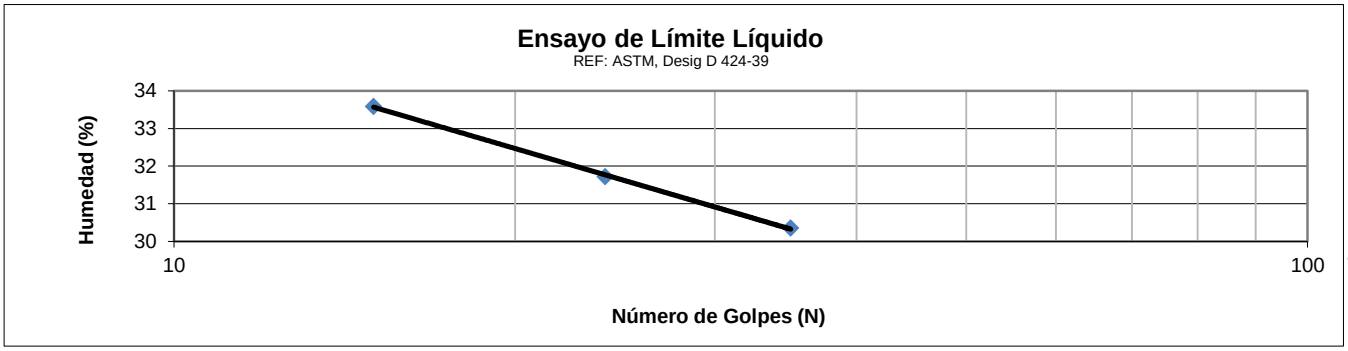
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP12 - M5	2,05-2,50	Arcilla limo arenosa amarillenta parduzca clara de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	205,62	182,58	43,09	16,5%		**Wn= 16,5%**
LIMITE LIQUIDO	24,83	20,89	7,91	30,4%	35	m: -8,81 / b: 43,92
	24,13	20,26	8,06	31,7%	24	
	28,91	23,66	8,03	33,6%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 31,6**
LIMITE PLASTICO	19,78	18,30	8,03	14,4%		
	19,55	18,12	8,50	14,9%		**LP= 14,64**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 17,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	5,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

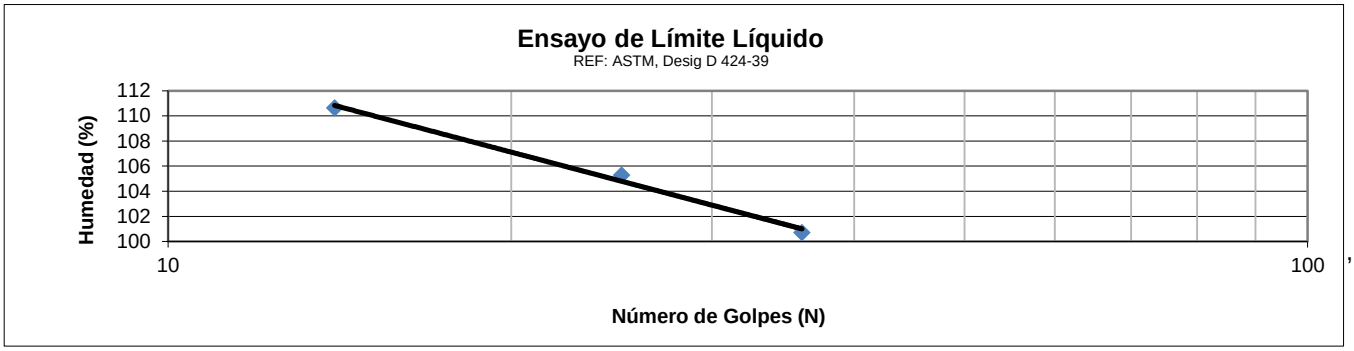
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP13 - M3	1,15-1,60	Arcilla habana clara de consistencia media de alta plasticidad con trazas rojizas

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	237,99	195,00	47,46	29,1%		**Wn= 29,1%**
LIMITE LIQUIDO	25,24	16,61	8,04	100,7%	36	m: -23,98 / b: 138,32
	23,23	15,46	8,08	105,3%	25	
	26,33	16,77	8,13	110,6%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 104,8**
LIMITE PLASTICO	21,10	18,12	7,97	29,4%		
	19,85	17,18	8,20	29,7%		**LP= 29,55**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 75,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	147,54	1,77	0,04	0,00	Pfinos(%) = 98,80%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	11,3 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

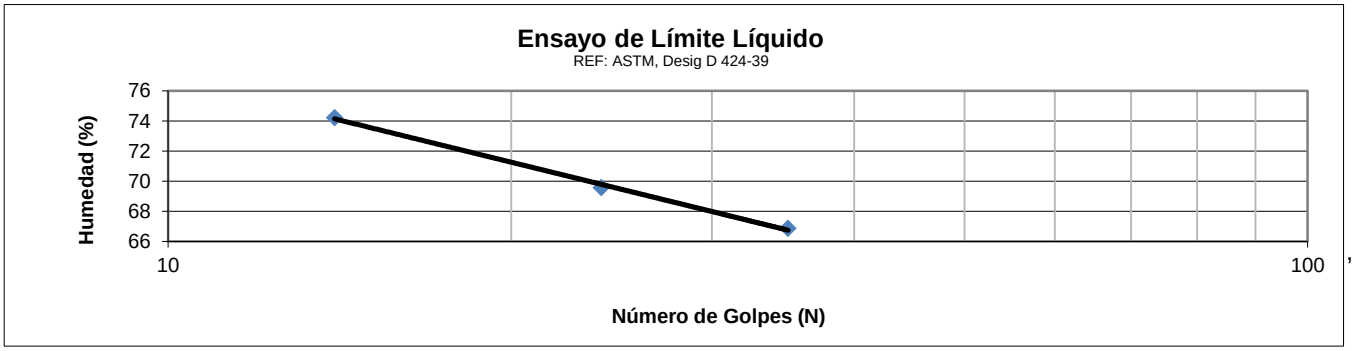
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP14 - M4	1,55-2,00	Limo arcilloso amarillento ocre muy fisurado grumoso de consistencia media y de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	159,02	122,32	39,76	44,5%		**Wn= 44,5%**
LIMITE LIQUIDO	21,59	16,08	7,84	66,9%	35	m: -18,58 / b: 95,44
	27,99	19,80	8,03	69,6%	24	
	26,11	18,42	8,06	74,2%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 69,5**
LIMITE PLASTICO	20,17	17,05	7,99	34,4%		
	17,36	14,91	7,90	35,0%		**LP= 34,69**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 34,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	82,56	5,45	0,17	0,00	Pfinos(%) = 93,40%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 18,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

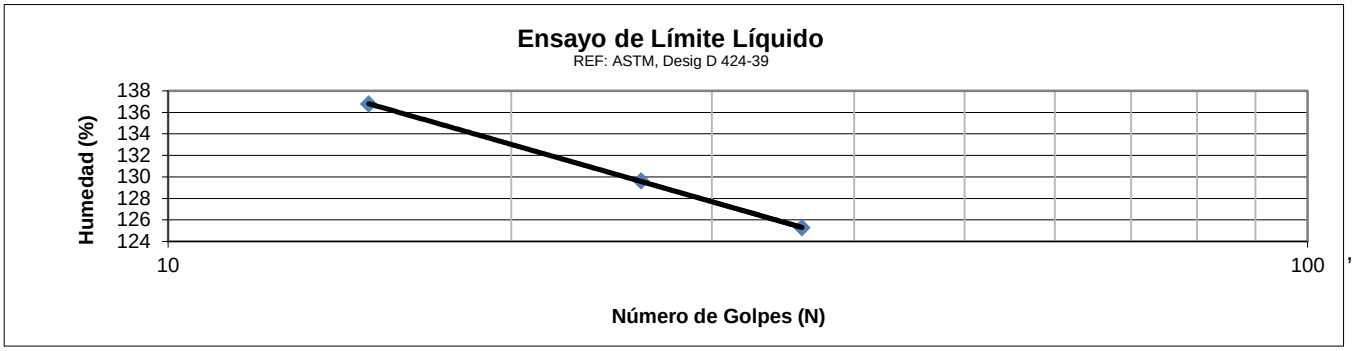
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP15 - M8	3,55-4,00	Arcilla habana amarillenta clara de consistencia media a firme de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	220,54	177,96	69,59	39,3%		**Wn= 39,3%**
LIMITE LIQUIDO	20,64	13,60	7,98	125,3%	36	m: -30,25 / b: 172,38
	24,23	15,00	7,88	129,6%	26	
	27,01	16,04	8,02	136,8%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 130,1**
LIMITE PLASTICO	18,16	15,49	7,96	35,5%		
	19,02	16,13	8,01	35,6%		**LP= 35,52**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 94,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	16,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

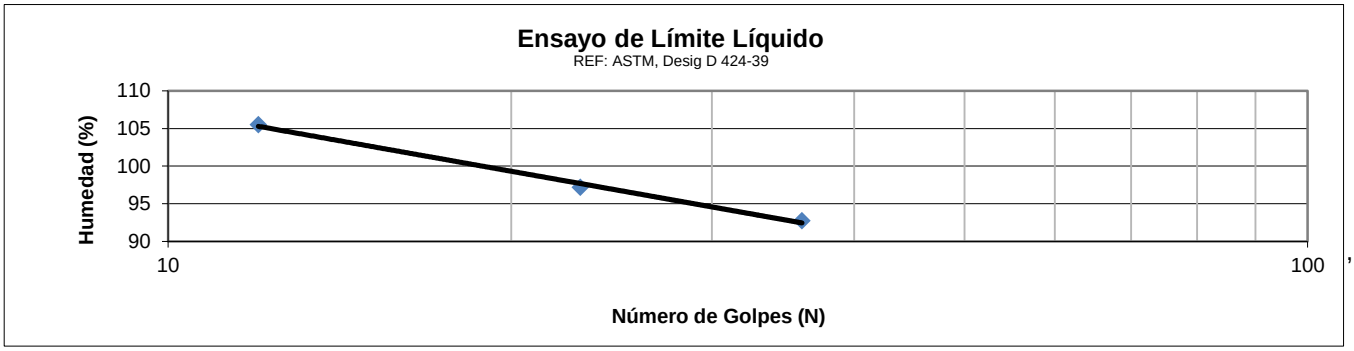
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP16 - M3	0,95-1,40	Arcilla limosa amarillenta rojiza con trazas habanas de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	252,17	211,80	73,12	29,1%		**Wn= 29,1%**
LIMITE LIQUIDO	22,60	15,55	7,95	92,8%	36	m: -26,88 / b: 134,30
	21,97	15,08	7,99	97,2%	23	
	25,19	16,36	7,99	105,5%	12	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 96,7**
LIMITE PLASTICO	18,22	15,97	8,10	28,6%		
	17,93	15,73	7,99	28,4%		**LP= 28,51**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 68,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	138,68	25,44	0,60	0,00	Pfinos(%) = 81,66%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 7,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

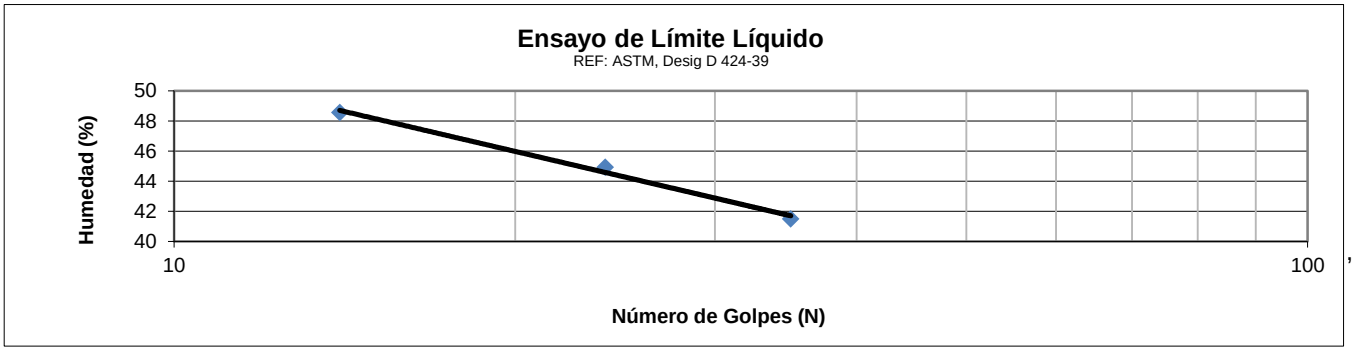
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP17 - M1	0,10-0,20	Material de relleno de limo arcilloso arenoso de baja plasticidad rojizo ocre con presencia de gravas subangulares.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	409,68	353,69	72,05	19,9%		**Wn= 19,9%**
LIMITE LIQUIDO	25,42	20,34	8,10	41,5%	35	m: -17,59 / b: 68,87
	25,40	19,96	7,85	44,9%	24	
	31,86	24,08	8,06	48,6%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 44,3**
LIMITE PLASTICO	18,73	16,47	8,01	26,7%		
	19,87	17,37	8,00	26,7%		**LP= 26,70**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 17,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**ML**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	281,64	92,10	0,70	0,00	Pfinos(%) = 67,30%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

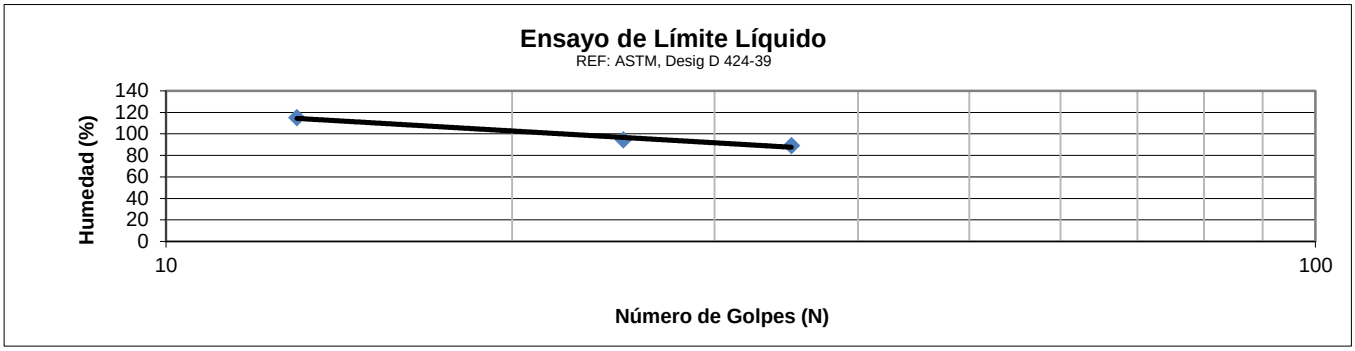
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP17 - M4	1,35-1,80	Arcilla limosa rojiza con trazas amarillentas (abigarrada) de consistencia media de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	271,95	224,22	76,11	32,2%		**Wn= 32,2%**
LIMITE LIQUIDO	23,00	15,90	7,92	89,0%	35	m: -62,40 / b: 183,91
	26,62	17,62	8,10	94,5%	25	
	25,99	16,40	8,07	115,1%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 96,7**
LIMITE PLASTICO	18,40	15,73	7,97	34,4%		
	18,47	15,77	7,87	34,2%		**LP= 34,29**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 62,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	148,11	17,24	0,38	0,00	Pfinos(%) = 88,36%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	#¡REF! ton/m²
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	9,5 ton/m²

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

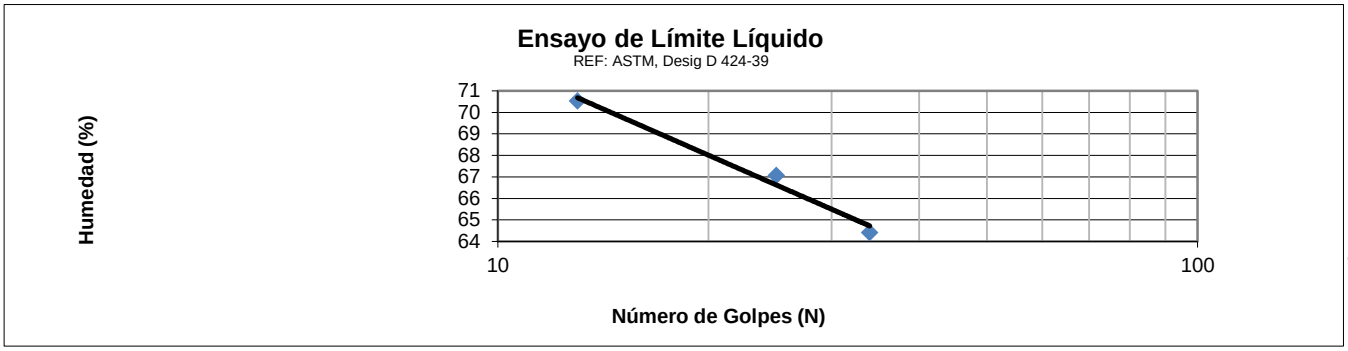
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP19 - M3	0,95-1,40	Arcilla limosa rojiza con trazas amarillas, fisuradas, de consistencia media, de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	262,65	218,36	69,63	29,8%		**Wn= 29,8%**
LIMITE LIQUIDO	24,00	17,70	7,92	64,4%	34	m: -14,27 / b: 86,57
	27,25	19,55	8,07	67,1%	25	
	24,95	17,96	8,05	70,5%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 66,6**
LIMITE PLASTICO	20,00	17,19	8,07	30,8%		
	20,01	17,15	7,90	30,9%		**LP= 30,87**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 35,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	148,71	26,87	1,00	0,00	Pfinos(%) = 81,93%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	8,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

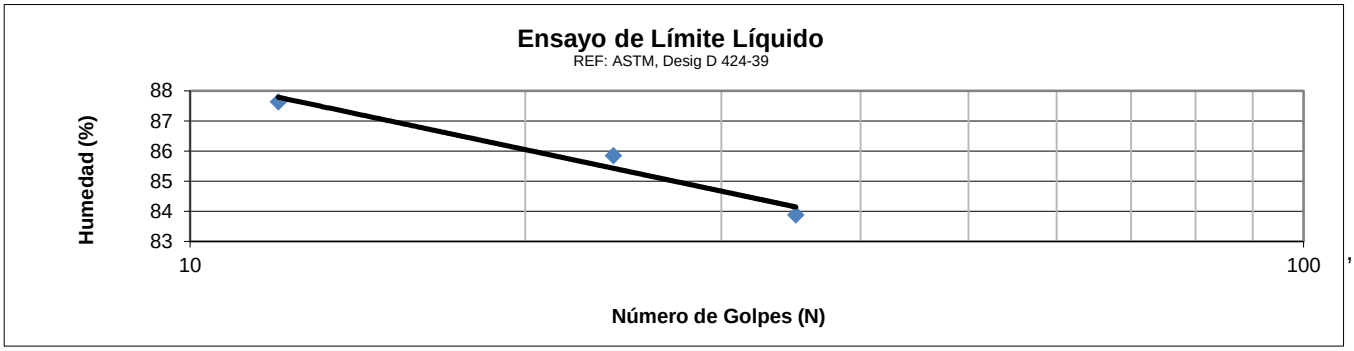
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP20 - M3	0,85-1,30	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	314,89	254,26	67,84	32,5%		**Wn= 32,5%**
LIMITE LIQUIDO	23,90	16,67	8,05	83,9%	35	m: -7,83 / b: 96,24
	26,17	17,80	8,05	85,8%	24	
	26,35	17,70	7,83	87,6%	12	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 85,3**
LIMITE PLASTICO	18,21	15,64	8,02	33,7%		
	18,40	15,78	8,01	33,7%		**LP= 33,72**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 51,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	186,42	15,22	0,08	0,00	Pfinos(%) = 91,84%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 20,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

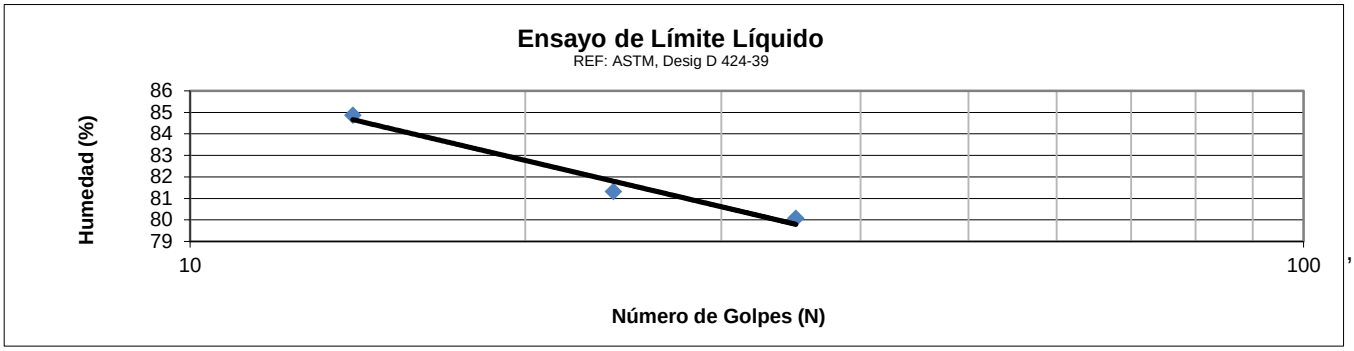
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP21 - M5	2,05-2,50	Limo arcilloso de alta plasticidad de color amarillento ocre, muy fisurado de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	225,77	178,54	75,32	45,8%		**Wn= 45,8%**
LIMITE LIQUIDO	26,00	18,00	8,01	80,1%	35	m: -12,23 / b: 98,68
	24,07	16,89	8,06	81,3%	24	
	26,73	18,21	8,17	84,9%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 81,6**
LIMITE PLASTICO	18,12	15,31	7,98	38,3%		
	18,96	15,93	8,05	38,5%		**LP= 38,39**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 43,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

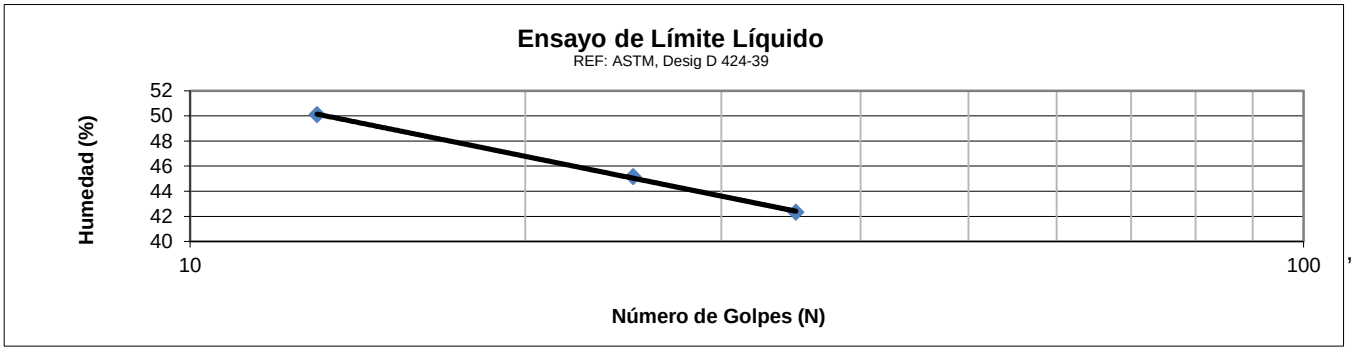
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP22 - M1	0,05-0,15	Capa delgada de relleno de Limo arcilloso arenoso rojizo amarillento con presencia de gravas en la parte superior, de baja plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	409,58	334,75	81,64	29,6%		**Wn= 29,6%**
LIMITE LIQUIDO	25,34	20,18	7,99	42,3%	35	m: -17,99 / b: 70,18
	25,42	20,01	8,03	45,2%	25	
	29,32	22,19	7,96	50,1%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 45,0**
LIMITE PLASTICO	18,97	16,58	8,08	28,1%		
	19,41	16,92	8,14	28,4%		**LP= 28,24**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 16,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**ML**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	253,11	56,95	0,35	0,00	Pfinos(%) = 77,50%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

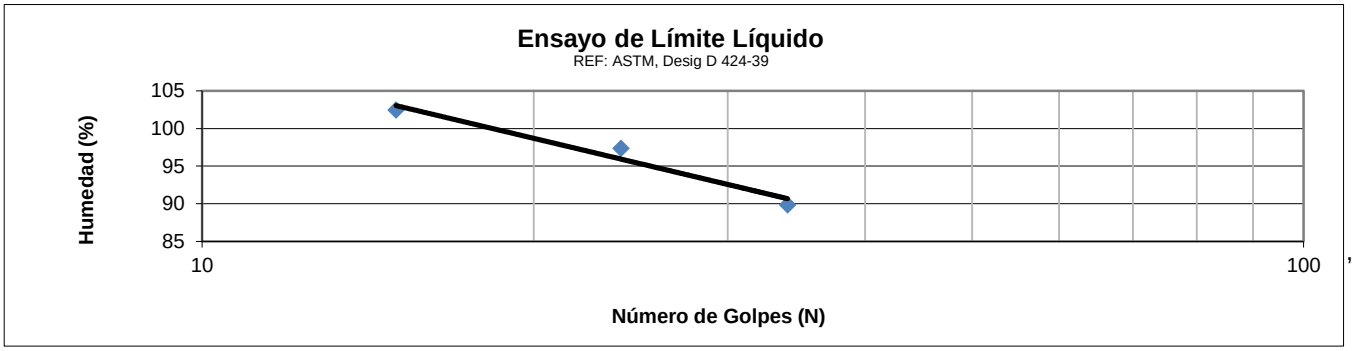
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP22 - M3	0,75-1,20	Arcilla limosa amarillenta ocre fisurada de consistencia media grumosa de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	217,52	167,64	31,06	36,5%		**Wn= 36,5%**
LIMITE LIQUIDO	20,74	13,03	4,45	89,9%	34	m: -34,79 / b: 143,96
	26,36	17,10	7,59	97,4%	24	
	21,14	12,73	4,52	102,4%	15	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 95,3**
LIMITE PLASTICO	17,38	14,84	8,03	37,3%		
	18,30	15,50	7,86	36,6%		**LP= 36,97**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 58,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	136,58	8,69	0,08	0,00	Pfinos(%) = 93,64%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	11,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

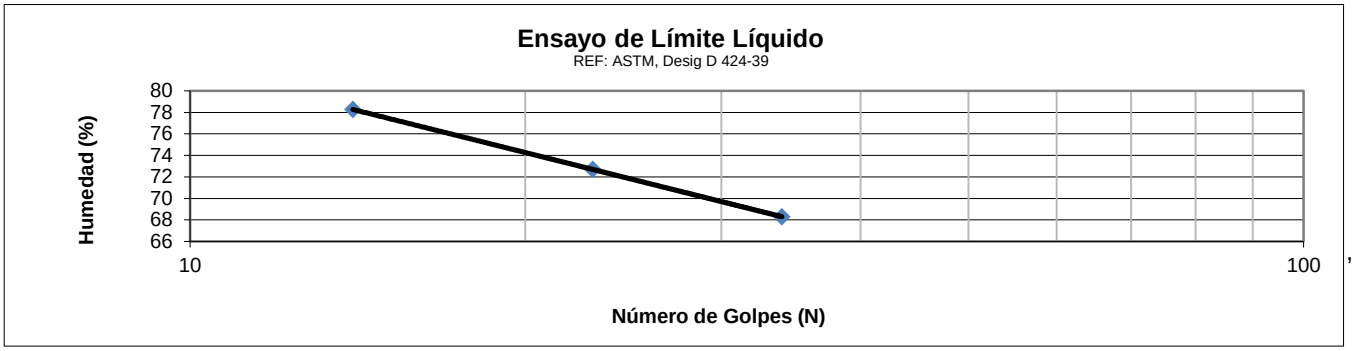
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP23 - M3	0,85-1,30	Arcilla limosa amarillenta rojiza fisurada de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	190,85	156,00	30,01	27,7%		**Wn= 27,7%**
LIMITE LIQUIDO	23,80	17,38	7,98	68,3%	34	m: -25,88 / b: 107,93
	24,51	17,56	8,00	72,7%	23	
	25,81	18,03	8,09	78,3%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 71,8**
LIMITE PLASTICO	19,20	16,45	8,06	32,8%		
	18,61	15,97	7,97	33,0%		**LP= 32,89**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 38,9**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	125,99	32,02	0,41	0,00	Pfinos(%) = 74,59%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	7,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

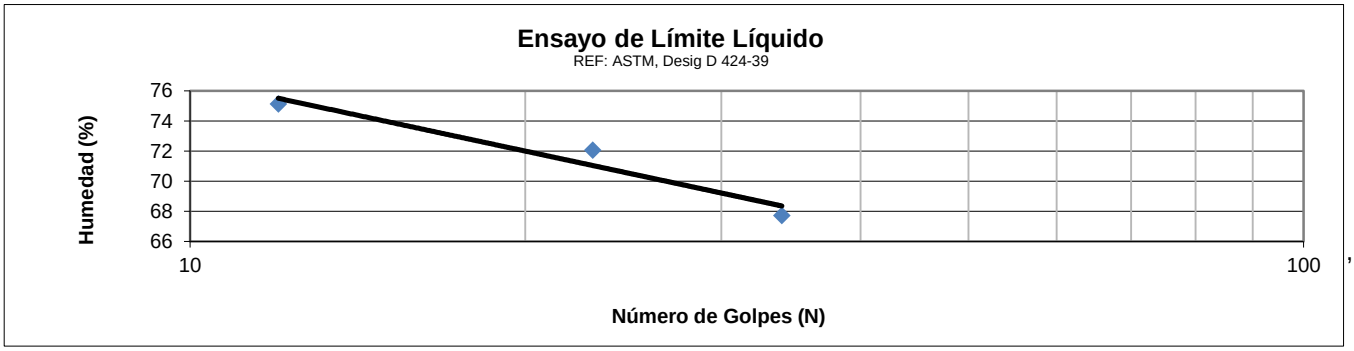
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP24 - M3	0,60-1,00	limo arcilloso amarillo ocre rojiza muy fisurado de consistencia media de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	170,04	134,74	44,06	38,9%		**Wn= 38,9%**
LIMITE LIQUIDO	22,20	16,43	7,91	67,7%	34	m: -15,81 / b: 92,57
	22,21	16,28	8,05	72,1%	23	
	25,24	17,81	7,92	75,1%	12	Coef. de Corr= -0,97
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 70,5**
LIMITE PLASTICO	18,83	15,86	7,88	37,2%		
	19,08	16,08	8,01	37,2%		**LP= 37,20**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 33,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	385,71	393,56	165,40	165,1	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,76**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	59,01	77,04		0,21070	385,71	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,83**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	90,68	1,67	0,07	0,00	Pfinos(%) = 98,16%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	3,3 ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	5,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

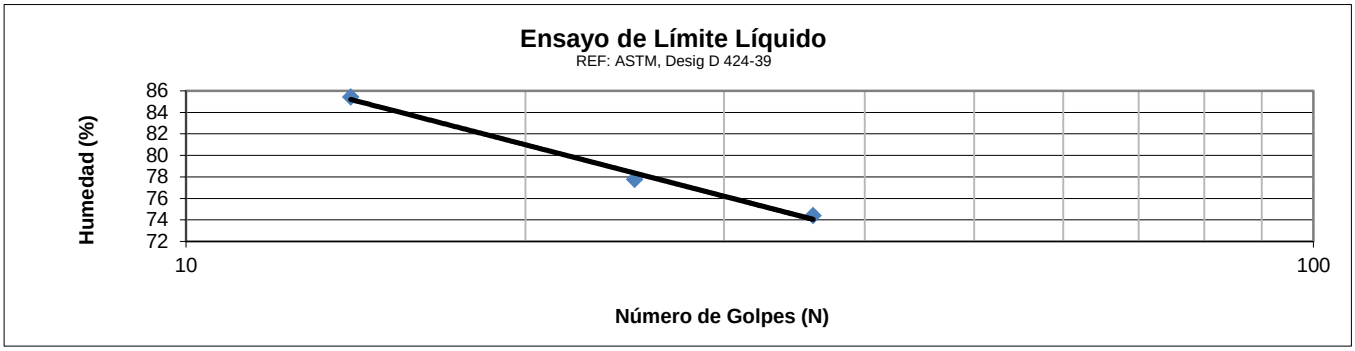
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP25 - M3	0,95-1,40	Arcilla limosa amarillenta parduzca clara fisurada, de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	198,27	159,30	57,26	38,2%		**Wn= 38,2%**
LIMITE LIQUIDO	25,30	17,94	8,05	74,4%	36	m: -27,16 / b: 116,33
	24,81	17,43	7,94	77,8%	25	
	26,31	17,87	7,99	85,4%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 78,4**
LIMITE PLASTICO	18,53	15,95	8,01	32,5%		
	18,40	15,84	7,86	32,1%		**LP= 32,29**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 46,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	102,04	1,89	0,06	0,00	Pfinos(%) = 98,15%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	#¡REF! ton/m²
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	6,8 ton/m²

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

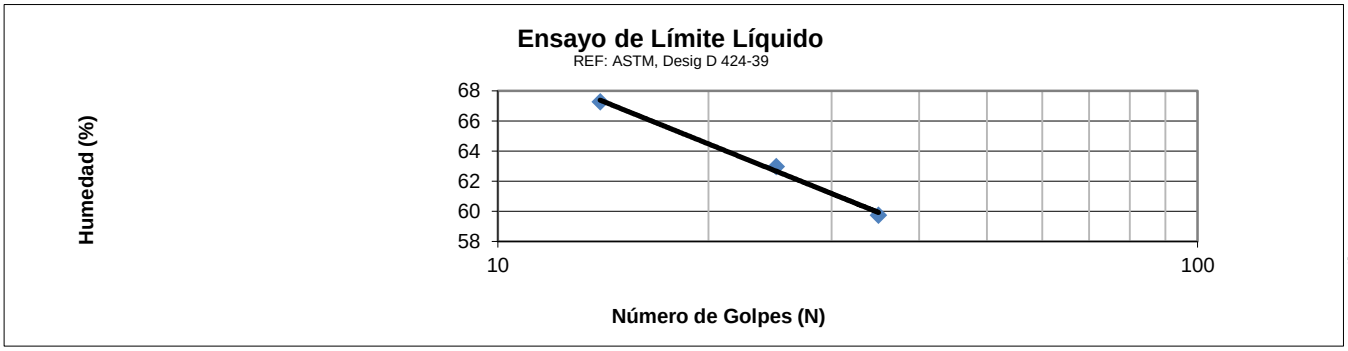
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP26 - M2	0,35-0,80	Relleno arenoarcilloso con limo arenoso de alta plasticidad rojizo amarillento de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	209,69	186,76	42,06	15,8%		**Wn= 15,8%**
LIMITE LIQUIDO	23,52	17,72	8,01	59,7%	35	m: -18,74 / b: 88,86
	23,41	17,46	8,01	63,0%	25	
	24,78	18,08	8,12	67,3%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 62,7**
LIMITE PLASTICO	19,37	16,60	7,84	31,6%		
	19,38	16,66	8,01	31,4%		**LP= 31,53**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 31,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	44,70	34,32	0,15	0,00	Pfinos(%) = 23,22%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

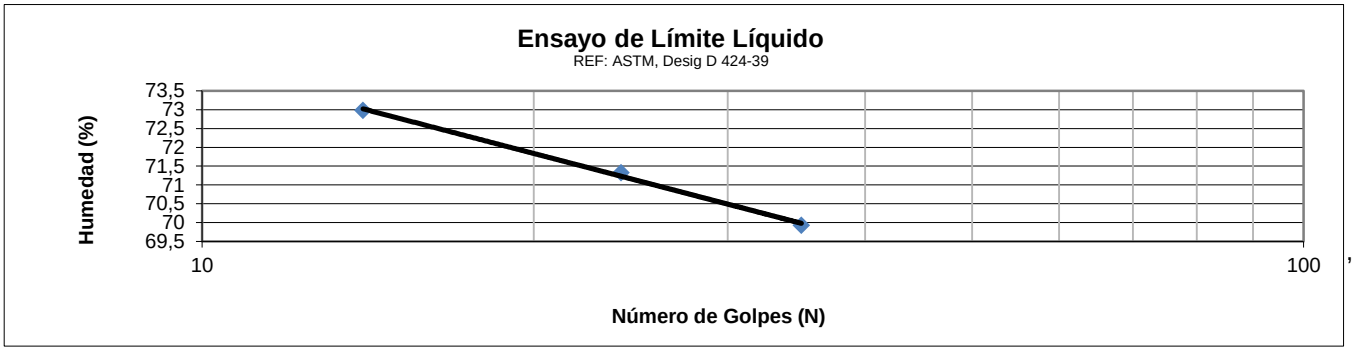
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP27 - M1	0,05-0,15	Relleno arcillo arenoso rojizo ocre amarillento de alta plasticidad con presencia esporádica de gravas

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	340,74	278,79	71,13	29,8%		**Wn= 29,8%**
LIMITE LIQUIDO	26,97	19,18	8,04	69,9%	35	m: -7,64 / b: 81,77
	24,29	17,50	7,98	71,3%	24	
	25,77	18,26	7,97	73,0%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 71,1**
LIMITE PLASTICO	19,16	16,76	7,95	27,2%		
	18,50	16,31	8,01	26,4%		**LP= 26,81**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 44,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	157,66	49,72	0,25	0,00	Pfinos(%) = 68,46%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

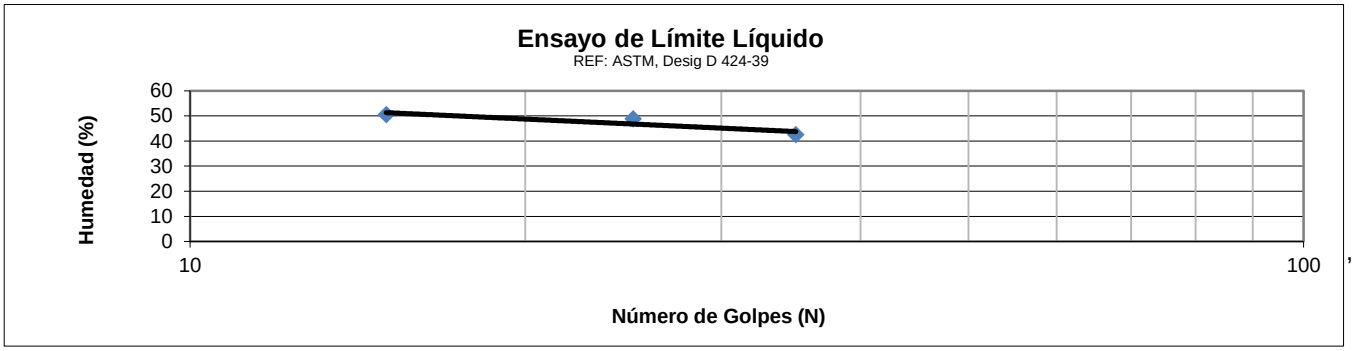
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP27 - M6	2,15-2,60	Limo arcilloso habana claro blancuzco con vetas rojizas de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	166,99	137,98	43,22	30,6%		**Wn= 30,6%**
LIMITE LIQUIDO	24,49	19,55	7,93	42,5%	35	m: -20,50 / b: 75,44
	22,66	18,11	8,80	48,9%	25	
	23,40	18,24	8,02	50,5%	15	Coef. de Corr= -0,90
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 46,8**
LIMITE PLASTICO	18,70	16,42	8,02	27,1%		
	18,70	16,40	8,00	27,4%		**LP= 27,26**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 19,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**ML**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	17,3 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

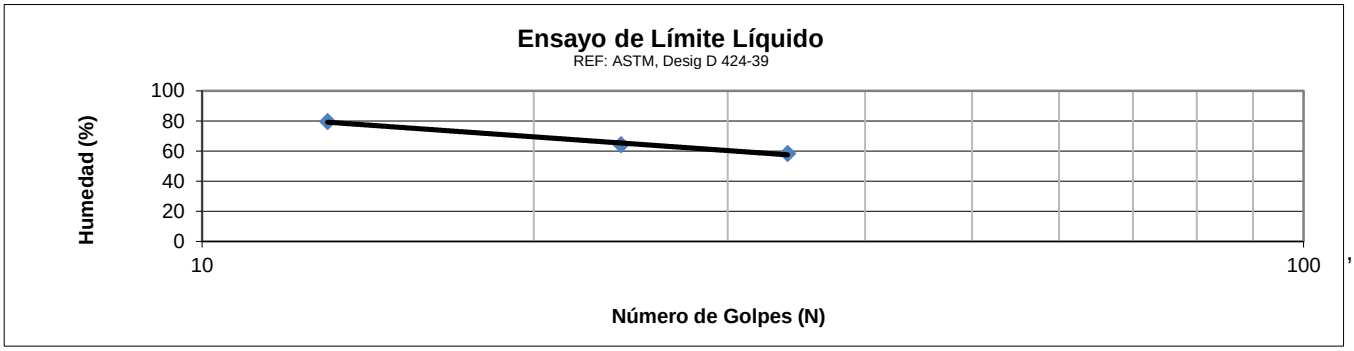
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP28 - M2	0,35-0,80	Arcilla limosa amarillenta rojiza de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	190,05	156,13	68,80	38,8%		**Wn= 38,8%**
LIMITE LIQUIDO	24,62	18,51	8,03	58,3%	34	m: -51,86 / b: 136,95
	26,07	19,02	8,03	64,1%	24	
	22,36	16,07	8,17	79,6%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 64,4**
LIMITE PLASTICO	18,61	16,07	8,02	31,6%		
	19,19	16,51	8,14	32,0%		**LP= 31,79**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 32,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	87,33	8,02	0,21	0,00	Pfinos(%) = 90,82%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	6,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

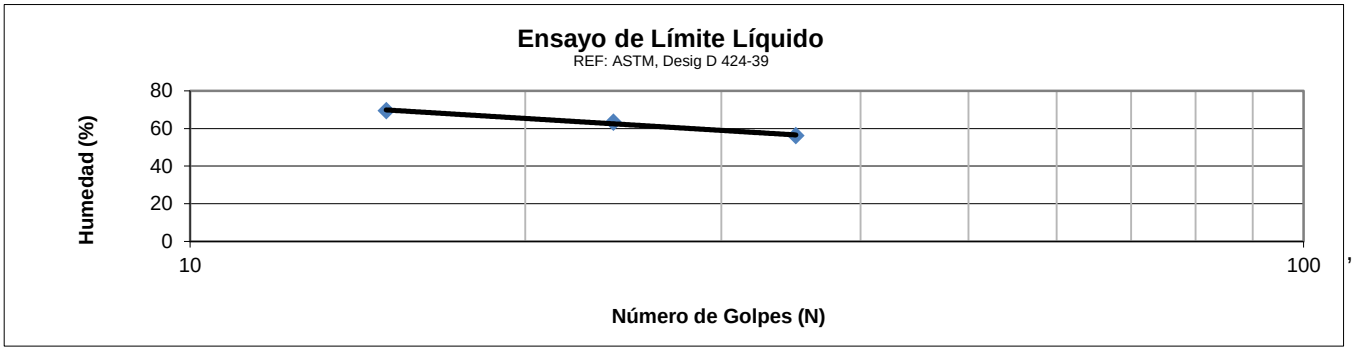
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP29 - M3	1,25-1,70	Limo arcilloso rojizo amarillento fisurado de consistencia media, de baja plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	269,97	226,29	73,36	28,6%		**Wn= 28,6%**
LIMITE LIQUIDO	25,86	19,47	8,09	56,2%	35	m: -36,11 / b: 112,33
	27,20	19,78	8,05	63,3%	24	
	25,01	18,03	7,99	69,5%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 61,9**
LIMITE PLASTICO	18,88	16,30	8,11	31,5%		
	18,26	15,83	8,03	31,2%		**LP= 31,33**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 30,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	152,93	38,56	0,30	0,00	Pfinos(%) = 74,79%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	7,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

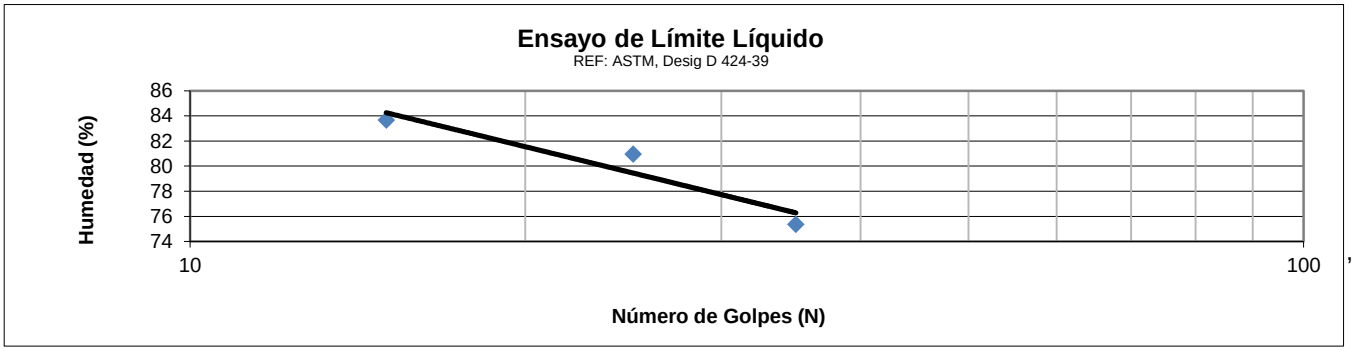
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP30 - M7	2,85-3,30	Arcilla habana clara de consistencia media con trazas moradas, de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	338,12	278,58	76,03	29,4%		**Wn= 29,4%**
LIMITE LIQUIDO	24,60	17,50	8,08	75,4%	35	m: -21,69 / b: 109,77
	24,76	17,28	8,04	81,0%	25	
	27,57	18,66	8,01	83,7%	15	Coef. de Corr= -0,95
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 79,4**
LIMITE PLASTICO	19,14	16,72	7,96	27,6%		
	19,27	16,88	7,98	26,9%		**LP= 27,24**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 52,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	13,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

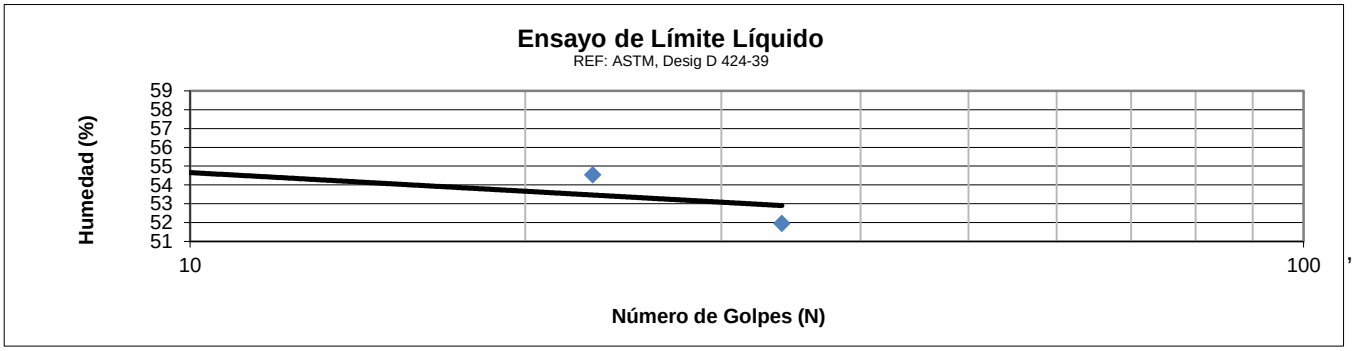
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP31 - M2	0,25-0,70	Relleno arcillo limoso algo arenoso rojizo amarillento de alta plasticidad muy fisurado con pequeñas gravas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	288,24	245,89	68,71	23,9%		**Wn= 23,9%**
LIMITE LIQUIDO	26,20	19,83	7,57	52,0%	34	m: -3,30 / b: 57,96
	25,93	18,35	4,45	54,5%	23	
	32,37	22,19	4,59	57,8%	1	Coef. de Corr= -0,94
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 53,3**
LIMITE PLASTICO	19,23	17,07	8,06	24,0%		
	18,63	16,57	8,01	24,1%		**LP= 24,02**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 29,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	177,18	86,23	0,22	0,00	Pfinos(%) = 51,33%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

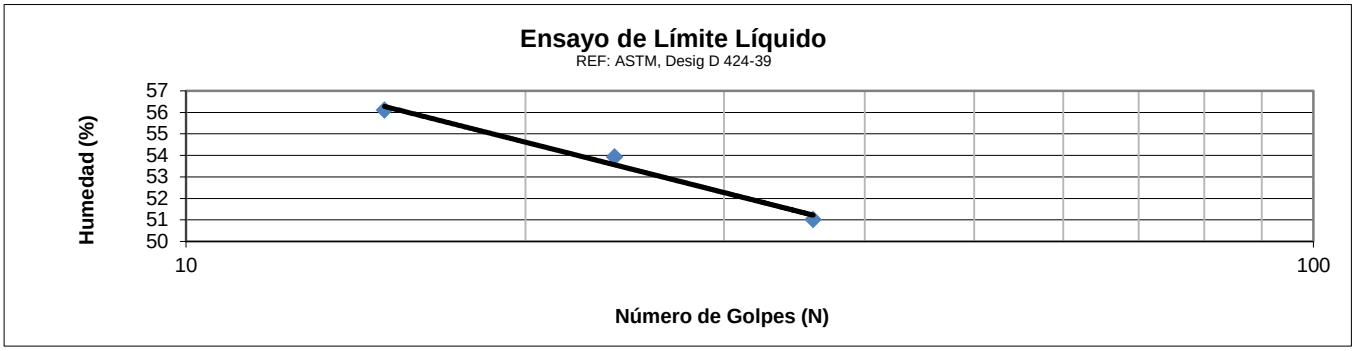
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP31 - M4	1,25-1,70	Limo arcilloso rojizo claro y amarillo de consistencia media de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	398,58	331,11	66,11	25,5%		**Wn= 25,5%**
LIMITE LIQUIDO	23,58	18,35	8,10	51,0%	36	m: -13,30 / b: 71,91
	22,86	17,71	8,16	53,9%	24	
	25,02	18,91	8,02	56,1%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 53,3**
LIMITE PLASTICO	16,94	14,94	8,12	29,3%		
	17,63	15,45	8,05	29,5%		**LP= 29,39**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 23,9**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

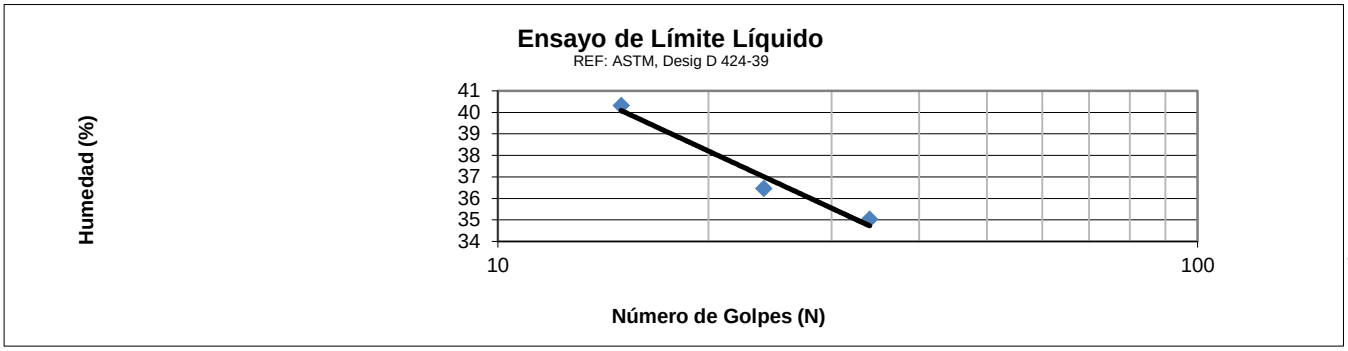
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP32 - M1	0,10-0,20	Capa de rodadura areno arcilloso con arcilla arenosa de baja plasticidad rojizo con presencia de pequeñas gravas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	519,29	467,36	71,41	13,1%		**Wn= 13,1%**
LIMITE LIQUIDO	26,53	21,73	8,03	35,0%	34	m: -15,09 / b: 57,83
	26,31	21,38	7,86	36,5%	24	
	23,98	19,40	8,04	40,3%	15	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 36,7**
LIMITE PLASTICO	19,19	17,11	7,98	22,8%		
	17,76	15,95	7,85	22,3%		**LP= 22,56**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 14,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	395,95	212,58	1,01	0,00	Pfinos(%) = 46,31%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

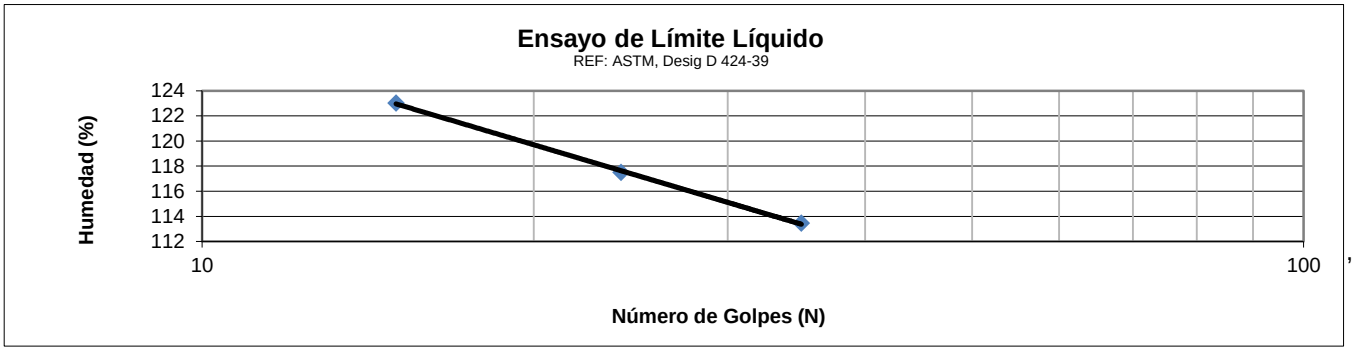
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP32 - M4	1,25-1,70	Arcilla limosa habana clara con trazas rojizas de consistencia media, de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	263,27	205,58	47,38	36,5%		**Wn= 36,5%**
LIMITE LIQUIDO	21,95	12,67	4,49	113,4%	35	m: -26,07 / b: 153,62
	23,15	13,08	4,51	117,5%	24	
	24,16	13,26	4,40	123,0%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 117,2**
LIMITE PLASTICO	14,17	11,72	4,50	33,9%		
	14,33	11,81	4,43	34,1%		**LP= 34,04**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 83,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	158,20	4,56	0,10	0,00	Pfinos(%) = 97,12%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 7,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

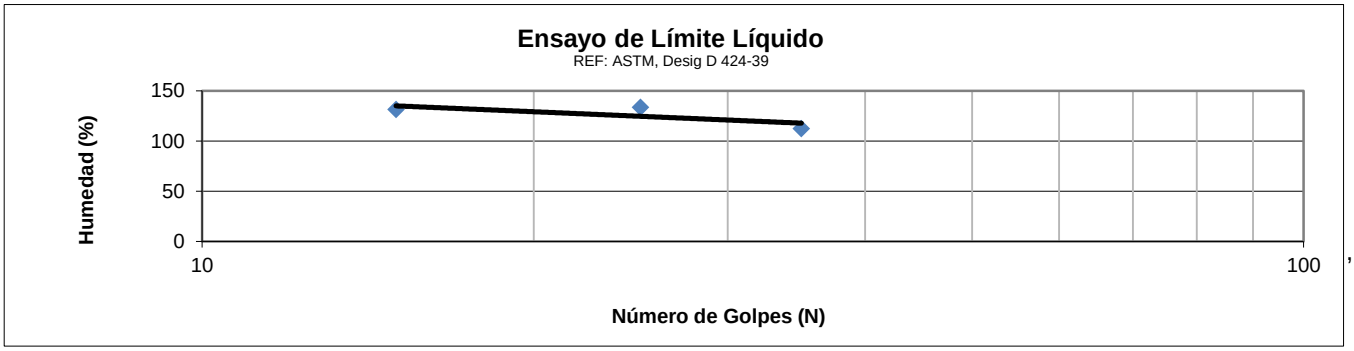
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP33 - M7	2,75-3,20	Arcilla amarillenta clara y habana con trazas rojizas (abigarrada) de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	260,24	208,50	73,91	38,4%		**Wn= 38,4%**
LIMITE LIQUIDO	25,21	14,28	4,56	112,4%	35	m: -46,82 / b: 190,11
	25,00	13,30	4,54	133,6%	25	
	23,54	12,73	4,51	131,5%	15	Coef. de Corr= -0,75
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 124,7**
LIMITE PLASTICO	14,04	11,96	4,57	28,1%		
	14,07	11,90	4,42	29,0%		**LP= 28,58**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 96,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

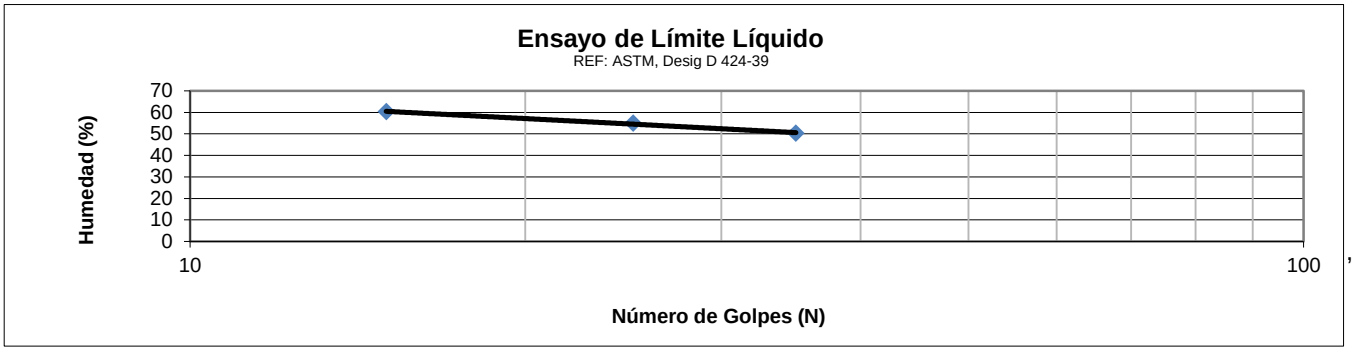
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP34 - M2	0,35-0,80	Limo arcilloso rojizo parduzco muy fisurado de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	326,87	275,80	71,17	25,0%		**Wn= 25,0%**
LIMITE LIQUIDO	27,59	19,52	3,48	50,3%	35	m: -26,88 / b: 92,09
	28,62	20,06	4,49	55,0%	25	
	28,95	19,58	4,04	60,3%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 54,5**
LIMITE PLASTICO	16,25	13,58	4,58	29,7%		
	15,18	12,58	3,91	30,0%		**LP= 29,83**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 24,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	204,63	26,82	0,23	0,00	Pfinos(%) = 86,89%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

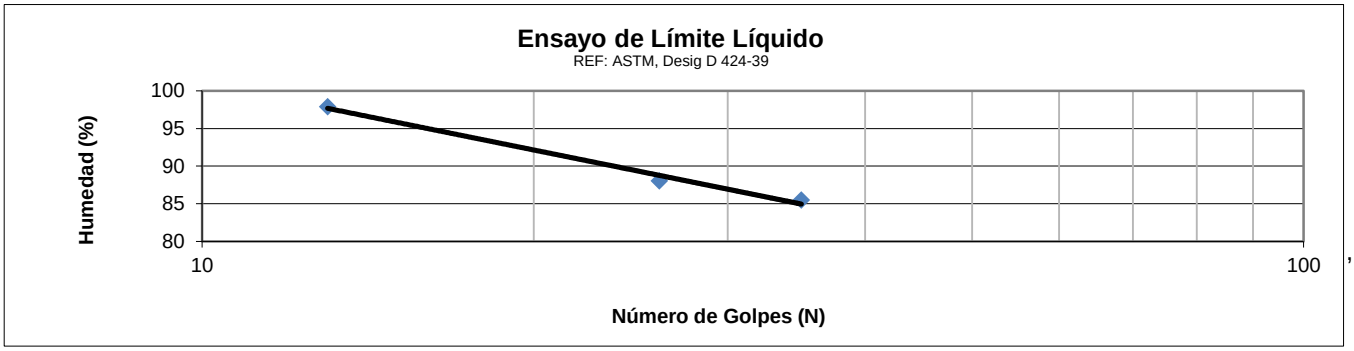
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP35 - M2	0,30-0,80	Arcilla limosa rojiza clara con trazas amarillentas de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	178,03	156,18	74,25	26,7%		**Wn= 26,7%**
LIMITE LIQUIDO	22,10	13,97	4,46	85,5%	35	m: -29,56 / b: 130,61
	20,51	13,01	4,49	88,0%	26	
	22,49	13,61	4,54	97,9%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 89,3**
LIMITE PLASTICO	14,85	12,19	3,79	31,7%		
	14,49	11,94	3,80	31,3%		**LP= 31,50**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 57,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	350,02	356,13	174,30	174,0	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **2,00**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	60,03	63,06		0,17848	350,02	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,96**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	81,93	26,77	0,27	0,00	Pfinos(%) = 67,33%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	3,8 ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	5,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP36 - M4	1,45-1,90	Limo arcilloso rojizo de consistencia media muy fisurado de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	215,84	170,12	62,78	42,6%	
LIMITE LIQUIDO	20,63	13,71	4,80	77,7%	34
	24,70	15,86	4,41	77,2%	23
	28,31	17,54	4,37	81,8%	14
	0,00	0,00	1,00		0
LIMITE PLASTICO	15,20	12,23	4,60	38,9%	
	15,68	12,48	4,60	40,6%	

Wn= 42,6%

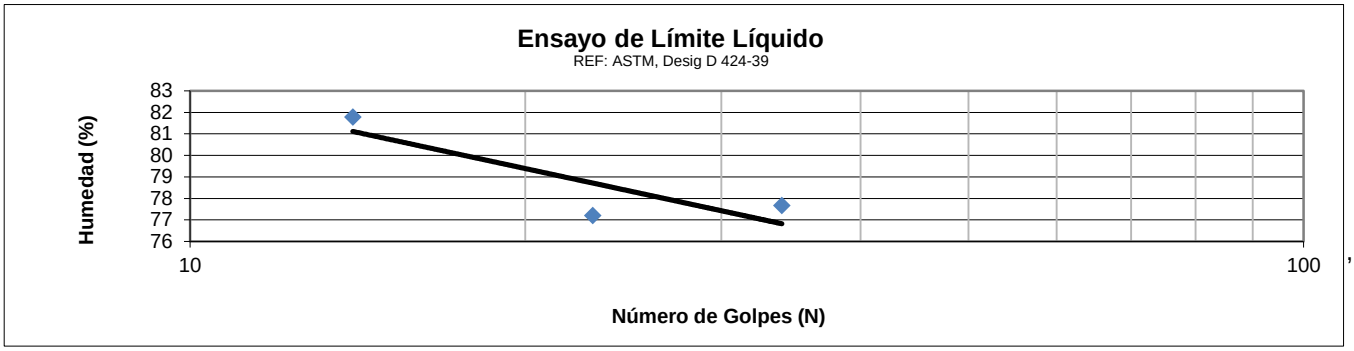
m	b
-11,13	93,87
Coef. de Corr=	-0,85

LL= 78,3

LP= 39,77

INDICE DE PLASTICIDAD — **IP= 38,5**

CLASIFICACION U.S.C.S. — **MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
				0,00

Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 5,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

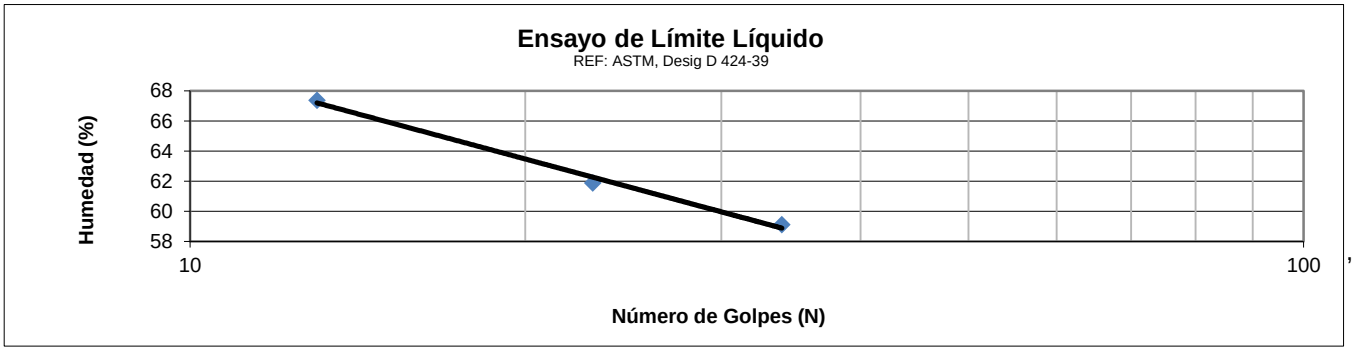
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP36 - M6	2,45-2,90	Arcilla limosa amarillenta rojiza fisurada con vetas habanas de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	236,72	188,82	61,17	37,5%		**Wn= 37,5%**
LIMITE LIQUIDO	26,05	19,34	7,99	59,1%	34	m: -19,92 / b: 89,39
	26,38	19,37	8,04	61,9%	23	
	25,74	18,64	8,10	67,4%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 61,5**
LIMITE PLASTICO	20,28	17,36	7,98	31,1%		
	20,58	17,60	7,86	30,6%		**LP= 30,86**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 30,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	127,65	6,71	0,10	0,00	Pfinos(%) = 94,74%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

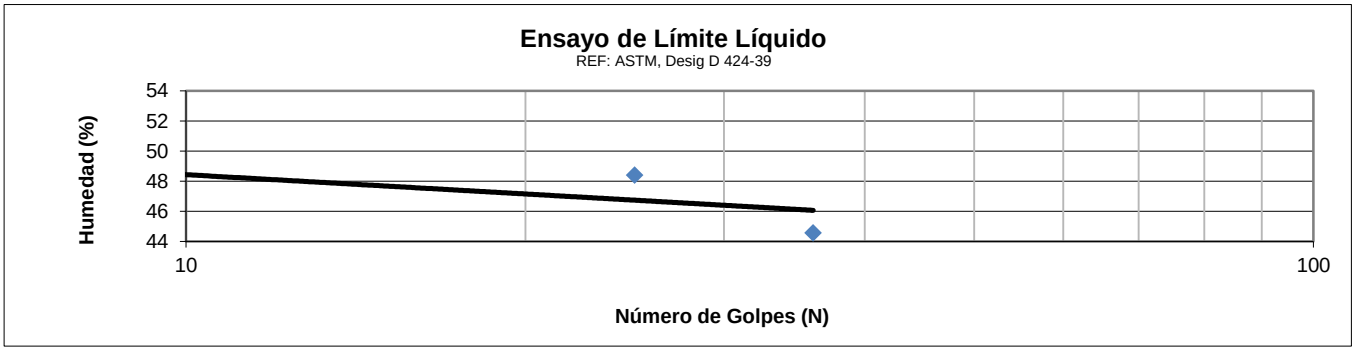
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP37 - M1	0,05-0,15	Relleno Limo arenoso de baja plasticidad rojizo amarillento con presencia de pequeñas gravas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	443,71	369,30	70,48	24,9%		**Wn= 24,9%**
LIMITE LIQUIDO	24,81	19,60	7,91	44,6%	36	m: -4,26 / b: 52,69
	26,20	20,27	8,02	48,4%	25	
	27,69	20,92	8,03	52,5%	1	Coef. de Corr= -0,92
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 46,7**
LIMITE PLASTICO	20,48	17,65	8,00	29,3%		
	19,69	17,05	8,04	29,3%		**LP= 29,31**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 17,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**ML**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	298,82	75,76	0,20	0,00	Pfinos(%) = 74,65%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

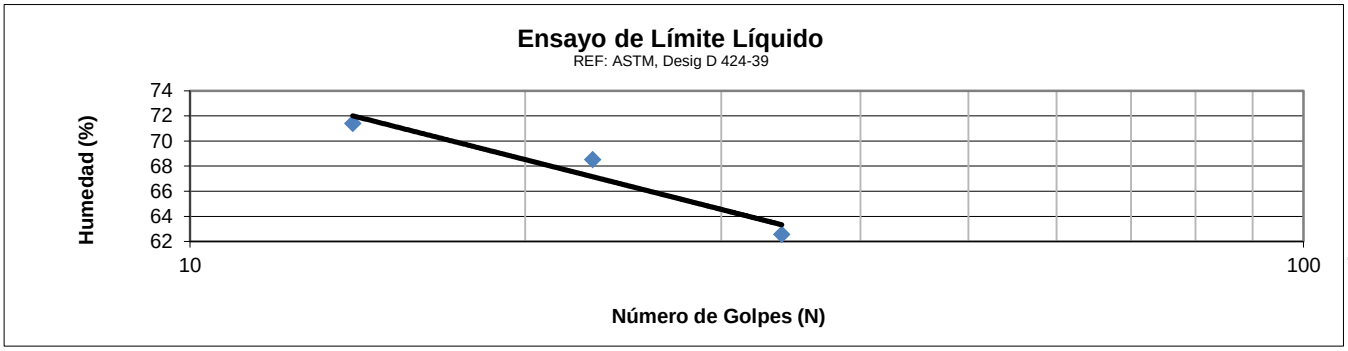
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP37 - M3	0,85-1,30	Arena arcillosa con arcilla limosa rojiza clara con trazas amarillentas de consistencia media de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	388,98	360,92	70,47	9,7%		**Wn= 9,7%**
LIMITE LIQUIDO	23,12	17,32	8,05	62,6%	34	m: -22,54 / b: 97,85
	23,56	17,25	8,04	68,5%	23	
	26,18	18,61	8,01	71,4%	14	Coef. de Corr= -0,97
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 66,3**
LIMITE PLASTICO	19,64	16,95	8,02	30,1%		
	18,97	16,38	7,49	29,1%		**LP= 29,63**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 36,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	90,45	56,70	0,20	0,00	Pfinos(%) = 37,31%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	10,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

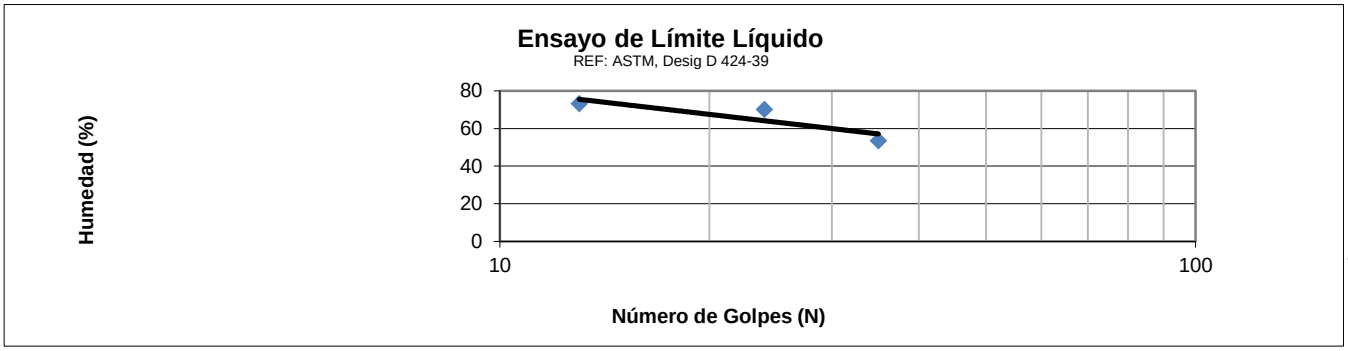
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP38 - M3	0,85-1,30	Limo arcilloso limoso amarillento rojizo fisurado de consistencia media de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	244,60	208,71	69,20	25,7%		**Wn= 25,7%**
LIMITE LIQUIDO	21,14	16,60	8,10	53,4%	35	m: -42,78 / b: 123,17
	22,62	16,64	8,11	70,1%	24	
	23,55	17,01	8,08	73,2%	13	Coef. de Corr= -0,87
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 63,4**
LIMITE PLASTICO	18,29	15,52	7,94	36,5%		
	16,88	14,50	8,03	36,8%		**LP= 36,66**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 26,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	139,51	42,28	0,38	0,00	Pfinos(%) = 69,69%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	11,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

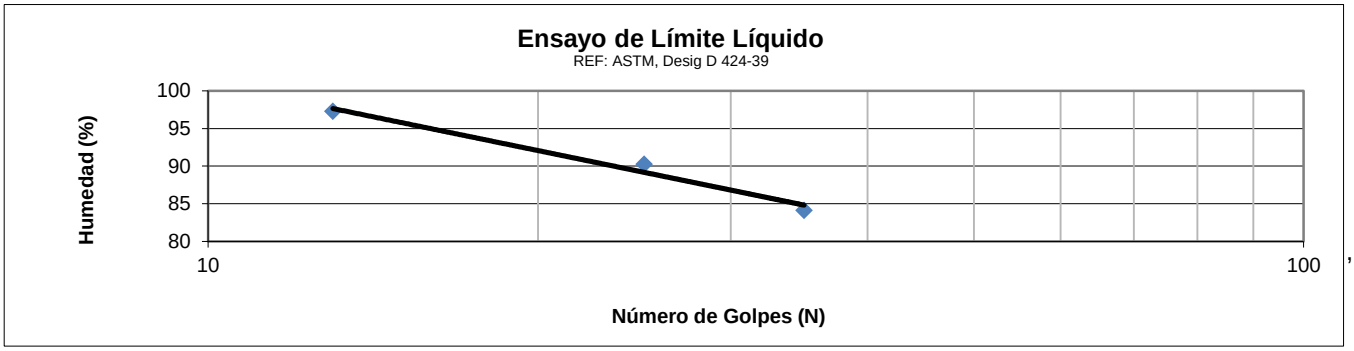
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP39 - M5	2,05-2,50	Arcilla limosa amarillenta clara de alta plasticidad con trazas rojizas .

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	316,02	258,37	74,45	31,3%		**Wn= 31,3%**
LIMITE LIQUIDO	26,46	18,04	8,03	84,1%	35	m: -29,82 / b: 130,86
	25,19	17,04	8,01	90,3%	25	
	24,70	16,46	7,99	97,3%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 89,2**
LIMITE PLASTICO	20,24	17,60	7,97	27,4%		
	19,90	17,32	7,99	27,7%		**LP= 27,53**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 61,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = 17,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

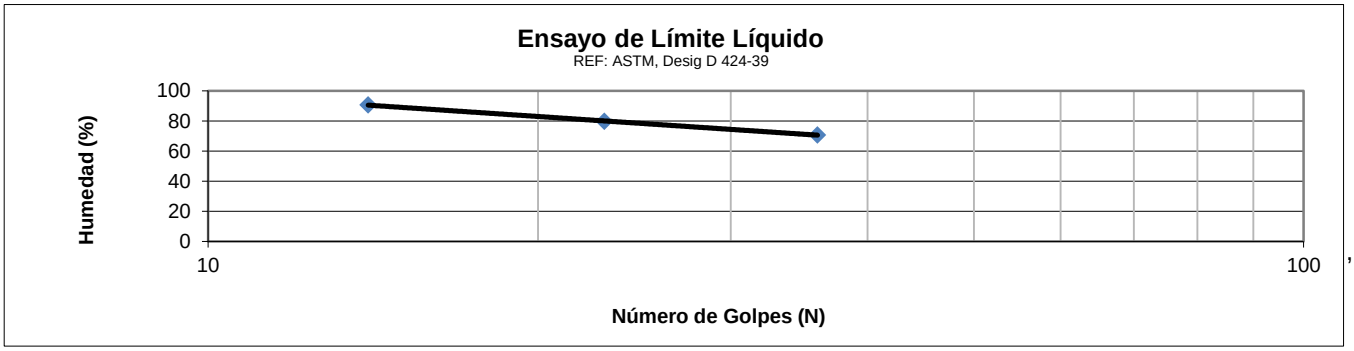
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP40 - M3	0,85-1,30	Arcilla limosa habana amarillenta de consistencia media de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	279,96	241,60	73,83	22,9%		**Wn= 22,9%**
LIMITE LIQUIDO	25,19	18,04	7,93	70,7%	36	m: -48,62 / b: 146,24
	25,70	17,87	8,05	79,7%	23	
	26,14	17,51	7,99	90,7%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 78,3**
LIMITE PLASTICO	18,37	15,82	7,95	32,4%		
	18,20	15,64	7,91	33,1%		**LP= 32,76**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 45,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	167,77	32,52	0,28	0,00	Pfinos(%) = 80,62%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = 10,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

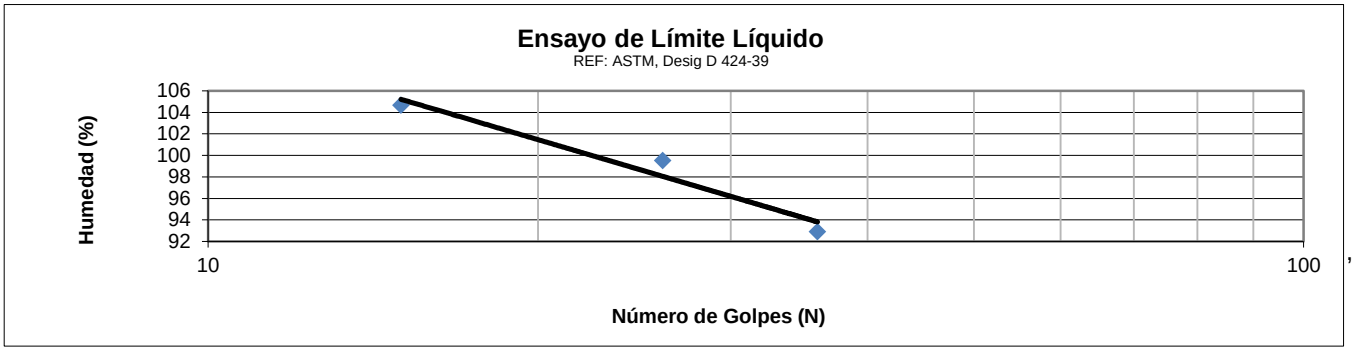
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP41 - M4	1,35-1,80	Limo arcilloso gris claro de alta plasticidad con vetas delgadas negruzcas

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	163,91	128,98	30,98	35,6%		**Wn= 35,6%**
LIMITE LIQUIDO	24,16	16,31	7,86	92,9%	36	m: -29,97 / b: 140,46
	24,37	16,22	8,03	99,5%	26	
	25,98	16,79	8,01	104,7%	15	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 98,6**
LIMITE PLASTICO	17,66	14,86	8,02	40,9%		
	18,92	15,69	7,91	41,5%		**LP= 41,23**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 57,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	98,00	25,23	0,14	0,00	Pfinos(%) = 74,26%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = 5,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

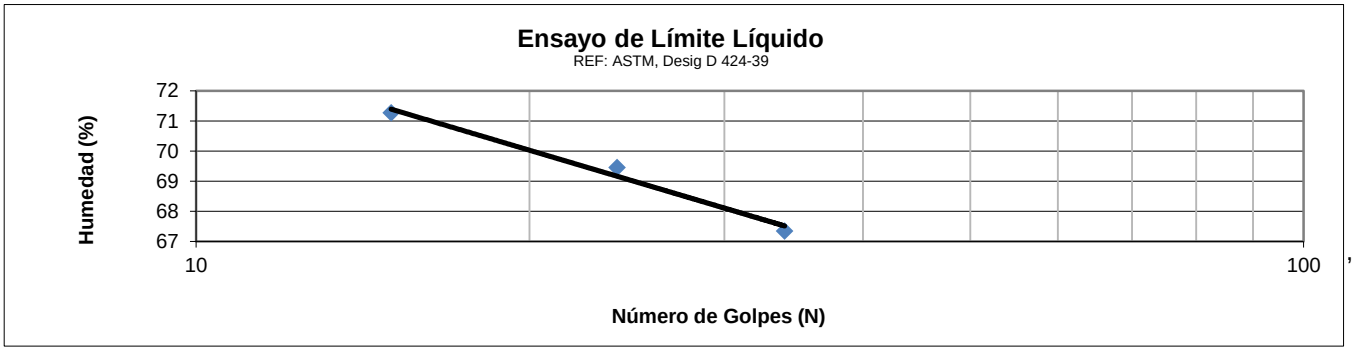
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP42 - M1	0,05-0,15	Relleno arcillo arenoso rojizo ocre de alta plasticidad con gravas subredondeadas en la parte superior, de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	863,08	760,08	69,44	14,9%		**Wn= 14,9%**
LIMITE LIQUIDO	27,74	19,82	8,06	67,3%	34	m: -10,91 / b: 84,23
	26,80	19,16	8,16	69,5%	24	
	29,53	20,60	8,07	71,3%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 69,0**
LIMITE PLASTICO	20,20	17,38	8,04	30,2%		
	19,60	16,96	8,07	29,7%		**LP= 29,94**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 39,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	690,64	328,30	2,01	0,00	Pfinos(%) = 52,46%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

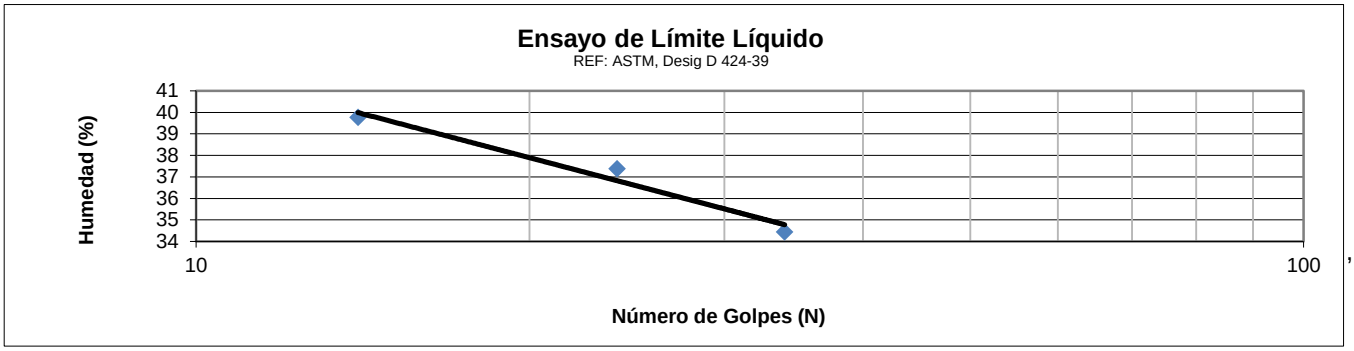
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP42 - M5	1,75-2,20	Arcilla de baja plasticidad con presencia de arena muy fina, densa, grisácea con trazas horizontales amarillo ocre

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	152,45	126,23	30,53	27,4%		**Wn= 27,4%**
LIMITE LIQUIDO	24,61	20,36	8,02	34,4%	34	m: -13,52 / b: 55,48
	24,99	20,40	8,12	37,4%	24	
	24,99	20,15	7,98	39,8%	14	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 36,6**
LIMITE PLASTICO	19,47	17,51	8,04	20,7%		
	19,22	17,31	8,02	20,6%		**LP= 20,63**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 16,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

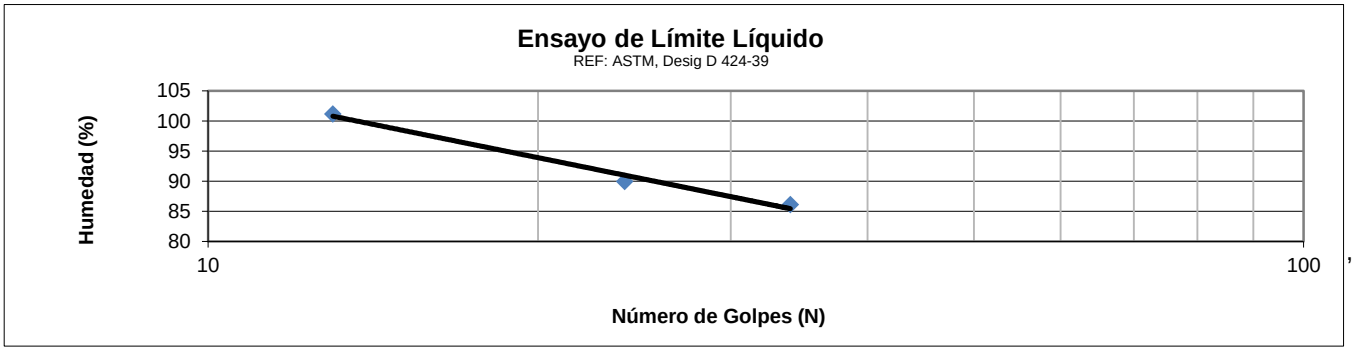
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP43 - M4	1,45-1,90	Arcilla limosa amarillenta clara fisurada de consistencia media y alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	216,06	179,30	57,25	30,1%		**Wn= 30,1%**
LIMITE LIQUIDO	23,38	14,65	4,51	86,1%	34	m: -36,78 / b: 141,76
	26,55	17,58	7,61	90,0%	24	
	25,14	14,73	4,44	101,2%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 90,3**
LIMITE PLASTICO	20,40	17,16	7,99	35,3%		
	20,70	17,35	8,04	36,0%		**LP= 35,66**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 54,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	122,25	16,77	0,14	0,00	Pfinos(%) = 86,28%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 9,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

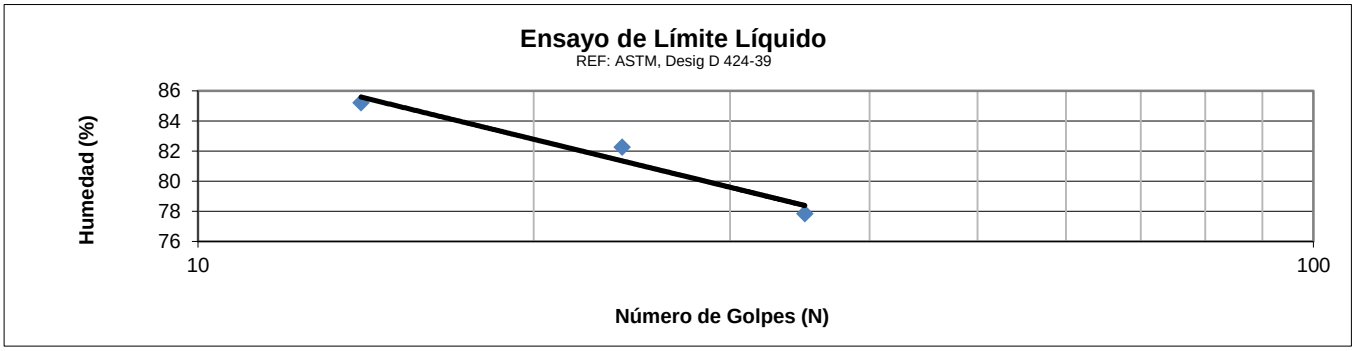
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP44 - M3	1,45-1,90	Arcilla limosa amarillenta clara con trazas habanas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	188,85	149,94	44,07	36,8%		**Wn= 36,8%**
LIMITE LIQUIDO	24,48	15,73	4,49	77,8%	35	m: -18,09 / b: 106,32
	26,59	16,57	4,39	82,3%	24	
	24,99	15,60	4,58	85,2%	14	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 81,0**
LIMITE PLASTICO	15,24	12,39	4,55	36,4%		
	15,14	12,19	4,06	36,3%		**LP= 36,32**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 44,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	105,87	7,48	0,11	0,00	Pfinos(%) = 92,93%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	#¡REF! ton/m²
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	8,3 ton/m²

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

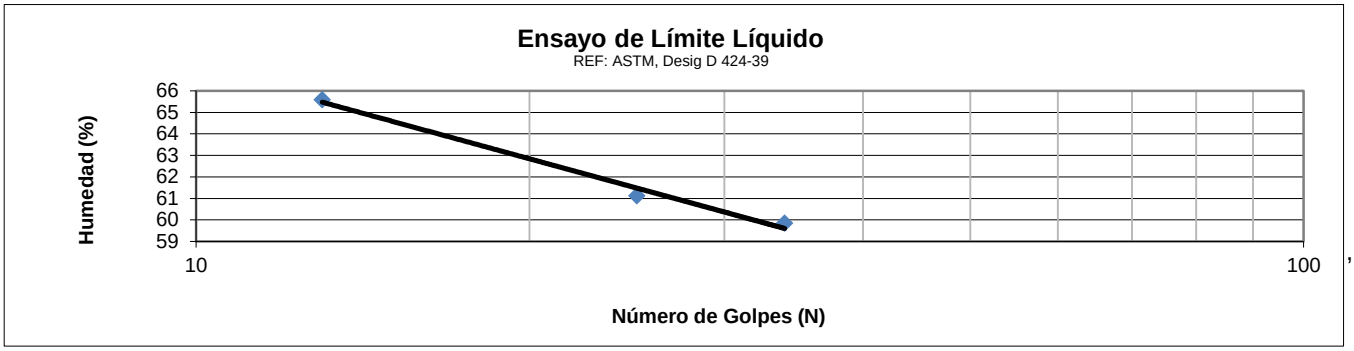
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP45 - M7	2,75-3,05	Limo de alta plasticidad con presencia de arena muy fina grisácea azulosa

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	193,37	153,95	31,03	32,1%		**Wn= 32,1%**
LIMITE LIQUIDO	22,97	16,01	4,38	59,8%	34	m: -14,06 / b: 81,13
	25,44	17,50	4,51	61,1%	25	
	24,85	16,75	4,40	65,6%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 61,5**
LIMITE PLASTICO	16,35	13,40	4,48	33,1%		
	16,05	13,14	4,48	33,6%		**LP= 33,34**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 28,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

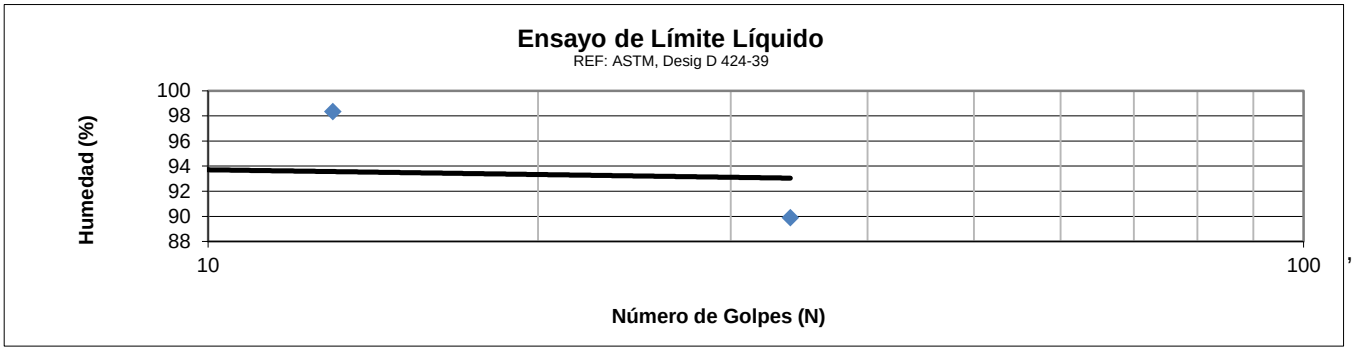
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP46 - M3	0,85-1,30	Arcilla limosa amarillenta clara y habana de alta plasticidad con trazas rojizas

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	219,00	180,00	42,00	28,3%		**Wn= 28,3%**
LIMITE LIQUIDO	22,80	15,78	7,97	89,9%	34	m: -1,25 / b: 94,96
	28,31	18,54	8,03	93,0%	2	
	26,01	17,07	7,98	98,3%	13	Coef. de Corr= -0,18
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 93,2**
LIMITE PLASTICO	19,62	16,79	8,00	32,2%		
	17,92	15,52	8,01	32,0%		**LP= 32,08**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 61,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	138,00	8,58	0,11	0,00	Pfinos(%) = 93,78%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = 9,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

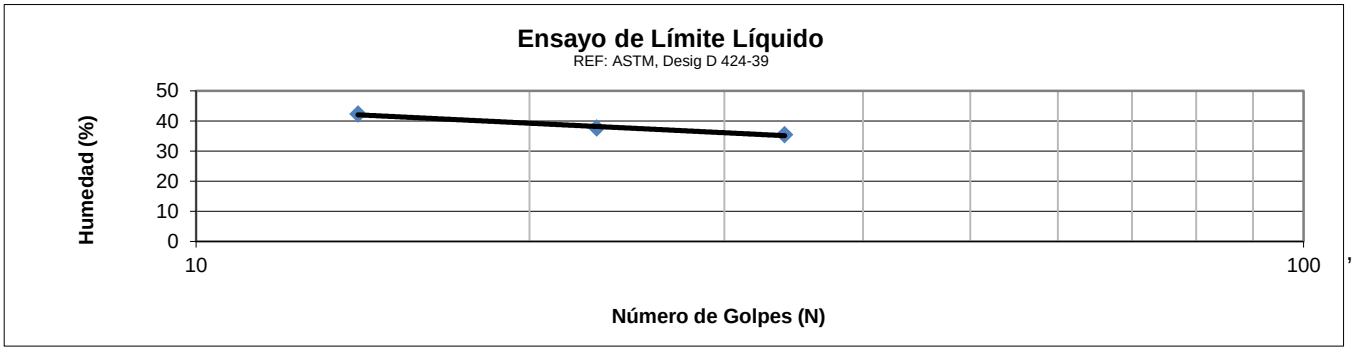
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP47 - M1	0,05-0,15	Relleno arcillo arenoso amarillento rojizo, de baja plasticidad con presencia de gravas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	657,57	573,67	67,21	16,6%		**Wn= 16,6%**
LIMITE LIQUIDO	24,17	19,94	7,99	35,4%	34	m: -17,96 / b: 62,63
	25,55	20,72	7,90	37,7%	23	
	25,50	20,34	8,13	42,3%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 37,5**
LIMITE PLASTICO	20,15	17,97	8,03	21,9%		
	20,15	17,96	8,13	22,3%		**LP= 22,11**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	506,46	221,74	0,52	0,00	Pfinos(%) = 56,22%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

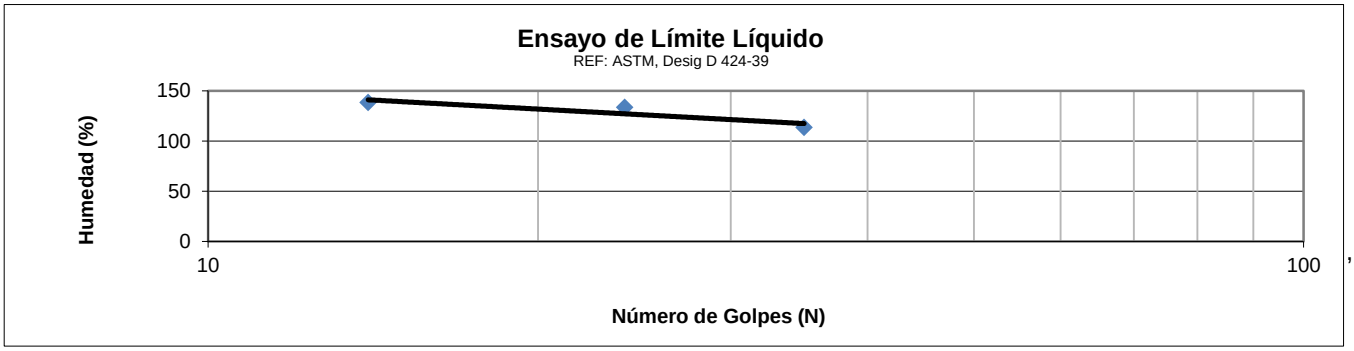
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP48 - M6	2,05-2,50	Arcilla habana clara blancuzca de consistencia media, de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	170,42	136,20	47,44	38,6%		**Wn= 38,6%**
LIMITE LIQUIDO	27,08	16,99	8,11	113,6%	35	m: -59,50 / b: 209,27
	22,46	14,14	7,91	133,5%	24	
	27,87	16,38	8,08	138,4%	14	Coef. de Corr= -0,91
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 126,1**
LIMITE PLASTICO	18,80	16,06	8,01	34,0%		
	18,04	15,56	8,11	33,3%		**LP= 33,66**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 92,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	8,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

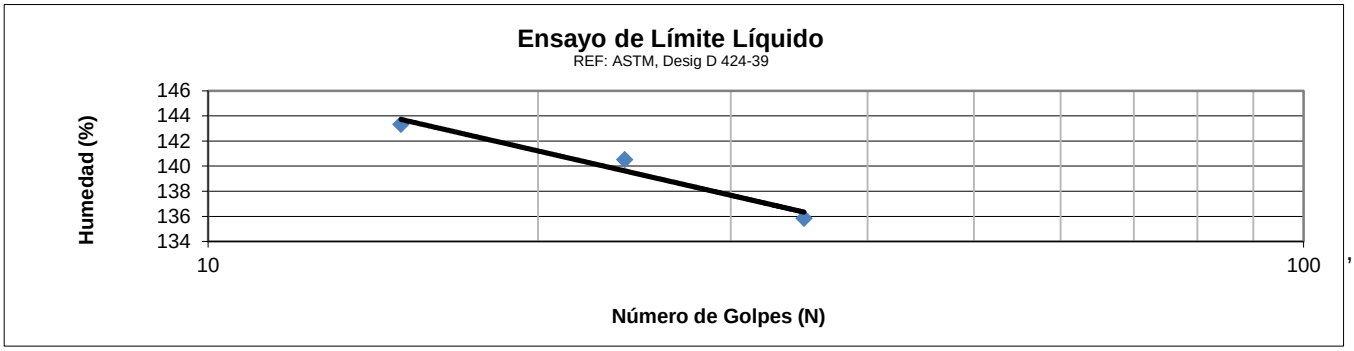
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP49 - M4	1,25-1,70	Arcilla habana amarillenta clara con trazas rojizas, de consistencia media, de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	212,63	165,98	42,00	37,6%		**Wn= 37,6%**
LIMITE LIQUIDO	24,98	15,24	8,07	135,8%	35	m: -20,08 / b: 167,33
	24,98	15,06	8,00	140,5%	24	
	24,26	14,70	8,03	143,3%	15	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 139,3**
LIMITE PLASTICO	18,23	15,62	8,04	34,4%		
	18,31	15,63	8,02	35,2%		**LP= 34,82**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 104,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	123,98	7,79	0,12	0,00	Pfinos(%) = 93,72%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 13,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

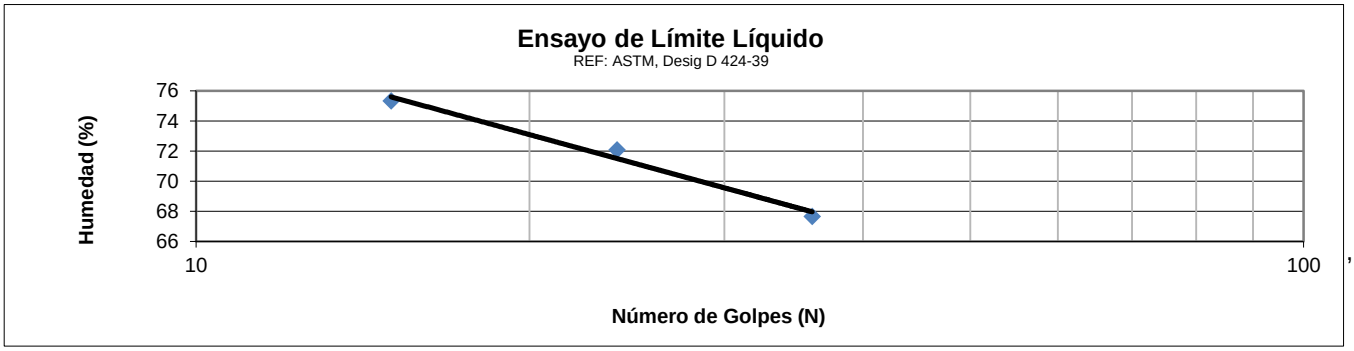
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP50 - M2	0,35-0,80	Relleno arcillo arenoso rojizo amarillento, de alta plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	332,22	282,52	34,94	20,1%		**Wn= 20,1%**
LIMITE LIQUIDO	27,56	19,61	7,86	67,7%	36	m: -20,08 / b: 99,22
	27,47	19,34	8,06	72,1%	24	
	24,80	17,56	7,95	75,3%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 71,1**
LIMITE PLASTICO	18,15	15,62	7,98	33,1%		
	18,76	16,01	7,85	33,7%		**LP= 33,41**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 37,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	247,58	73,98	0,22	0,00	Pfinos(%) = 70,12%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

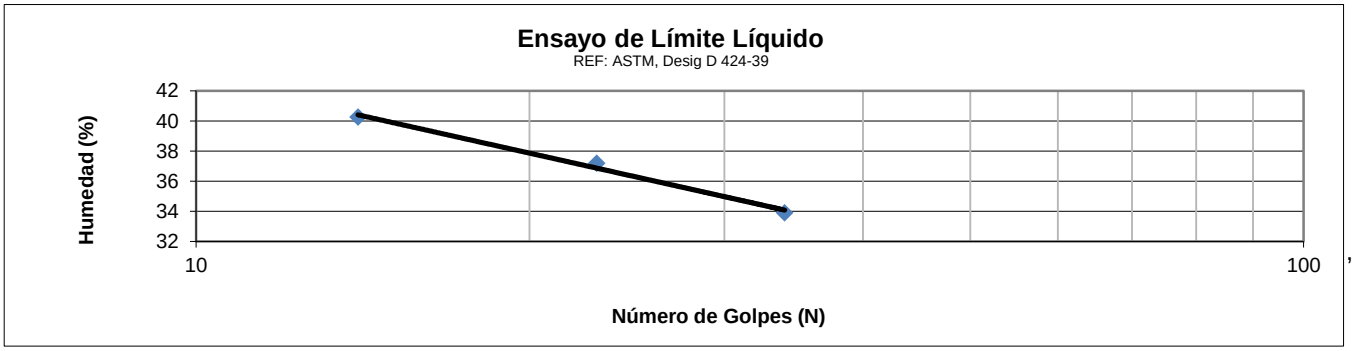
MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP51 - M1	0,10-0,20	Relleno arenoso con arcilla arenosa rojiza ocre de baja plasticidad, con presencia de gravas en la parte superior.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	627,08	558,24	73,69	14,2%		**Wn= 14,2%**
LIMITE LIQUIDO	23,62	19,66	7,98	33,9%	34	
	26,04	21,15	8,00	37,2%	23	
	24,67	19,85	7,88	40,3%	14	
	0,00	0,00	1,00		0	
LIMITE PLASTICO	19,76	17,92	8,00	18,5%		
	19,77	17,93	8,00	18,5%		**LP= 18,54**

m	b
-16,41	59,22
Coef. de Corr=	-1,00

LL= 36,3

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 17,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	484,55	288,25	2,30	0,00	Pfinos(%) = 40,51%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

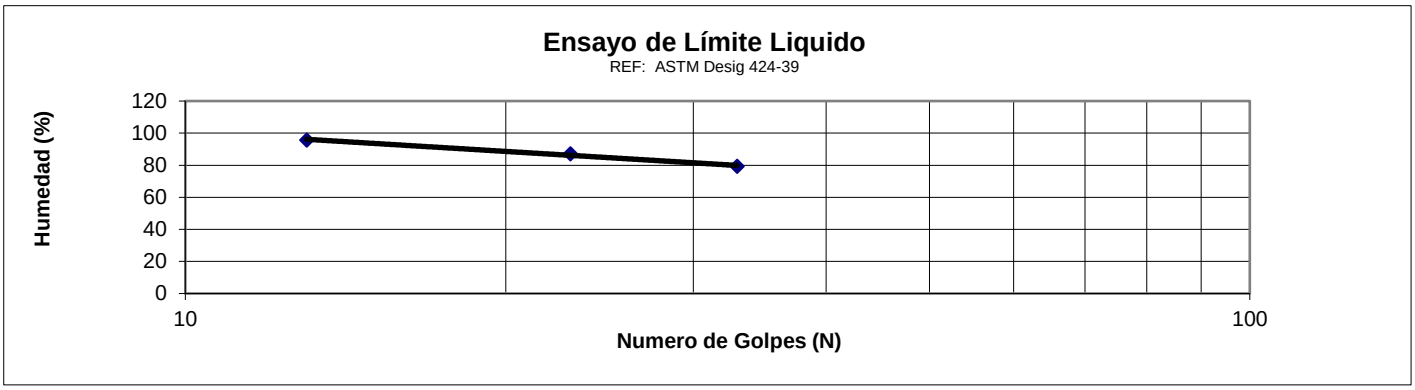
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
Ap52 - M5	1,85 - 2,30	Arcilla limosa rojiza y amarillenta clara de consistencia media afirme de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	312,75	259,42	73,63	28,70%		**Wn= 28,70%**
LIMITE LIQUIDO	22,62	16,17	8,03	79,2%	33	m: -40,27 / b: 140,99
	25,21	17,21	8,03	87,1%	23	Coef. de Corr= -0,99
	26,87	17,63	7,98	95,8%	13	**LL= 84,70**
			1,00			
LIMITE PLASTICO	20,20	17,62	8,14	27,2%		
	20,46	17,77	7,81	27,0%		**LP= 27,11**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 57,59**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	**Pa**	**Ppa**	**Pps+K**	**Pps**	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	**Diam(mm)**	**h(mm)**	**a(mm)**	**Vol(mm3)**	**Pa**	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	**Pms**	**PmsL**	**Fondo**	**P R**	
	185,79	7,64	0,01	0,00	Pfinos(%) = 95,89%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO			
	Cu (VELETA LAB) =		ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	16,3	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

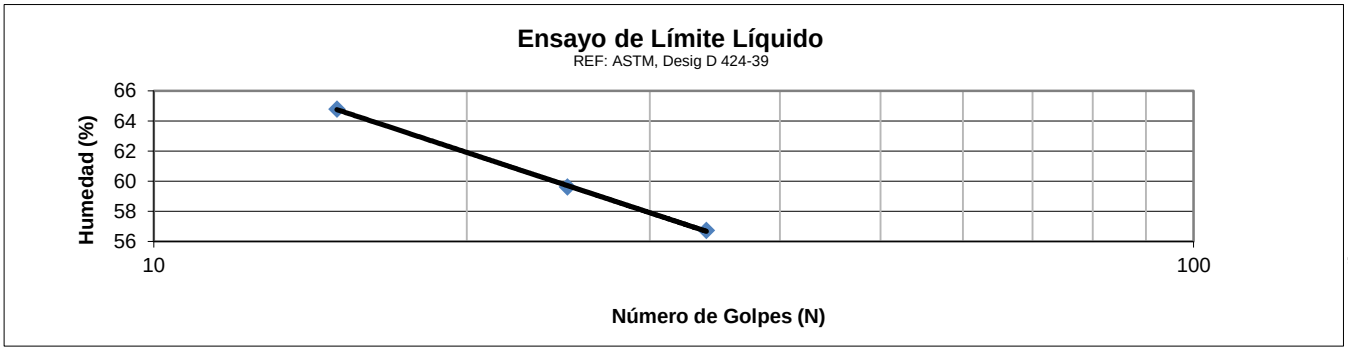
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP53 - M2	0,30-0,80	Arcilla limosa rojiza clara amarillenta de consistencia media a blanda de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	245,74	208,50	39,62	22,1%		**Wn= 22,1%**
LIMITE LIQUIDO	26,50	19,80	7,99	56,7%	34	m: -22,74 / b: 91,50
	28,56	20,90	8,05	59,6%	25	
	24,24	17,80	7,86	64,8%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 59,7**
LIMITE PLASTICO	19,85	17,45	8,08	25,6%		
	21,78	18,99	8,13	25,7%		**LP= 25,65**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 34,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	415,12	420,92	202,10	201,8	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,95**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	60,06	75,01		0,21251	415,12	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,95**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	168,88	30,08	0,35	0,00	Pfinos(%) = 82,19%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	4,8 ton/m²
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	8,3 ton/m²

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

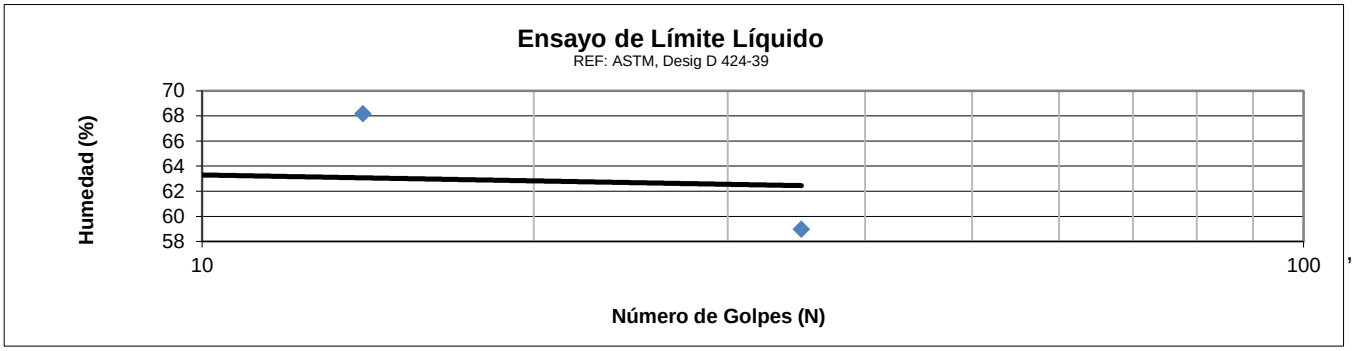
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP54 - M5	1,85-2,36	Arcilla limosa rojiza de consistencia media a firme de alta plasticidad con trazas amarillo claro.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	237,40	201,42	47,31	23,3%		**Wn= 23,3%**
LIMITE LIQUIDO	25,40	18,96	8,04	59,0%	35	m: -1,56 / b: 64,86
	25,51	18,72	7,90	62,8%	2	
	26,11	18,74	7,93	68,2%	14	Coef. de Corr= -0,21
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 62,7**
LIMITE PLASTICO	19,05	16,75	7,99	26,3%		
	19,34	16,98	7,92	26,0%		**LP= 26,15**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 36,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	154,11	24,60	0,23	0,00	Pfinos(%) = 84,04%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	19,3 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

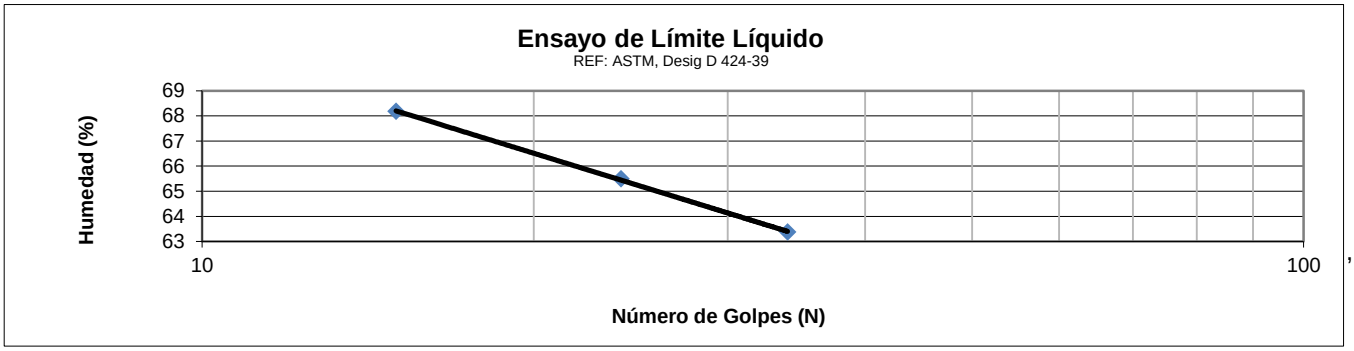
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP54 - M8	3,15-3,60	Arcilla limosa rojiza de consistencia media a firme de alta plasticidad, con trazas amarillo claro

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	191,87	168,48	67,80	23,2%		**Wn= 23,2%**
LIMITE LIQUIDO	24,82	18,28	7,96	63,4%	34	m: -13,51 / b: 84,10
	25,57	18,68	8,16	65,5%	24	
	26,76	19,11	7,89	68,2%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 65,2**
LIMITE PLASTICO	20,90	18,59	7,97	21,8%		
	20,02	17,87	8,05	21,9%		**LP= 21,82**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 43,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	22,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

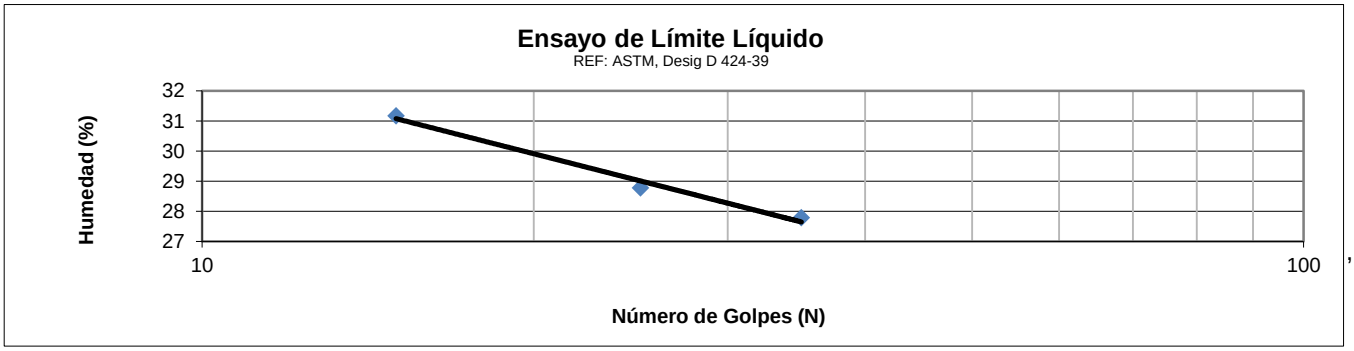
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP55 - M3	0,85-1,30	Arcilla rojiza limosa algo arenosa fisurada, de baja plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	422,78	383,51	70,47	12,5%		**Wn= 12,5%**
LIMITE LIQUIDO	28,40	23,96	7,98	27,8%	35	m: -9,32 / b: 42,04
	24,71	20,98	8,02	28,8%	25	
	29,03	24,04	8,03	31,2%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 29,0**
LIMITE PLASTICO	21,07	19,52	7,95	13,4%		
	22,17	20,49	8,02	13,5%		**LP= 13,43**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	1313,04	175,12	5,43	0,00	Pfinos(%) = 86,66%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = 11,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

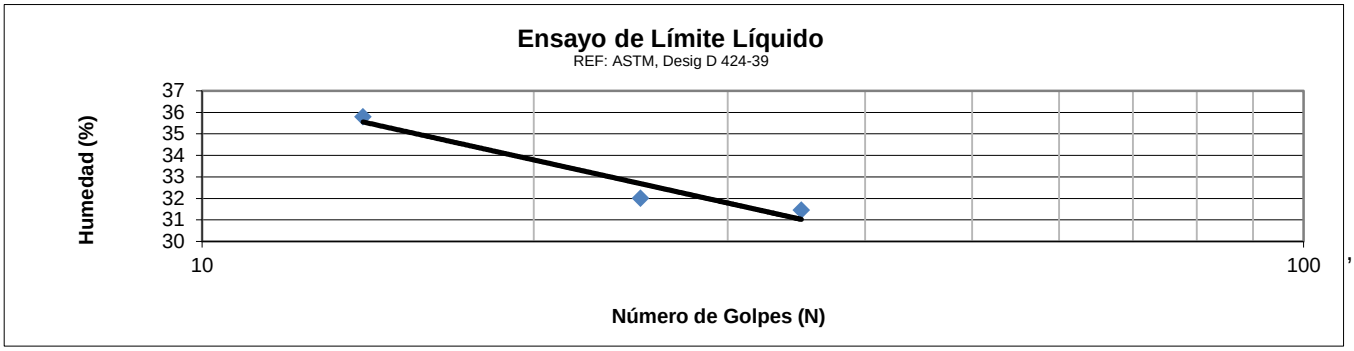
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP56 - M1	0,05-0,10	Relleno arcillo arenoso rojizo oscuro de baja plasticidad con gravas .

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	957,32	862,44	53,35	11,7%		**Wn= 11,7%**
LIMITE LIQUIDO	24,37	20,41	7,82	31,5%	35	m: -11,38 / b: 48,59
	30,59	25,10	7,95	32,0%	25	
	28,02	22,75	8,03	35,8%	14	Coef. de Corr= -0,97
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 32,7**
LIMITE PLASTICO	20,92	18,88	8,10	18,9%		
	20,55	18,56	7,96	18,8%		**LP= 18,85**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 13,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	809,09	368,28	2,88	0,00	Pfinos(%) = 54,48%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

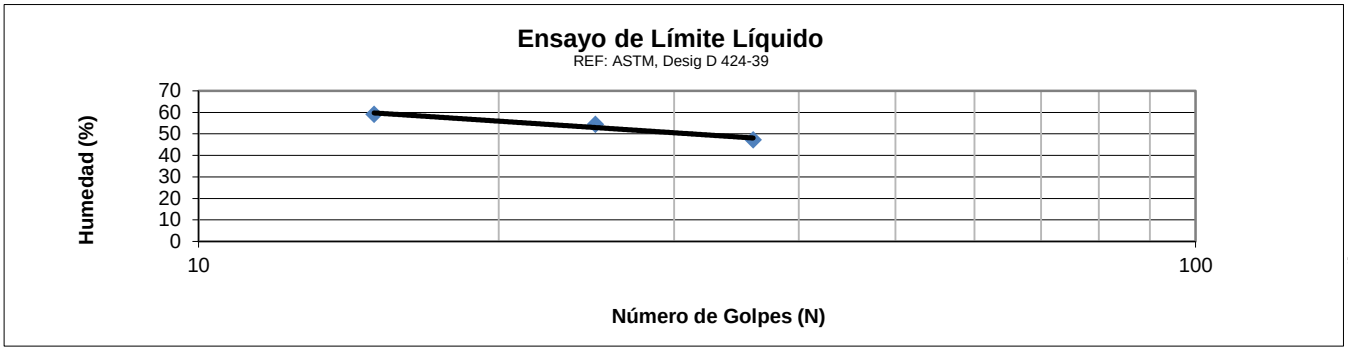
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP58 - M2	0,35 - 0,80	Relleno arcillo arenoso de baja plasticidad, rojizo amarillento con presencia de gavas

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	162,71	140,27	42,07	22,9%		**Wn= 22,9%**
LIMITE LIQUIDO	22,90	16,79	3,85	47,2%	36	m: -30,68 / b: 95,83
	24,04	18,40	8,04	54,4%	25	
	26,31	19,51	8,01	59,1%	15	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 52,9**
LIMITE PLASTICO	18,63	16,43	8,04	26,2%		
	18,96	16,64	7,97	26,8%		**LP= 26,49**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 26,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	98,20	19,43	0,18	0,00	Pfinos(%) = 80,21%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

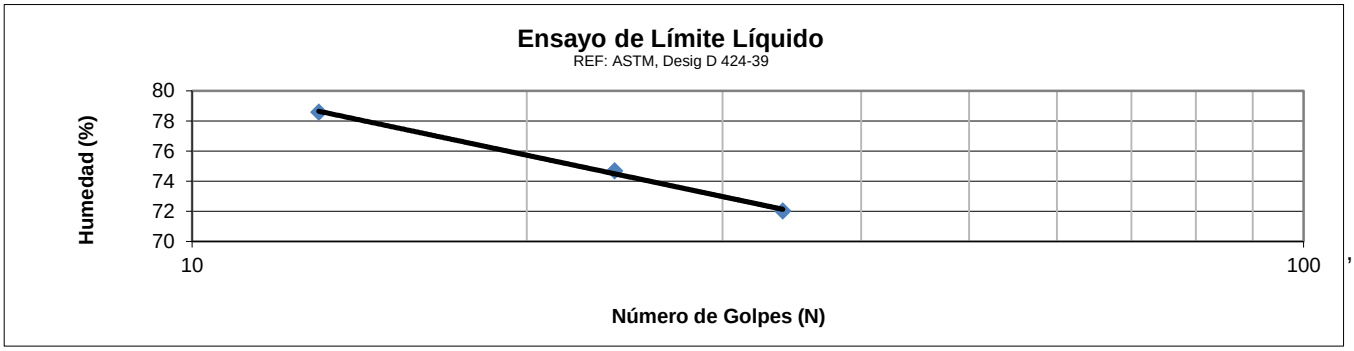
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP58 - M5	2,25 - 2,70	Arcilla limosa de alta plasticidad amarillenta rojiza de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	172,54	143,60	44,07	29,1%		**Wn= 29,1%**
LIMITE LIQUIDO	25,20	18,02	8,05	72,0%	34	m: -15,60 / b: 96,02
	23,09	16,72	8,19	74,7%	24	
	22,88	16,35	8,04	78,6%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 74,2**
LIMITE PLASTICO	19,88	17,47	8,09	25,7%		
	19,99	17,56	8,06	25,6%		**LP= 25,64**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 48,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	99,53	6,15	0,12	0,00	Pfinos(%) = 93,82%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	15,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

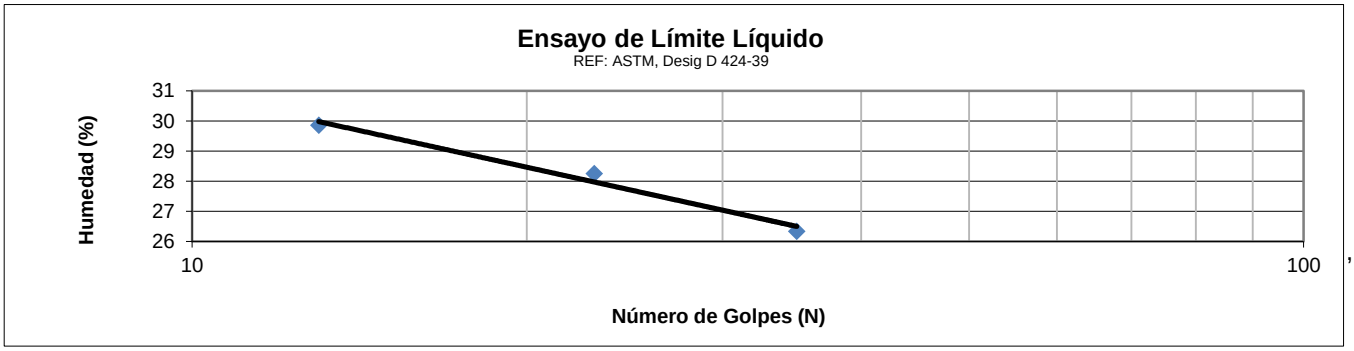
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP59 - M1	0,05 - 0,15	Relleno arcillo arenoso de baja plasticida, rojiza, con presencia de gravas subredondeadas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	604,59	568,45	69,50	7,2%		**Wn= 7,2%**
LIMITE LIQUIDO	25,01	21,46	7,98	26,3%	35	m: -8,09 / b: 39,00
	25,37	21,53	7,94	28,3%	23	
	27,43	22,96	7,99	29,9%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 27,7**
LIMITE PLASTICO	22,23	20,30	8,03	15,7%		
	23,18	21,08	7,90	15,9%		**LP= 15,83**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 11,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	498,95	211,62	1,33	0,00	Pfinos(%) = 57,59%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP59 - M2	0,35 - 0,80	Arena rojiza amarillenta con arcilla de baja plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	257,83	232,44	57,26	14,5%	
LIMITE LIQUIDO	23,72	19,62	8,05	35,4%	35
	24,94	20,25	8,07	38,5%	24
	27,38	21,70	8,00	41,5%	13
	0,00	0,00	1,00		0
LIMITE PLASTICO	21,02	18,08	8,09	29,4%	
	20,43	18,35	7,97	20,0%	

Wn= 14,5%

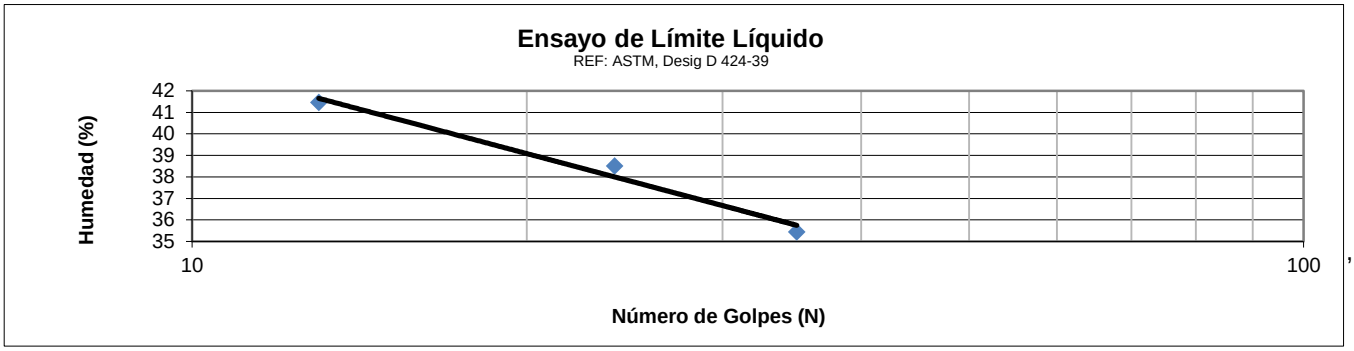
m	b
-13,72	56,94
Coef. de Corr=	-0,99

LL= 37,8

LP= 24,73

INDICE DE PLASTICIDAD — **IP= 13,0**

CLASIFICACION U.S.C.S. — **CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	175,18	90,40	0,53	0,00	Pfinos(%) = 48,40%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 9,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

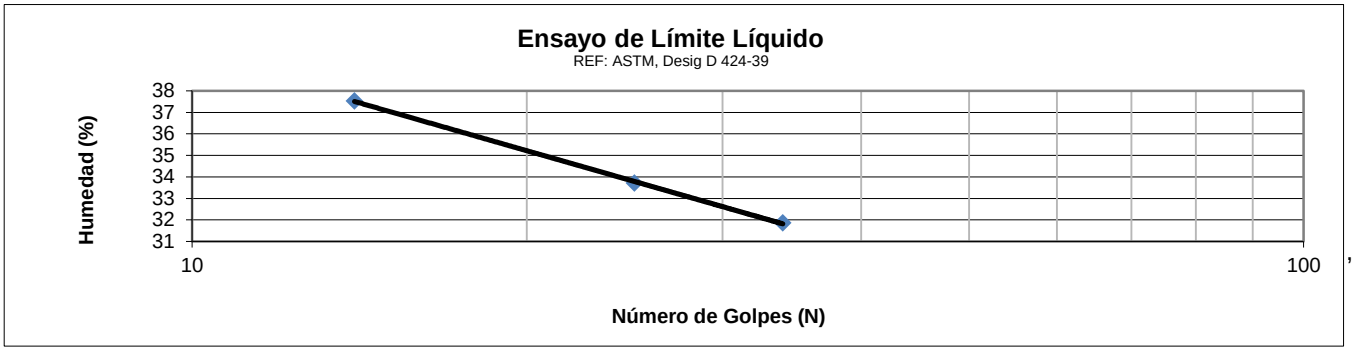
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP61 - M3	1,05 - 1,50	Arcilla de baja plasticidad, limosa algo arenosa, amarillenta rojiza de consistencia media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	191,41	170,16	30,96	15,3%		**Wn= 15,3%**
LIMITE LIQUIDO	24,85	20,79	8,05	31,9%	34	m: -14,76 / b: 54,42
	24,51	20,36	8,05	33,7%	25	
	24,15	19,77	8,10	37,5%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 33,8**
LIMITE PLASTICO	21,70	19,94	7,91	14,6%		
	21,24	19,54	7,97	14,7%		**LP= 14,66**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 19,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	139,20	68,43	0,41	0,00	Pfinos(%) = 50,84%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

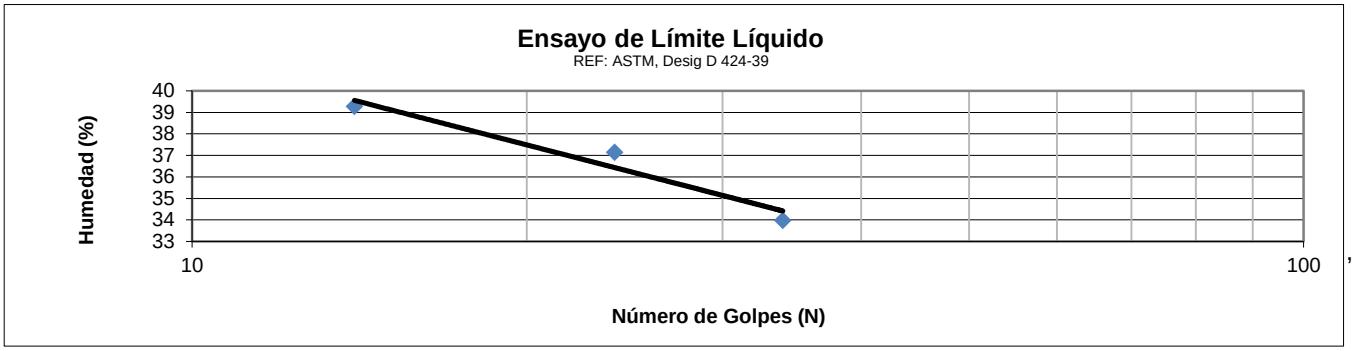
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP62 - M3	0,95 - 1,40	Arcilla de baja plasticidad con presencia de limo, algo arenosa, rojiza amarillenta, fisurada.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	169,18	147,63	31,09	18,5%		**Wn= 18,5%**
LIMITE LIQUIDO	26,42	21,72	7,89	34,0%	34	m: -13,33 / b: 54,83
	25,38	20,67	7,99	37,1%	24	
	25,01	20,25	8,13	39,3%	14	Coef. de Corr= -0,97
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 36,2**
LIMITE PLASTICO	20,22	18,30	8,04	18,7%		
	20,93	18,91	7,99	18,5%		**LP= 18,61**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 17,6**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	116,54	56,33	0,07	0,00	Pfinos(%) = 51,66%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

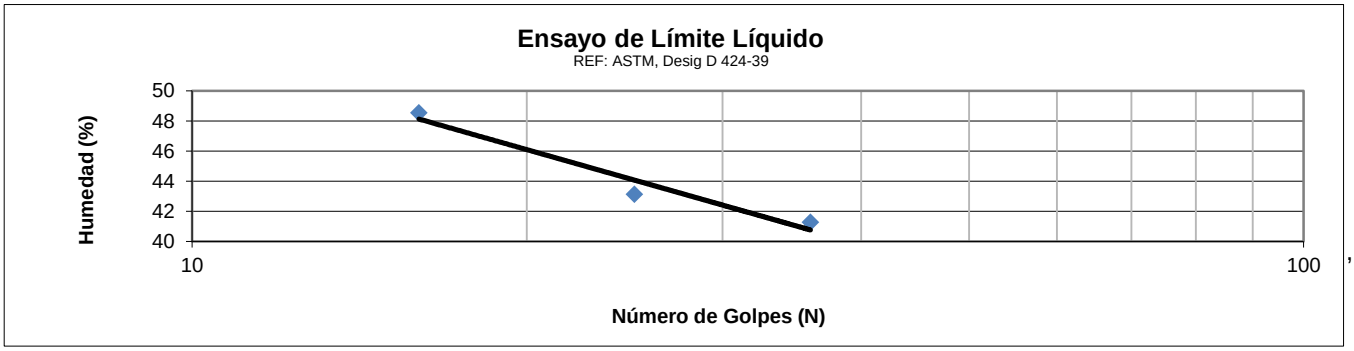
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP63 - M3	1,00 - 1,50	Arcilla de baja plasticidadcon presencia de limo, de color rojiza, de consistencia media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	163,57	141,79	30,35	19,5%		**Wn= 19,5%**
LIMITE LIQUIDO	23,05	18,65	7,99	41,3%	36	m: -20,91 / b: 73,30
	25,90	20,46	7,85	43,1%	25	
	25,70	19,86	7,83	48,5%	16	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 44,1**
LIMITE PLASTICO	22,91	21,92	7,92	7,1%		
	23,86	21,90	8,01	14,1%		**LP= 10,59**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 33,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	612,56	618,98	302,50	302,2	**$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 1,98**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	59,20	110,09		0,30303	612,56	**$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = 2,02**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	111,44	34,72	0,20	0,00	Pfinos(%) = 68,84%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	9,3 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

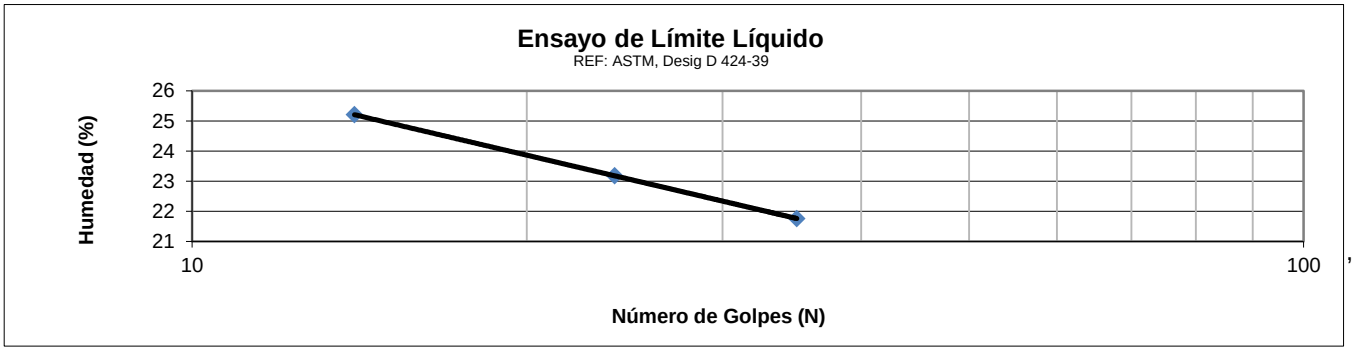
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP64 - M1	0,05 - 0,15	Capa de relleno arenoso con presencia de arcilla de baja plasticidad, de color rojizo con gravas subredondeadas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	729,46	702,40	76,15	4,3%		**Wn= 4,3%**
LIMITE LIQUIDO	30,83	26,78	8,17	21,8%	35	m: -8,66 / b: 35,13
	29,88	25,78	8,09	23,2%	24	
	27,80	23,83	8,08	25,2%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 23,0**
LIMITE PLASTICO	23,91	21,92	7,92	14,2%		
	23,86	21,90	8,01	14,1%		**LP= 14,16**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 8,9**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	626,25	462,50	1,47	0,00	Pfinos(%) = 26,15%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

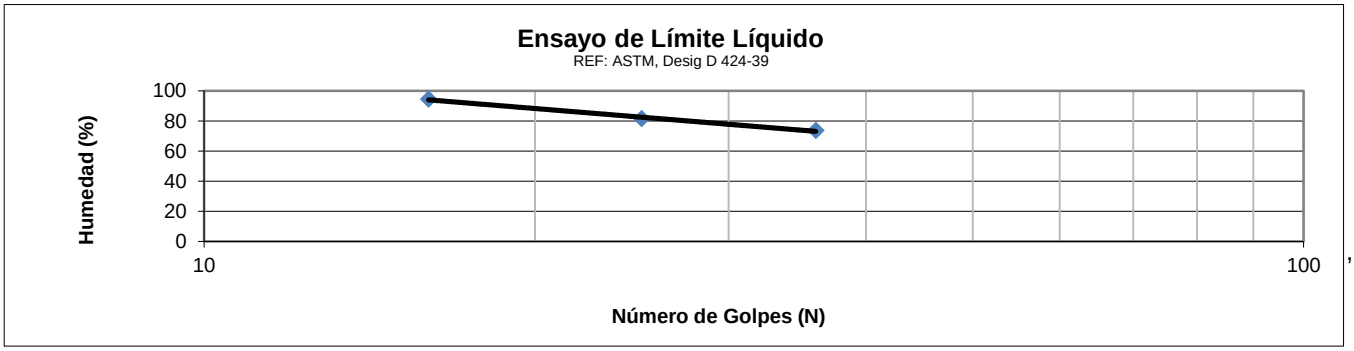
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP64 - M2	0,40 - 0,80	Arcilla de alta plasticidad, con presencia de limos, de color amarillenta clara, de consistencia blanda a media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	260,74	211,12	30,74	27,5%		**Wn= 27,5%**
LIMITE LIQUIDO	25,73	18,19	7,95	73,6%	36	m: -59,43 / b: 165,59
	24,69	17,18	7,97	81,5%	25	
	24,10	16,25	7,94	94,5%	16	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 82,5**
LIMITE PLASTICO	21,07	18,07	8,08	30,0%		
	19,95	17,28	7,99	28,7%		**LP= 29,39**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 53,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	365,88	372,12	163,00	162,7	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,81**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	60,06	72,03		0,20407	365,88	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,79**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	180,38	62,56	0,07	0,00	Pfinos(%) = 65,32%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	4,0 ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	4,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

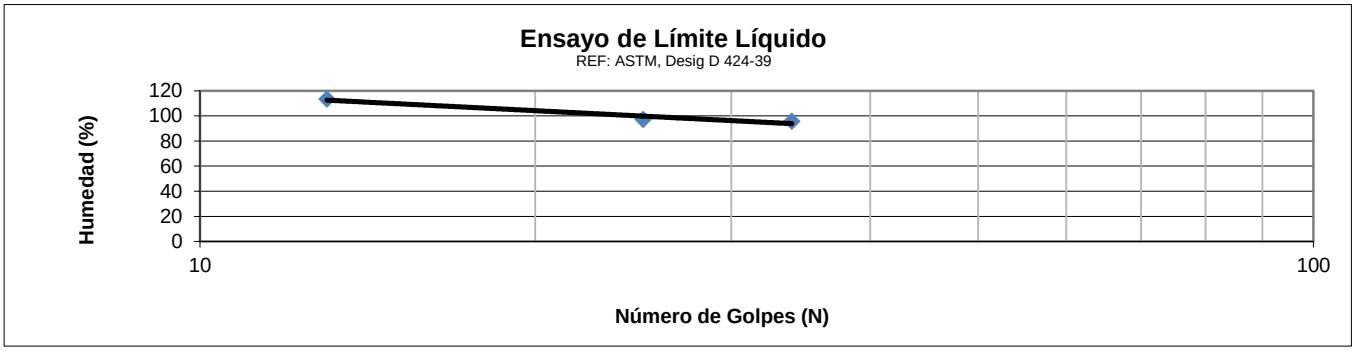
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP64 - M5	1,85 - 2,30	Arcilla de alta plasticidad, grisacea clara azulosa, de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	206,22	165,33	32,96	30,9%		**Wn= 30,9%**
LIMITE LIQUIDO	26,15	17,24	7,93	95,7%	34	m: -44,88 / b: 162,60
	24,72	16,48	8,00	97,2%	25	
	25,57	16,22	7,98	113,5%	13	Coef. de Corr= -0,97
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 99,9**
LIMITE PLASTICO	18,78	16,38	8,00	28,6%		
	18,30	16,02	8,01	28,5%		**LP= 28,55**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 71,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m²
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	11,0 ton/m²

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

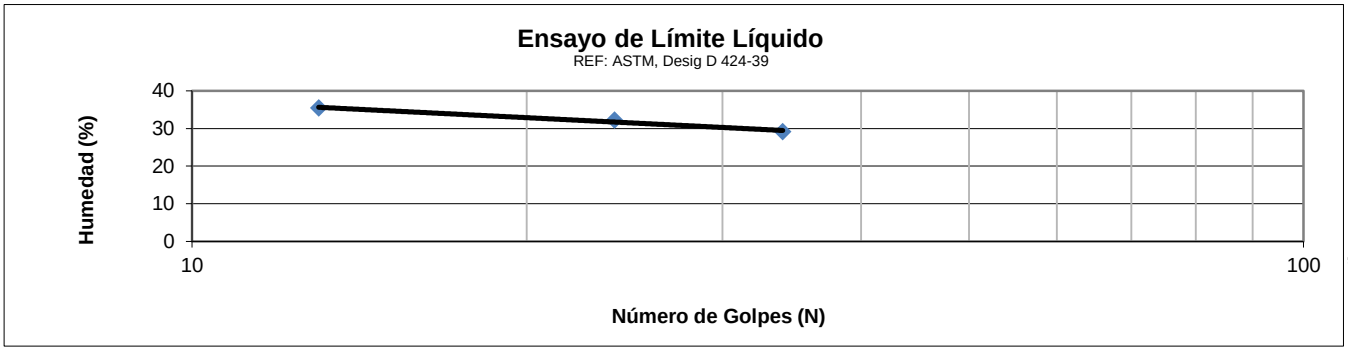
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP65 - M3	0,95 - 1,40	Arena rojiza amarillenta con presencia de arcilla de baja plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	252,54	230,57	29,98	11,0%		**Wn= 11,0%**
LIMITE LIQUIDO	26,73	22,47	7,86	29,2%	34	m: -14,74 / b: 52,05
	26,04	21,62	7,90	32,2%	24	
	28,23	22,93	7,98	35,5%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 31,4**
LIMITE PLASTICO	20,79	18,99	8,12	16,6%		
	20,39	18,63	7,97	16,5%		**LP= 16,53**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 14,9**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	200,59	113,50	0,41	0,00	Pfinos(%) = 43,42%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

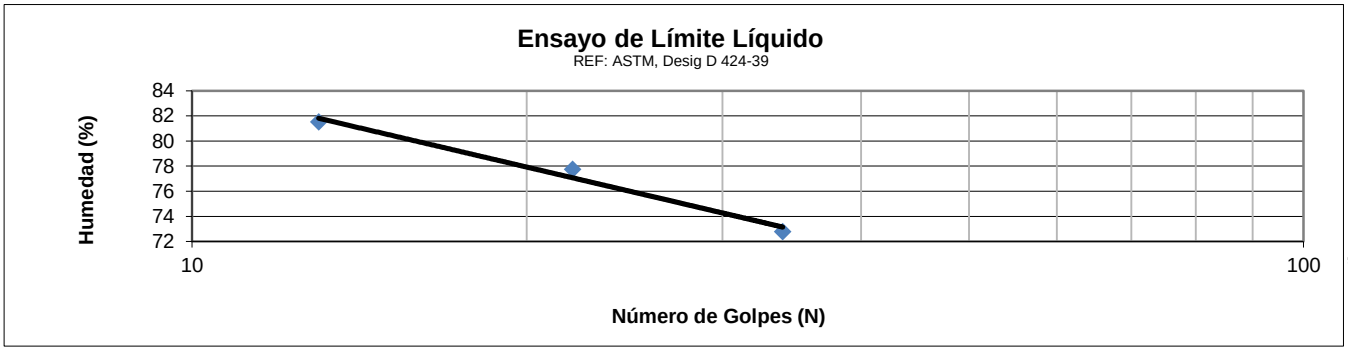
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP66 - M4	0,30 - 0,90	Arcilla de alta plasticidad, grisacea clara de consistencia blanda a media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	213,28	160,81	31,51	40,6%		**Wn= 40,6%**
LIMITE LIQUIDO	25,84	18,14	7,56	72,8%	34	m: -20,77 / b: 104,95
	19,22	12,76	4,45	77,7%	22	
	26,82	16,81	4,53	81,5%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 75,9**
LIMITE PLASTICO	20,39	17,71	8,02	27,7%		
	20,19	17,50	7,97	28,2%		**LP= 27,94**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 48,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	417,73	423,11	188,60	188,3	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,83**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	60,07	80,05		0,22686	417,73	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,84**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	129,30	14,60	0,08	0,00	Pfinos(%) = 88,71%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	3,0 ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	4,3 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

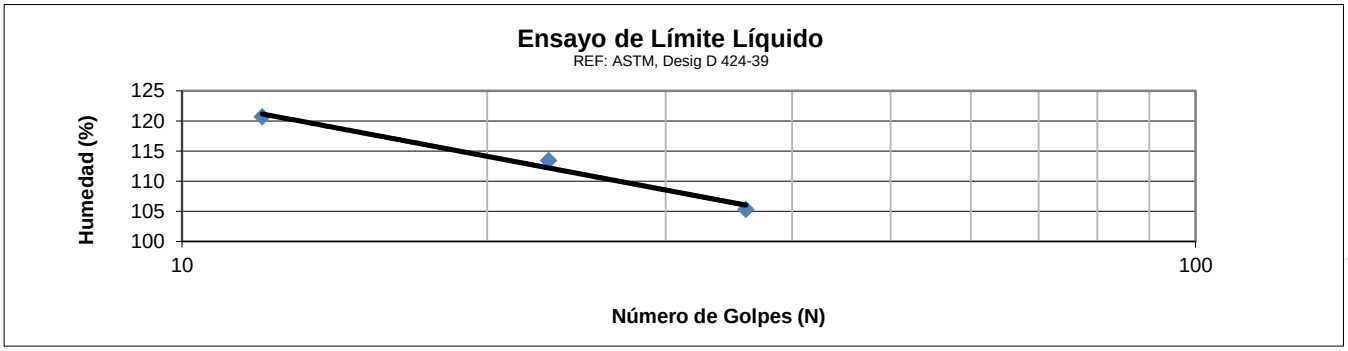
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP67 - M2	0,30 - 0,80	Arcilla limosa de alta plasticidad, habana con trazas rojizas algo fisurada de consistencia media

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	131,77	111,72	30,53	24,7%		**Wn= 24,7%**
LIMITE LIQUIDO	25,26	14,54	4,36	105,3%	36	m: -31,75 / b: 155,43
	25,26	14,19	4,43	113,4%	23	
	26,03	14,24	4,47	120,7%	12	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 111,1**
LIMITE PLASTICO	19,47	16,09	4,50	29,2%		
	18,92	15,62	4,38	29,4%		**LP= 29,26**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 81,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	376,75	383,50	177,10	176,8	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,89**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	60,09	72,00		0,20419	376,75	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,85**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	81,19	11,57	0,07	0,00	Pfinos(%) = 85,75%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	4,2 ton/m²
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	6,8 ton/m²

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

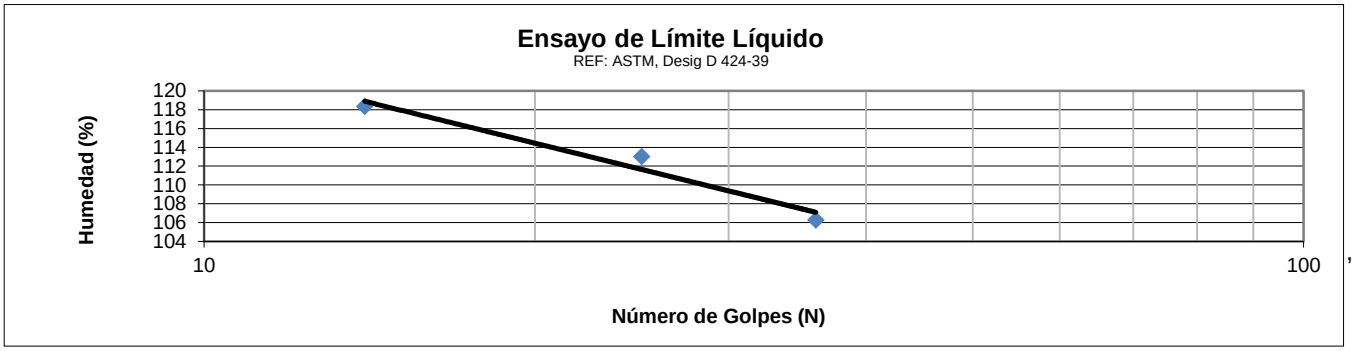
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP68 - M2	0,30 - 0,90	Arcilla de alta plasticidad, habana grisacea clara de consistencia media a blanda.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	140,83	108,26	30,03	41,6%		**Wn= 41,6%**
LIMITE LIQUIDO	23,67	13,82	4,55	106,3%	36	m: -28,75 / b: 151,84
	23,45	13,38	4,47	113,0%	25	
	20,00	11,62	4,54	118,4%	14	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 111,7**
LIMITE PLASTICO	17,14	14,13	4,33	30,7%		
	17,68	14,58	4,57	31,0%		**LP= 30,84**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 80,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	498,78	506,70	214,20	213,9	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,76**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	59,04	101,00		0,27651	498,78	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,80**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	78,23	1,75	0,05	0,00	Pfinos(%) = 97,76%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	3,9 ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	6,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

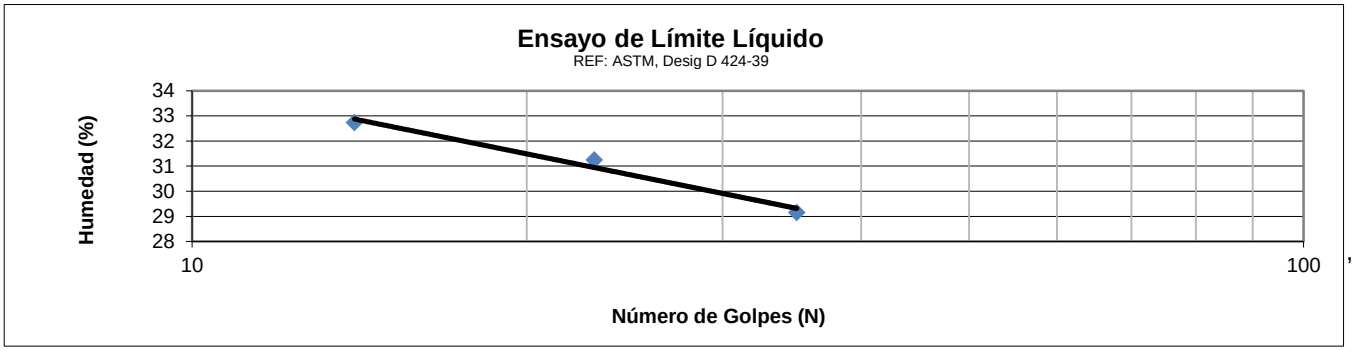
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP69 - M1	0,10 - 0,20	Relleno arenoso, rojizo amarillento ocre con gravas subangulares, con presencia de arcilla de baja plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	755,75	720,15	65,64	5,4%		**Wn= 5,4%**
LIMITE LIQUIDO	28,68	23,22	4,49	29,2%	35	m: -8,95 / b: 43,13
	29,44	23,49	4,45	31,3%	23	
	28,90	22,87	4,45	32,7%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 30,6**
LIMITE PLASTICO	18,45	16,54	3,82	15,0%		
	18,64	16,77	4,42	15,1%		**LP= 15,08**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	654,51	370,32	3,96	0,00	Pfinos(%) = 43,42%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

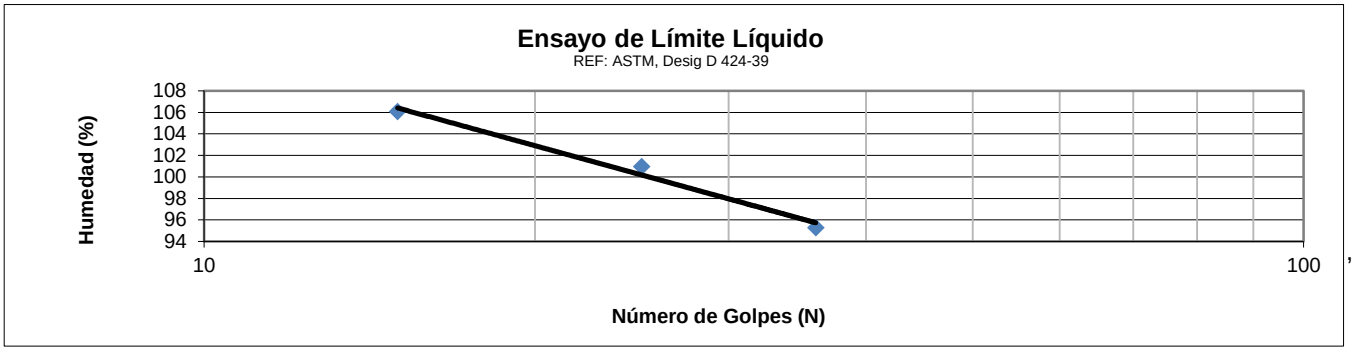
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP69 - M5	1,65 - 2,20	Arcilla de alta plasticidad, habana grisacea clara con vetas amarillentas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	248,90	197,66	30,10	30,6%		**Wn= 30,6%**
LIMITE LIQUIDO	25,15	15,05	4,45	95,3%	36	m: -28,06 / b: 139,41
	23,24	13,79	4,43	101,0%	25	
	24,71	14,07	4,04	106,1%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 100,2**
LIMITE PLASTICO	16,23	13,65	4,62	28,6%		
	16,27	13,81	4,66	26,9%		**LP= 27,73**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 72,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	13,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

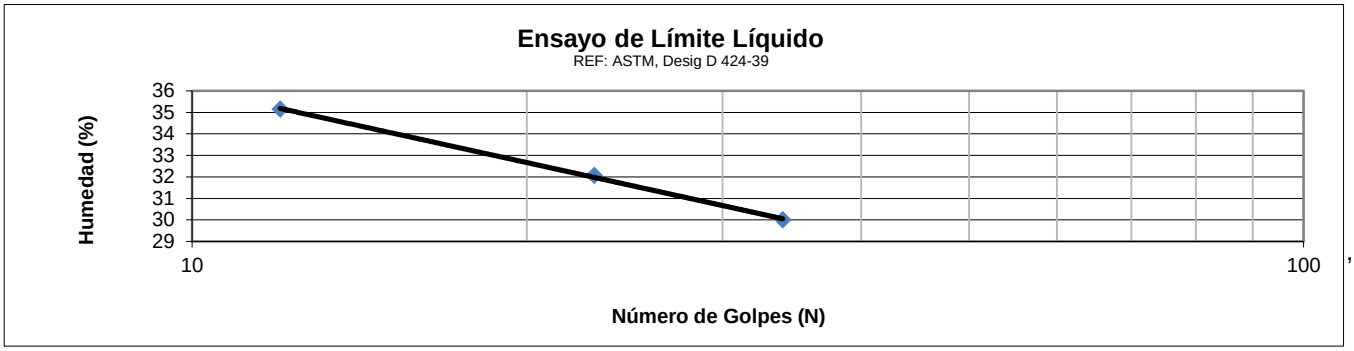
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP70 - M2	0,45 - 0,85	Arena limosa rojiza oscura muy fisurada, densa. Con presencia de arcilla de baja plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	200,96	188,35	30,38	8,0%		**Wn= 8,0%**
LIMITE LIQUIDO	24,92	20,18	4,38	30,0%	34	m: -11,34 / b: 47,42
	29,14	23,17	4,55	32,1%	23	
	29,85	23,21	4,32	35,2%	12	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 31,6**
LIMITE PLASTICO	18,55	16,59	4,58	16,3%		
	18,98	16,83	3,92	16,7%		**LP= 16,49**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	157,77	98,29	0,26	0,00	Pfinos(%) = 37,70%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

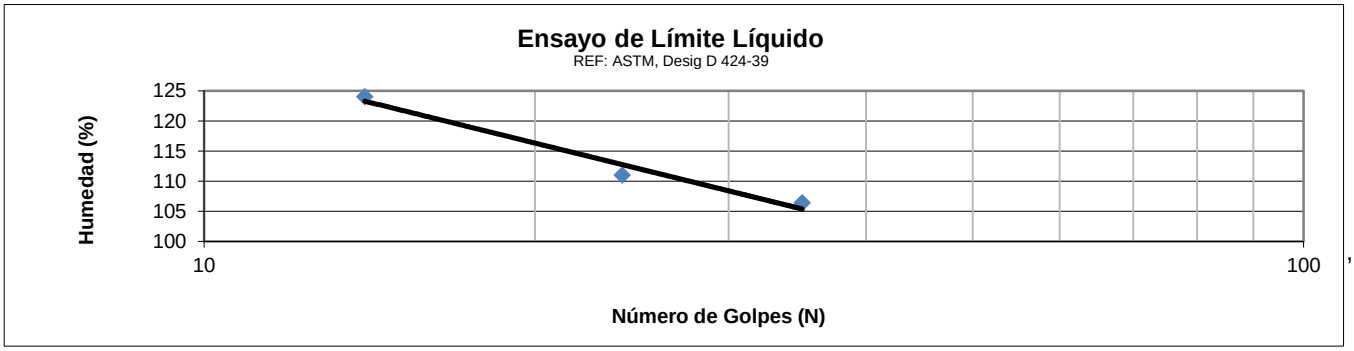
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP71 - M2	0,30 - 0,90	Limo arcilloso, habano claro blancuzco con vetas rojizas, de consistencia media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	168,45	135,74	31,04	31,2%		**Wn= 31,2%**
LIMITE LIQUIDO	23,22	13,60	4,56	106,4%	35	m: -45,00 / b: 174,87
	24,98	13,97	4,05	111,0%	24	
	22,69	12,62	4,50	124,0%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 112,0**
LIMITE PLASTICO	20,11	16,65	4,59	28,7%		
	20,63	16,98	11,18	62,9%		**LP= 45,81**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 66,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
PARAFINADO	547,81	559,96	254,60	254,3	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,88**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
POR VOLUMEN	60,04	104,06		0,29462	547,81	$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,86**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	104,70	4,53	0,03	0,00	Pfinos(%) = 95,67%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	3,7 ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	6,8 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

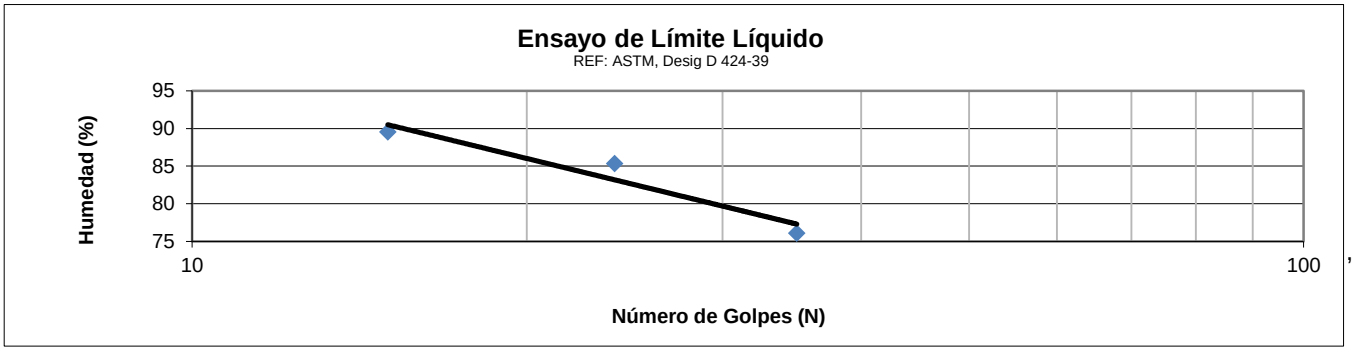
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP72 - M5	1,55 - 2,00	Arcilla de alta plasticidad, limosa, rojiza morada con trazas amarillenta oscuro.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	261,68	224,67	34,17	19,4%		**Wn= 19,4%**
LIMITE LIQUIDO	23,57	16,88	8,09	76,1%	35	m: -35,88 / b: 132,70
	23,10	16,12	7,94	85,3%	24	
	26,90	17,99	8,04	89,5%	15	Coef. de Corr= -0,96
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 82,5**
LIMITE PLASTICO	19,87	17,53	8,03	24,6%		
	19,41	17,15	8,00	24,7%		**LP= 24,67**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 57,9**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	17,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

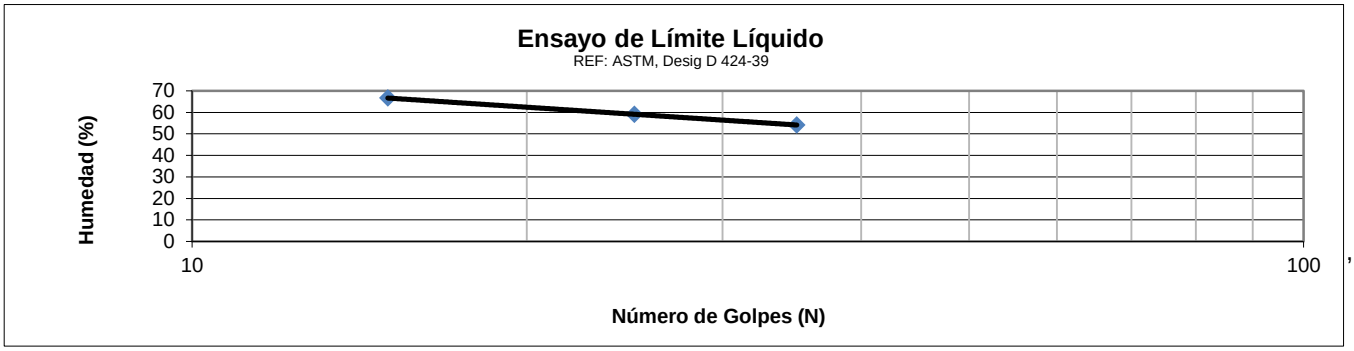
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP72 - M7	2,55 - 3,00	Arcilla limosa de alta plasticidad, rojiza con vetas amarillentas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	242,14	209,21	41,99	19,7%		**Wn= 19,7%**
LIMITE LIQUIDO	26,01	19,73	8,13	54,1%	35	m: -34,06 ; b: 106,71
	27,84	20,49	8,05	59,1%	25	
	26,06	18,84	8,01	66,7%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 59,1**
LIMITE PLASTICO	20,90	18,08	7,97	27,9%		
	20,12	17,50	7,97	27,5%		**LP= 27,69**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 31,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	167,22	60,05	0,85	0,00	Pfinos(%) = 64,09%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = 22,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

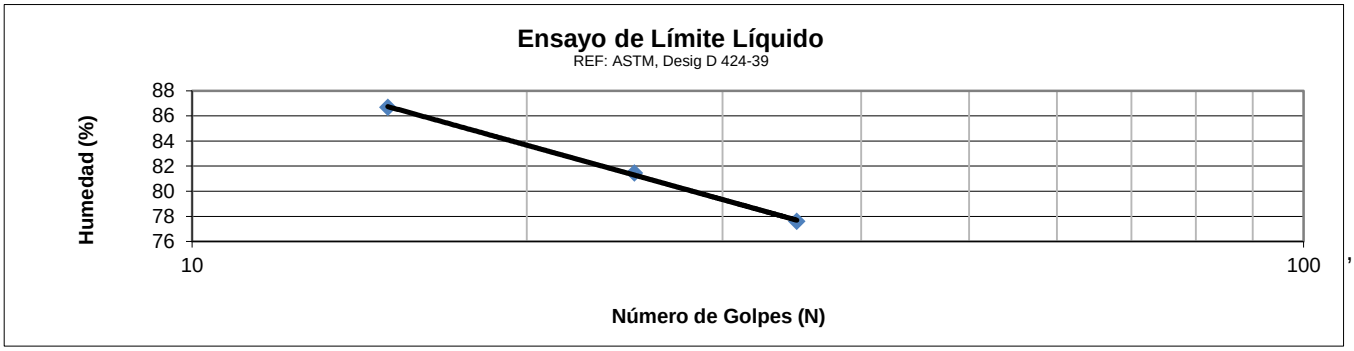
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP73 - M3	0,85 - 1,80	Arcilla limosa de alta plasticidad, habana clara con trazas rojizas moradas, de consistencia media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	213,11	180,80	34,94	22,2%		**Wn= 22,2%**
LIMITE LIQUIDO	25,10	17,62	7,98	77,6%	35	m: -24,60 / b: 115,68
	23,45	16,51	7,99	81,5%	25	
	25,66	17,46	8,00	86,7%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 81,3**
LIMITE PLASTICO	20,43	18,27	7,92	20,9%		
	20,28	18,35	8,03	18,7%		**LP= 19,79**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 61,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	145,86	3,70	0,09	0,00	Pfinos(%) = 97,46%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = 10,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

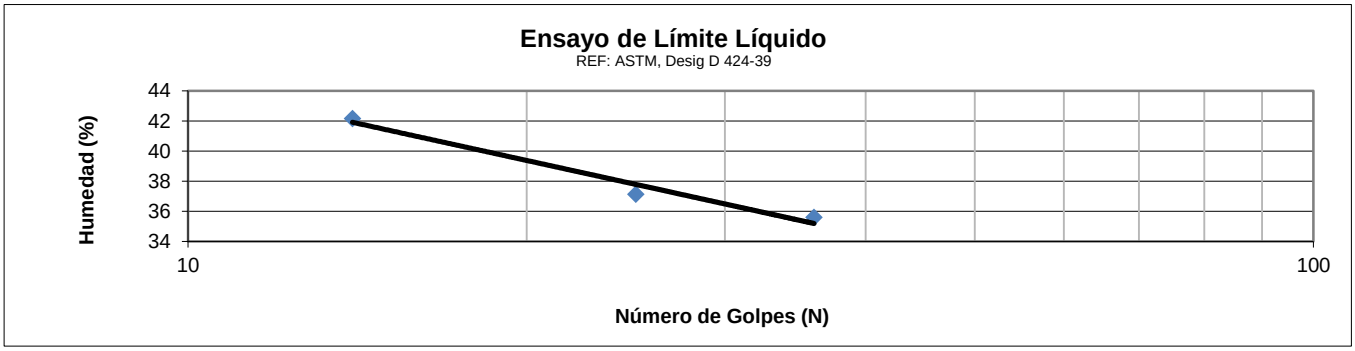
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP74 - M1	0,05 - 0,35	Relleno de arcilla arenosa de baja plasticidad, con presencia de arena y gravas subredondeadas y subangulares.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	489,98	438,80	69,44	13,9%		**Wn= 13,9%**
LIMITE LIQUIDO	27,80	22,60	7,99	35,6%	36	m: -16,39 / b: 60,70
	29,86	23,90	7,85	37,1%	25	
	26,28	20,87	8,04	42,2%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 37,8**
LIMITE PLASTICO	21,53	19,30	7,94	19,6%		
	22,15	19,82	7,87	19,5%		**LP= 19,56**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 18,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	369,36	116,55	0,69	0,00	Pfinos(%) = 68,45%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

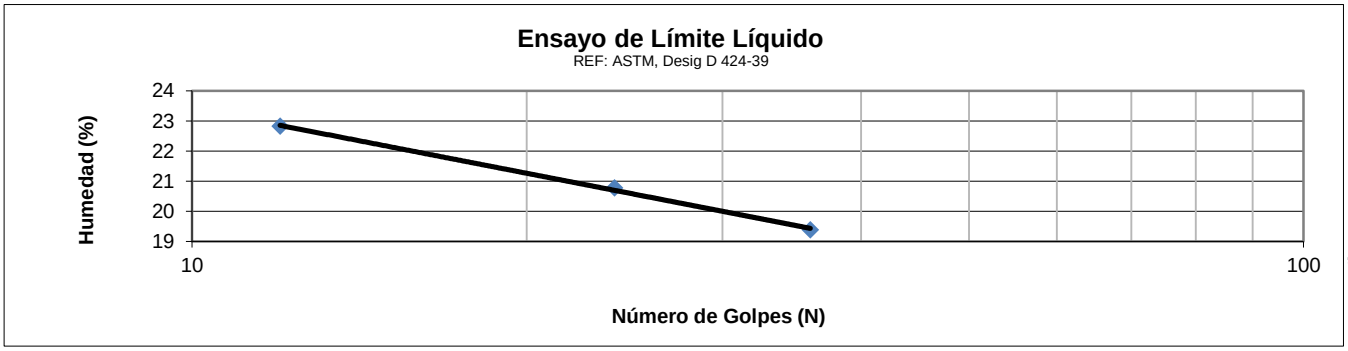
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP75 - M7	2,85 - 3,30	Arcilla de blaja plasticidad, con presencia de arena. De color grisacea clara algo parduzca.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	203,24	184,13	43,67	13,6%		**Wn= 13,6%**
LIMITE LIQUIDO	26,60	23,57	7,94	19,4%	36	m: -7,17 / b: 30,59
	27,42	24,09	8,06	20,8%	24	
	24,52	21,45	8,00	22,8%	12	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 20,6**
LIMITE PLASTICO	21,81	20,24	8,04	12,9%		
	21,49	19,97	7,97	12,7%		**LP= 12,77**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 7,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

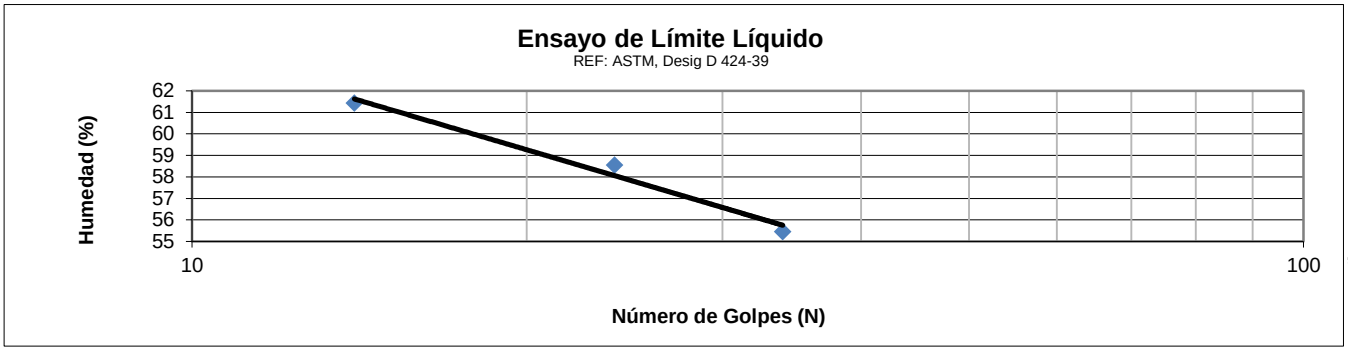
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP76 - M2	0,25 - 0,70	Arcilla liimosa de alta plasticidad, rojiza amarillenta con trazas ocre oscuro.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	203,41	178,65	47,31	18,9%		**Wn= 18,9%**
LIMITE LIQUIDO	23,51	17,97	7,98	55,5%	34	m: -15,23 / b: 79,08
	25,40	19,03	8,15	58,5%	24	
	26,29	19,33	8,00	61,4%	14	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 57,8**
LIMITE PLASTICO	21,24	19,02	7,92	20,0%		
	21,67	19,40	7,99	19,9%		**LP= 19,95**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 37,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	131,34	36,29	0,17	0,00	Pfinos(%) = 72,37%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

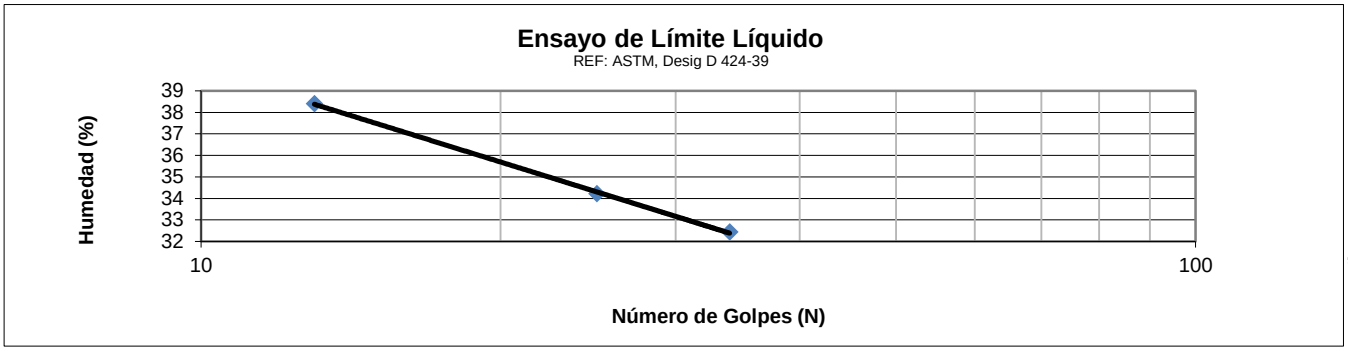
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP77 - M1	0,10 - 0,20	Relleno areno arcilloso, con presencia de arcilla de baja plasticidad. De color amarillento rojizo.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	509,76	465,24	74,21	11,4%		**Wn= 11,4%**
LIMITE LIQUIDO	25,87	21,51	8,07	32,4%	34	m: -14,35 / b: 54,36
	27,07	22,20	7,97	34,2%	25	
	28,44	22,81	8,15	38,4%	13	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 34,3**
LIMITE PLASTICO	21,68	19,50	7,94	18,9%		
	22,00	19,77	7,84	18,7%		**LP= 18,78**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 15,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	391,03	240,32	1,40	0,00	Pfinos(%) = 38,54%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

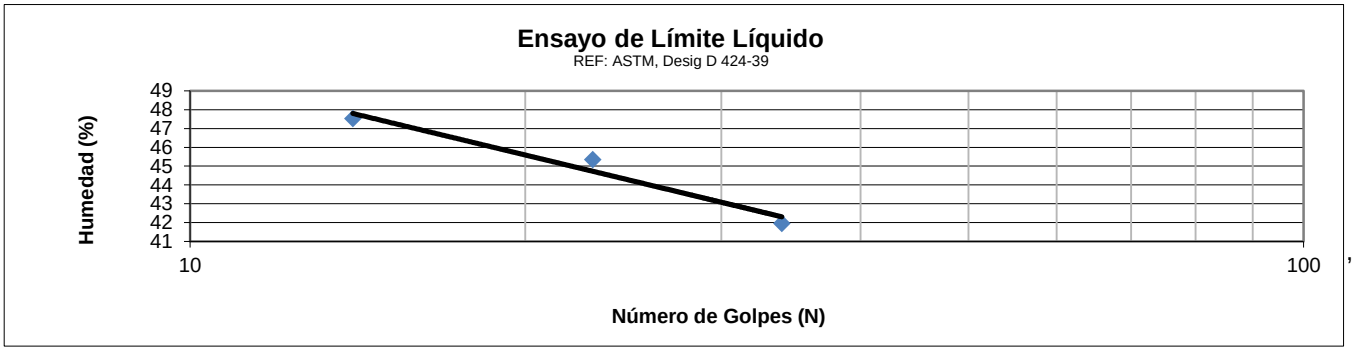
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP77 - M5	1,75 - 2,20	Arcilla de baja plasticidad con presencia de limo arenoso. Habana rojiza.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	162,14	144,87	38,03	16,2%		**Wn= 16,2%**
LIMITE LIQUIDO	24,05	19,30	7,98	42,0%	34	m: -14,25 / b: 64,14
	22,63	18,10	8,11	45,3%	23	
	25,59	19,92	7,99	47,5%	14	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 44,2**
LIMITE PLASTICO	18,92	17,17	8,03	19,1%		
	17,56	16,00	7,89	19,2%		**LP= 19,19**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 25,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	106,84	39,38	0,76	0,00	Pfinos(%) = 63,14%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	15,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

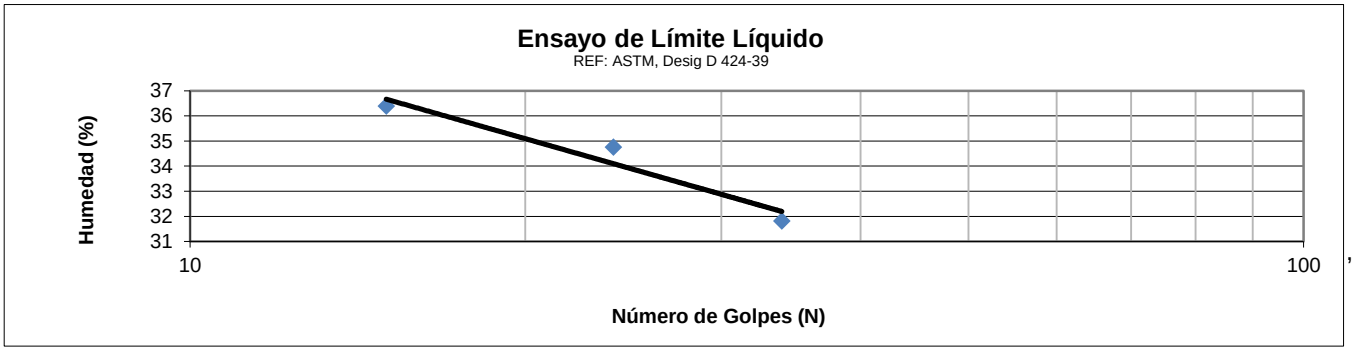
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP78 - M7	2,65 - 3,05	Arcilla de baja plasticidad, amarillenta clara, con presencia de arena muy fina.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	277,37	241,69	47,46	18,4%		**Wn= 18,4%**
LIMITE LIQUIDO	25,20	21,01	7,84	31,8%	34	m: -12,59 / b: 51,48
	23,53	19,54	8,06	34,8%	24	
	28,41	22,97	8,02	36,4%	15	Coef. de Corr= -0,97
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 33,9**
LIMITE PLASTICO	20,96	18,77	8,10	20,5%		
	21,64	19,36	8,12	20,3%		**LP= 20,40**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 13,5**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

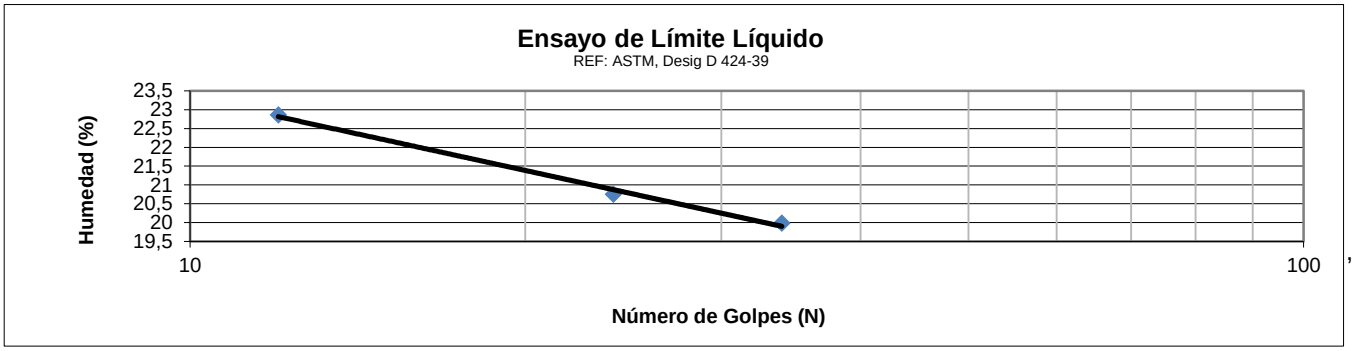
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP79 - M2	0,35 - 0,80	Arena on presencia de arcilla limosa de baja plasticidad, rojiza y amarillenta ocre, de consistencia media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	264,64	243,68	42,01	10,4%		**Wn= 10,4%**
LIMITE LIQUIDO	23,16	20,64	8,03	20,0%	34	m: -6,44 / b: 29,77
	29,61	25,90	8,02	20,7%	24	
	27,73	24,05	7,95	22,9%	12	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 20,8**
LIMITE PLASTICO	20,24	18,93	7,82	11,8%		
	20,08	18,80	7,94	11,8%		**LP= 11,79**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 9,0**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	201,67	116,65	1,66	0,00	Pfinos(%) = 42,16%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	Cu (VELETA LAB) = ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) = 8,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

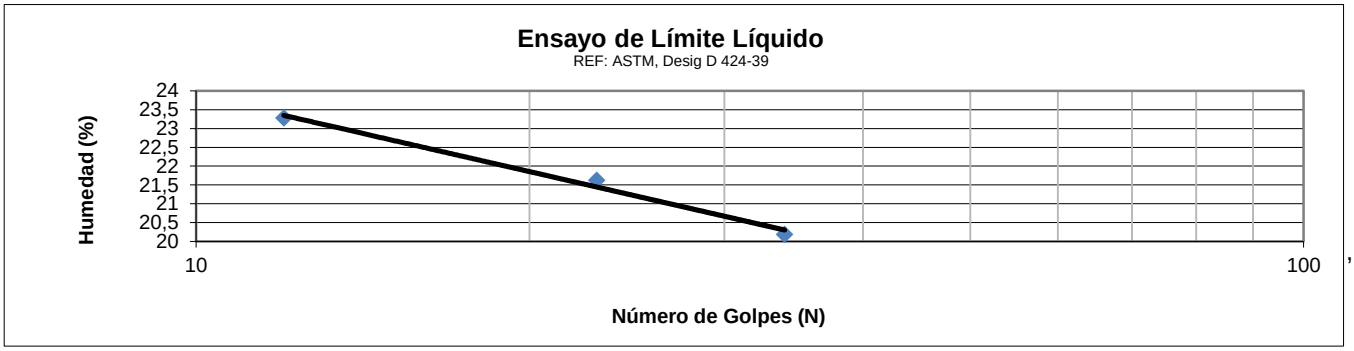
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP79 - M5	1,85 - 2,30	Arena algo arcillosa fina amarillenta clara deleznable con arcilla arenosa de baja plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	294,69	267,46	39,60	12,0%		**Wn= 12,0%**
LIMITE LIQUIDO	28,07	24,68	7,89	20,2%	34	m: -6,74 / b: 30,62
	24,89	21,91	8,13	21,6%	23	
	27,97	24,21	8,06	23,3%	12	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 21,2**
LIMITE PLASTICO	25,61	23,75	8,17	11,9%		
	25,65	23,76	8,25	12,2%		**LP= 12,06**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 9,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

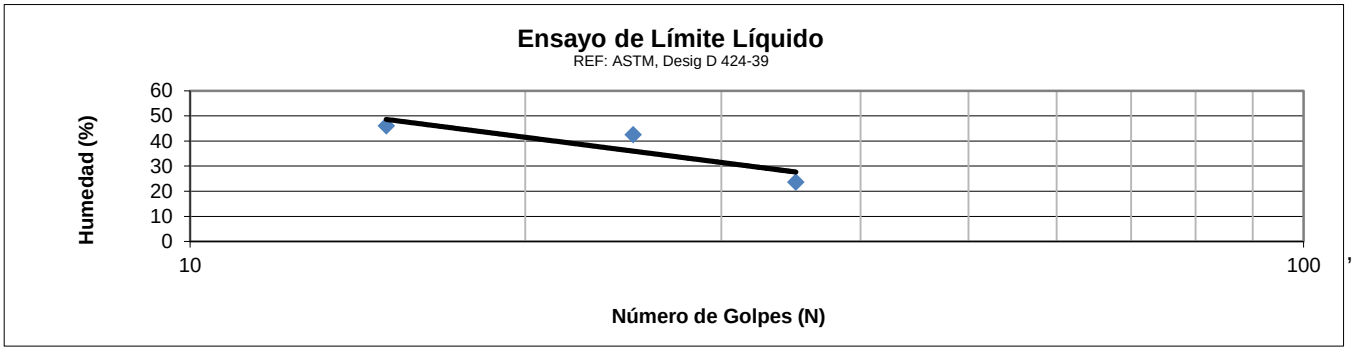
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP80 - M5	1,75 - 2,20	Arcilla de baja plasticidad, habana clara con trazas amarillo claro, con presencia de arena.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	257,03	225,35	42,84	17,4%		**Wn= 17,4%**
LIMITE LIQUIDO	27,09	23,35	7,56	23,7%	35	m: -57,00 / b: 115,66
	24,49	18,51	4,46	42,6%	25	
	26,58	20,75	8,08	46,0%	15	Coef. de Corr= -0,88
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 36,0**
LIMITE PLASTICO	20,19	18,44	8,09	16,9%		
	20,59	18,78	7,99	16,8%		**LP= 16,84**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 19,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	182,51	22,37	0,26	0,00	Pfinos(%) = 87,74%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

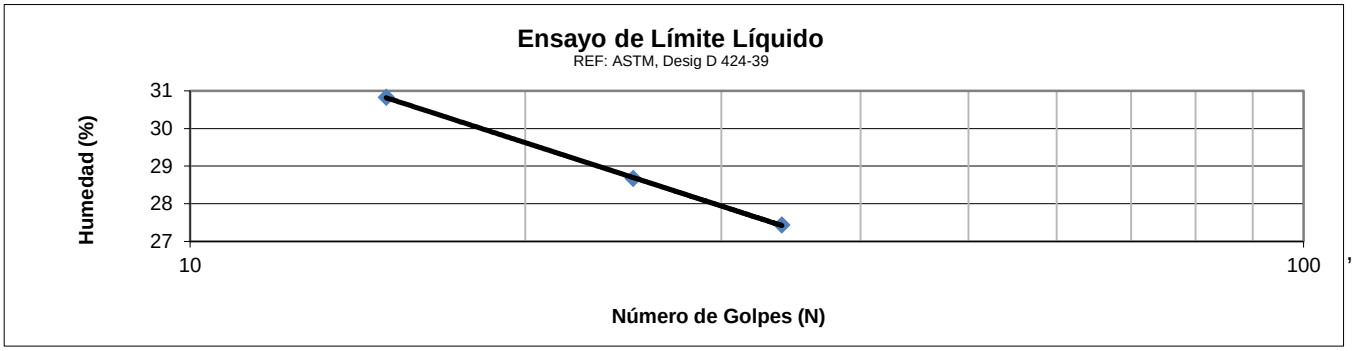
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP82 - M1	0,05 - 0,15	Arcilla de baja plasticidad, rojiza parduzca con presencia de gravas y arenas.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	718,33	677,28	68,70	6,7%		**Wn= 6,7%**
LIMITE LIQUIDO	25,75	21,95	8,10	27,4%	34	m: -9,55 / b: 42,05
	26,01	22,01	8,06	28,7%	25	
	25,13	20,13	3,91	30,8%	15	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 28,7**
LIMITE PLASTICO	24,45	22,41	7,90	14,1%		
	24,78	22,75	8,02	13,8%		**LP= 13,92**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 14,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	608,58	303,53	1,71	0,00	Pfinos(%) = 50,12%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

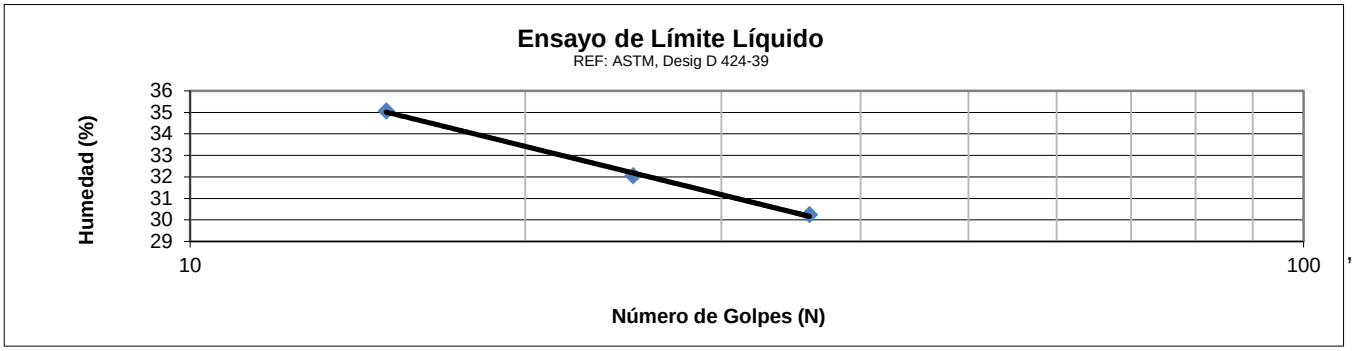
MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP82 - M2	0,25 - 0,70	Arcilla de baja plasticidad rojiza oscuro, fisurada, de consistencia media a firme. Con presencia de limos.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	563,27	508,04	43,10	11,9%		**Wn= 11,9%**
LIMITE LIQUIDO	23,74	19,31	4,66	30,2%	36	
	27,33	21,80	4,55	32,1%	25	
	24,89	19,62	4,59	35,1%	15	
	0,00	0,00	1,00		0	
LIMITE PLASTICO	18,30	16,21	4,62	18,0%		
	18,43	16,20	3,79	18,0%		**LP= 18,00**

m	b
-12,74	50,00
Coef. de Corr=	-1,00

LL= 32,2

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 14,2**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	464,94	107,23	0,37	0,00	Pfinos(%) = 76,94%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

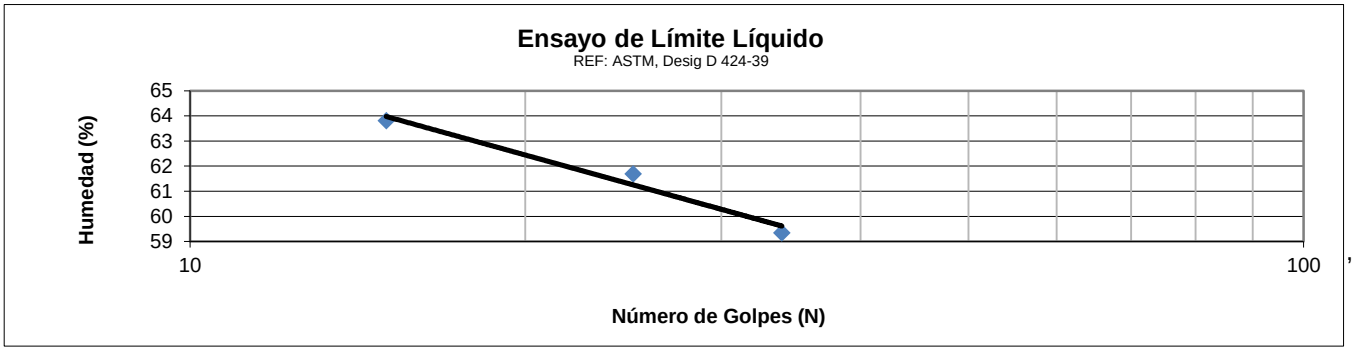
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP83 - M2	0,45 - 0,90	Arcilla de alta plasticidad rojiza clara, ocrey fisurada. De consistencia media, con presencia de limos.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	327,73	289,63	70,42	17,4%		**Wn= 17,4%**
LIMITE LIQUIDO	24,28	16,88	4,41	59,3%	34	m: -12,28 / b: 78,43
	23,52	16,21	4,36	61,7%	25	
	24,42	16,66	4,50	63,8%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 61,3**
LIMITE PLASTICO	17,41	14,68	4,18	26,0%		
	17,25	14,65	4,57	25,8%		**LP= 25,90**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 35,4**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	219,21	100,30	0,77	0,00	Pfinos(%) = 54,24%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO	
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ = ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ = 15,5 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

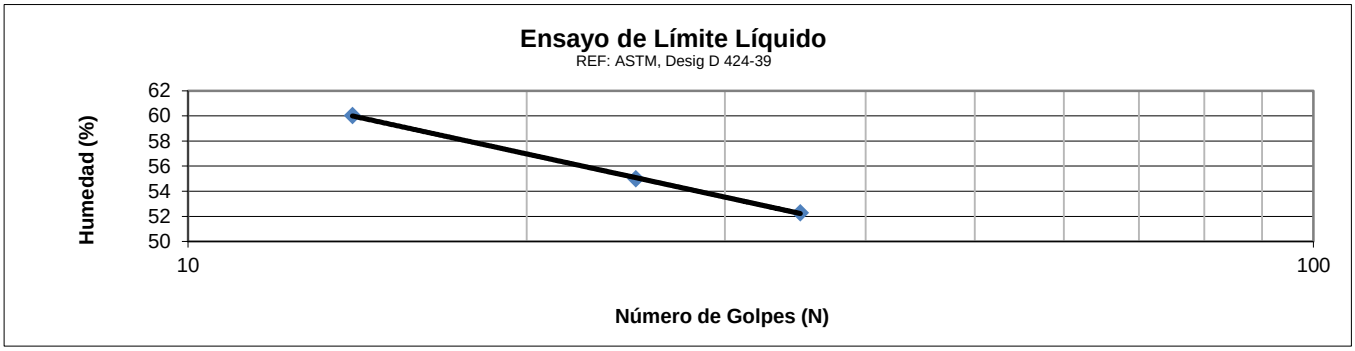
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP84 - M7	2,75 - 3,20	Limo arcilloso de alta plasticidad, algo arenoso. Grisaceo claro, de consistencia firme.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	229,35	191,83	32,34	23,5%		**Wn= 23,5%**
LIMITE LIQUIDO	25,57	18,35	4,54	52,3%	35	m: -19,54 / b: 82,39
	26,05	18,39	4,46	55,0%	25	
	24,78	17,18	4,52	60,0%	14	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 55,1**
LIMITE PLASTICO	20,90	16,59	4,31	35,1%		
	22,91	18,17	4,55	34,8%		**LP= 34,95**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 20,1**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
				0,00	Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	16,0 ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

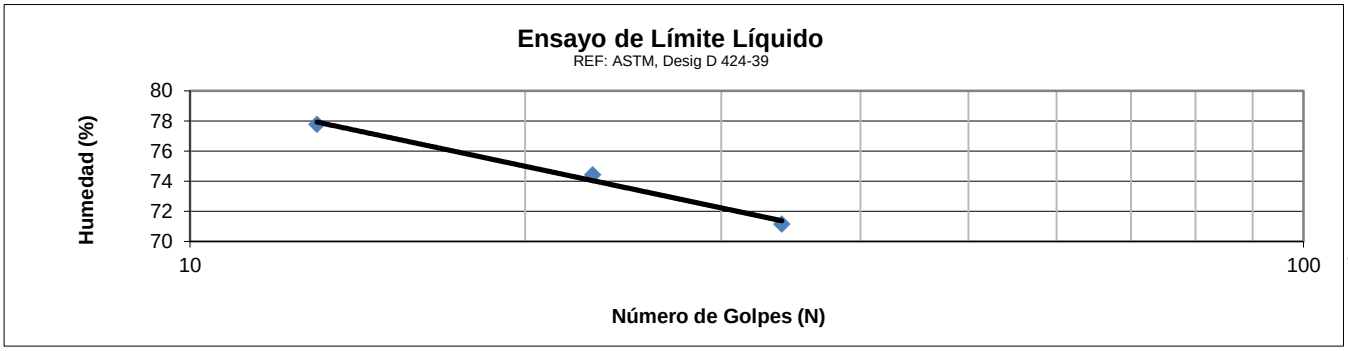
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP85 - M3	0,65 - 1,10	Limo arcilloso de alta plasticidad, amarillo claro,grisaceofisurado, algo oxidada, de consistencia media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	284,14	222,72	33,79	32,5%		**Wn= 32,5%**
LIMITE LIQUIDO	19,08	12,99	4,43	71,1%	34	m: -15,69 / b: 95,41
	23,32	15,26	4,43	74,4%	23	
	27,61	17,43	4,34	77,8%	13	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 73,5**
LIMITE PLASTICO	17,58	13,85	4,46	39,7%		
	17,53	13,81	4,38	39,4%		**LP= 39,59**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 33,9**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	188,93	60,36	0,60	0,00	Pfinos(%) = 68,05%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

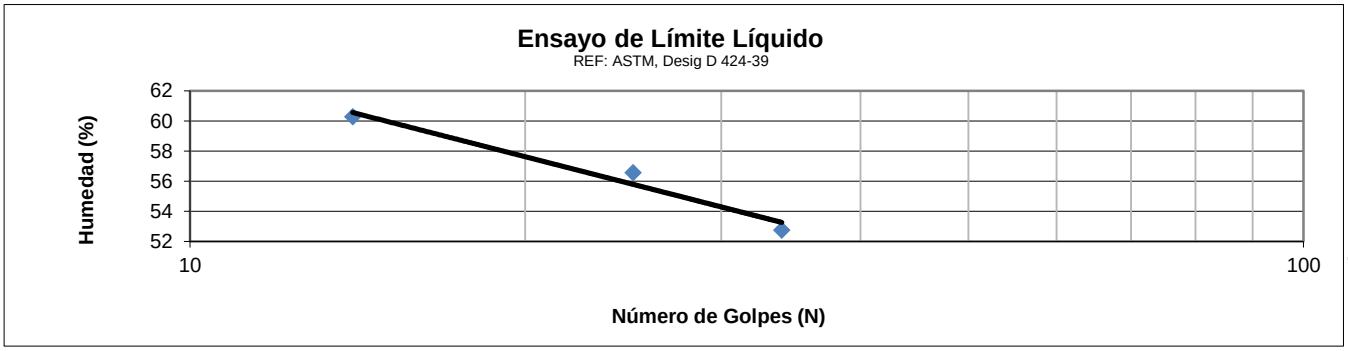
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP86 - M3	0,75 - 1,20	Limo arcilloso de alta plasticidad, rojizo y amarillento ocre, muy fisurado.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	220,55	183,09	48,15	27,8%		**Wn= 27,8%**
LIMITE LIQUIDO	24,16	17,36	4,47	52,8%	34	m: -18,94 / b: 82,26
	24,42	17,23	4,52	56,6%	25	
	25,59	17,68	4,56	60,3%	14	Coef. de Corr= -0,98
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 55,8**
LIMITE PLASTICO	18,56	15,07	4,05	31,7%		
	18,76	15,25	4,06	31,4%		**LP= 31,52**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 24,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	134,94	49,22	0,14	0,00	Pfinos(%) = 63,52%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m²
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	11,8 ton/m²

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

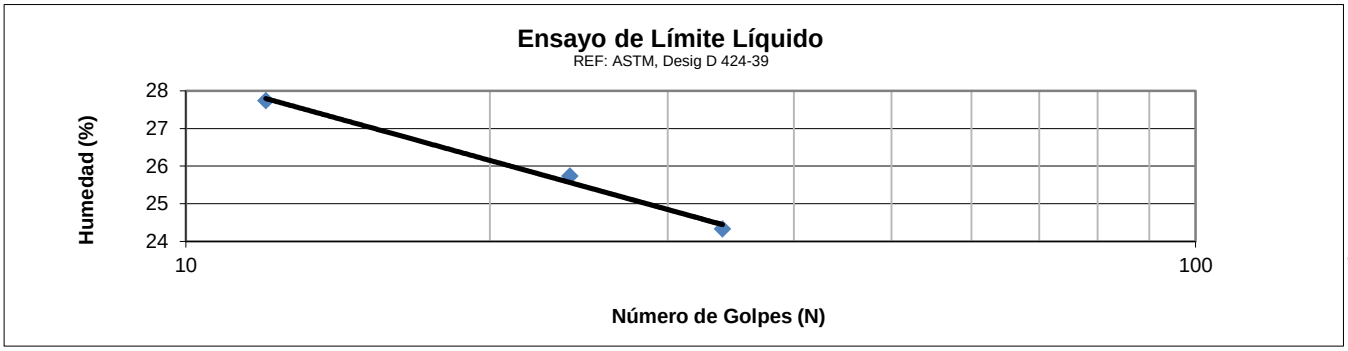
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP87 - M1	0,10-0,25	Capa de relleno de arena con gravas subangulares y subredondeadas. Con presencia de arcilla de baja plasticidad.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	697,91	655,61	71,13	7,2%		**Wn= 7,2%**
LIMITE LIQUIDO	26,38	22,08	4,41	24,3%	34	m: -7,40 / b: 35,79
	26,28	21,81	4,44	25,7%	24	
	30,27	24,65	4,39	27,7%	12	Coef. de Corr= -1,00
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 25,4**
LIMITE PLASTICO	23,50	20,96	4,47	15,4%		
	23,68	21,19	4,54	15,0%		**LP= 15,18**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 10,3**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CL**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	584,48	427,51	4,22	0,00	Pfinos(%) = 26,86%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP87 - M8	3,25 - 3,70	Limo arcilloso rojizo morado con trazas amarillo claro.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes
HUMEDAD NATURAL	155,08	127,94	35,12	29,2%	
LIMITE LIQUIDO	22,66	16,67	4,29	48,4%	34
	24,69	17,89	4,42	50,5%	25
	29,45	20,69	4,57	54,3%	14
	0,00	0,00	1,00		0
LIMITE PLASTICO	21,73	17,41	4,44	33,3%	
	21,18	17,01	4,37	33,0%	

Wn= 29,2%

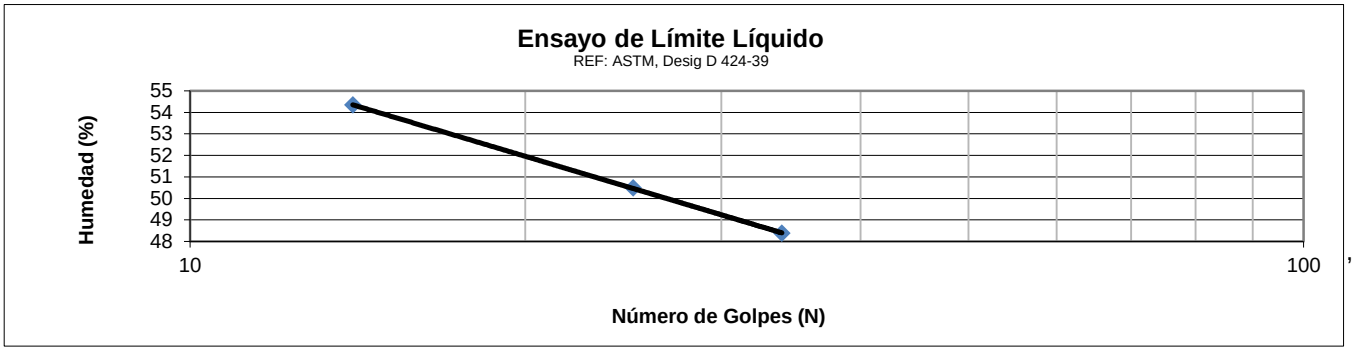
m	b
-15,44	72,05
Coef. de Corr=	-1,00

LL= 50,5

LP= 33,15

INDICE DE PLASTICIDAD **IP= 17,3**

CLASIFICACION U.S.C.S. **MH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R
				0,00

Pfinos(%) =

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

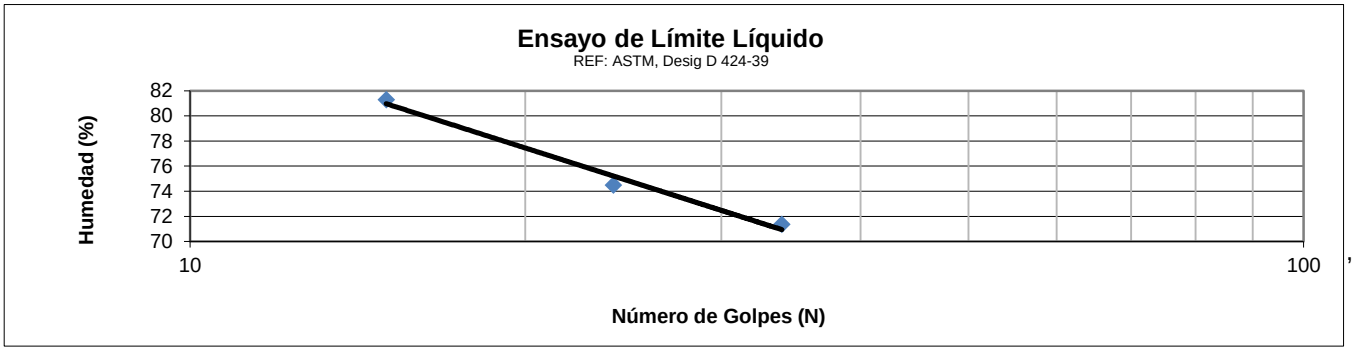
FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP88 - M3	1,05 - 1,50	Arcilla limosa de alta plasticidad, amarillenta rojiza de consistencia media.

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	265,71	220,98	43,26	25,2%		**Wn= 25,2%**
LIMITE LIQUIDO	26,74	17,52	4,60	71,4%	34	m: -28,24 / b: 114,18
	25,31	16,38	4,39	74,5%	24	
	28,46	17,73	4,53	81,3%	15	Coef. de Corr= -0,99
	0,00	0,00	1,00		0	**LL= 74,7**
LIMITE PLASTICO	18,19	15,27	4,55	27,2%		
	18,21	15,36	4,63	26,6%		**LP= 26,90**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 47,8**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**



PESO UNITARIO PARAFINADO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps	
					γt(ton/m^3) =

PESO UNITARIO POR VOLUMEN	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa	
						γt(ton/m^3) =

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	177,72	27,55	0,96	0,00	Pfinos(%) = 84,50%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	Cu (VELETA LAB) =	ton/m^2
	Cu (PENETROMETRO BOL) =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO:

REV #19: J.E.G.R. / SEPTIEMBRE-2019

DAPCIL S.A.S.
INGENIEROS CONSULTORES
SUELOS Y PAVIMENTOS

GEOlive
SERVICIOS PARA INGENIERÍA

Norma (I.N.V. E- 122 - I.N.V. E- 125 - I.N.V. E- 126 - I.N.V. E- 214)

FECHA: SEPTIEMBRE / 2020

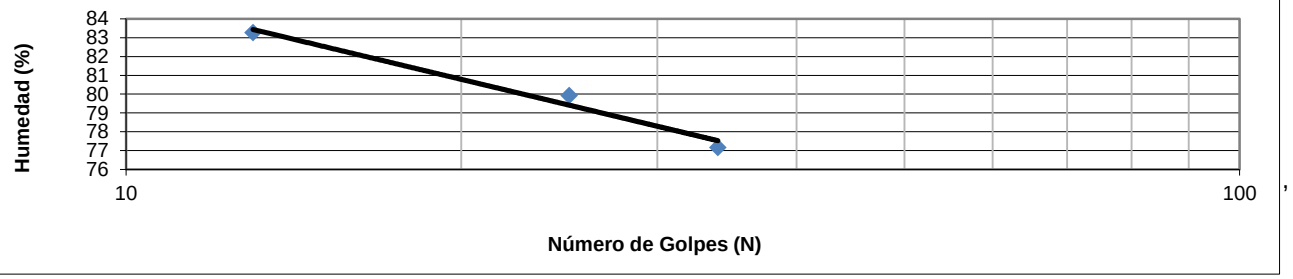
PROYECTO No: JEG 610 NOMBRE: Ensayos de Laboratorio para Investigación del Subsuelo
Carretera Retorno - Calamar, Guaviare

MUESTRA	PROFUNDIDAD:	DESCRIPCION
AP89 - M1	0,60 - 1,00	Arcilla habana grisácea de consistencia media de alta plasticidad

	PI	P2	P3	W(%)	# golpes	
HUMEDAD NATURAL	241,91	202,78	31,01	22,8%		**Wn= 22,8%**
LIMITE LIQUIDO	24,88	17,51	7,96	77,2%	34	m: -14,15 / b: 99,19
	24,65	17,28	8,06	79,9%	25	Coef. de Corr= -0,99
	21,78	15,56	8,09	83,3%	13	**LL= 79,4**
	0,00	0,00	1,00		0	
LIMITE PLASTICO	19,49	17,45	7,98	21,5%		
	19,98	17,84	8,07	21,9%		**LP= 21,72**

INDICE DE PLASTICIDAD	**IP= 57,7**
CLASIFICACION U.S.C.S.	**CH**

Ensayo de Límite Líquido
REF: ASTM, Desig D 424-39



PESO UNITARIO	Pa	Ppa	Pps+K	Pps
PARAFINADO	285,01	293,81	140,80	140,5

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,99**

PESO UNITARIO	Diam(mm)	h(mm)	a(mm)	Vol(mm3)	Pa
POR VOLUMEN	60,00	52,00		0,14703	285,01

$\gamma t_{(ton/m^3)}$ = **1,94**

PORCENTAJE DE FINOS	Pms	PmsL	Fondo	P R	
	171,77	6,59	0,02	0,00	Pfinos(%) = 96,16%

RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO		
	$Cu_{(VELETA\ LAB)}$ =	ton/m^2
	$Cu_{(PENETROMETRO\ BOL)}$ =	ton/m^2

REALIZO: CALCULO:

REVISO: