Factura Electrónica De Venta No. FE 41
Ver. UBL 2.1

Forma de Pago: Contado
Medio de Pago: Consignación Bancaria
Moneda: COP
Total de Lineas: 1

Fecha de Validación: 29/12/2025 01:50 PM
Fecha de Generación: 29/12/2025 01:50 PM
Responsabilidad Fiscal: R-99-PN No responsable
Responsabilidad Tributaria: Impuesto sobre las Ventas (48) Impuesto sobre las ventas - IVA

Emisor : OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
Razón Social: OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
NIT: 4929429-9
Teléfono: + (57) 310 3336620
Correo Electrónico: omartovar81@yahoo.es
Dirección: CR 1 17 A 31 SUR PITALITO HUILA
Departamento: HUILA
Municipio: PITALITO

Receptor : BIORGANICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P
Razón Social BIORGANICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P
NIT: 813001950-6
Teléfono: +(57) 8 365606
Correo Electrónico: contactenos@biorganicosdelsurdelhuila.gov.co
Dirección: CARRERA 1A No 1 SUR 32
Responsabilidad Fiscal: Gran contribuyente
Responsabilidad Tributaria: Impuesto sobre las Ventas
Régimen Fiscal: (48) Impuesto sobre las ventas - IVA
País: Colombia
Departamento: HUILA
Municipio: PITALITO

#	Cod	Item	Detalle	Cant	Unidad	Precio	Subtotal	IVA%	IVA	Total
1	001	CONTRATO DE CONSULTORÍA	PAGO FINAL CONTRATO DE CONSULTORÍA No 020-2025- ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE LA ZONA DE LADERA EN EL SECTOR RIO GUARAPAS VECINO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA SOCIEDAD BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P	1.00	unidad	50,420,168.07	50,420,168.07	19	9,579,831.93	**60,000,000.00**

Autorizado DIAN para la Facturación Electrónica mediante la resolución N° 18764103737840 entre los rangos de Facturación del 41 al 100 usando el prefijo FE con vigencia entre las fechas 2025-12-26 al 2026-06-26.

Generada por: FACTOA https://factoa.co

Servicios informáticos TECNODEV CO SA 901360857-7 / Proveedor Tecnologico Cadena SA 890930534-0

Detalles:
Son: SESENTA MILLONES PESOS
Cuenta de ahorros N° 453-000083-14 de BANCOLOMBIA

Cuentas Bancarias
Cuenta Ahorro BANCOLOMBIA 45300005668 (**Pesos**)

CUFE :
4d0fbf2da66494bcfbe96ddbc521cbf17d99d13af4a3ff325062686adc5f05f0cb6dfe5445eab5600f8d359614592b4d

Detalle de Venta	
Subtotal :	COP 50,420,168.07
Descuento :	COP 0.00
Monto Bruto :	COP 50,420,168.07
Monto IVA :	COP 9,579,831.93
Total Venta:	COP 60,000,000.00
Total:	COP 60,000,000.00

Autorizado DIAN para la Facturación Electrónica mediante la resolución N° 18764103737840 entre los rangos de Facturación del 41 al 100 usando el prefijo FE con vigencia entre las fechas 2025-12-26 al 2026-06-26.

Generada por: FACTOA https://factoa.co

Servicios informáticos TECNODEV CO SA 901360857-7 / Proveedor Tecnologico Cadena SA 890930534-0

Certificado Presunción de costos para independientes	OMAR TOVAR Ingeniero Civil

Pitalito, 30 de diciembre de 2025

Señores
BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA S.A E.S. P
E.S.D.

Asunto: Informe presunción de ingresos, costos y gastos contractuales para efectos de pago final del CONTRATO DE CONSULTORIA No. 020 DE 2025.

En desarrollo del contrato de Consultoría 020 de 2025, cuyo objeto es: CONSULTORÍA TÉCNICA PARA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE LA ZONA DE LADERA EN EL SECTOR RIO GUARAPAS VECINO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA SOCIEDAD BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P.

Yo, OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS, identificado con Cédula de Ciudadanía No. 4.929.429 expedida en Pitalito (H), se acoge al decreto No. 1601 de 2022 por el cual se establece el sistema de presunción de ingresos para trabajadores independientes por cuenta propia para establecer los costos y gastos presunto por su actividad, y en virtud al art 3.2.7.5 del mismo decreto estale el procedimiento para la liquidación de aporte.

(El Esquema de Presunción de Costos es un instrumento que permite deducir de los ingresos totales un porcentaje fijo asociado con la actividad económica que desarrolla el trabajador independiente, para calcular los ingresos netos sobre los cuales debe realizar sus aportes al Sistema de Seguridad Social Integral, facilitando el cálculo de los costos en que incurren los trabajadores en el desarrollo de su actividad económica sin necesidad de presentar soportes o documentos.)

Para Actividades profesionales es porcentaje establecido es del 61.9%



Ahora en cuanto al cumplimiento de seguridad social y parafiscales para el mes diciembre 2025 del valor liquidado se procede a realizar el procedimiento para la liquidación de aportes para el CONTRATO DE CONSULTORÍA No 020-2025- ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE LA ZONA DE LADERA EN EL SECTOR RIO GUARAPAS VECINO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA SOCIEDAD BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P

Certificado Presunción de costos para independientes

INGRESOS, COSTOS Y GASTOS DEL PERIODO	
INGRESOS BRUTOS	50.420.168,07
COSTOS PRESUNTOS 61.9%	31.210.084,00
BASE PARA CÁLCULO DEL IBC	19.210.084,07
IBC A CUBRIR EN SEGURIDAD SOCIAL	7.684.033,63

En hilo, me permito manifestar que la cotización a seguridad social se realiza de acuerdo con el procedimiento anteriormente mencionado.

Agradezco su atención.

Cordialmente,

OMAR LEONARDO TOVAR VARAGS
C.C. 4.929.429 de Pitalito (H)

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL **JUNTA CENTRAL DE CONTADORES**

Certificado No:

3A84A59E1D2139AE

LA REPUBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

JUNTA CENTRAL DE CONTADORES

CERTIFICA A:
QUIEN INTERESE

Que el contador público **ANDERSON HURTADO MAZABEL** identificado con CÉDULA DE CIUDADANÍA No 1083892789 de PITALITO (HUILA) Y Tarjeta Profesional No 196833-T SI tiene vigente su inscripción en la Junta Central de Contadores y desde la fecha de Inscripción.

NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS * * *


República de Colombia
Ministerio de Comercio Industria y Turismo
JUNTA CENTRAL DE CONTADORES
TARJETA PROFESIONAL
DE CONTADOR PUBLICO
196833-T
ANDERSON
HURTADO MAZABEL
C.C. 1083892789
RESOLUCION INSCRIPCION 1519
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FECHA 14/11/2014
DIRECTOR GENERAL
JULIO CESAR ACUÑA GONZALEZ
208965


JOR PUBLICO de acuerdo con lo establecido en
la ley 43 de 1990
Agradecemos a quien encuentre esta tarjeta comunicarse
Junta Central de
Contadores a la calle 96 No. 9A - 21 Bogota D.C

REPUBLICA DE COLOMBIA

IDENTIFICACION PERSONAL

CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **1.083.892.789**

HURTADO MAZABEL

APELLIDOS

ANDERSON

NOMBRES

FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **04-MAY-1991**

PITALITO
(HUILA)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.72	**O+**	**M**
ESTATURA	G.S. RH	SEXO

17-SEP-2009 PITALITO

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

P-1906100-00196440-M-1083892789-20091113 **0017971424A 1** 28324330

ANDERSON HURTADO MAZABEL
CONTADOR PÚBLICO
Universidad Surcolombiana
T.P. No. 196833-T

Pitalito, 20 de abril de 2026

SEÑORES
BIORGANICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P.
PITALITO
Ciudad.

ASUNTO: CERTIFICACIÓN DE RENDIMIENTOS FINANCIEROS

Yo, ANDERSON HURTADO MAZABEL, identificado con cédula de ciudadanía No. 1.083.892.789, Contador Público, con Tarjeta Profesional No. 196833-T, certifico que:

De acuerdo con la información financiera y certificación bancaria revisada, correspondiente al contrato de consultoría suscrito por OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS, identificado con cédula No. 4.929.429, con BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P., se evidencia lo siguiente:

•El contratista posee una cuenta de ahorros No. 453-000083-14 en Bancolombia S.A.
•Dicha cuenta generó rendimientos financieros (intereses) por valor de: $333,62 (trescientos treinta y tres pesos con sesenta y dos centavos) con corte al 31 de diciembre de 2025.
•El 20 de abril se realizo el reintegro a BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA S.A E.S.P de los rendimientos financieros generados.

La presente certificación se expide con base en la documentación aportada y para efectos contractuales que se requieran.

Atentamente;

ANDERSON HURTADO MAZABEL
CONTADOR PÚBLICO
T.P. 196833-T

Bancolombia

www.bancolombia.com.co

27 de febrero de 2026

BANCOLOMBIA S.A. informa que, a la fecha de emisión de este certificado, **OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS,** identificado con número de cedula **4929429**, cuenta con los siguientes productos financieros en el Banco.

Nombre Producto	N.º Producto	Fecha Apertura	Estado
CUENTA AHORROS - CONT # 020 DE 2025 BIORGANICOS DEL SUR	453-000083-14	2025/11/10	ACTIVA

La cual genero un valor de intereses pagados de $333.62 a corte de 31 de diciembre 2025.

***Importante:** esta certificación solo hace referencia a los productos mencionados anteriormente.

*si desea verificar la información de esta constancia, puede comunicarse a la línea de atención al cliente en: bogotá: (601) 343 00 00, medellín (604) 510 90 00, cali (602) 554 05 05, barranquilla (605) 361 88 88, cartagena (605) 693 44 00, bucaramanga (607 697 25 25, pereira (606) 340 12 13, a nivel nacional: 018000912345; desde españa: 900 995 717 y estados unidos: 1866 379 9714. defensor del consumidor financiero: maría adelayda calle correa, de lunes a viernes entre 8:00 a.m. a 12 p.m. y 2:00 p.m. a 5:00 p.m. línea gratuita 01 8000 52 2622, teléfonos (604) 3561225, correo electrónico defensor@bancolombia.com.co, o en la: carrera 48 #18 a 14, edificio fic48, piso 11, medellín.

Bancolombia

Wompi

Corresponsal Bancolombia
PAPELERIA ALE DS PITALITO HUICO
av 3 18 21 sur,solarte

TRANSACCIÓN EXITOSA

Monto: $334,00

Fecha Transacción:	**ABR 20 2026 - 10:22:13**
Destino:	**Consignación Bancolombia Cuenta Corriente 45363512754**
Titular:	**BIORGANICOS DELSUR D**

Recibo: **811425** Ter: **AGKD4C0040**
RRN: **157335811425** Aprob: **295571** C.Único: **42287**

El Corresponsal Bancolombia no debe cobrarte por realizar esta transacción

Bancolombia es responsable por los servicios prestados por el CB. El CB no puede prestar servicios financieros por su cuenta. Verifique que la información en este documento sea correcta. Conserve esta tirilla como soporte.

Línea de atención: 018000912345

***** CLIENTE *****

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL **JUNTA CENTRAL DE CONTADORES**

Certificado No:

3750C6EEBF898CE61

LA REPUBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO

UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL

JUNTA CENTRAL DE CONTADORES

CERTIFICA A:
QUIEN INTERESE

Que el contador público **ANDERSON HURTADO MAZABEL** identificado con CÉDULA DE CIUDADANÍA No 1083892789 de PITALITO (HUILA) Y Tarjeta Profesional No 196833-T SI tiene vigente su inscripción en la Junta Central de Contadores y desde la fecha de Inscripción.

NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS * * *


República de Colombia
Ministerio de Comercio Industria y Turismo
JUNTA CENTRAL DE CONTADORES
TARJETA PROFESIONAL
DE CONTADOR PUBLICO
196833-T
ANDERSON
HURTADO MAZABEL
C.C. 1083892789
RESOLUCION INSCRIPCION 1519
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FECHA 14/11/2014
DIRECTOR GENERAL
JULIO CESAR ACUÑA GONZALEZ
208965


JOR PUBLICO de acuerdo con lo establecido en
la ley 43 de 1990
Agradecemos a quien encuentre esta tarjeta comunicarse
Junta Central de
Contadores a la calle 96 No. 9A - 21 Bogota D.C

REPUBLICA DE COLOMBIA

IDENTIFICACION PERSONAL

CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **1.083.892.789**

HURTADO MAZABEL

APELLIDOS

ANDERSON

NOMBRES

FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **04-MAY-1991**

PITALITO
(HUILA)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.72	**O+**	**M**
ESTATURA	G.S. RH	SEXO

17-SEP-2009 PITALITO

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

P-1906100-00196440-M-1083892789-20091113 **0017971424A 1** 28324330

ANDERSON HURTADO MAZABEL
CONTADOR PÚBLICO
Universidad Surcolombiana
T.P. No. 196833-T

Pitalito, 30 de diciembre de 2025

SEÑORES
BIORGANICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P.
PITALITO
Ciudad.

ASUNTO: Aporte seguridad social Sr OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS.

De acuerdo al asunto me permito manifestar que señor **OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS.** identificado con número de cedula No **4.929.429**, se acoge al decreto No 1601 de 2022 por el cual establece el sistema de presunción de ingresos para trabajadores independientes por cuenta propia, y en virtud al artículo 3.2.7.5 del mismo decreto establece el procedimiento para la liquidación de aportes:

1. Determinar el ingreso bruto
2. Descontar los costos asociados a la actividad económica, en los términos establecidos en el artículo 107 y siguientes del Estatuto Tributario y demás normas que regulen las expensas realizadas en el desarrollo de cualquier actividad económica, atendiendo las exigencias para la validez de dichos documentos ***o aplicar el porcentaje de costos conforme a la actividad económica, de acuerdo con el anexo "Esquema de presunción de costos " del presente decreto***
3. Calcular y efectuar el aporte correspondiente al sistema de seguridad social integral sobre el ingreso que corresponda.

De acuerdo a lo anterior, al anexo técnico y al contrato entre BIORGANICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P y Omar Leonardo Tovar Vargas se debe terne en cuenta la tabla 2. Actividades profesionales al **61.9%.**

Ahora en cuanto al cumplimiento de seguridad social y parafiscales para el mes diciembre 2024 del valor liquidado se procede a realizar el procedimiento para

la liquidación de aportes para el CONTRATO DE CONSULTORÍA No 020-2025-ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE LA ZONA DE LADERA EN EL SECTOR RIO GUARAPAS VECINO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA SOCIEDAD BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA S.A. E.S.P

1. Ingresos brutos. $50.420.168,07
2. Costos Presuntos 61.9% $31.210,084,00
3. Base para el cálculo del IBC $19.210.084,07
4. IBC a cubrir en seguridad social 40% $ 7.684.033,63

En hilo, me permito manifestar que la cotización a seguridad social se realiza de acuerdo con el procedimiento anteriormente mencionado.

Se expide en Pitalito Huila, a los treinta (30) días del mes de diciembre de dos mil veinticinco (2025)

Atentamente;



ANDERSON HURTADO MAZABEL
CONTADOR PÚBLICO
T.P. 196833-T

PLANILLA INTEGRADA AUTOLIQUIDACIÓN APORTES
COMPROBANTE DE PAGO

Bancolombia

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

TIPO IDENTIFICACIÓN:	CÉDULA DE CIUDADANÍA	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	4929429
NOMBRE Ó RAZÓN SOCIAL:			OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
CIUDAD/MUNICIPIO:	PITALITO	DEPARTAMENTO:	HUILA
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR N° 5-26	TELÉFONO:	8362115
TIPO APORTANTE:	02-INDEPENDIENTE	CLASE APORTANTE:	I-INDEPENDIENTE
TIPO EMPRESA:	PRIVADA	ACTIVIDAD ECONOMICA:	Actividades reguladoras y
FORMA DE PRESENTACIÓN:	ÚNICO		
APORTANTE EXONERADO PAGO APORTES SALUD, SENA E ICBF (REFORMA TRIBUTARIA):			NO

DATOS GENERALES DE LA PLANILLA

NÚMERO PLANILLA:	**6000145653**		TIPO DE PLANILLA:		I-INDEPENDIENTES
PERIODO COTIZACIÓN	MES:	noviembre	PERIODO COTIZACIÓN	MES:	noviembre
OTROS SUBSISTEMAS:	AÑO:	2025	SALUD:	AÑO:	2025
DÍAS DE MORA:		10			
FECHA PAGO (aaaa/mm/dd):		2025/12/19	NÚMERO AUTORIZACIÓN:		2021786806

NOVEDADES

ING	RET	TDE	TAE	TDP	TAP	COR	VSP	VST	SLN	COM	IGE	LMA	VAC	AVP	VCT	IRP

LIQUIDACIÓN GENERAL

			TOTALES	
			COTIZANTES	TOTAL PAGADO
PENSIÓN				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
9003360047	25-14	25-14 COLPENSIONES	1	$ 618.700
		SUBTOTAL:	1	**$ 618.700**
SALUD				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8002514406	EPS005	EPS005-SANITAS S.A.	1	$ 483.400
		SUBTOTAL:	1	**$ 483.400**
RIESGOS PROFESIONALES				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8600111536	14-23	14-23-POSITIVA COMPAÑIA DE SEGUROS S.A.	1	$ 94.200
		SUBTOTAL:	1	**$ 94.200**

VALOR SIN MORA:	**$ 1.188.700**
VALOR MORA:	**$ 7.600**
TOTAL PAGADO:	**$ 1.196.300**

Planilla Pagada

PLANILLA INTEGRADA AUTOLIQUIDACIÓN APORTES
COMPROBANTE DE PAGO

BBVA

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

TIPO IDENTIFICACIÓN:	CÉDULA DE CIUDADANÍA	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	4929429
NOMBRE Ó RAZÓN SOCIAL:			OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
CIUDAD/MUNICIPIO:	PITALITO	DEPARTAMENTO:	HUILA
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR N° 5-26	TELÉFONO:	8362115
TIPO APORTANTE:	02-INDEPENDIENTE	CLASE APORTANTE:	I-INDEPENDIENTE
TIPO EMPRESA:	PRIVADA	ACTIVIDAD ECONOMICA:	Actividades reguladoras y
FORMA DE PRESENTACIÓN:	ÚNICO		
APORTANTE EXONERADO PAGO APORTES SALUD, SENA E ICBF (REFORMA TRIBUTARIA):			NO

DATOS GENERALES DE LA PLANILLA

NÚMERO PLANILLA:	**6000146579**		TIPO DE PLANILLA:		I-INDEPENDIENTES
PERIODO COTIZACIÓN	MES:	diciembre	PERIODO COTIZACIÓN	MES:	diciembre
OTROS SUBSISTEMAS:	AÑO:	2025	SALUD:	AÑO:	2025
DÍAS DE MORA:		0			
FECHA PAGO (aaaa/mm/dd):		2025/12/30	NÚMERO AUTORIZACIÓN:		2045822332

NOVEDADES

ING	RET	TDE	TAE	TDP	TAP	COR	VSP	VST	SLN	COM	IGE	LMA	VAC	AVP	VCT	IRP

LIQUIDACIÓN GENERAL

			TOTALES	
			COTIZANTES	TOTAL PAGADO
PENSIÓN				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
9003360047	25-14	25-14 COLPENSIONES	1	$ 614.800
		SUBTOTAL:	1	**$ 614.800**
SALUD				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8002514406	EPS005	EPS005-SANITAS S.A.	1	$ 480.300
		SUBTOTAL:	1	**$ 480.300**
RIESGOS PROFESIONALES				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8600111536	14-23	14-23-POSITIVA COMPAÑIA DE SEGUROS S.A.	1	$ 93.600
		SUBTOTAL:	1	**$ 93.600**

VALOR SIN MORA:	**$ 1.188.700**
VALOR MORA:	**$ 0**
TOTAL PAGADO:	**$ 1.188.700**

Planilla Pagada

PLANILLA INTEGRADA AUTOLIQUIDACIÓN APORTES
COMPROBANTE DE PAGO

Bancolombia

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

TIPO IDENTIFICACIÓN:	CÉDULA DE CIUDADANÍA	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	4929429
NOMBRE Ó RAZÓN SOCIAL:			OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
CIUDAD/MUNICIPIO:	PITALITO	DEPARTAMENTO:	HUILA
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR N° 5-26	TELÉFONO:	8362115
TIPO APORTANTE:	02-INDEPENDIENTE	CLASE APORTANTE:	I-INDEPENDIENTE
TIPO EMPRESA:	PRIVADA	ACTIVIDAD ECONOMICA:	Actividades reguladoras y
FORMA DE PRESENTACIÓN:	ÚNICO		
APORTANTE EXONERADO PAGO APORTES SALUD, SENA E ICBF (REFORMA TRIBUTARIA):			NO

DATOS GENERALES DE LA PLANILLA

NÚMERO PLANILLA:	**7996265689**		TIPO DE PLANILLA:		N-CORRECCIONES
PERIODO COTIZACIÓN OTROS SUBSISTEMAS:	MES:	octubre	PERIODO COTIZACIÓN SALUD:	MES:	octubre
	AÑO:	2025		AÑO:	2025
DÍAS DE MORA:		13			
FECHA PAGO (aaaa/mm/dd):		2025/11/24	NÚMERO AUTORIZACIÓN:		1952094711

NÚMERO DE LA PLANILLA ASOCIADA:	7995861717	FECHA DE PAGO DE LA PLANILLA ASOCIADA:	2025/11/20

LIQUIDACIÓN GENERAL

			TOTALES	
			COTIZANTES	TOTAL PAGADO
PENSIÓN				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
9003360047	25-14	25-14 COLPENSIONES	1	$ 0
		SUBTOTAL:	1	**$ 0**
SALUD				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8002514406	EPS005	EPS005-SANITAS S.A.	1	$ 0
		SUBTOTAL:	1	**$ 0**
RIESGOS PROFESIONALES				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8600111536	14-23	14-23-POSITIVA COMPAÑIA DE SEGUROS S.A.	1	$ 27.500
		SUBTOTAL:	1	**$ 27.500**

VALOR SIN MORA:	**$ 27.200**
VALOR MORA:	**$ 300**
TOTAL PAGADO:	**$ 27.500**

PLANILLA INTEGRADA AUTOLIQUIDACIÓN APORTES
COMPROBANTE DE PAGO

BBVA

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

TIPO IDENTIFICACIÓN:	CÉDULA DE CIUDADANÍA	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	4929429
NOMBRE Ó RAZÓN SOCIAL:			OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
CIUDAD/MUNICIPIO:	PITALITO	DEPARTAMENTO:	HUILA
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR N° 5-26	TELÉFONO:	8362115
TIPO APORTANTE:	02-INDEPENDIENTE	CLASE APORTANTE:	I-INDEPENDIENTE
TIPO EMPRESA:	PRIVADA	ACTIVIDAD ECONOMICA:	Actividades reguladoras y
FORMA DE PRESENTACIÓN:	ÚNICO		
APORTANTE EXONERADO PAGO APORTES SALUD, SENA E ICBF (REFORMA TRIBUTARIA):			NO

DATOS GENERALES DE LA PLANILLA

NÚMERO PLANILLA:	**7995861717**		TIPO DE PLANILLA:		I-INDEPENDIENTES
PERIODO COTIZACIÓN	MES:	octubre	PERIODO COTIZACIÓN	MES:	octubre
OTROS SUBSISTEMAS:	AÑO:	2025	SALUD:	AÑO:	2025
DÍAS DE MORA:		9			
FECHA PAGO (aaaa/mm/dd):		2025/11/20	NÚMERO AUTORIZACIÓN:		1942398993

NOVEDADES

ING	RET	TDE	TAE	TDP	TAP	COR	VSP	VST	SLN	COM	IGE	LMA	VAC	AVP	VCT	IRP

LIQUIDACIÓN GENERAL

			TOTALES	
			COTIZANTES	TOTAL PAGADO
PENSIÓN				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
9003360047	25-14	25-14 COLPENSIONES	1	$ 229.100
		SUBTOTAL:	1	**$ 229.100**
SALUD				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8002514406	EPS005	EPS005-SANITAS S.A.	1	$ 179.100
		SUBTOTAL:	1	**$ 179.100**
RIESGOS PROFESIONALES				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8600111536	14-23	14-23-POSITIVA COMPAÑIA DE SEGUROS S.A.	1	$ 7.600
		SUBTOTAL:	1	**$ 7.600**

VALOR SIN MORA:	**$ 413.300**
VALOR MORA:	**$ 2.500**
TOTAL PAGADO:	**$ 415.800**

Planilla Pagada

PLANILLA INTEGRADA AUTOLIQUIDACIÓN APORTES
COMPROBANTE DE PAGO

Bancolombia

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

TIPO IDENTIFICACIÓN:	CÉDULA DE CIUDADANÍA	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	4929429
NOMBRE Ó RAZÓN SOCIAL:			OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
CIUDAD/MUNICIPIO:	PITALITO	DEPARTAMENTO:	HUILA
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR N° 5-26	TELÉFONO:	8362115
TIPO APORTANTE:	02-INDEPENDIENTE	CLASE APORTANTE:	I-INDEPENDIENTE
TIPO EMPRESA:	PRIVADA	ACTIVIDAD ECONOMICA:	Actividades reguladoras y
FORMA DE PRESENTACIÓN:	ÚNICO		
APORTANTE EXONERADO PAGO APORTES SALUD, SENA E ICBF (REFORMA TRIBUTARIA):			NO

DATOS GENERALES DE LA PLANILLA

NÚMERO PLANILLA:	**6000145653**		TIPO DE PLANILLA:		I-INDEPENDIENTES
PERIODO COTIZACIÓN	MES:	noviembre	PERIODO COTIZACIÓN	MES:	noviembre
OTROS SUBSISTEMAS:	AÑO:	2025	SALUD:	AÑO:	2025
DÍAS DE MORA:		10			
FECHA PAGO (aaaa/mm/dd):		2025/12/19	NÚMERO AUTORIZACIÓN:		2021786806

NOVEDADES

ING	RET	TDE	TAE	TDP	TAP	COR	VSP	VST	SLN	COM	IGE	LMA	VAC	AVP	VCT	IRP

LIQUIDACIÓN GENERAL

			TOTALES	
			COTIZANTES	TOTAL PAGADO
PENSIÓN				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
9003360047	25-14	25-14 COLPENSIONES	1	$ 618.700
		SUBTOTAL:	1	**$ 618.700**
SALUD				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8002514406	EPS005	EPS005-SANITAS S.A.	1	$ 483.400
		SUBTOTAL:	1	**$ 483.400**
RIESGOS PROFESIONALES				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8600111536	14-23	14-23-POSITIVA COMPAÑIA DE SEGUROS S.A.	1	$ 94.200
		SUBTOTAL:	1	**$ 94.200**

VALOR SIN MORA:	**$ 1.188.700**
VALOR MORA:	**$ 7.600**
TOTAL PAGADO:	**$ 1.196.300**

Planilla Pagada

PLANILLA INTEGRADA AUTOLIQUIDACIÓN APORTES
COMPROBANTE DE PAGO

BBVA

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

TIPO IDENTIFICACIÓN:	CÉDULA DE CIUDADANÍA	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN:	4929429
NOMBRE Ó RAZÓN SOCIAL:			OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
CIUDAD/MUNICIPIO:	PITALITO	DEPARTAMENTO:	HUILA
DIRECCIÓN:	CALLE 10 SUR N° 5-26	TELÉFONO:	8362115
TIPO APORTANTE:	02-INDEPENDIENTE	CLASE APORTANTE:	I-INDEPENDIENTE
TIPO EMPRESA:	PRIVADA	ACTIVIDAD ECONOMICA:	Actividades reguladoras y
FORMA DE PRESENTACIÓN:	ÚNICO		
APORTANTE EXONERADO PAGO APORTES SALUD, SENA E ICBF (REFORMA TRIBUTARIA):			NO

DATOS GENERALES DE LA PLANILLA

NÚMERO PLANILLA:	**6000146579**		TIPO DE PLANILLA:		I-INDEPENDIENTES
PERIODO COTIZACIÓN	MES:	diciembre	PERIODO COTIZACIÓN	MES:	diciembre
OTROS SUBSISTEMAS:	AÑO:	2025	SALUD:	AÑO:	2025
DÍAS DE MORA:		0			
FECHA PAGO (aaaa/mm/dd):		2025/12/30	NÚMERO AUTORIZACIÓN:		2045822332

NOVEDADES

ING	RET	TDE	TAE	TDP	TAP	COR	VSP	VST	SLN	COM	IGE	LMA	VAC	AVP	VCT	IRP

LIQUIDACIÓN GENERAL

			TOTALES	
			COTIZANTES	TOTAL PAGADO
PENSIÓN				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
9003360047	25-14	25-14 COLPENSIONES	1	$ 614.800
		SUBTOTAL:	1	**$ 614.800**
SALUD				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8002514406	EPS005	EPS005-SANITAS S.A.	1	$ 480.300
		SUBTOTAL:	1	**$ 480.300**
RIESGOS PROFESIONALES				
		ADMINISTRADORA		
NIT	CÓDIGO	NOMBRE		
8600111536	14-23	14-23-POSITIVA COMPAÑIA DE SEGUROS S.A.	1	$ 93.600
		SUBTOTAL:	1	**$ 93.600**

VALOR SIN MORA:	**$ 1.188.700**
VALOR MORA:	**$ 0**
TOTAL PAGADO:	**$ 1.188.700**

Planilla Pagada

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE LA ZONA DE LADERA EN EL SECTOR RÍO GUARAPAS, ADYACENTE A LA PLANTA DE BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA

Diciembre de 2025

CONTROL DE CAMBIOS		
INFORME	CLIENTE	Unidades
Original	Biorgánicos	1
Copia 1		

CAMBIOS REALIZADOS		
VERSIÓN	respecto a la versión anterior	Fecha
0	Versión inicial	15/02/2026

APROBACIÓN					
VERSIÓN	ELABORO	REVISO	APROBÓ	CÓDIGO	FECHA
0	CAOM	CAOM	OLTV	01-2026-01	15/02/2026

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 8
1.1. JUSTIFICACIÓN 8
1.2. OBJETIVOS 8
1.3. IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 9
1.3.1. Manifestaciones de Inestabilidad y Evidencia Física 10
1.3.2. Factores Geológicos y Antrópicos Condicionantes 10
1.3.3. Incertidumbre Técnica y Necesidad de Intervención 11
2. ALCANCE 11
2.1. Delimitación del Objeto de Estudio 11
2.2. Actividades Técnicas Específicas 11
2.3. Productos y Entregables 12
3. LOCALIZACIÓN 12
3.1. UBICACIÓN Y ACCESO 12
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE 13
3.3. ESTADO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE SUPERFICIAL (ANÁLISIS VISUAL) 14
3.3.1. Zanja ubicada entre el área de compostaje y la ladera del río Guarapas 14
3.3.2. Zanja paralela al cerramiento en el costado derecho del predio 15
3.3.3. Análisis de Aportes Externos por Predios Colindantes 16
4. GEOLOGÍA 18
4.1. Generalidades del Componente 18
4.2. Antecedentes 18
4.3. Localización 18
4.4. Evolución Geomorfológica 20
4.4.1. Geoformas de Origen Fluvial 20
4.4.1.1. Abanico fluvio torrencial (Faa) 21
4.4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO MULTITEMPORAL 22
4.4.3. PROCESOS MORFOESTRUCTURALES 27
4.4.3.1. Valle aluvial (VA) 27
4.5. MARCO TECTÓNICO REGIONAL 27
4.5.1. Geología Regional 29
4.5.2. GEOLOGÍA LOCAL 31

4.5.2.1. Depósito fluviolacustre de Pitalito (Qlp) 31
4.5.2.2. Depósitos Aluviales y Terrazas Bajas (Q2al) 32
4.5.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 32
4.5.3.1. Sistema de Fallas de Algeciras 32
4.5.3.2. Falla Pitalito 33
4.5.3.3. Falla de Granadillo-Timaná 33
4.5.3.4. Depresión de Pitalito 34
4.6. AMENAZAS NATURALES 34
4.6.1. AMENAZA SÍSMICA 34
4.6.2. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA 36
4.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL COMPONENTE 37
5. GEOTECNIA 38
5.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 38
5.1.1. Métodos de Exploración Indirecta (Geofísica) 38
5.1.1.1. Ensayos Sísmicos Prefactibilidad Actual (Terrálica, 2025) 38
5.1.1.1.1. Caracterización Geotécnica por Línea Sismográfica 2025. 39
5.1.1.1.2. Conclusiones Técnicas del Análisis 2025 40
5.1.1.2. Análisis de Antecedentes (Ingesuelos, 2015) 40
5.1.1.2.1. Caracterización Geotécnica por Línea Sismográfica 2015. 41
5.1.1.2.2. Conclusiones técnicas ensayo 2015 42
5.2. Métodos de Exploración Directa y Ensayos de Laboratorio. 42
5.2.1.1. Perforaciones y Muestreo 42
5.2.1.2. Programa de Laboratorio 44
5.2.1.3. Caracterización Geotécnica 44
5.2.1.3.1. Límites de Consistencia 44
5.2.1.3.2. Índice de Plasticidad (IP) y Limite Liquido (LL) 45
5.2.1.3.3. Humedad Natural 47
5.2.1.3.4. Peso Unitario 47
5.3. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 48
5.3.1.1.1. Resistencia a la Penetración Estándar SPT 49
5.3.2. Resultados de Investigación de Subsuelo 49
5.3.2.1. Nivel Freático 50
5.4. Parámetros Geotécnicos 51

5.5. Análisis Geométrico del Talud Crítico 51
5.6. CONCLUSIONES GEOTECNIA 53
6. HIDRÁULICA - HIDROLOGÍA 55
6.1. Objetivos. 55
6.1.1. Objetivo general. 55
6.1.2. Objetivo especifico 55
6.2. IDENTIFICACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS REALIZADOS 56
6.2.1. Delimitación de cuencas contribuyentes 56
6.2.1.1. Metodología para la identificación de la cobertura del suelo y de la morfología del terreno 56
6.2.1.2. Consideración de Aportes 58
6.2.2. Datos Pluviométricos 59
6.2.2.1. Revisión Estadística y Probabilística de los datos. 60
6.2.2.2. Evaluación de las Lluvias 62
6.2.2.3. Elaboración del Hietograma 63
6.2.3. Metodologías de Infiltración 64
6.2.3.1. Metodología de la Curva Número (SCS-CN) 64
6.2.3.2. Metodología de Green & Ampt 65
6.3. Análisis de Resultados 66
6.3.1. Propuesta de Manejo Hidráulico y Estabilización Superficial del Talud 67
6.4. Conclusiones 69
7. RECOMENDACIONES 71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 UBICACIÓN INESTABILIDAD LADERA BIORGANICOS 9
ILUSTRACIÓN 2 UBICACIÓN INESTABILIDAD LADERA BIORGANICOS 9
ILUSTRACIÓN 3 UBICACIÓN INESTABILIDAD LADERA BIORGANICOS 10
ILUSTRACIÓN 4 UBICACIÓN SITIO ESTUDIO RESPECTO A PITALITO 13
ILUSTRACIÓN 5 ALINEAMIENTO ZANJA AREA DE COMPOSTAJE 14
ILUSTRACIÓN 6 ZANJA COLMATADA 15
ILUSTRACIÓN 7 ALINEAMIENTO ZANJA PARALELA CERRAMIENTO 15
ILUSTRACIÓN 8 ZANJA PERIMETRAL 16
ILUSTRACIÓN 9 IMÁGENES PREDIO VECINO SUMINISTRADAS POR BIORGANICOS 17
ILUSTRACIÓN 10 LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO (CÍRCULO ROJO)-PLANCHA 388. 19
ILUSTRACIÓN 11 LOCALIZACIÓN DE BIORGÁNICOS DE PITALITO 19
ILUSTRACIÓN 12. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ZONA DE ESTUDIO: ABANICO FLUVIO TORRENCIAL 21
ILUSTRACIÓN 13 - BIORGÁNICOS DE PITALITO: PENDIENTE 0-5° Y PERFIL HACIA RÍO GUARAPAS. 22
ILUSTRACIÓN 14. INTERPRETACIÓN FOTO AÉREA 23
ILUSTRACIÓN 15 TECTÓNICA DE COLOMBIA Y SISTEMA DE FALLAS DE ALGECIRAS 28
ILUSTRACIÓN 16 TECTÓNICA DE COLOMBIA Y SISTEMA DE FALLAS DE ALGECIRAS 29
ILUSTRACIÓN 17 GEOLOGÍA REGIONAL ZONA DE ESTUDIO 30
ILUSTRACIÓN 18 UNIDADES GEOLÓGICAS ZONA DE ESTUDIO 31
ILUSTRACIÓN 19 FALLAS DE LA CUENCA DE PITALITO 33
ILUSTRACIÓN 20 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA SÍSMICA 35
ILUSTRACIÓN 21. AMENAZA SÍSMICA OBSERVADA Y SISMICIDAD 36
ILUSTRACIÓN 22 ESCARPE DEL DEPÓSITO FLUVIOLACUSTRE DE PITALITO. 37
ILUSTRACIÓN 23 UBICACIÓN LÍNEA SÍSMICA 2025 38
ILUSTRACIÓN 24 PERFIL LÍNEA SÍSMICA 2025 39
ILUSTRACIÓN 25 UBICACIÓN LÍNEAS SÍSMICA 2015 41
ILUSTRACIÓN 26 UBICACIÓN PERFORACIONES REALIZADAS 43
ILUSTRACIÓN 27 PERFILES DE TALUD 51
ILUSTRACIÓN 28 PERFILES PT 1 52
ILUSTRACIÓN 29 PT 2 52
ILUSTRACIÓN 30 PT 3 53
ILUSTRACIÓN 31. POLÍGONO DE ESTUDIO. 55
ILUSTRACIÓN 32. EN LA IMAGEN IZQUIERDA SE MUESTRA LA IMAGEN SATELITAL EN FORMATO RASTER RGB. LA IMAGEN IZQUIERDA, SE PRESENTA UNA ORTOFOTO DONDE SE LOGRA IDENTIFICAR LA COHERENCIA DE LA INFORMACIÓN CON LA IMAGEN TIPO RASTER. 56
ILUSTRACIÓN 33. SUPERFICIE DEL TERRENO A PARTIR DE TOPOGRAFÍA 57
ILUSTRACIÓN 34. CURVAS DE NIVEL E IDENTIFICACIÓN DE ESCORRENTIAS 57
ILUSTRACIÓN 35. CÁLCULO DE ÍNDICES ESPECTRALES COMO NDVI, CON UNA COMPOSICIÓN EN INFRARROJO CERCANO (NIR) 58

ILUSTRACIÓN 36. DERECHA: UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES ESCOGIDAS. IZQUIERDA: POLÍGONO DE THIESSEN PARA LA ELECCIÓN DE LA O LAS ESTACIONES. 59
ILUSTRACIÓN 37. HISTOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓM SEVILLA. 60
ILUSTRACIÓN 38. DIAGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS. 61
ILUSTRACIÓN 39. CURVA S – DATOS ACUMULADOS 62
ILUSTRACIÓN 40. CURVA IDF DE LA ESTACIÓN SEVILLA. 62
ILUSTRACIÓN 41. HIETOGRAMA DE LA ESTACIÓN SEVILLA PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS. 64
ILUSTRACIÓN 42. COMPORTAMIENTO DE LA INFILTRACIÓN. 65
ILUSTRACIÓN 43. COMPORTAMIENTO DE LA INFILTRACIÓN, POR EL MÉTODO DE GREEN % & AMPT. 66
ILUSTRACIÓN 44. UBICACIÓN DE LOS CANALES, LÍNEA AMARILLA. 68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 COORDENADA BIORGÁNICOS 20
TABLA 2 FOTOS AÉREAS ÁREA DE ESTUDIO 22
TABLA 3. PROCESO MORFOESTRUCTURAL ÁREA DE ESTUDIO 27
TABLA 4. PARÁMETROS AMENAZA SÍSMICA PARA LOS MUNICIPIOS DE COLOMBIA. 35
TABLA 5 COMPACIDAD, CONSISTENCIA DE SUELOS SEGÚN NSPT 43
TABLA 6 PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS EJECUTADOS 43
TABLA 7 CRITERIOS DE PLASTICIDAD 45
TABLA 8 PESOS UNITARIOS. 47
TABLA 9 NIVEL FREÁTICO IDENTIFICADO PARA CADA EXPLORACIÓN 51
TABLA 10 CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA DE PERFILES TRANSVERSALES 53
TABLA 11 ANÁLISIS DE PENDIENTES Y ÁNGULOS DE INCLINACIÓN DE PERFILES TRANSVERSALES 53
TABLA 12 COMPARACIÓN DE ESTADÍSTICAS DE AJUSTE Y SELECCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA ÓPTIMA 61
TABLA 13. VALORES A TENER EN CUENTA PARA LA CURVA IDF. 63
TABLA 14. DATOS PARA EL CALCULO DE LA CURVA NUMERO. 64

1. INTRODUCCIÓN

Para la gestión de proyectos, la prefactibilidad se define como la etapa intermedia del ciclo de pre inversión que busca reducir el nivel de incertidumbre técnica y económica de una iniciativa. En este nivel, se evalúan diversas alternativas de intervención mediante la recolección de información primaria y secundaria para establecer la viabilidad del proyecto antes de proceder a la fase de factibilidad o diseño de detalle

Este estudio se enmarca en la Ley 1523 de 2012 (Gestión del Riesgo de Desastres) y los lineamientos de la Metodología General Ajustada (MGA), los cuales exigen la identificación de amenazas y la formulación de hipótesis técnicas sobre la estabilidad del terreno. El estudio atiende específicamente a las recomendaciones de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) para caracterizar los daños y efectos registrados en la zona de ladera

Para esto se desarrolló el estudio desde los siguientes escenarios:

- Análisis Interdisciplinario: El abordaje desde la geotecnia, topografía, geología e hidráulica para una caracterización integral del sitio en estudio.
- Evaluación de Alternativas: La identificación de diversas soluciones técnicas de estabilización para seleccionar las más viables.
- Base para la Toma de Decisiones: La reducción de riesgos técnicos, económicos y ambientales que permite decidir si se avanza hacia la fase de factibilidad y diseño definitivo.

1.1. JUSTIFICACIÓN

El proyecto se fundamenta en la necesidad de realizar un análisis integral ante la presunta inestabilidad del terreno colindante con la Planta de Biorgánicos del Sur del Huila y a los requerimientos realizados de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) para establecer la naturaleza de los daños e impactos en la zona, para esto se busca establecer si este fenómeno es atribuible a la dinámica de aguas de infiltración y escorrentía que drenan hacia la cuenca del Río Guarapas, o a posibles fenómenos de remisión en masa ante la existencia de grietas, rupturas y flujos superficiales detectados en inspecciones preliminares

1.2. OBJETIVOS

El estudio tiene como fin último garantizar la seguridad de la infraestructura y la sostenibilidad ambiental del sector mediante:

- Determinación de la génesis del fenómeno, su dinámica evolutiva y los factores que lo condicionan.

- Formulación de alternativas iniciales de estabilización e intervención correctiva para proteger la zona de ladera y la planta.
- Recomendación de periodos de verificación para lixiviados y cronogramas de mantenimiento para drenajes de aguas lluvias.
- Ejecución de un estudio de suelos orientado a proponer soluciones específicas a la problemática identificada.

1.3. IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La estabilidad de la ladera colindante con la planta de tratamiento de Biorgánicos del Sur del Huila S.A. E.S.P., ubicada en la margen izquierda del Río Guarapas (Vereda Llano Grande), presenta actualmente una condición de riesgo crítico debido a la manifestación de fenómenos de remoción en masa activos. Esta situación fue formalmente identificada por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) mediante la Resolución No. 1340 del 14 de mayo de 2025, en la cual se impuso una medida preventiva de suspensión inmediata de flujos de agua hacia la zona afectada por procesos de deslizamiento.

Ilustración 1 ubicación inestabilidad ladera Biorganicos

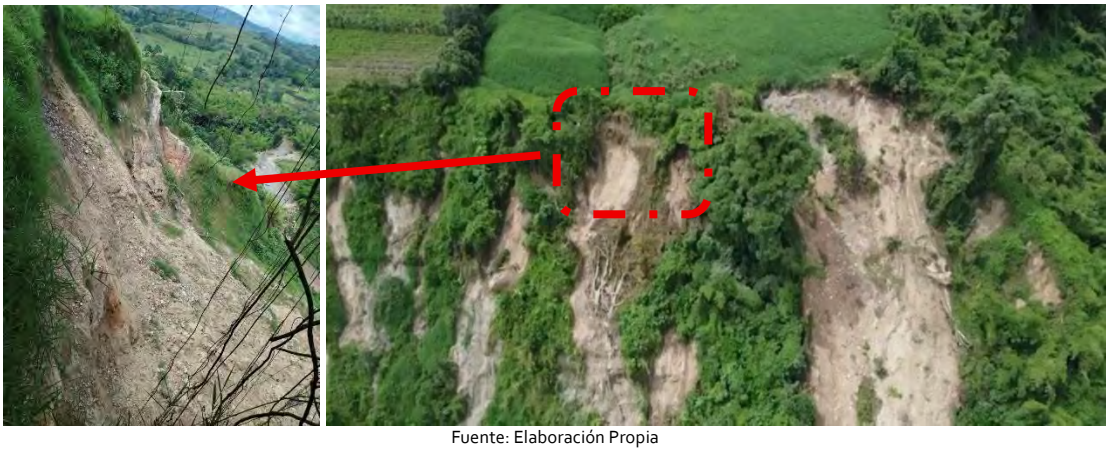


Ilustración 2 ubicación inestabilidad ladera Biorganicos



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 3 ubicación inestabilidad ladera Biorganicos



Fuente: Elaboración Propia

1.3.1. Manifestaciones de Inestabilidad y Evidencia Física

Las inspecciones preliminares y el monitoreo multitemporal han permitido identificar signos claros de desestabilización del terreno, entre los que se destacan:

- Presencia de grietas y rupturas en el terreno que sugieren la formación de planos de falla activos.
- Detección de flujos superficiales y procesos de escorrentía no controlados que drenan hacia la cuenca del Río Guarapas.
- Socavación detectada en la base del escarpe del depósito fluviolacustre, el cual alcanza alturas de hasta 11 metros en sectores aledaños, incrementando la vulnerabilidad del talud.

1.3.2. Factores Geológicos y Antrópicos Condicionantes

El problema técnico se agrava por la interacción de variables naturales y la operación de la infraestructura existente:

- Sensibilidad del Material (Qlp): El área de estudio está conformada por materiales finos del depósito fluviolacustre de Pitalito, los cuales son intrínsecamente sensibles a la erosión hídrica y a la pérdida de cohesión por saturación.
- Amenaza Sísmica: El sector se localiza en una zona de amenaza sísmica alta, influenciada por sistemas de fallas activos como la de Algeciras y Granadillo-Timaná, lo que impone una carga dinámica potencial que puede disparar fallas catastróficas en laderas pre-inestabilizadas.
- Gestión de Aguas y Lixiviados: Existe incertidumbre técnica sobre si la inestabilidad es atribuible predominantemente a la dinámica natural de la ladera o si es potenciada por la dinámica de aguas de infiltración, escorrentía superficial y manejo de lixiviados

provenientes de las áreas de disposición de residuos (especialmente de los pasivos ambientales antiguos).

1.3.3. Incertidumbre Técnica y Necesidad de Intervención

Actualmente, no se cuenta con un modelo geológico-geotécnico detallado que permita definir el comportamiento de los residuos depositados y el suelo subyacente bajo condiciones de saturación. Esta carencia de información impide establecer la capacidad real del área para soportar el flujo de aguas sin generar nuevos procesos erosivos o desplazamientos masivos que comprometan tanto la infraestructura de la planta como la integridad del cauce del Río Guarapas. Por lo tanto, el problema radica en la necesidad urgente de determinar la génesis y evolución del fenómeno para formular alternativas de estabilización y cronogramas de mantenimiento técnico que mitiguen el riesgo de desastre conforme a la Ley 1523 de 2012.

2. ALCANCE

El alcance de la presente consultoría comprende la ejecución de una evaluación técnica integral de nivel prefactibilidad sobre la zona de ladera colindante con la Planta de Biorgánicos del Sur del Huila, orientada a la mitigación de la incertidumbre técnica y económica mediante la identificación de la génesis del fenómeno de inestabilidad y la formulación de alternativas de intervención ; es imperativo subrayar que dicho estudio se circunscribe estrictamente a la fase de prefactibilidad dentro del ciclo de vida del proyecto, por lo cual el documento resultante se constituye exclusivamente como una base técnica orientativa para la toma de decisiones institucionales y no debe interpretarse, bajo ninguna circunstancia, como un diseño de ingeniería definitivo o de detalle, toda vez que la responsabilidad del consultor se restringe a la evaluación técnica y al diagnóstico interdisciplinario, excluyendo de manera taxativa la ejecución de obras civiles, la construcción de estructuras de contención o la implementación operativa de sistemas de drenaje.

2.1. Delimitación del Objeto de Estudio

El estudio se centra en el análisis de la ladera afectada por presuntas aguas de infiltración y escorrentía que drenan hacia el Río Guarapas. El enfoque es interdisciplinario, integrando las áreas de Geotecnia, Topografía, Geología e Hidráulica.

2.2. Actividades Técnicas Específicas

Para dar cumplimiento a los objetivos de prefactibilidad, el alcance comprende las siguientes fases operativas:

- **Fase de Información Secundaria**: Recolección y análisis de cartografía geológica, estudios hidrológicos previos, imágenes satelitales y antecedentes técnicos disponibles.

- **Inspección de Campo y Reconocimiento**: Evaluación ocular para el mapeo de grietas, rupturas, flujos superficiales y estado de las estructuras de drenaje y residuos.
- **Levantamiento Topográfico de Precisión**: Generación de un Modelo Digital del Terreno (MDT) con curvas de nivel para identificar rutas de escorrentía y la geometría real del talud.
- **Caracterización Geotécnica Preliminar**: Muestreo de suelos y residuos, descripción estratigráfica y clasificación de materiales no cohesivos.
- **Evaluación Geológica e Hidráulica**: Identificación de litologías, niveles freáticos superficiales e interferencia de la escorrentía con la dinámica del Río Guarapas.
- **Diagnóstico de Génesis**: Formulación de una hipótesis técnica sobre las causas del fenómeno (naturales o antrópicas), considerando la carga sobre el talud y la erosión basal.
- **Planteamiento de Alternativas**: Formulación preliminar de soluciones de mitigación como drenajes, muros de contención y reconfiguración del talud.

2.3. Productos y Entregables

El cumplimiento del alcance se materializará en la entrega de los siguientes productos técnicos:

- **Plano Topográfico**: Documentación cartográfica detallada del área con identificación de las zonas críticas.
- **Informe Técnico de Prefactibilidad**: Documento consolidado que incluye el diagnóstico integral, análisis de la génesis del fenómeno y la propuesta general de medidas de intervención.

3. LOCALIZACIÓN

3.1. UBICACIÓN Y ACCESO

El sitio de estudio se localiza en la planta de Biorgánicos del Sur del Huila S.A. E.S.P., situada en el kilómetro 8 de la vía que conduce de Pitalito hacia San Agustín, en jurisdicción del municipio de Pitalito, Huila. El complejo, que se desarrolla en un predio de aproximadamente cuatro hectáreas, cuenta con acceso principal a través del corredor de la Ruta Nacional 45 y se sitúa en colindancia directa con el Río Guarapas, bajo las coordenadas geográficas de referencia 1°49'16" N y 76°04'14" W.

La infraestructura limita en su costado posterior con la zona de ladera del río, sector que presenta actualmente manifestaciones activas de inestabilidad y fenómenos de remoción en masa. Este entorno se caracteriza por una topografía de pendiente pronunciada donde la dinámica hídrica, tanto superficial como subsuperficial, drena hacia el cauce del Río Guarapas. Dicha configuración otorga al predio una vulnerabilidad intrínseca frente a

procesos erosivos basales, lo que demanda un monitoreo estricto de la estabilidad geotécnica y el manejo de lixiviados bajo los parámetros exigidos por la CAM

Ilustración 4 Ubicación Sitio Estudio respecto a Pitalito



Fuente: Adaptado de Google Earth.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

La planta de tratamiento de residuos sólidos, ubicada dentro del predio, dispone de una rampa y plataforma de descarga donde se reciben los residuos provenientes de los municipios atendidos. La estructura principal es de carácter metálico y cuenta con cubiertas y pisos en concreto, lo que facilita las labores técnicas de separación y clasificación de materiales. En su interior se han dispuesto compartimentos para el almacenamiento temporal de materiales reciclables seleccionados, tales como plástico, vidrio, papel y cartón, mientras que la fracción orgánica es segregada y trasladada al área de compostaje para su transformación en abono orgánico.

La infraestructura se complementa con celdas de disposición final diseñadas para la confinación de residuos no aprovechables, las cuales integran sistemas de impermeabilización y redes de drenaje para la gestión de lixiviados, orientadas a mitigar impactos en el suelo y las fuentes hídricas. El complejo alberga además celdas clausuradas que han sido sellados y estabilizados tras cumplir su vida útil. estas celdas se localizan en las inmediaciones de la ladera del río Guarapas, zona que actualmente registra fenómenos de inestabilidad activa.

Finalmente, el predio cuenta con sistemas de drenaje superficial destinados a la recolección y evacuación de aguas pluviales. No obstante, las inspecciones evidencian que estas presentan una acumulación de material vegetal y sedimentos, condición que obstruye el flujo libre del agua y genera focos de infiltración no controlada que saturan el depósito fluviolacustre, generando inestabilidad geotécnica del sector.

3.3. ESTADO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE SUPERFICIAL (ANÁLISIS VISUAL)

Como parte del protocolo de reconocimiento de campo, se realizaron inspecciones técnicas visuales con el objetivo de identificar, inventariar y diagnosticar el estado operativo de sistemas de drenaje superficial dentro del predio. El análisis se centró en evaluar la funcionalidad hidráulica de las estructuras existentes y su interacción con la zona de ladera inestable, obteniendo los siguiente:

3.3.1. Zanja ubicada entre el área de compostaje y la ladera del río Guarapas

Se identificó una cuneta perimetral proyectada presumiblemente para la captación y conducción de aguas de escorrentía provenientes de las plataformas operativas adyacentes. no obstante, dada su configuración geométrica y proximidad a las celdas de disposición, se detectó una posible confluencia accidental de aportes residuales de lixiviados.

Ilustración 5 alineamiento Zanja área de compostaje



Fuente: Adaptado de Google Earth.

Durante la inspección, se evidenció una colmatación severa por acumulación de sedimentos y material vegetal, condición que reduce drásticamente la sección hidráulica efectiva y obstruye el libre flujo del agua. Esta deficiencia operativa genera encharcamientos prolongados que actúan como focos de infiltración no controlada hacia el cuerpo del talud. Este fenómeno incrementa la presión de poros y la saturación del depósito fluviolacustre (Qlp), factor identificado como uno de los principales disparadores de la inestabilidad geotécnica en el sector.

La estructura se extiende longitudinalmente desde el área de compostaje hasta la corona de la ladera del Río Guarapas. En este punto de entrega final, la descarga de caudales sin sistemas de disipación de energía ha exacerbado la socavación y los procesos erosivos basales, acelerando la evolución de los fenómenos de remoción en masa detectados

Ilustración 6 Zanja Colmatada



Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Zanja paralela al cerramiento en el costado derecho del predio

En el costado oriental del predio, dispuesto de forma paralela al cerramiento perimetral, se identificó un sistema de drenaje secundario destinado a la interceptación y conducción de aguas pluviales provenientes de la celda de disposición y sus áreas adyacentes. El punto de descarga final de esta estructura se localiza en las inmediaciones de la zona de ladera afectada por fenómenos de remoción en masa.

Ilustración 7 alineamiento Zanja Paralela Cerramiento



Fuente: Elaboración Propia

En este punto crítico, el caudal es transvasado mediante una manguera de aproximadamente 4 pulgadas de diámetro, la cual pretende conducir el flujo hacia el pie del talud. No obstante, el análisis visual y operativo sugiere que, durante eventos de precipitación intensa, la capacidad hidráulica de este ducto resulta insuficiente para evacuar los caudales de escorrentía colectados. Esta limitación técnica provoca el rebose de la estructura de captación, generando una concentración de flujos no canalizados directamente sobre la cara del talud.

Dicha condición propicia procesos de erosión hídrica superficial y socavación, contribuyendo a la degradación progresiva de la matriz de suelo del depósito fluviolacustre (Qlp). La recurrencia de estos desbordamientos actúa como un factor detonante que agrava la inestabilidad global de la ladera, incrementando la incertidumbre técnica sobre la capacidad del área para soportar flujos hídricos sin desencadenar nuevos eventos de deslizamiento, tal como se advierte en la Resolución No. 1340 de la CAM.

Ilustración 8 Zanja perimetral



Fuente: Elaboración Propia

3.3.3. Análisis de Aportes Externos por Predios Colindantes

Si bien el análisis del presente informe se centra en la escorrentía generada dentro del predio en estudio, se ha identificado una transferencia crítica de caudales provenientes del predio colindante. Esta situación se origina presuntamente por un sistema de riego artesanal (manual) implementado para actividades de siembra en el predio vecino, el cual circula agua de manera superficial sin un sistema de conducción técnica ni un manejo de vertimiento final.

Debido a la ausencia de infraestructura de captación o estructuras de disipación en el lindero, estos flujos excedentes ingresan de forma incontrolada al área de Biorgánicos. Este aporte externo actúa como un factor detonante que potencia la saturación del estrato

superior (0-5 m) y acelera significativamente los procesos de erosión laminar en la corona del talud crítico, comprometiendo la estabilidad geométrica del sector.

A continuación, se presentan los registros fotográficos donde se evidencia el curso del agua proveniente del sistema de riego externo, factor que debe ser evaluado y tratado de manera prioritaria para evitar que se amplifique la afectación estructural a los taludes y la seguridad de la planta

Ilustración 9 imágenes predio vecino suministradas por Biorganicos









Fuente: Biorganicos

4. GEOLOGÍA

4.1. Generalidades del Componente

En este capítulo se describen de forma sintética las condiciones y rasgos geográficos, fisiográficos, de la zona donde se localiza el área de estudio: Bio-orgánicos Pitalito. Es preciso anotar que esta región del país hace parte del Macizo Colombiano, en el Departamento del Huila. Geológicamente es una región compleja, conformada por focas metamórficas, ígneas y sedimentarias con edades desde el Precámbrico hasta el Neógeno y depósitos cuaternarios de origen clástico y volcánico (INGEOMINAS, 2001).

4.2. Antecedentes

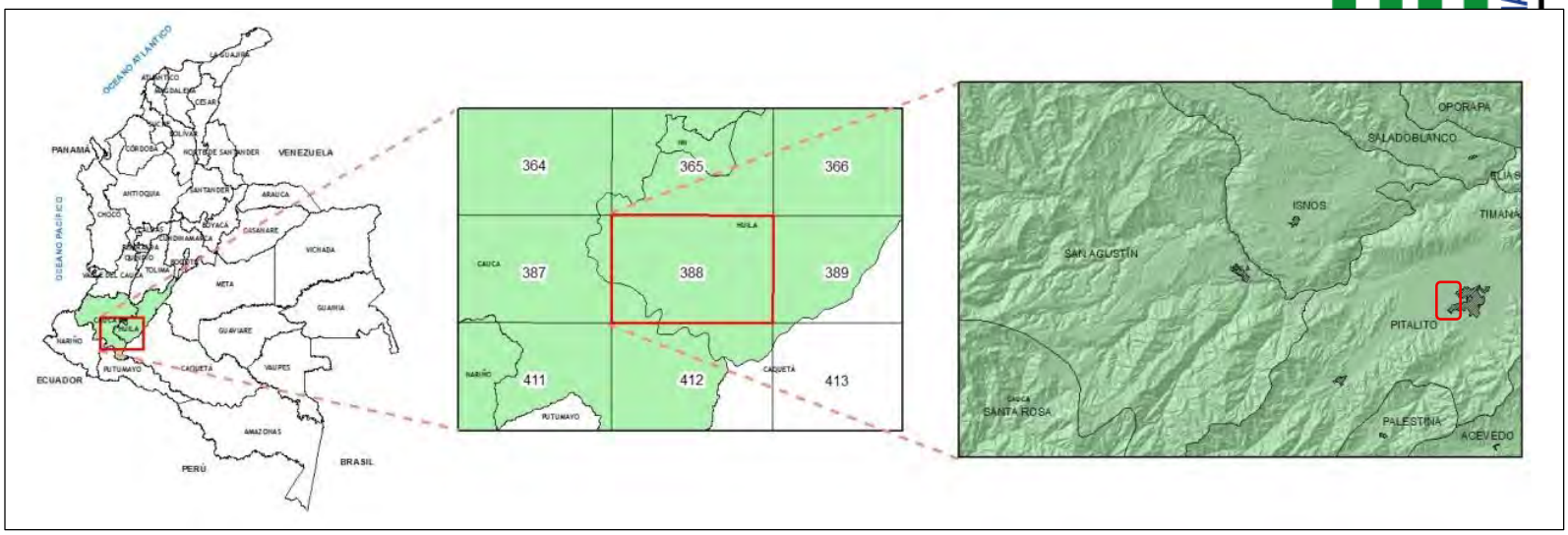
Para caracterizar el área de estudio, desde el punto de vista geológico, geomorfológico y de amenazas naturales, se revisó la siguiente información: del Servicio Geológico Colombiano, antiguo INGEOMINAS.

- Mapa Geológico del Departamento del Huila. Escal 1:300.000. INGEOMINAS, 2001.
- Geología de la Plancha 388 PITALITO, Escala 1:100.000, Memoria Explicativa, INGEOMINAS, 2003.
- Memoria Explicativa Mapa Geomorfológico aplicado a Movimientos en masa, Escala 1:100.000, Plancha 388 PITALITO, Servicio Geológico Colombiano, SGC,2013.
- Memoria Explicativa de Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Escal 1:100.000. Plancha 388- PITALITO. Servicio Geológico Colombiano, SGC, 2013.
- Neotectónica y Paleosismología de la Falla de Algeciras, Huila, Colombia. Servicio Geológico Colombiano-SGC y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. UPTC. 2022. (Gómez.Hurtado, et al, 2022).
- Estudio de Amenaza Sísmica de Colombia, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica-AIS, 2009.

4.3. Localización

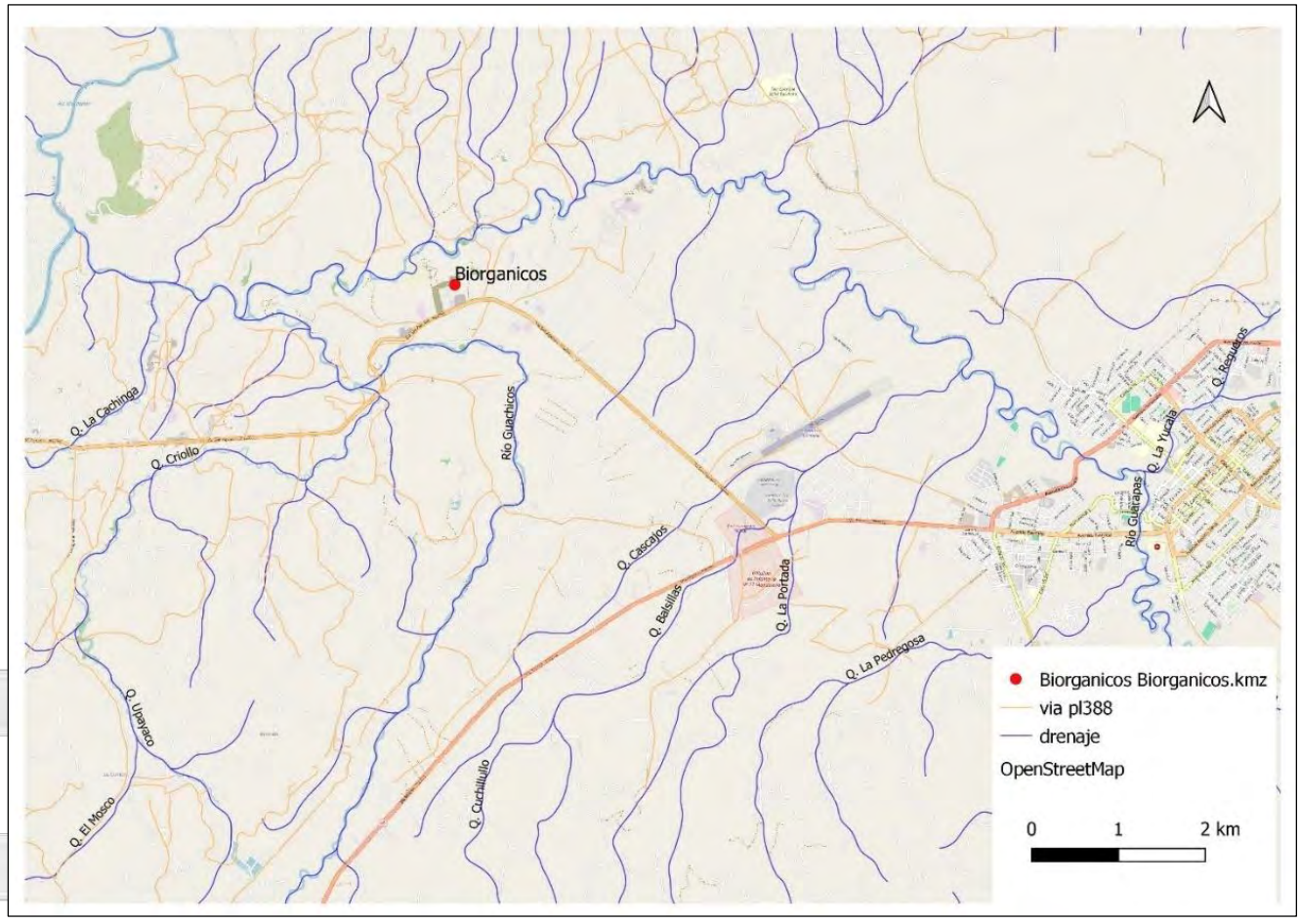
La zona de estudio se localiza al occidente de Pitalito, dentro del Macizo Colombiano, el nudo orográfico de la cordillera de los Andes, donde tienen origen las cordilleras central y oriental, formando parte de la cuenca alta del río Magdalena y se encuentran en la parte nororiental de la Plancha Geológica 388- Pitalito. Ilustración 9.

Ilustración 10 Localización área de estudio (Círculo rojo)-Plancha 388.



Fuente: SGC, 2013

Ilustración 11 Localización de Biorgánicos de Pitalito



Fuente: Adaptado de Google Earth.

Tabla 1 Coordenada Biorgánicos

Coordenada Norte	Coordenada Oeste
1°52'19.82"	76° 7'23.54"

Fuente: Proyecto

4.4. Evolución Geomorfológica

La geomorfología de una región está constituida por geoformas modeladas por fuerzas endógenas y exógenas, en ambientes diferentes y zonas geográficas. Los principales agentes modeladores del paisaje provienen de procesos hidrometeorológicos, volcánicos y tectónicos.

La zona de estudio, como se mencionó se presenta al occidente de Pitalito, en la vía que de Pitalito conduce a San Agustín y geográficamente comprende el Macizo Colombiano, donde el Valle del río Magdalena separa a la cordillera Oriental y la Central.

Los ambientes morfogenéticos bajo los cuales se desarrollaron las formas del relieve actual son: un ambiente estructural asociado a los procesos endógenos tanto activos como inactivos y su manifestación superficial bajo regímenes de deformación frágil y dúctil; un ambiente denudacional donde los agentes erosivos a través de la meteorización, erosión, transporte, sedimentación y movimientos en masa tienden a peneplanizar el relieve; un ambiente fluvial y lagunar asociado a la erosión, transporte y acumulación bajo la dinámica de los sistemas fluviales y un ambiente volcánico dominado por la cadena de los Coconucos.

La cuenca intramontana de Pitalito (15 x 20 Km.) localizada en la cordillera Oriental, al Sur de Colombia (1°52´ lat. N y 76°02´ long. W), está situada a lo largo de la falla Garzón -Suaza. Esta falla tiene una gran importancia regional y delimita la transición abrupta de las rocas de edad Precámbrico en la cordillera Oriental a los sedimentos Cenozoicos que rellenan el valle alto del Magdalena (INGEOMINAS, 2003).

La cuenca de Pitalito se encuentra a una altitud de alrededor de 1300 m y en general la región, está controlada por montañas que no exceden los 2000 metros de altura, dando así una morfología suave y prolongada a lo largo de su trayecto.

4.4.1. Geoformas de Origen Fluvial

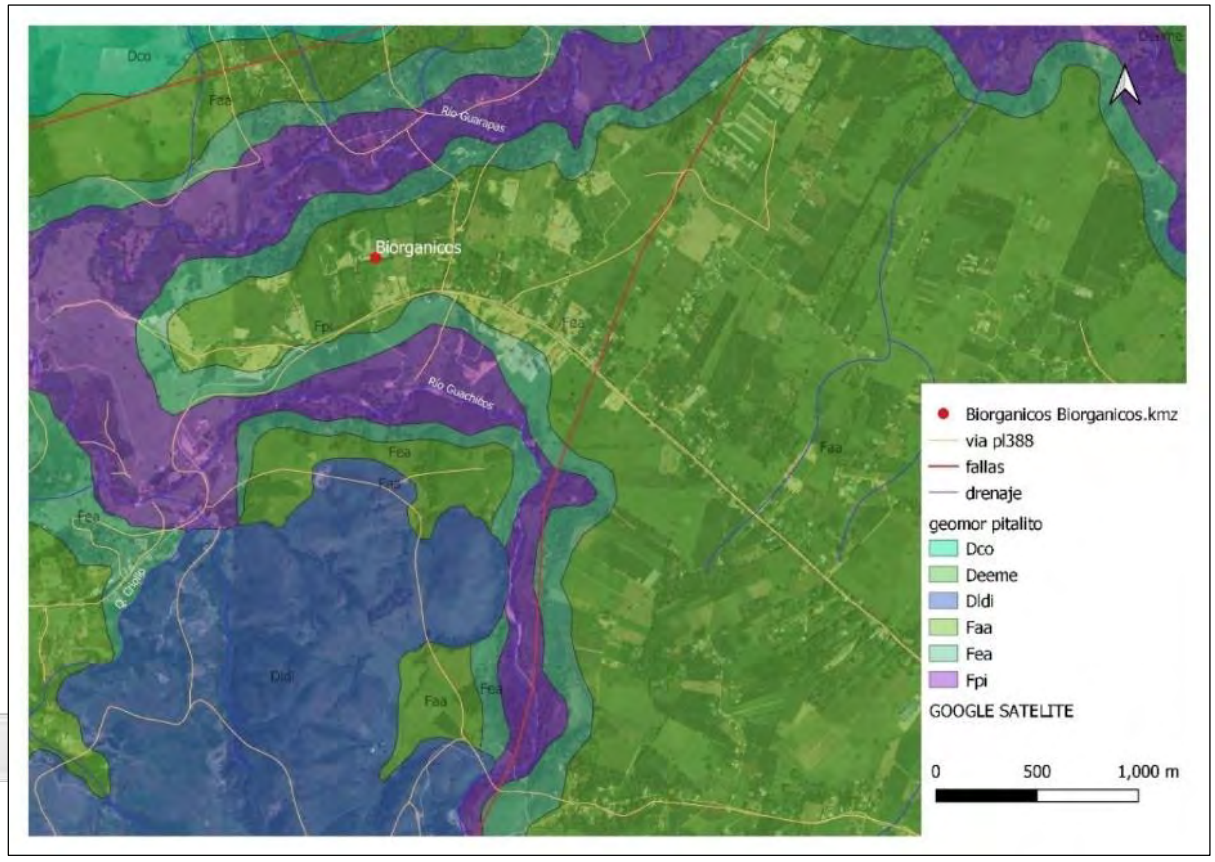
Se trata de las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

4.4.1.1. Abanico fluvio torrencial (Faa)

Superficie en forma de cono, de laderas cóncavas a convexas de morfología plana, aterrazada Su origen es relacionado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial, donde una corriente desemboca en una zona plana. Los depósitos aluviales se depositan radialmente desde el ápice del abanico localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y de ancho.

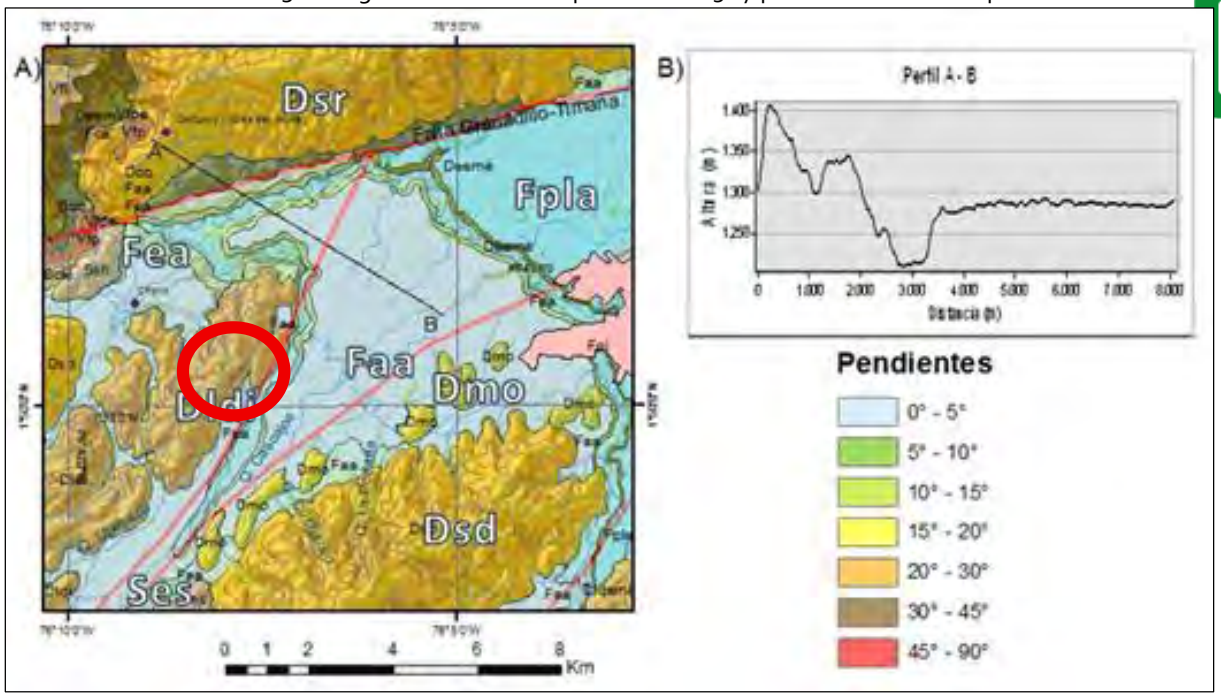
Este tipo de unidad se presenta hacia la parte oriental de la plancha, en la zona de asentamientos poblacionales como Pitalito y se relacionan a los cauces actuales y activos de los diferentes ríos que drenan la zona y descargan su caudal en esta última. En esta misma área es posible distinguir a partir de los insumos abanicos con diferente temporalidad donde los más antiguos presentan una morfología aterrazada producto de la disección y erosión de los cauces que drenan el piedemonte.

Ilustración 12. Unidades geomorfológicas zona de estudio: Abanico fluvio torrencial



Fuente: adaptado de INGEOMINAS, 2003

Ilustración 13 - Biorgánicos de Pitalito: pendiente 0-5° y perfil hacia río Guarapas.



Fuente: Adaptado de SGC, 2013

4.4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO MULTITEMPORAL

Se realiza un análisis multitemporal con imágenes y fotografías aéreas de diferentes épocas, obtenidas de Google earth y del Instituto Geográfico Agustin Codazzi:

Tabla 2 Fotos Aéreas área de estudio

C1829 (fotos 56 a 58)	Escala 1:17700	Año 1978

Fuente: IGAC

Ilustración 14. Interpretación Foto Aérea

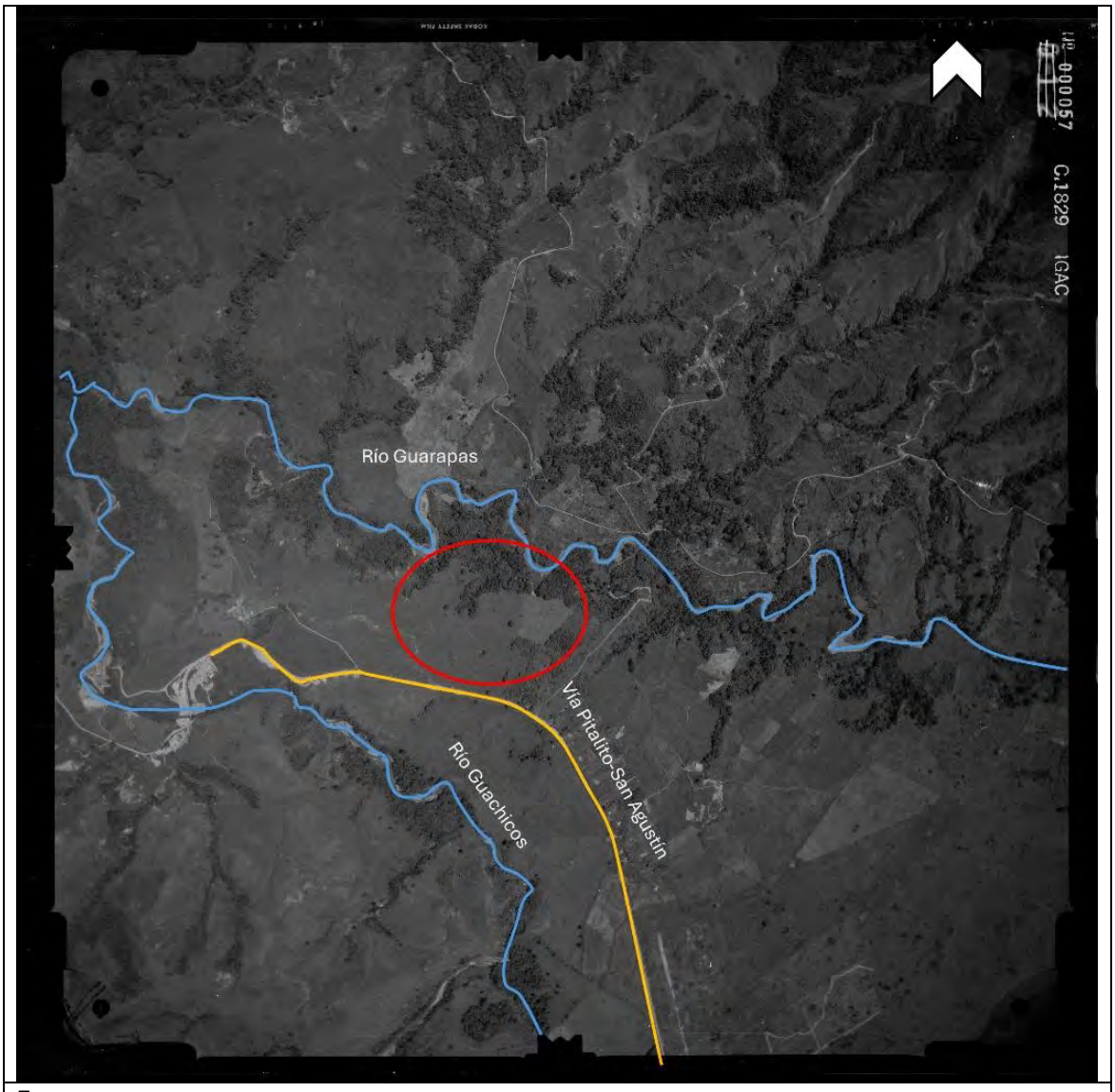


Foto 57

- No existe Biorgánicos
- No se presenta vegetación,

Se presenta socavación, escarpes de MM

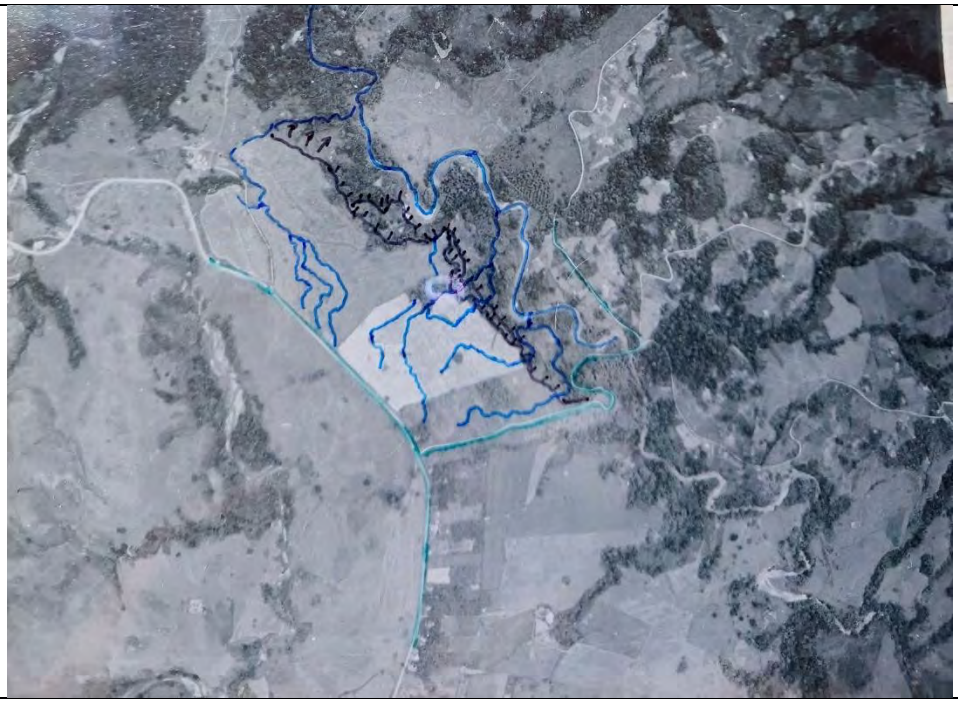


Foto 296

No existe biorgánicos, no hay vegetación, se encuentran pequeñas terrazas margen izquierda río Guarapas



Imagen 2007. Infraestructura de Biorgánicos ya existe



Imagen 2012. Se amplía la construcción de Biorgánicos



Imagen 2017 se amplía la construcción de Biorgánicos

Fuente_ Google Earth

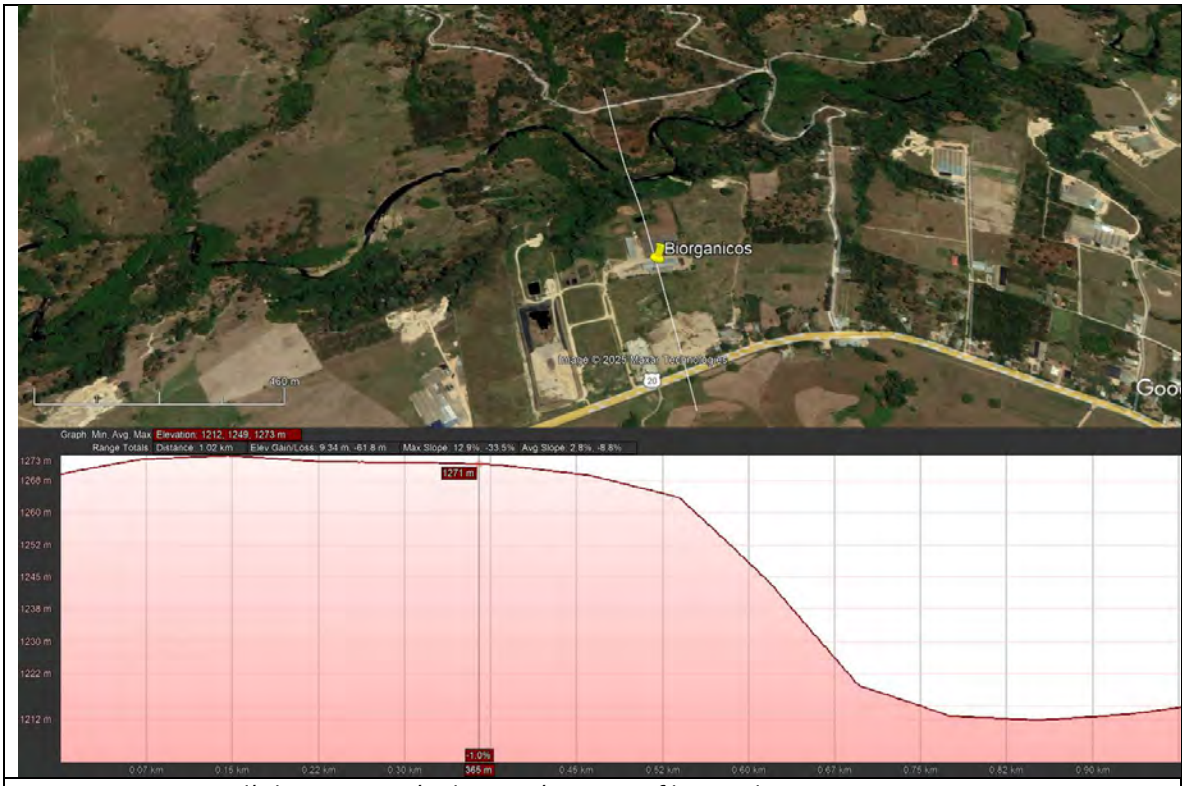


Imagen 2023 se amplía la construcción de Biorgánicos. Perfil S-N. Altura aprox mayor a 45 m



Imagen 2023 Escarpe de depósito fluvio lacustre de Pitalito hacia el río Guarapas hacia el norte de Biorgánicos. Vista al Sur-

4.4.3. PROCESOS MORFOESTRUCTURALES

La denudación es actualmente intensa y continúa la formación de abanicos y terrazas aluviales, así como acumulaciones debidas a procesos de remoción en masa activos en la mayoría de los casos por acción del hombre (INGEOMINAS, 2003).

Debido a la resistencia variable en los materiales que agrupa la plancha 388 el modelamiento geomorfológico dio como resultado un relieve en general colinado y alomado, compuesto por geoformas con un grado de disección variable y predispuesta a los movimientos en masa tipo deslizamientos y reptación de suelos. Todos estos agentes erosivos asociados a procesos donde las caídas de material y reptación de suelos son frecuentes.

Tabla 3. Proceso morfoestructural área de estudio

PROCESOS GEODINÁMICOS	UNIDADES GENÉTICAS DEL RELIEVE	UNIDADES GEOLÓGICAS RELACIONADAS	SÍMBOLO
AGRADACIÓN	Valle aluvial	Depósito lacustre de Pitalito y depósitos aluviales	VA

Fuente: INGEOMINAS, 2003

4.4.3.1. Valle aluvial (VA)

Es considerado, generalmente, como una porción de espacio alargada, relativamente plana y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve más alto y que tiene como eje un curso de agua. Aunque en la mayoría de los casos la sedimentación longitudinal debe ser la dominante, en un valle aluvial también se admiten aportes laterales locales de pequeña magnitud.

Un valle aluvial activo comprende las siguientes geoformas: plano inundable con su vega y sobrevega, uno o varios niveles de terraza y glacis coluvial.

El valle aluvial más extenso en la zona lo constituye el Valle de Laboyos donde se encuentra la ciudad de Pitalito, allí los procesos de deposición están estrechamente relacionados con actividad de fallas geológicas que movieron grandes bloques de roca, originaron subsidencia y el cierre de las cuencas hidrográficas, y dieron lugar a un ambiente de sedimentación lacustre.

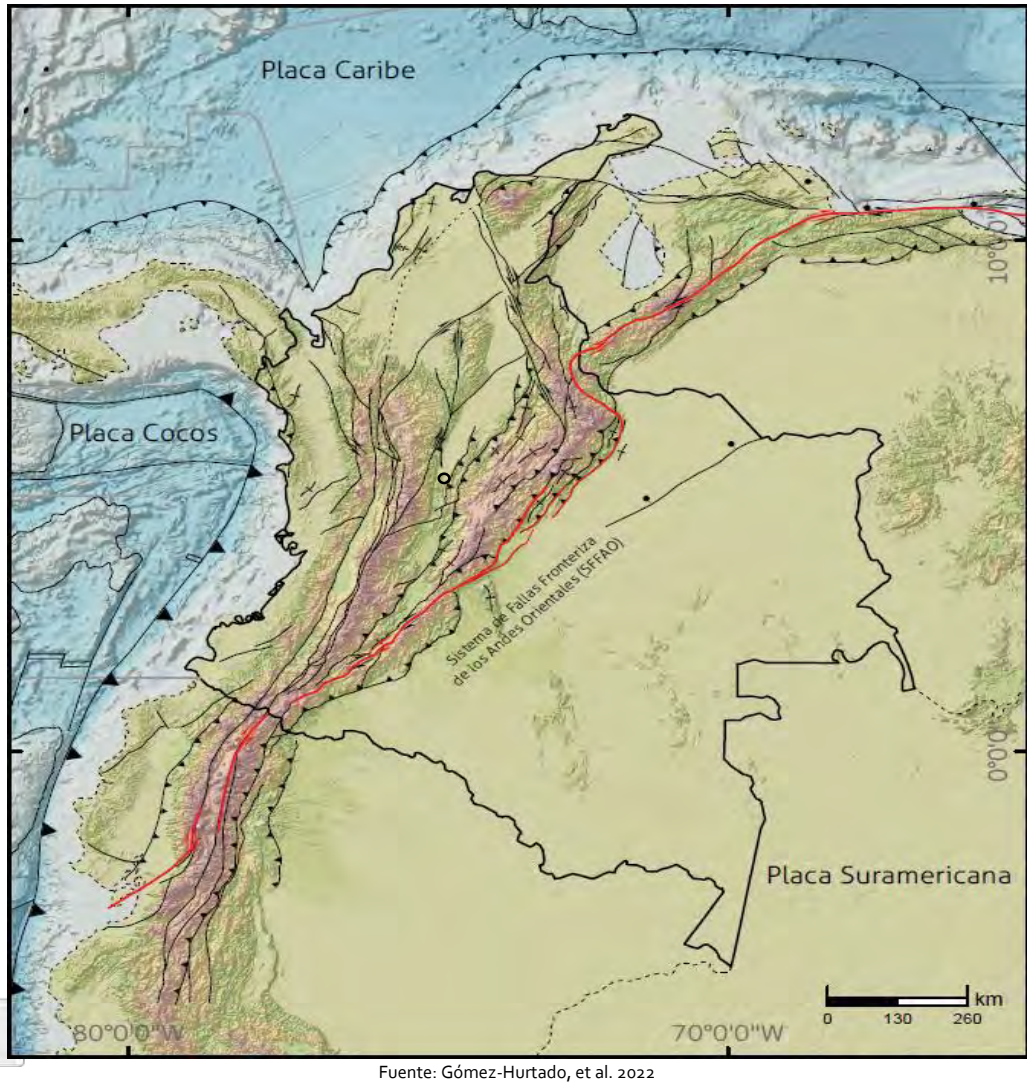
4.5. MARCO TECTÓNICO REGIONAL

El extremo norte donde termina la cordillera de los Andes, en Ecuador, Colombia y Venezuela, se caracteriza por la alta complejidad en la interacción de las placas que convergen en esta región (Nazca, Suramérica, Caribe y Cocos). A partir del Neógeno y hasta nuestros días, se inicia la orogenia andina, con rápidos levantamientos de las Cordilleras Central y Oriental, debido principalmente a una tectónica compresiva, en que

se invirtió el movimiento de las fallas a inverso y transcurrente y se impuso un estilo tectónico de cabalgamiento y plegamiento.

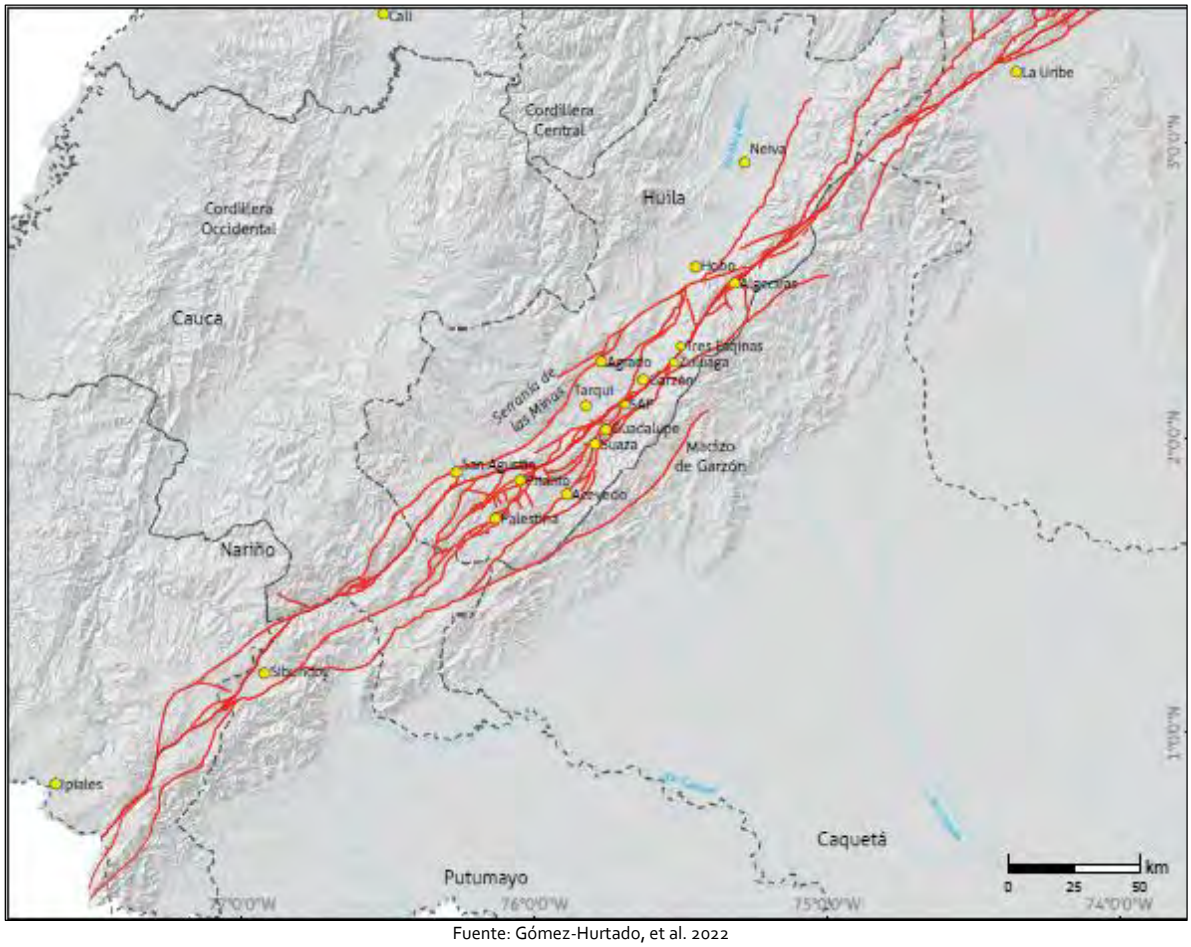
La nueva tectónica se atribuye a la convergencia de la Placa Oceánica de Nazca y la Placa Continental de Suramérica, las cuales someten a la región andina a la acción permanente de fuerzas tectónicas y a ello se atribuyen las dislocaciones y deformaciones tectónicas observadas en rocas antiguas y en depósitos del cuaternario (neotectónica), como también gran parte de la actividad sísmica que se presenta actualmente en la región (INGEOMINAS, 2001).

Ilustración 15 Tectónica de Colombia y Sistema de Fallas de Algeciras



Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

Ilustración 16 Tectónica de Colombia y Sistema de Fallas de Algeciras

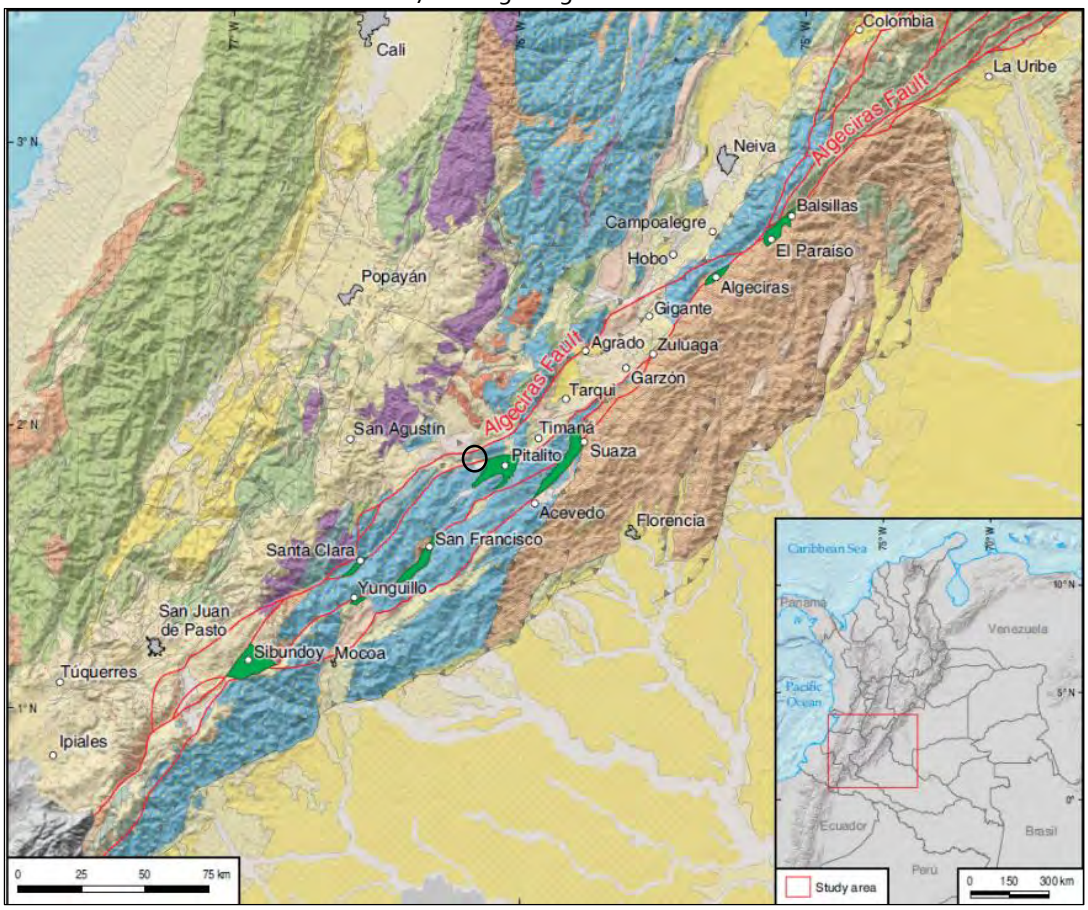


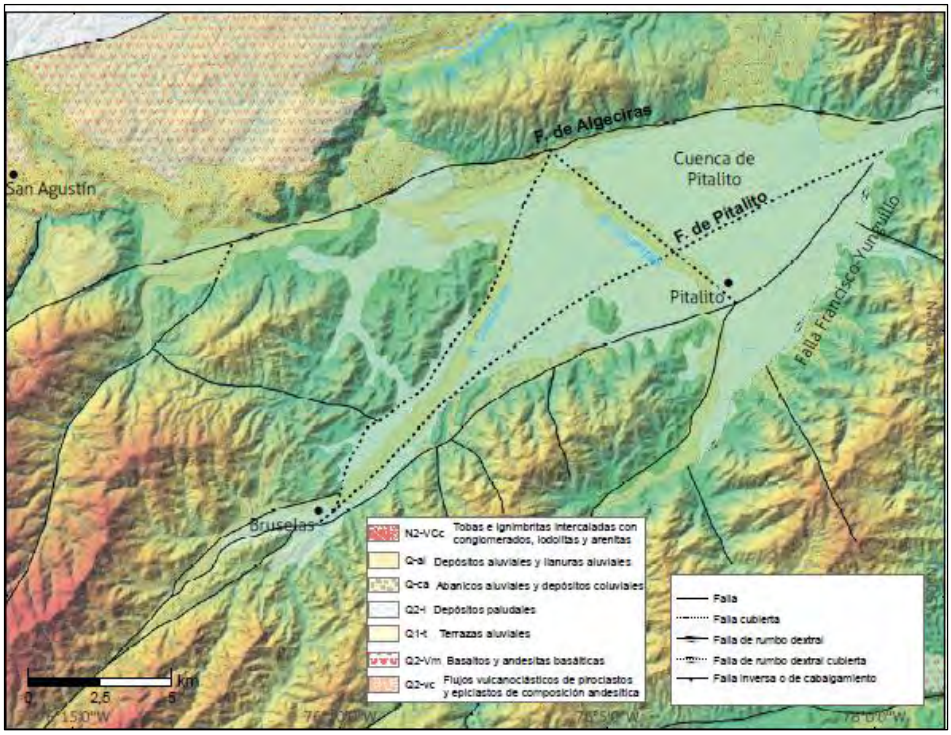
Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

4.5.1. Geología Regional

La geología de la región está conformada por rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que cubren un rango temporal desde el Paleozoico hasta el Neógeno. Sobre todos estos tipos de rocas reposa discordantemente una espesa cubierta volcánica formada en diferentes eventos de actividad de varios centros eruptivos de la Cadena Volcánica de los Coconucos y también de un vulcanismo básico menos extenso; depósitos no consolidados recientes de tipo fluvial se presentan a lo largo de los principales ríos de la región.

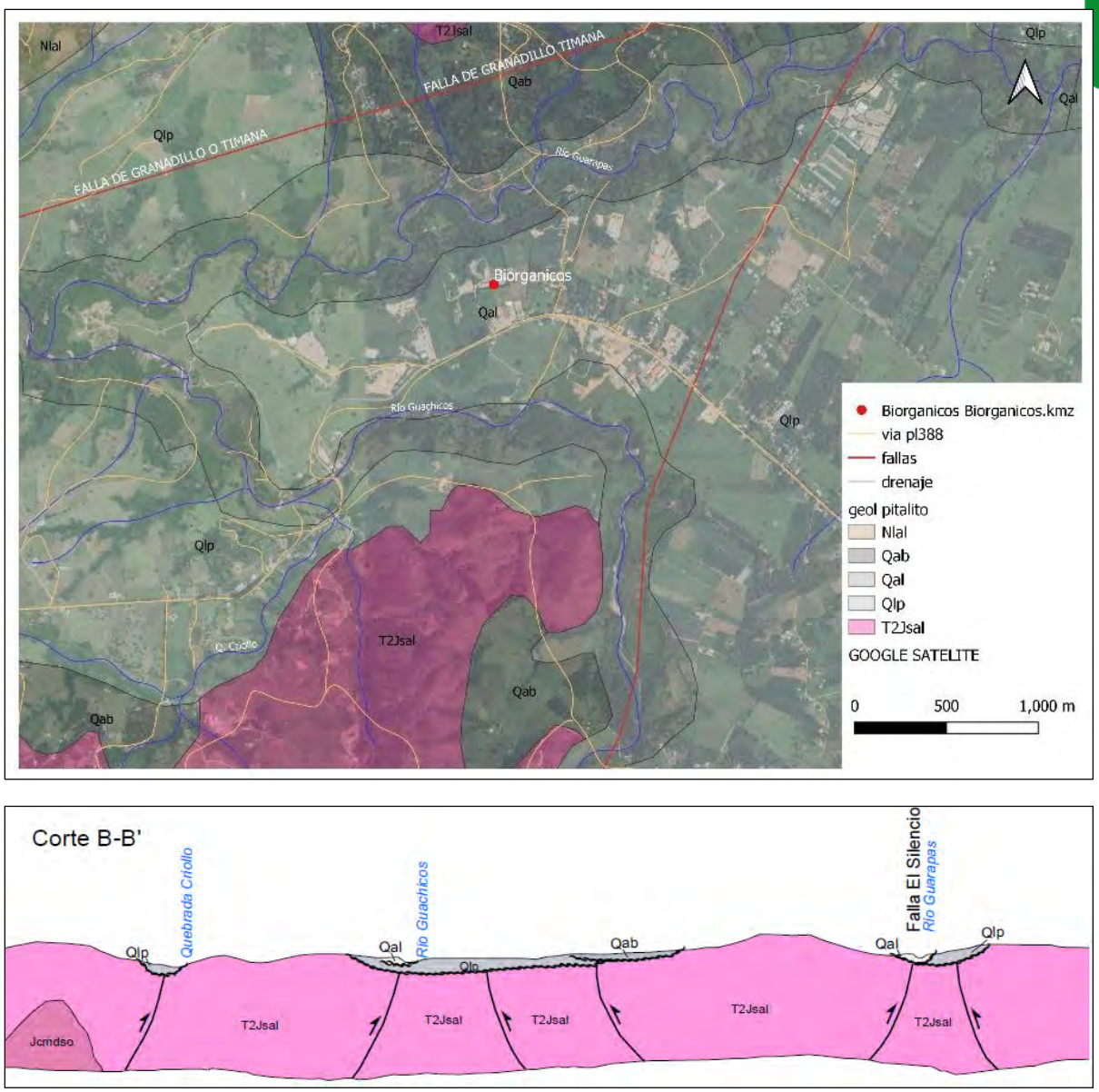
Ilustración 17 Geología regional zona de estudio





Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

Ilustración 18 Unidades Geológicas zona de estudio



Fuente: Adaptado de SGC, 2013

4.5.2. GEOLOGÍA LOCAL

4.5.2.1. Depósito fluviolacustre de Pitalito (Qlp)

El Depósito fluviolacustre de Pitalito ocupa una cuenca sedimentaria intramontana de forma irregular, con un ancho de este a oeste de unos 17 km en su parte más extensa, y un largo de unos 20 km en dirección SW-NE desde la localidad de Bruselas hasta la carretera que va a la Inspección de Policía de Guacacallo. La cuenca se encuentra a una altitud aproximada alrededor de 1.300 m y está rodeada por montañas que no exceden los 2.000 m. Dos ríos principales drenan la cuenca: el Guarapas y el Guachicos, ambos nacen en los Picos de Fragua, en límites de los departamentos de Huila y Cauca, entre los 2.500 y 2.800

m de altura. Tienen una dirección general SW-NE, pero al llegar al Depósito fluviolacustre de Pitalito, cambian su dirección al NW para desembocar al río Magdalena La geometría de la cuenca está controlada por una serie de fallas entre las que se encuentran: 1) la Falla Granadillos – Timaná, transcurrente con desplazamiento dextro lateral a lo largo del límite norte de la cuenca, y 2) un sistema de fallas al sur con pocos indicios de actividad reciente, al cual corresponden las fallas de Pitalito, El Cedro y El Silencio.

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca de Pitalito, y está conformada por este depósito paludal y/o fluviolacustre.

Bakker (1989, en INGEOMINAS, 2003), realizó estudios gravimétricos para interpretar la forma de la cuenca y análisis geoeléctricos para entender las características texturales de los 200 m superiores del relleno sedimentario; igualmente, estudió los afloramientos superficiales y realizó algunos sondeos principalmente en la parte más profunda de la cuenca.

De la gravimetría concluyó que la cuenca presenta una parte somera que corresponde al sector sur y occidental que va bajando en forma gradual hasta una profundidad entre 300 y 400 m y otro sector profundo al noreste, con una profundidad entre 1.000 y 1.200 m entre el sector de La Coneca.

4.5.2.2. Depósitos Aluviales y Terrazas Bajas (Q2al)

Los depósitos aluviales corresponden a los formados por la actividad reciente de los agentes erosivos como los ríos y la gravedad. En los principales ríos que drenan la región se han identificado depósitos aluviales recientes (Q2al) En los canales se presentan comúnmente gravas de cantos y bloques redondeados, principalmente de rocas volcánicas, ígneas y metamórficas.

4.5.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La Geología estructural define las deformaciones: fallas, pliegues y diaclasas de la región. En el área del Macizo Colombiano y Valle Superior del Magdalena, las principales fallas están orientadas en dirección NNE-SSE, siguiendo el rumbo general de las cordilleras y son el resultado de esfuerzos tectónicos compresivos NWW-SEE.

4.5.3.1. Sistema de Fallas de Algeciras

Con el nombre de Sistema de Fallas de Algeciras Velandia et al. (2001b en INGEOMINAS, 2003) integran las fallas con rumbo general N45°E; que tienen que ver con el levantamiento de la Cordillera Oriental en el Departamento del Huila; se caracterizan por mostrar un estilo tectónico transpresivo, donde se destacan el movimiento lateral derecho y las estructuras de cabalgamiento que en superficie se cartografían como lentes y en profundidad se interpretan como "estructuras en flor", siempre ligadas a la falla principal que es la de mayor inclinación. Velandia et al. (2001b, en INGEOMINAS, 2003) lo definen como un sistema de fallamiento de rumbo con componente vertical conocido como *wrench fault*, de

carácter dextral, con fallas relacionadas tipo Riedel, sintéticas, antitéticas y en "cola de caballo"

4.5.3.2. Falla Pitalito

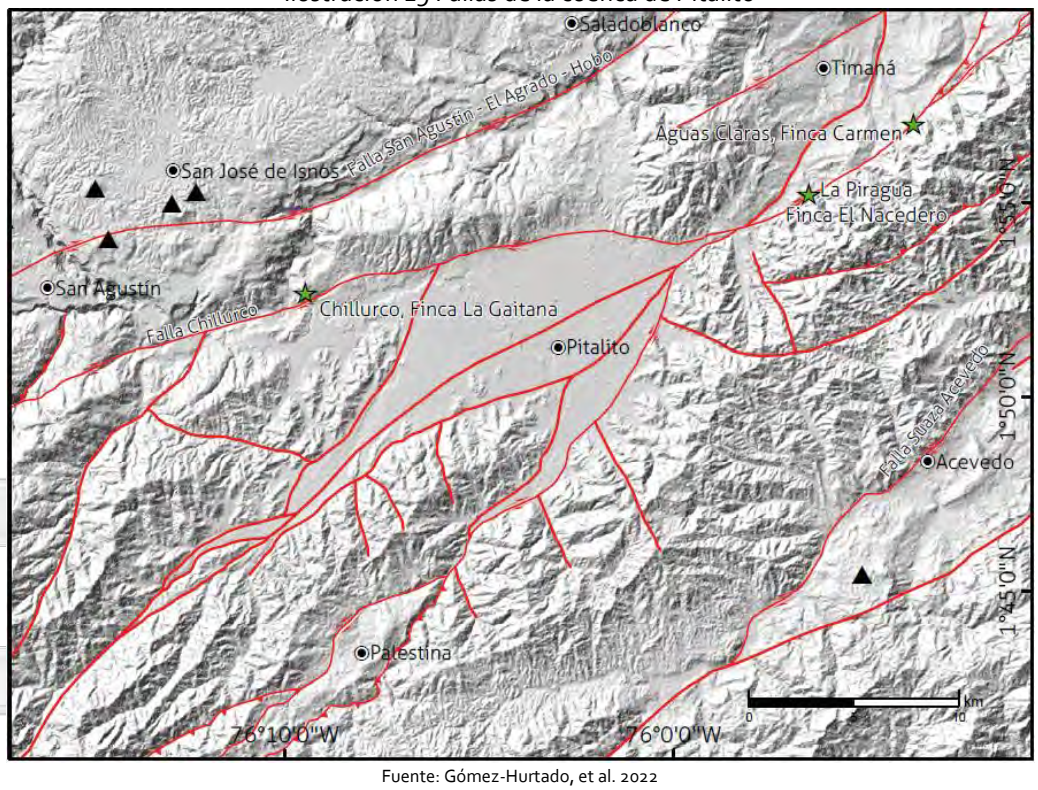
Tiene dirección NE-SW, cruza por el suroriente de la plancha y controla trayectos del río Guachicos). La Falla Pitalito continúa por la depresión de Pitalito sin una expresión morfológica clara, y pasa al norte de la cabecera municipal de Pitalito. El trazo rectilíneo de la estructura sugiere un ángulo alto de inclinación, aunque presenta fallas satélites asociadas, las cuales tienen menor ángulo y conforman cuñas o lentes a lado y lado de la falla principal. En la parte meridional sirve de contacto entre la Formación Saldaña y la Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos.

4.5.3.3. Falla de Granadillo-Timaná

Es considerada por Velandia et al. (2001b, en INGEOMINAS, 2003) como sintética del Sistema de Fallas de Algeciras, tiene trazo curvilíneo, controla o limita el flanco norte de la depresión de Pitalito, y expone hacia ese sector una zona montañosa en donde afloran rocas de la Formación Saldaña y la Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos.

Al igual que la Falla Pitalito, presenta desplazamiento de rumbo dextral con componente vertical mínimo de 1.200 m en la parte este del basamento de la cuenca de Pitalito, para luego disminuir hasta cerca de 400 m más hacia el oeste, de acuerdo con datos gravimétricos (INGEOMINAS, 2003).

Ilustración 19 Fallas de la cuenca de Pitalito



Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

4.5.3.4. Depresión de Pitalito

La depresión o cuenca de Pitalito, con base en análisis de imágenes de satélite que han realizado el Servicio Geológico Colombiano, antiguo INGEOMINAS y teniendo en cuenta la disposición de las fallas que conforman los flancos de esta, se interpreta como una cuenca de tracción desarrollada por la tensión resultante del relevo o salto lateral de segmentos de falla en un desplazamiento de rumbo dextral Velandia et al. (2001b, en INGEOMINAS, 2003). Los autores mencionados conceptúan que la génesis de la Depresión de Pitalito obedece a una tectónica compleja que involucra varios eventos aún no muy bien establecidos y relacionados, adicionalmente con cambios climáticos que se reflejan en los sedimentos que la rellenan (INGEOMINAS, 2003).

4.6. AMENAZAS NATURALES

4.6.1. AMENAZA SÍSMICA

La amenaza sísmica se mide como la probabilidad de que, al producirse un sismo, los parámetros de aceleración, velocidad o desplazamiento del terreno superen o igualen un nivel de referencia. Para tal fin, Colombia cuenta con una amplia red de estaciones sismológicas instaladas en todo el país (Red Sismológica Nacional), administrada por el SGC, para monitorear en tiempo real, durante las 24 h los 365 días del año, todos los eventos que puedan representar un riesgo para los habitantes del país y generar el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica. (AIS, 2009).

El estudio de Amenaza Sísmica de Colombia (INGEOMINAS, AIS- UNIANDES, 1998) y la Norma Colombiana de Construcciones Sismorresistentes (Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998), determinan para el área, un alto grado de amenaza sísmica. Esta situación es debida fundamentalmente a la intensa actividad sísmica, una de las más altas del país, dentro o cerca de la zona, donde se destacan eventos de magnitudes importantes. Este grado de actividad está determinado por la posición tectónica y las características geológicas (INGEOMINAS, 2003).

Se han presentado sismos históricos que han afectado la región del departamento del Huila, como el del 9 de febrero de 1967, que afectó a Pitalito, San Agustín, San José de Ismos y Acevedo (Ramírez, 1975). El sismo del 6 de junio de 1994, de magnitud 6.4 en la escala de Richter y con epicentro en el municipio de Páez en Cauca y que fue sentido fuertemente en el suroccidente del Huila.

Estas zonas se han dividido para efectos prácticos de ingeniería con respecto a aceleraciones de gravedad

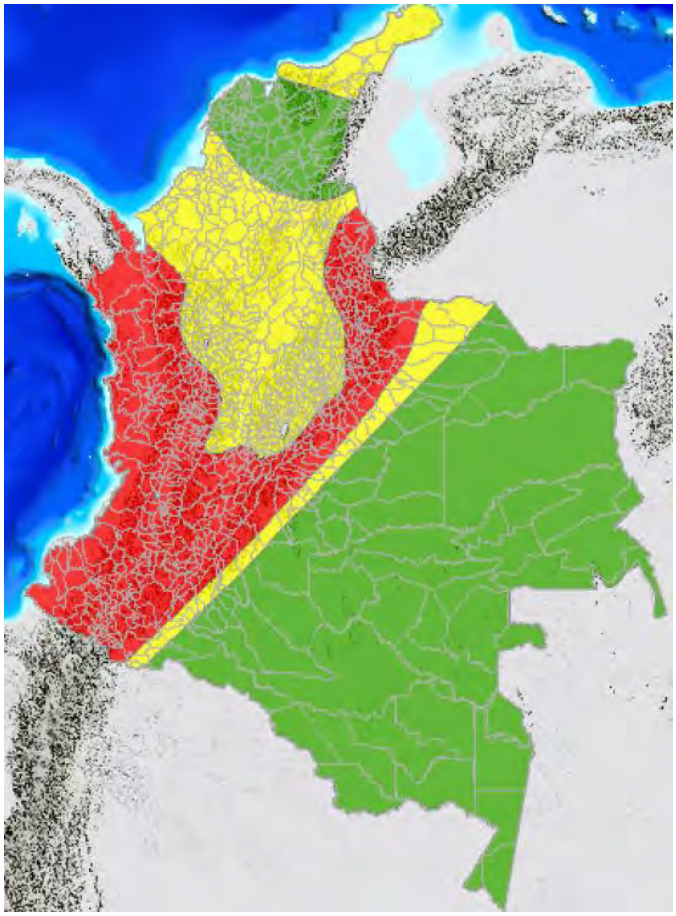
Se han determinado dos tipos de aceleración:

- A_a: Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva para diseño.
- A_v: Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva para diseño.

A partir de estos valores se presentan tres grandes divisiones para determinar Zonas de Amenaza Sísmica, las cuales se definen para Colombia en:

- Zona de Amenaza Sísmica Baja: Es el conjunto de lugares en donde tanto Aa como Av son menores o iguales a 0,10.
- Zona de Amenaza Sísmica Intermedia: Es el conjunto de lugares en donde Aa o Av o ambos, son mayores a 0,10 y ninguno de los dos excede 0,20.
- **Zona de Amenaza Sísmica Alta:** Es el conjunto de lugares en donde Aa o Av o ambos, son mayores que 0,20.

Ilustración 20 Zonificación de Amenaza Sísmica



Fuente: AIS, 2009

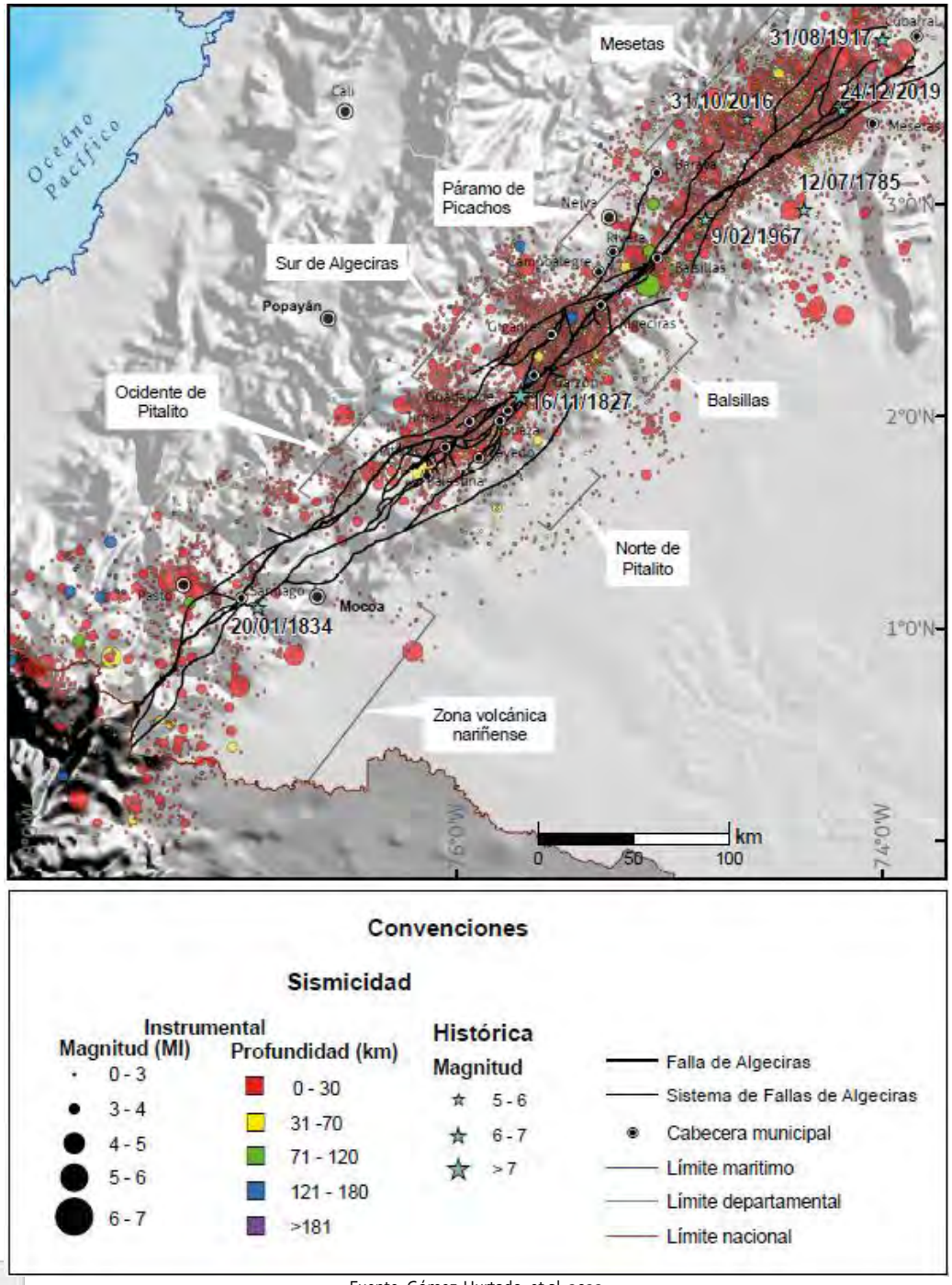
Tabla 4. Parámetros amenaza sísmica para los municipios de Colombia.

Municipio	Código Municipio	Aa	Av	Zona Amenaza Sísmica	Ae	Ad
Pitalito	41551	0.30	0.15	Alta	0.20	0.08

Fuente: AIS, 2009

Se consultó la Red sismológica del Servicio Geológico Colombiano, en el catálogo de sismos, el área de estudios se presentan sismos superficiales y de magnitud menor a 3 y una intensidad máxima observada de daño moderado para la región de Pitalito.

Ilustración 21. Amenaza Sísmica Observada y sismicidad



Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

4.6.2. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa son procesos geológicos de desestabilización del terreno generada por la acción de agentes geomórficos lluvias, sismos, actividades antrópicas) sobre los materiales térreos que lo conforman (rocas, suelos, depósitos no litificados). Estos procesos han ocurrido a través del tiempo geológico, contribuyendo a la modelación

del paisaje que observamos hoy en día y lo continuarán haciendo; pero también, cuando ocurren, pueden conllevar a la pérdida de vidas, bienes y servicios existentes en la trayectoria del movimiento en masa.

Los reportes sobre temporadas de intensificación de lluvias de las últimas décadas indican que el área de estudio presenta una tendencia a desarrollar movimientos en masa en

ida, propiedades e

o.



Figura 34. Escarpe del depósito fluvio lacustre de Pitalito, de aproximadamente 11 metros de altura, en el Barrio San Mateo de Pitalito (11E).



Figura 37. Proceso de erosión y remoción en masa en un talud del río Guarapas, en el Barrio Prados de Las Acacias de Pitalito (11E), que afecta el depósito fluvio lacustre de Pitalito.

depósito fluviolacustre en talud río
s de Las Acacias

NTE

ıos de un depósito fluviolacustre, formando una zona plana de pendientes suaves de 0° a 5°, que corresponden a la cuenca de Pitalito, con escarpes hacia los ríos Guachicos y Guarapas.

El sitio de estudio se encuentra en una llanura en la margen izquierda del río Guarapas. Estos materiales son sensibles a la erosión por la socavación de los drenajes respectivos y por pérdida de cobertura vegetal, se pueden generar cárcavas y surcos, las cuales se profundizan con las precipitaciones de la zona.

Se debe temer e cuenta que el área de estudio se presenta en una región de amenaza sísmica alta, con sismicidad histórica importante y una compleja zona de actividad tectónica con fallas geológicas que limitan la cuenca de Pitalito.

5. GEOTECNIA

5.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

La caracterización integral del subsuelo en la zona de ladera adyacente a la Planta de Biorganicos del Sur se fundamenta en un enfoque multi-metodológico que combina técnicas indirectas (geofísica) y directas (sondeos y laboratorio). Este esquema permite reducir la incertidumbre técnica asociada a los depósitos fluviolacustres y evaluar la estabilidad del talud frente a procesos de remoción en masa.

5.1.1. Métodos de Exploración Indirecta (Geofísica)

Se implementó un programa de exploración geofísica orientado a la determinación de las propiedades elásticas y la geometría del subsuelo superficial.

5.1.1.1. Ensayos Sísmicos Prefactibilidad Actual (Terrálica, 2025)

La metodología empleada se rigió por los estándares ASTM D5777 y el Reglamento NSR-10, aplicando los siguientes métodos:

Ilustración 23 Ubicación línea sísmica 2025



Fuente: Adaptado de Google Earth

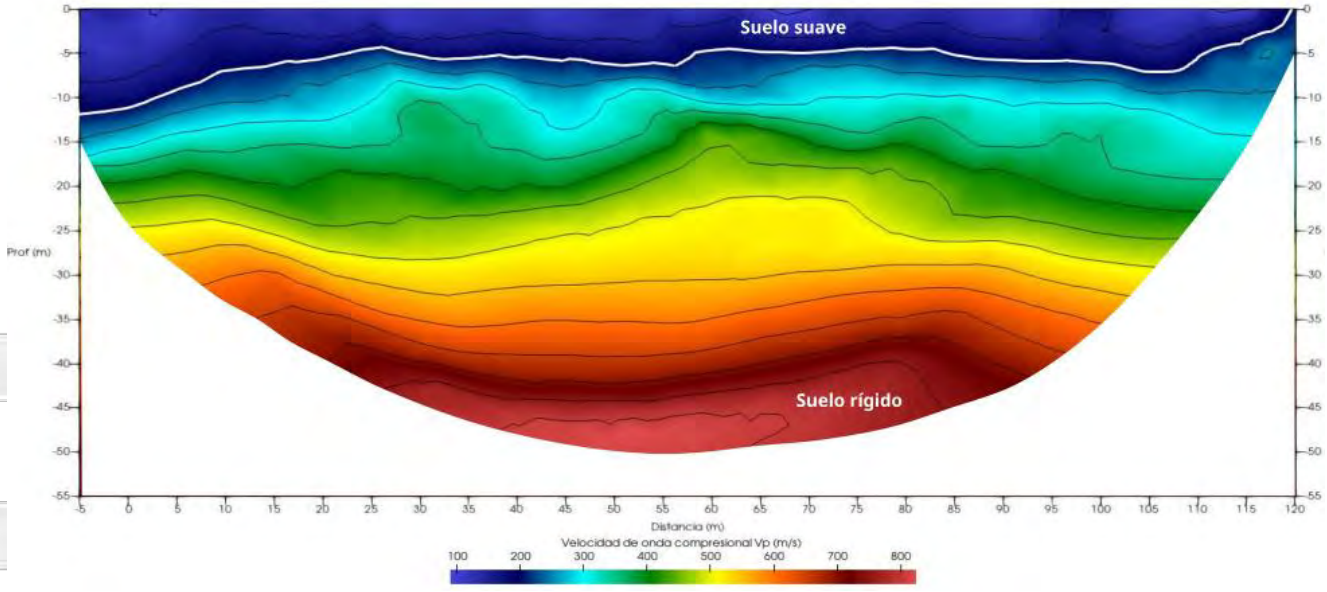
- Tomografía de Refracción Sísmica (TRS): Utilizada para obtener un modelo 2D de la
- velocidad de onda compresional (Vp). El procedimiento involucró el registro de ondas refractadas generadas mediante impacto de mazo en un arreglo lineal de 24 geófonos de 4.5 Hz, con una separación máxima de 5.0 m para cubrir longitudes de hasta 115 m.
- Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW): Enfocado en el análisis del arribo del tren de ondas de Rayleigh para obtener perfiles 1D de velocidad de onda de corte (Vs). Esta técnica permite caracterizar la rigidez del depósito fluviolacustre y calcular el parámetro Vs30 conforme a la normativa sismorresistente.
- Relación Espectral Horizontal / Vertical (SRHV): También conocido como Método Nakamura, consistió en el registro del ruido ambiental mediante un sismógrafo triaxial SR04S3 GeoBox para determinar el período fundamental del suelo To.
- Inversión Conjunta: Los datos de MASW y SRHV se integraron para generar modelos de velocidades de alta precisión, permitiendo inferir módulos elastomecánicos como los de Young, Cortante, Bulk y la Relación de Poisson .

5.1.1.1.1. Caracterización Geotécnica por Línea Sismográfica 2025.

La investigación alcanzó una profundidad promedio de 45 m. Se identificó una capa superficial de suelo suave hasta los 5 m de profundidad y una V_p aproximada de 250 m/s, subyacida por un estrato de suelo rígido que se extiende hasta el límite de la exploración con velocidades de hasta 900 m/s.

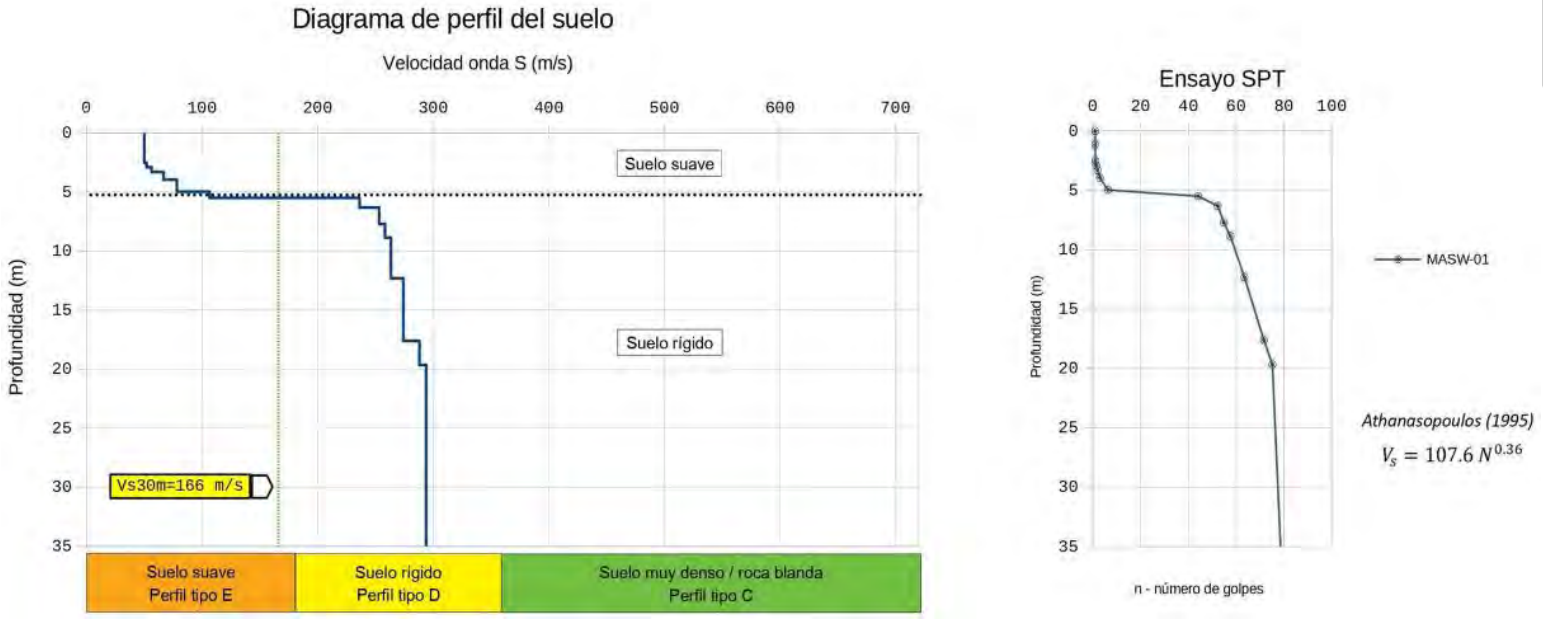
Asi mismo el análisis SRHV determinó una frecuencia fundamental promedio del suelo f_0 de 1.030 Hz, lo que corresponde a un período fundamental T_0 de 0.972s. Con una velocidad de Onda de Corte V_{S30} para los primeros 30m de 166 m/s.

Ilustración 24 Perfil línea sísmica 2025



Fuente: Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) Análisis Multicanal de Ondas, Superficiales (MASW)

Grafica 1 Cálculo de módulos geotécnicos por MASW



Fuente: Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) Análisis Multicanal de Ondas, Superficiales (MASW)

5.1.1.1.2. Conclusiones Técnicas del Análisis 2025

Considerando los criterios del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10, Tabla A.2.4-1), el sitio de estudio se clasifica como un Perfil de Suelo Tipo E (Suelo Suave). Entre om y 5m a partir de esta profundidad se clasifica como un Perfil de Suelo Tipo D (Suelo Rigido).

5.1.1.2. Análisis de Antecedentes (Ingesuelos, 2015)

Como marco de referencia histórico, se integró la información del estudio realizado en el relleno sanitario de Pitalito. Dicho estudio empleó un sismógrafo Geode de 24 canales y procesó datos mediante el Método de Reciprocidad Generalizada (G.R.M.) y tomografía sísmica para definir espesores y velocidades en estratos con propiedades físicas diferenciadas. La correlación de estos datos históricos permite evaluar la evolución geomorfológica y la respuesta sísmica de sitio en un horizonte temporal mayor.

Ilustración 25 Ubicación líneas sísmica 2015



Fuente coordenadas : Ingesuelos 2015. Imagen Adaptado de Google Earth

5.1.1.2.1. Caracterización Geotécnica por Línea Sismográfica 2015.

La exploración consistió en dos líneas de tendido con diferentes geometrías:

- **Línea 1 (Longitud: 80 metros)**

Ubicada entre las coordenadas Norte 698 991.6, Este 1106196.8 y Norte 698 914.8, Este 1106227.05. Se identificaron tres estratos principales con los siguientes parámetros:

- **Estrato 1:** Material muy blando con una velocidad de onda de corte V_s de 36.01 m/s y velocidad compresional V_p de 74.96 m/s.
- **Estrato 2:** Velocidad V_s de 80.11 m/s y V_p de 166.76 m/s.
- **Estrato 3 (Basamento):** Presentó una mayor rigidez con V_p de 591.44 m/s y V_s de 284.12 m/s.
- **Módulos elásticos:** El módulo de Young E_y para el estrato más profundo alcanzó los 392.31 MPa.

- **Línea 2 (Longitud: 105 metros)**

Ubicada entre las coordenadas Norte 698925.03, Este 1106238.67 y Norte 698816.94, Este 1106254.49. esta línea se conformó con 22 geófonos con una separación de 4 metros. También se detectaron tres estratos, pero con velocidades superiores a la Línea 1:

- **Estrato 1**: V_p de 103.72 m/s y V_s de 49.83 m/s.

- **Estrato 2**: V_p de 412.13 m/s y Vs de 197.98 m/s.

- **Estrato 3**: estrato más rígido detectado V_p de 825.76 m/s y V_s de 396.68 m/s.

- **Clasificación del Suelo (Normativa FEMA/NEHRP)**

El informe categoriza los materiales basándose en la velocidad de onda cortante V_{S30}

- **Tipo D (Suelo duro/denso):** Corresponde a velocidades entre 180 y 360 m/s. El estrato 3 de la Línea 1 y el estrato 2 de la Línea 2 entran en esta categoría.

- **Tipo E (Suelo suave):** Corresponde a velocidades menores a 180 m/s. Los estratos superficiales de ambas líneas se clasifican como suelos muy blandos o transportados.

- **Tipo C:** Solo el estrato 3 de la Línea 2, con un V_s cercano a 400 m/s, se aproxima a la clasificación de suelo muy denso o roca suave (rango 360-760 m/s).

5.1.1.2.2. Conclusiones técnicas ensayo 2015

- Existe una diferencia importante en la rigidez del suelo entre del estrato superior de la Línea 1 y la Línea 2, esto se puede deber a que según la ubicación de estas la línea 1 se encuentra en inmediaciones de una celda o sobre esta

	Línea 1			Línea 2		
	E1	**E2**	**E3**	**E1**	**E2**	**E3**
V_p	74.96	166.76	591.44	103.72	412.13	825.76
V_s	36.01	80.11	284.12	49.83	197.98	396.68

Fuente: elaboración Propia a partir de información estudio Ingesuelos de Colombia 2015

- Las bajas velocidades en los primeros 10-15 metros para ambas líneas sugieren la presencia de rellenos o depósitos aluviales poco consolidados.

- De acuerdo con la clasificación FEMA/NEHRP, los estratos superficiales corresponden a suelo tipo E (muy blando), mientras que los niveles intermedios y profundos se ubican en categorías tipo D (suelo rígido) y, en el caso del tercer estrato de la Línea 2, se aproximan a tipo C (suelo muy denso o roca blanda). Esta variabilidad estratigráfica evidencia un subsuelo heterogéneo, con sectores de baja capacidad portante y alta deformabilidad en superficie, contrastados con niveles más competentes en profundidad.

5.2. Métodos de Exploración Directa y Ensayos de Laboratorio.

Para validar y calibrar los modelos geofísicos, se ejecutó un programa de intervención directa en el terreno.

5.2.1.1. Perforaciones y Muestreo

De acuerdo con la exploración inicial y considerando la consistencia y/o compacidad de los materiales característicos en el sitio, se realizó la toma de muestras Alteradas e inalteradas

las primeras mediante el uso de muestreadores tipo cuchara partida (Split Spoon Sampler), y las segundas a través de tubos de pared delgada (Shelby), asimismo se realizó la prueba de penetración estándar (INV E-111 - ASTM D1586). Este parámetro nos permite evaluar la consistencia de los suelos cohesivos y la compacidad de los suelos granulares, así como estimar la capacidad portante del suelo en general.

Tabla 5 Compacidad, consistencia de suelos según Nspt

Compacidad Relativa de la Arena		*Resistencia de la Arcilla*		
Resistencia a la penetración N (glp/pie)	*Compacidad Relativa*	*Resistencia a la penetración N (glp/pie)*	*Resistencia a la compresión simple /Kg/cm2)*	*Consistencia*
0 – 4	*Muy Suelta*	*< 2*	*<0,25*	*Muy blanda*
4 – 10	*Suelta*	*2 - 4*	*0,25 – 0,50*	*Blanda*
10 - 30	*Media*	*4 – 8*	*0,50 – 1,00*	*Medio*
30 – 50	*Compacta*	*8– 15*	*1,00 – 2,00*	*Semidura*
>50	*Muy Compacta*	*15- 30*	*2,00 – 4,00*	*Dura*
		>30	*>4,00*	*Rígida*

. Fuente: Mecánicas de suelos Lambe

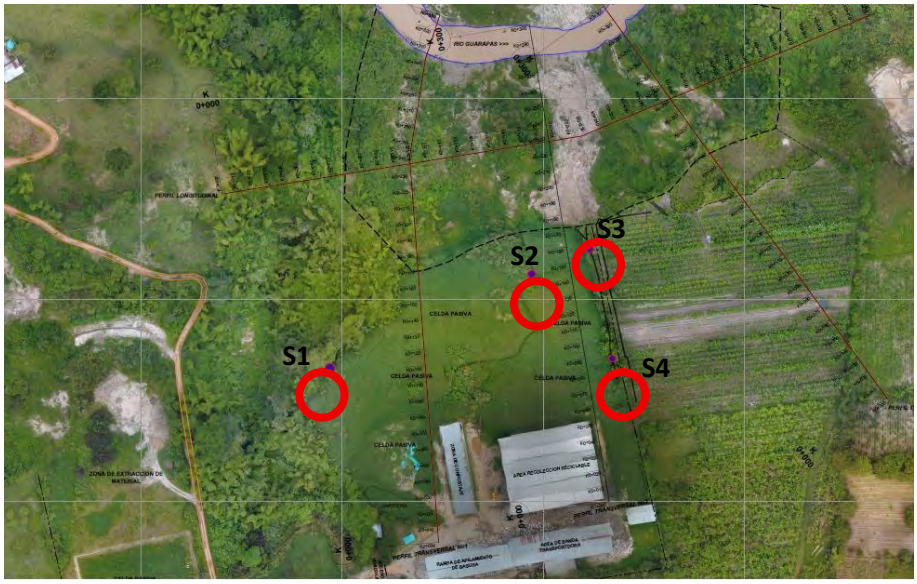
La profundidad de las perforaciones ejecutadas es:

Tabla 6 Profundidad de los sondeos ejecutados

# de Perforación	*Profundidad (m)*	*Nivel freático (m)*
1	12.0 m	1.0 m
2	11.0 m	1.0 m
3	8.0 m	1.0 m
4	8.0 m	1.0 m

A continuación, se muestra la ubicación de las perforaciones realizadas:

Ilustración 26 ubicación perforaciones realizadas



Fuente: elaboración propia

5.2.1.2. Programa de Laboratorio

Las muestras obtenidas fueron sometidas a ensayos para establecer la caracterización física y mecánica de los materiales, incluyendo:

- **Ensayos de Clasificación:** Granulometría y Límites de Atterberg para la clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS).
- **Ensayos Mecánicos:** Pruebas orientadas a determinar la resistencia al corte y la compresibilidad del depósito, fundamentales para el cálculo de factores de seguridad y la propuesta de alternativas de estabilización como muros de contención o reconfiguración de taludes.

Es pertinente indicar que todas las muestras se identificaron tanto en campo como en laboratorio. Los ensayos fueron realizados sobre un número representativo de muestras y según lo establecido en las normas INVIAS, ASTM y NTC. En el Anexo A se presentan los registros de perforación de los sondeos y en el Anexo B se presentan los resultados de laboratorio.

5.2.1.3. Caracterización Geotécnica

A continuación, se muestra las principales propiedades índice de cada uno de los estratos identificados con el fin de visualizar la variación de los diferentes parámetros del suelo.

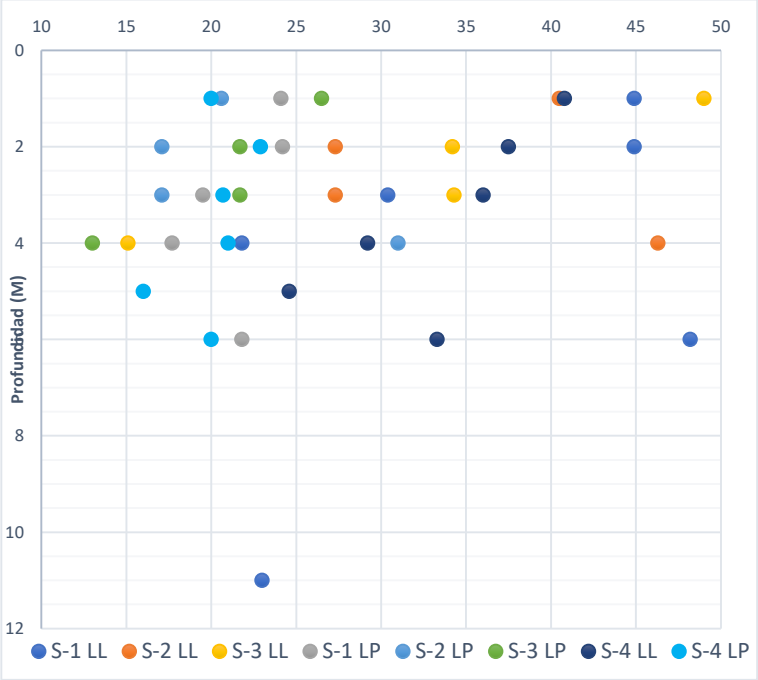
5.2.1.3.1. Límites de Consistencia

En el sitio de estudio, luego de los análisis realizados se identificó que en entre 0m-5m predominan suelos finos. Estos presentan limites líquidos que varían en el rango entre 15% > LL< 50% para el límite líquido, para el límite Plástico se tiene una variación entre 16>LP<31.

Lo anterior confirma que los suelos superficiales presentan mayor plasticidad y heterogeneidad (0m-5m), mientras que los suelos más profundos son más rígidos y estables, con menor variabilidad en sus límites de consistencia

A continuación se muestra gráficamente la variación de estos con la profundidad y para cada sondeo.

Grafica 2 límites de consistencia Box Culvert



5.2.1.3.2. Índice de Plasticidad (IP) y Limite Liquido (LL)

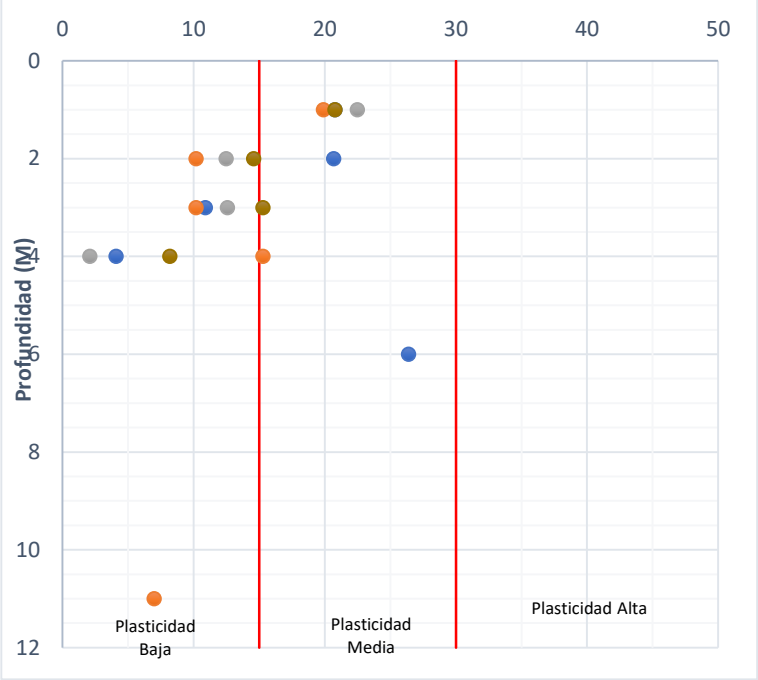
Los suelos de un mismo origen tienden a ubicarse en una franja bien definida en el gráfico de plasticidad de Casagrande, implicando esto una relación entre el índice de plasticidad (IP) y el Limite Liquido (LL)., como se muestra a continuación el suelo presenta una plasticidad homogénea, en este sentido y de acuerdo con lo indicado en Sowers,G.F., Introductory Soil Mechanics and Foundations: Geotechnical Engineering, 4th Ed el suelo presenta una plasticidad baja a media entre om – 5m.

Tabla 7 Criterios de plasticidad

PLASTICIDAD	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	RANGO IP
NULA	Limo	0 - 3
BAJA	Limo con trazas de arcilla	4 - 15
MEDIA	Limo arcilloso - Arcilla limosa Arcillas y limos orgánicos	16 - 30
ALTA	Arcilla limosa - Arcilla	> 31

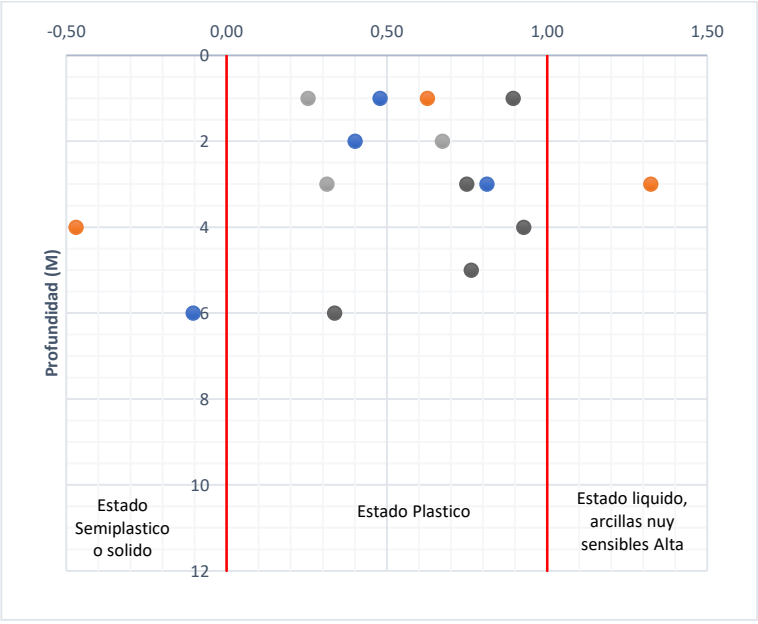
Fuente: Sowers,G.F., Introductory Soil Mechanics and Foundations: Geotechnical Engineering, 4th Ed

Grafica 3 Índice de plasticidad



Asi mismo, se calculó el índice de liquidez ((IL) presentándose valores 0<IL< 1, el IL puede indicar el nivel de esfuerzos a que ha estado sometido un suelo IL cercanos a 0 indica suelos preconsolidados suelos con IL cercanos a 1 indica suelos normalmente consolidados.

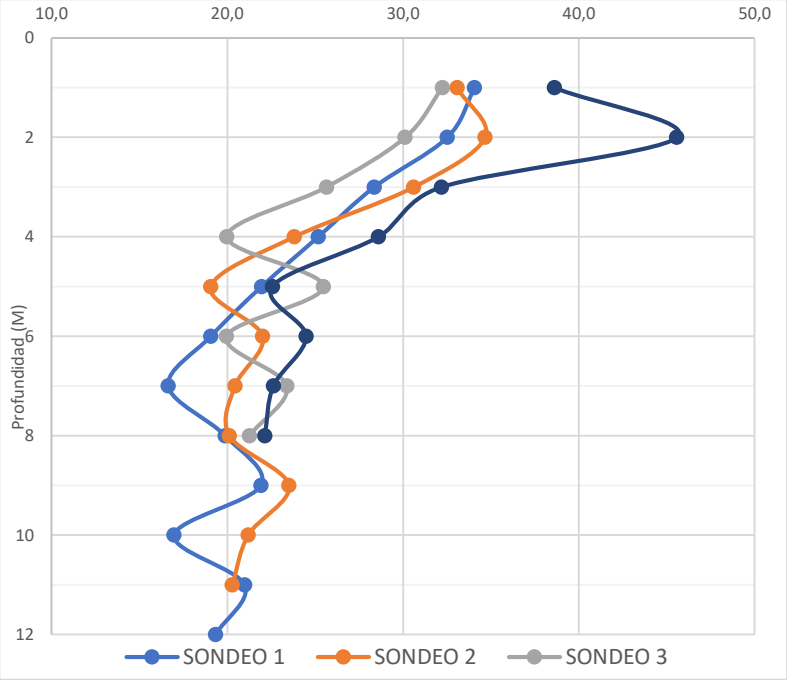
Grafica 4 Índice de Liquidez



5.2.1.3.3. Humedad Natural

Se determinó la humedad para diferentes niveles en cada uno de los ensayos, encontrando lo siguiente:

Grafica 5. Comportamiento de la Humedad en el perfil explorado



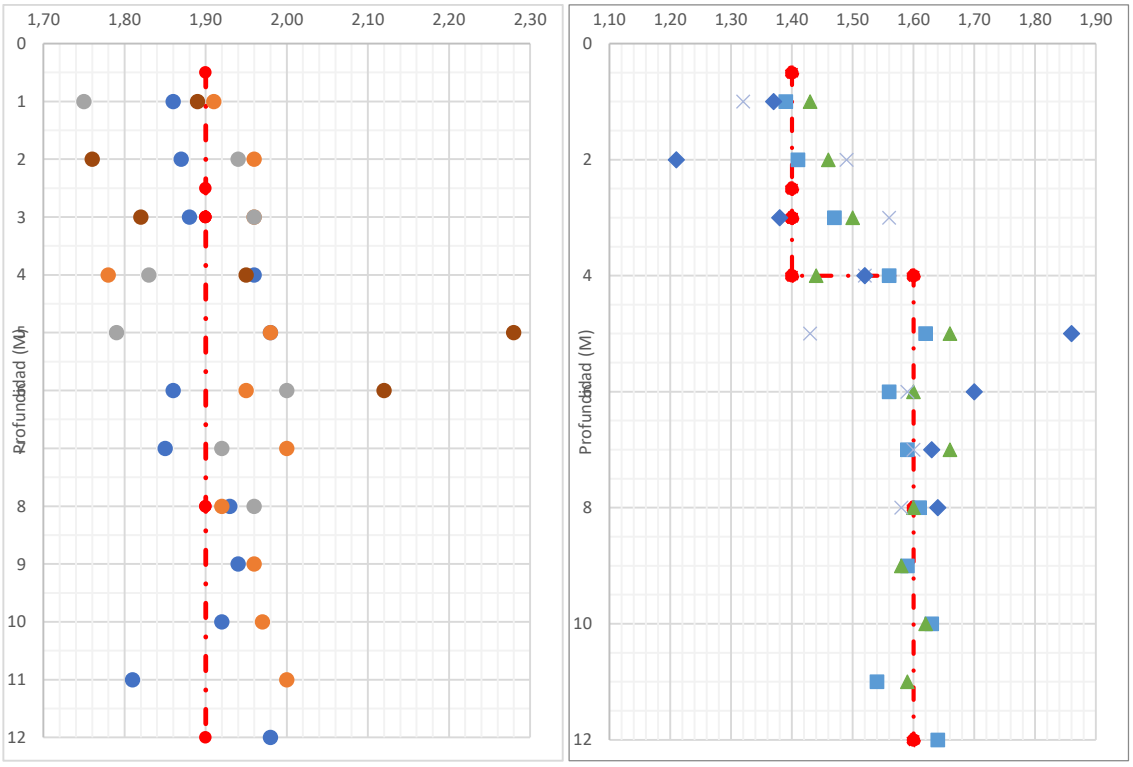
5.2.1.3.4. Peso Unitario

El valor de esta propiedad física depende de la densidad o acomodo de las partículas minerales que conforman la estructura de suelo y de la cantidad o proporción de los otros componentes en la estructura de suelo (agua y aire). El peso unitario de un suelo influye de manera importante en la resistencia al corte de un suelo. Los valores promedios para cada uno de los estratos son:

Tabla 8 Pesos Unitarios.

Peso	Estrato 1	Estrato 2
γ_h $(kN/m\text{^}3)$	19	19
$\gamma_s(kN/m\text{^}3)$	14	16

Grafica 6 Peso Unitario Húmedo (gr/cm3), Peso Unitario Seco (gr/cm3)



Tal como se indicó anteriormente en el Anexo B se presentan los resultados de laboratorio

5.3. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Los parámetros de resistencia y deformación se determinan con base en los resultados obtenidos en los ensayos de campo y de laboratorio. Complementariamente, se emplean correlaciones empíricas para verificar y complementar los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio. Estas correlaciones se basan en los resultados de ensayo de penetración estándar (SPT) y en las propiedades índices de los suelos

En este sentido los resultados del ensayo SPT fueron corregidos según lo indicado en la literatura, es decir, considerando el confinamiento y la energía promedio, tendiendo la siguiente expresión:

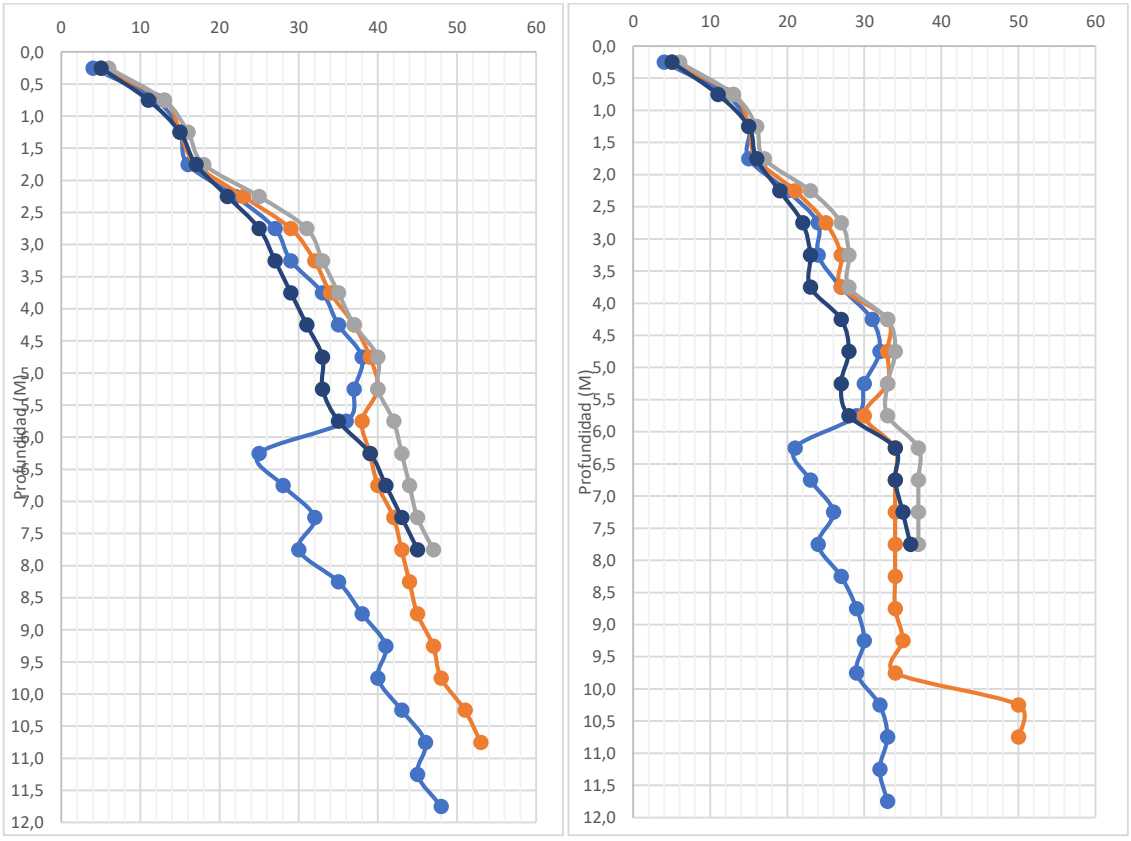
$$N_c = C_N * N * \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4$$

A continuación, se describen las metodologías para establecer los parámetros de resistencia y deformación de los suelos

5.3.1.1.1. Resistencia a la Penetración Estándar SPT

Con base en los ensayos de SPT se realizaron gráficas de SPT en función de la profundidad para cada uno de los sondeos, evidenciando una homogeneidad en los resultados del Nspt como se ilustra a continuación:

Grafica 7 Penetración Estándar Nspt de campo y Penetración Estándar Nspt corregido

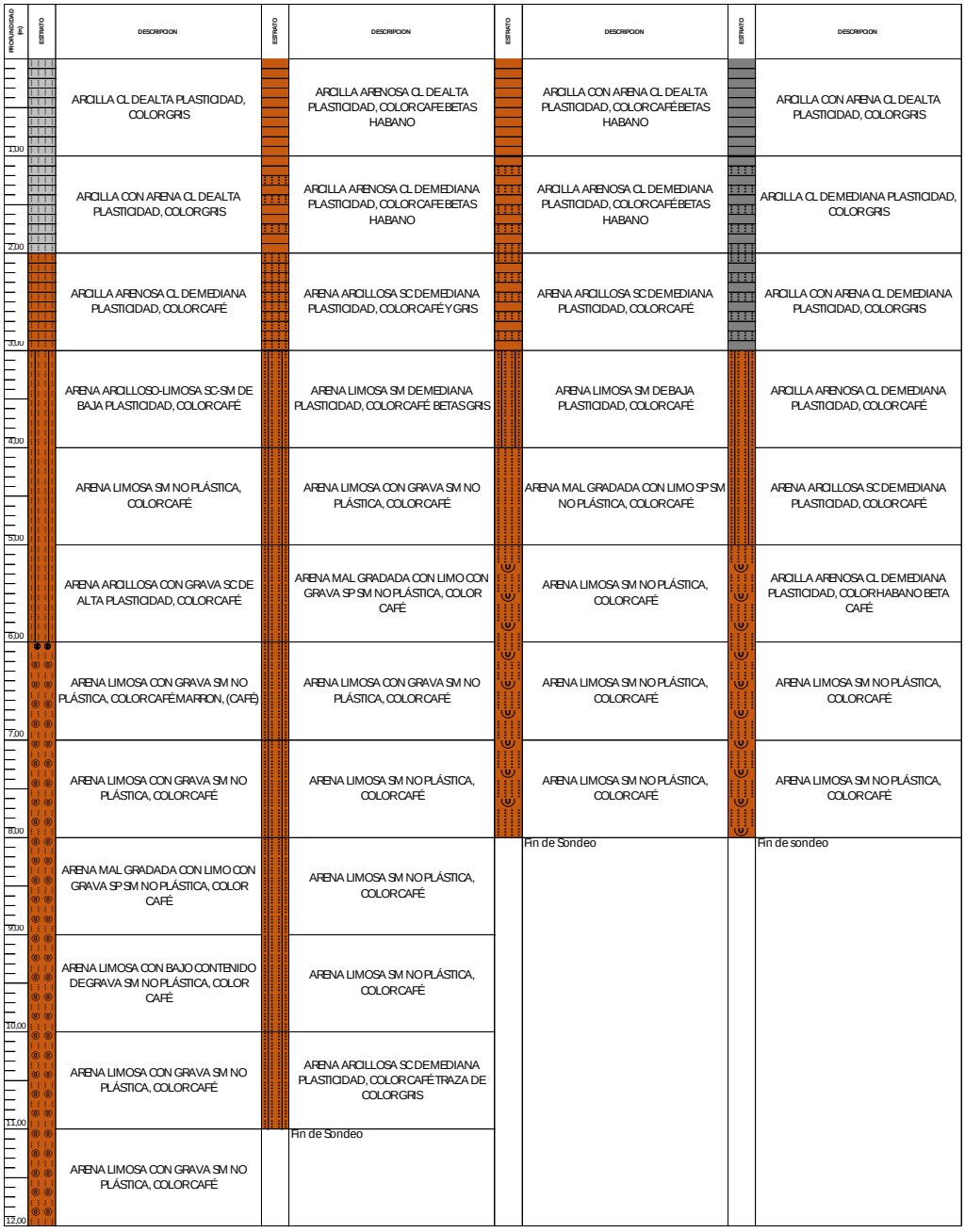


5.3.2. Resultados de Investigación de Subsuelo

Se describe a continuación la estratigrafía promedio detectada a partir de los niveles actuales del terreno teniendo en cuenta los sondeos efectuados:

Estrato 1: De 0,0m a 2,0 m	Arcilla con Arena de Alta Plasticidad, color Gris -Café. SUCS: CL; AASHTO: A-7-6
Estrato 2: De 2,0m a 12,0m m	Arena Limosa-Arcillosa no Plástica; SUCS: SM-SC; AASHTO: A-2-4

Como se observa a continuación el tipo de suelo encontrado corresponden a suelos conformados por arcillas y arenas de grano fino a medio. De acuerdo con la exploración se puede inferir que los suelos identificados corresponden a un mismo origen y formación geológica, encontrándose estratos que bajo condiciones geotécnicas se consideran similares.



PROFUNDIDAD (m)	ESTRATO	DESCRIPCION	ESTRATO	DESCRIPCION	ESTRATO	DESCRIPCION	ESTRATO	DESCRIPCION
1,00		ARCILLA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS		ARCILLA ARENOSA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS HABANO		ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS HABANO		ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS
2,00		ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS HABANO		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS HABANO		ARCILLA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR GRIS
3,00		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ Y GRIS		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		ARCILLA CON ARENA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR GRIS
4,00		ARENA ARCILLOSO-LIMOSA SC-SM DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS GRIS		ARENA LIMOSA SM DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ
5,00		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA MAL GRADADA CON LIMO SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ
6,00		ARENA ARCILLOSA CON GRAVA SC DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		ARENA MAL GRADADA CON LIMO CON GRAVA SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR HABANO BETA CAFÉ
7,00		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ MARRON, (CAFÉ)		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ
8,00		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ
9,00		ARENA MAL GRADADA CON LIMO CON GRAVA SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		Fin de Sondeo		Fin de sondeo
10,00		ARENA LIMOSA CON BAJO CONTENIDO DE GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ				
11,00		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ TRAZA DE COLOR GRIS				
12,00		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		Fin de Sondeo				

5.3.2.1. Nivel Freático

Durante la ejecución y finalización de los sondeos se midió la posición del nivel Freático, en la siguiente tabla se informa el nivel freático detectado para cada Perforación. Es importante tener en cuenta que estas condiciones corresponden a un valor puntual en el tiempo y pueden variar según las condiciones de lluvia.

Tabla 9 Nivel freático identificado para cada exploración

# de Perforación	*Profundidad (m)*	*Nivel freático (m)*
1	12.0 m	1.0 m
2	11.0 m	1.0 m
3	8.0 m	1.0 m
4	8.0 m	1.0 m

5.4. Parámetros Geotécnicos

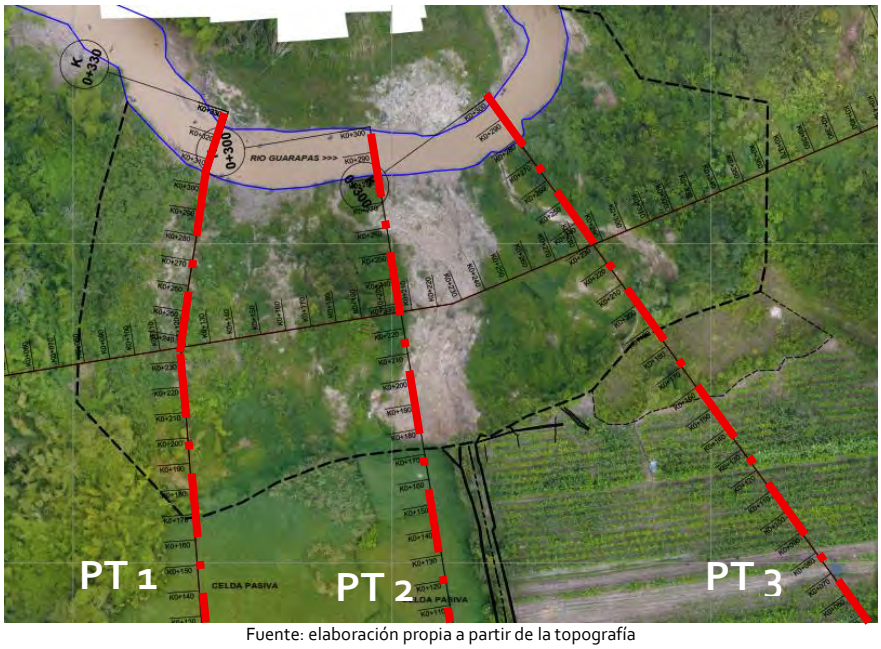
Después de ejecutar los análisis de laboratorio y contrastar con las líneas sísmicas, se identificaron los estratos del suelo y sus propiedades, lo que permitió ubicar mejor las capas y extender sus características a lo largo de la línea estudiada. Así, el diagnóstico sobre la inestabilidad del terreno toma en cuenta tanto las condiciones naturales como las relacionadas con el uso del predio.

Estrato	**Profundidad (m)**	**N (Glp/pie)**	**γ_n (kN/m3)**	**Su (kN/m2)**	**Φ (°)**	**Wnat (%)**	**Wsat (%)**	**G_s**	***e***
Arcilla	0,0 - 5,0	7	19	80	-	29	33	2.7	0.89
Arena	5,0 – 12,0	30	19	-	29	20	24	2.65	0.63

5.5. Análisis Geométrico del Talud Crítico

A partir del levantamiento topográfico y el Modelo Digital del Terreno (MDT), se determinaron tres secciones transversales críticas (Ilustración 26) a fin caracterizar la geometría real de la zona en estudio.

Ilustración 27 Perfiles de talud



Fuente: elaboración propia a partir de la topografía

Esta caracterización geométrica, es necesaria debido a la problemática de inestabilidad activa detectada en el sitio, donde la interacción entre la pendiente pronunciada, la socavación en la base del río y la dinámica de escorrentía no controlada han generado manifestaciones físicas de riesgo como grietas de tensión y rupturas en la corona del talud. Bajo este escenario de vulnerabilidad, el análisis de las secciones transversales permite cuantificar el equilibrio fragil del depósito fluviolacustre (Qlp).

En este sentido es necesario calcular el ángulo de inclinación y la pendiente para para las secciones en estudio a continuación, se detallan las secciones y los parámetros críticos obtenidos, los cuales fundamentan la necesidad de una intervención técnica

Ilustración 28 Perfiles PT 1



Ilustración 29 PT 2



Ilustración 30 PT 3

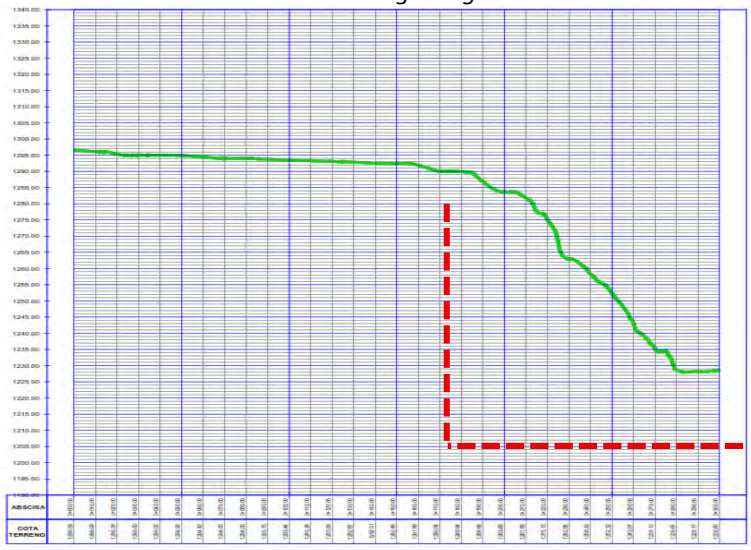


Tabla 10 Caracterización Geométrica de Perfiles Transversales

Perfil	X1	X2	Y1	Y2
PT1	150	310	1295	1227,34
PT2	150	280	1298,05	1230,75
PT3	170	280	1290,04	1228,67

Fuente: elaboración Propia

Tabla 11 Análisis de Pendientes y Ángulos de Inclinación de perfiles transversales

Perfil	ΔX	ΔY	Pendiente (%)	Angulo (°)
PT1	160	67.66	24.29 %	22.92°
PT2	130	67.30	51.77 %	27.37°
PT3	110	61.37	55.79 %	29.16°

Fuente: elaboración Propia

De lo anterior, podemos establecer que la ladera presenta un equilibrio frágil.

5.6. CONCLUSIONES GEOTECNIA

- Con el análisis de las secciones transversales se identificó que el perfil transversal 3 (PT3) es el más crítico para la de estabilidad del talud, ya que este presenta una pendiente del 56% y un ángulo de inclinación de 29°. Esta geometría presenta complicaciones para la naturaleza del suelo, ya que se sitúa en el límite superior del ángulo de reposo natural del material identificado para los estratos superiores (materiales fluviolacustres 28°-30°), lo que facilita el inicio de procesos de remoción en masa.

- La presencia de grietas y rupturas en la corona es evidencia de que los esfuerzos cortantes han superado la resistencia del material

- De los análisis realizados se pudo identificar dos estratos así: El estrato superior (0-5m) una arcilla limosa plástica con una compacidad entre Nspt 7-10 glp, mientras que a partir de los 5 metros la rigidez aumenta de manera importante Nspt > 30 hacia un depósito de arena limosa-arcillosa más competente. Sin embargo, la falla se concentra en la capa superior debido a su baja capacidad de soporte y alta deformabilidad.

- Teniendo en cuanta los valores de relación de vacíos, de humedad de saturación y humedad natural el estrato superior se encuentra al 88.2% de su capacidad de saturación, lo que indica un margen de seguridad hídrica mínimo frente a eventos de precipitación fuerte.

- La estabilidad del sitio está afectada por de tres factores: la socavación basal ejercida por el Río Guarapas, el nivel freático alto detectado a 1.0 m de profundidad, y la escorrentía superficial no controlada. Estos elementos actúan de forma sinérgica reduciendo los esfuerzos efectivos y propiciando los movimientos de ladera.

- el ángulo de inclinación de la ladera (29.16°) iguala prácticamente al ángulo de fricción interna del material, cualquier incremento en la presión de poros garantiza la falla del talud. Es imperativo implementar las medidas de manejo hidráulico, tales como filtros franceses y canales de coronación, para estabilizar la humedad del suelo por debajo del límite crítico y proteger la infraestructura de la planta

- El depósito fluviolacustre en la zona de estudio está compuesto por materiales finos sensibles a la pérdida de cohesión por saturación. La dinámica de escorrentía no controlada detectada en el sitio actúa como un desencadenante, incrementando la presión de poros y saturando el suelo, lo que reduce su factor de seguridad.

- Pitalito se localiza en una zona de amenaza sísmica alta. Una carga dinámica en un talud con pendiente del 55,79% (PT3) y una estructura de suelo suave (Perfil Tipo E en los primeros metros del talud) podría desencadenar las fallas

6. HIDRÁULICA - HIDROLOGÍA

A continuación se presenta el análisis de las condiciones hidrológicas del sector de Criollo donde se ubica el relleno sanitario, esto basado en los datos proporcionados en la estación Sevilla.

Ilustración 31. Polígono de estudio.



Fuente: Autor

Adicionalmente se describe la metodología aplicada para la delimitación de cuencas contribuyentes, caracterización de precipitación extrema y análisis hidrológico orientado a la evaluación de estabilidad del talud del relleno sanitario. La información fue elaborada mediante procesamiento geoespacial en ArcGIS y análisis hidrológico complementario.

Para luego centrar el análisis en la identificación de las estaciones de monitoreo, la evaluación de las precipitaciones, la verificación estadística y probabilística de los datos, y la determinación de la humedad antecedente (Infiltración) del suelo, dirigiendo el informe para comprender la dinámica hídrica del área y sus implicaciones en el talud existente.

6.1. Objetivos.

6.1.1. Objetivo general.

- Analizar los procesos erosivos del talud vecino al relleno sanitario que se ubica en la vereda El Criollo del municipio de Pitalito.

6.1.2. Objetivo especifico

- Verificar las condiciones de suelo de acuerdo con la topografía.
- Evaluar las condiciones de lluvia con la Estación Sevilla.
- Evaluar con diferentes metodologías la humedad antecedente del suelo.
- Identificar las estructuras para el manejo de aguas de acuerdo con las condiciones de precipitación e infiltración.

6.2. IDENTIFICACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS REALIZADOS

6.2.1. Delimitación de cuencas contribuyentes

Se realizó la delimitación de todas las cuencas aguas arriba que descargan hacia los siguientes elementos críticos del proyecto (30):

- Borde del relleno sanitario
- Talud de caída
- Zonas de concentración preferencial de escorrentía

6.2.1.1. Metodología para la identificación de la cobertura del suelo y de la morfología del terreno

Se integraron capas de uso/cobertura del suelo bajo la metodología CORINE Land Cover (Coordination of Information on the Environment), la cual clasifica el territorio en categorías jerárquicas de cobertura. Se utilizó esta clasificación para diferenciar superficies impermeables, áreas naturales, superficies operativas y celdas clausuradas.

En la ilustración 31 se logra identificar a partir de imagen satelital Sentinel 9 las condiciones tal como se presenta en la imagen tipo Imagery, estableciendo un buen esquema para el análisis de infiltración en el sector.

Ilustración 32. En la imagen izquierda se muestra la imagen satelital en formato Raster RGB. La imagen izquierda, se presenta una ortofoto donde se logra identificar la coherencia de la información con la imagen tipo Raster.

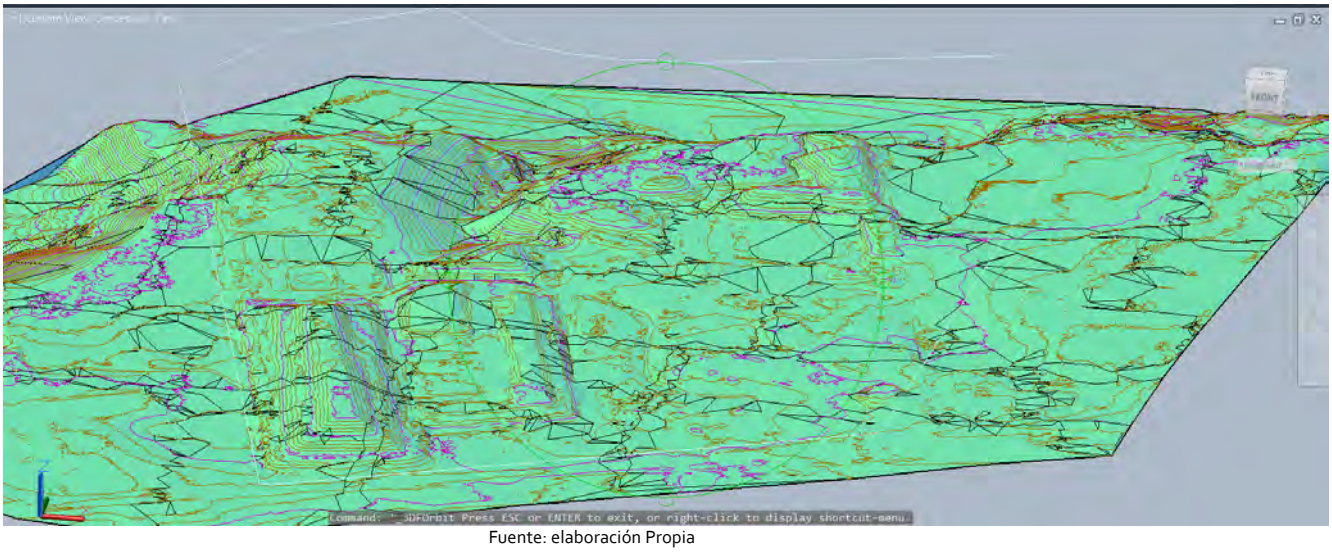


Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, se analizó la topografía del relleno sanitario mediante la generación de una superficie en Civil 3D (ilustración 32). Este modelo permitió determinar el comportamiento de las escorrentías dentro del predio (ilustración 33), identificando tres canales en terreno

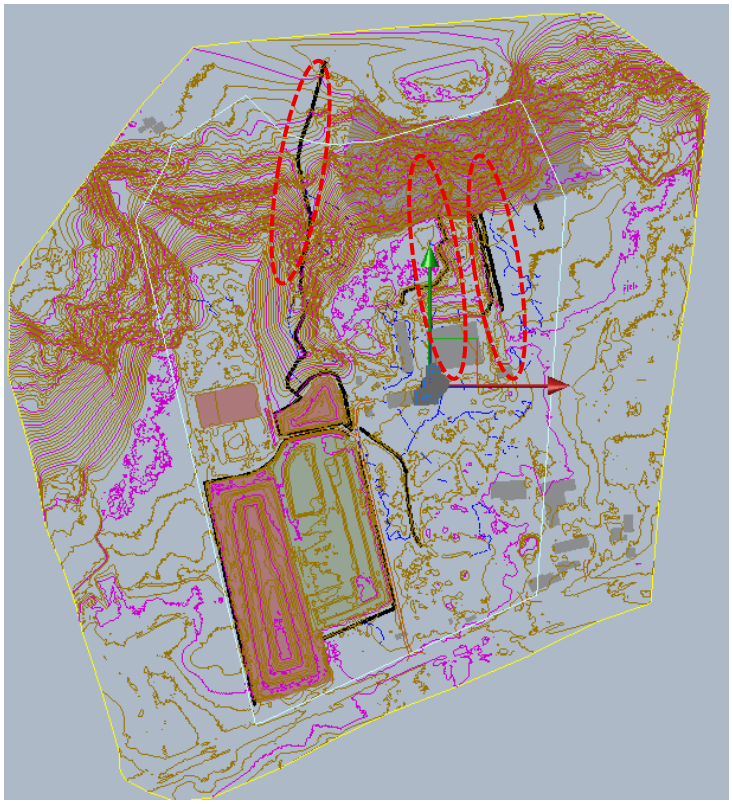
natural que dirigen las aguas hacia el talud del costado norte, colindante con el río Guarapas.

Ilustración 33. Superficie del terreno a partir de topografía



Fuente: elaboración Propia

Ilustración 34. Curvas de Nivel e identificación de escorrentías



Fuente: elaboración Propia

6.2.1.2. Consideración de Aportes

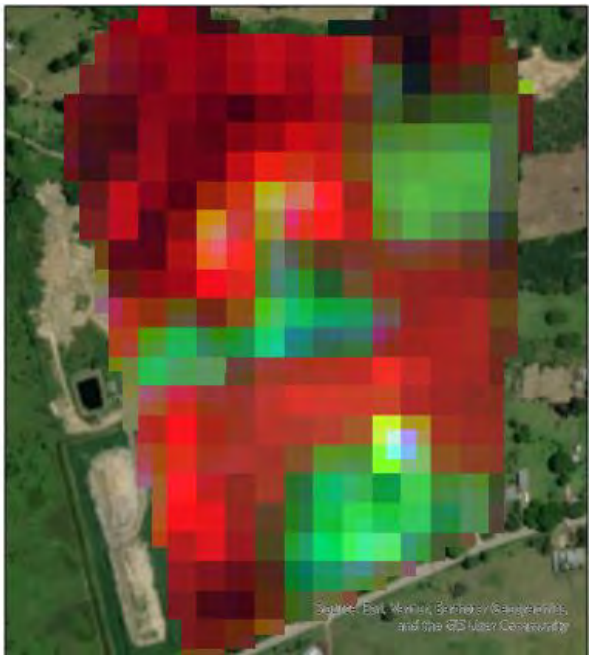
En el análisis se integraron los siguientes aportes internos:

- **Superficies operativas activas** (Ilustración 32).
- **Celdas clausuradas** con coberturas temporales o definitivas (Ilustración 33).
- **Superficies compactadas,** cuyo comportamiento es prácticamente impermeable (Ilustración 34).

A partir de la superficie modelada en la Ilustración 32, se determinó que la escorrentía dirigida hacia el talud se genera exclusivamente dentro de los límites del relleno sanitario; por consiguiente, se prescindió de la identificación de cuencas externas.

Para validar este diagnóstico, se generó una composición en infrarrojo cercano (NIR) (Ilustración 34). En esta visualización, la vegetación densa se identifica por tonos rojos intensos, mientras que las superficies selladas y suelos desnudos presentan tonalidades verdes o azuladas. Esta técnica permitió diferenciar con precisión las áreas en recuperación de las zonas operativas, confirmando la delimitación de las áreas de aporte."

Ilustración 35. cálculo de índices espectrales como NDVI, con una composición en infrarrojo cercano (NIR)



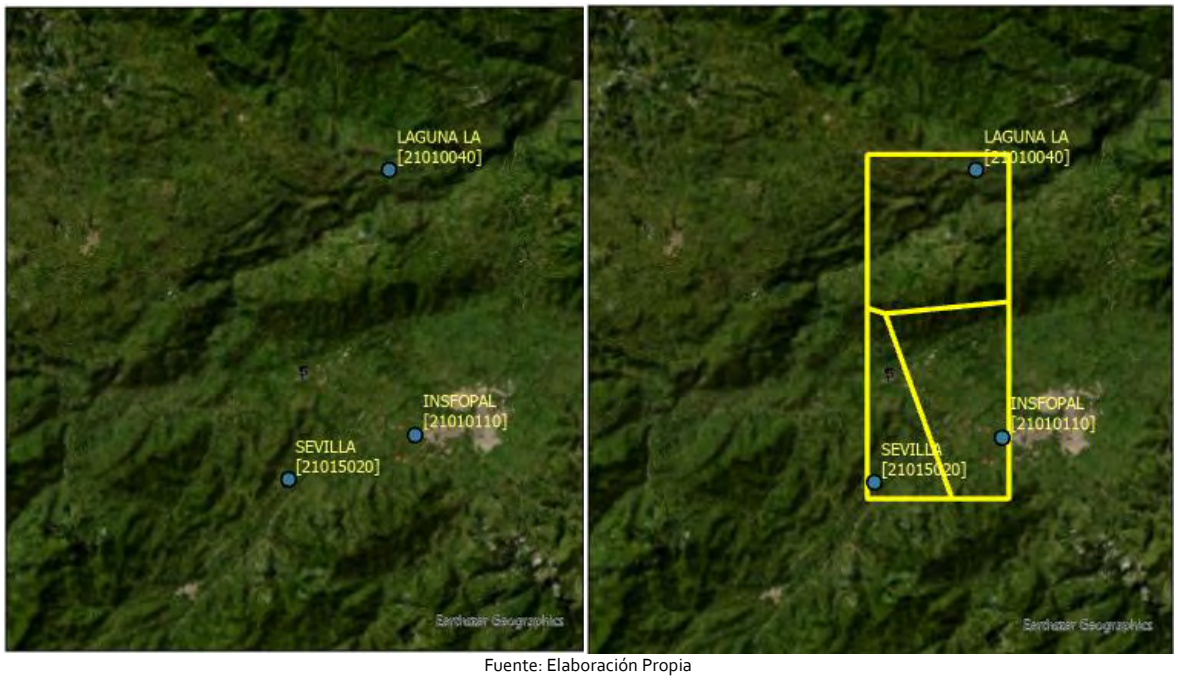
Fuente: Elaboración Propia

Desde el punto de vista técnico, esta imagen puede evaluarse mediante el cálculo de índices espectrales como NDVI, que permite cuantificar el vigor vegetativo y detectar zonas con vegetación deficiente, erosión superficial o fallas en coberturas finales. También permite identificar contrastes térmico-hídricos indirectos: áreas con baja reflectancia en NIR podrían asociarse a compactación elevada, suelos saturados o exposición de geomembranas.

6.2.2. Datos Pluviométricos

Para el análisis hidrológico, se consolidaron las series históricas de las estaciones pluviométricas en el archivo Excel 'Manejo_Datos'. Como se aprecia en la ilustración 35 (costado derecho), se seleccionó la Estación Sevilla por su influencia directa sobre la zona de estudio, dado que el polígono de referencia coincide con su ubicación. El histograma actualizado de esta estación muestra un comportamiento homogéneo durante el año, con promedios mensuales entre 20.0 (enero) y 30.3 (mayo), alcanzando este último el máximo anual. Se observa un incremento progresivo hacia mayo, un descenso en agosto y septiembre (21.6 y 20.5), y una recuperación moderada en el último trimestre. El rango anual de 10.3 unidades refleja una variabilidad estacional de baja a moderada

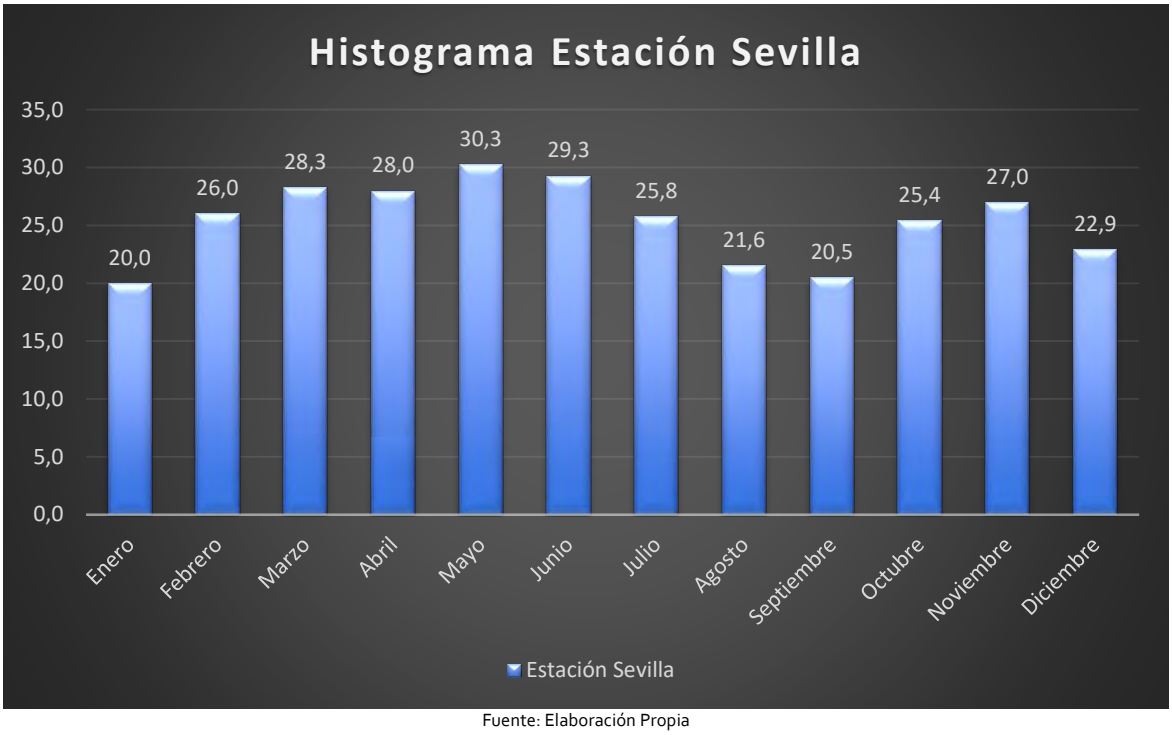
Ilustración 36. Derecha: ubicación de las estaciones escogidas. Izquierda: polígono de Thiessen para la elección de la o las estaciones.



Fuente: Elaboración Propia

El patrón identificado evidencia un régimen bimodal con un pico destacado en mayo, típico de regiones con estacionalidad marcada. Desde una perspectiva hidrológica y geotécnica, octubre se posiciona como el periodo de mayor criticidad para los sistemas de drenaje y la estabilidad de taludes, mientras que el trimestre de julio a septiembre ofrece condiciones de mayor estabilidad. Este comportamiento resulta fundamental para la modelación de escenarios de saturación y el análisis de eventos extremos

Ilustración 37. Histograma de precipitación de la estación Sevilla.



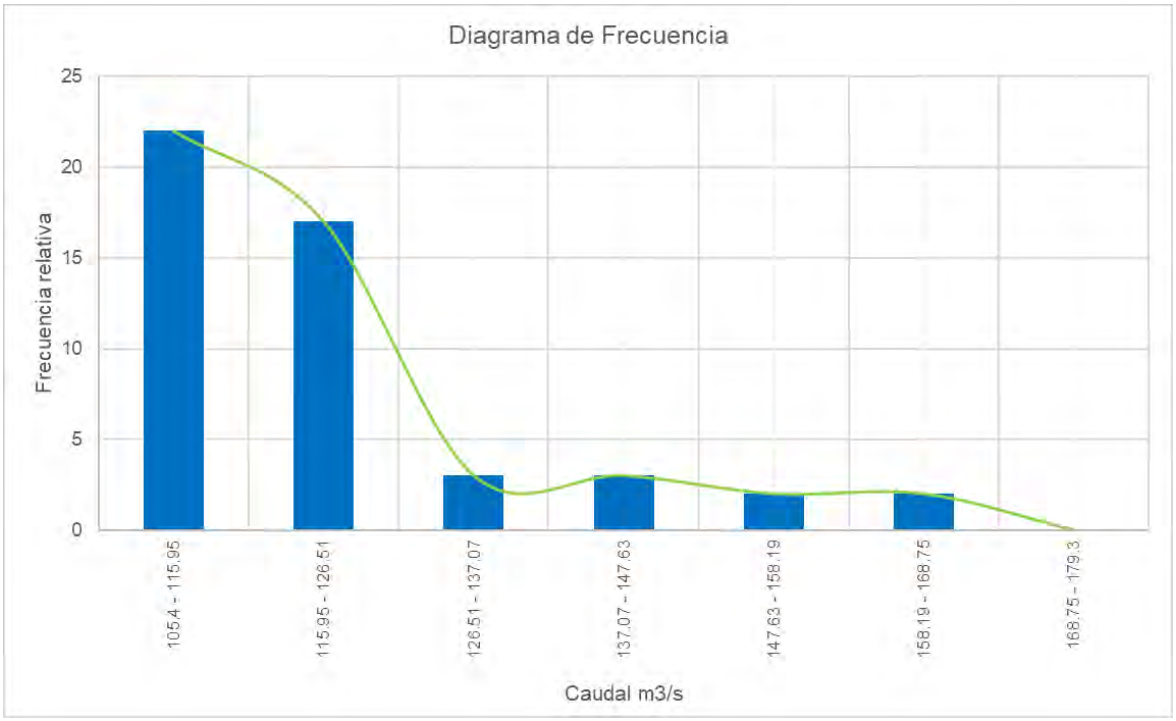
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con lo anterior, se procedió con la organización y depuración de los datos, incluyendo el tratamiento de valores faltantes, la identificación de registros atípicos y la homogeneización de unidades. Posteriormente, se estructuraron las series máximas anuales y parciales, las cuales constituyen la base de los análisis estadísticos y probabilísticos del estudio

6.2.2.1. Revisión Estadística y Probabilística de los datos.

A partir de las series de datos de la Estación Sevilla, se determinaron los valores máximos anuales para realizar el análisis probabilístico de precipitaciones. El histograma de frecuencias resultante (Ilustración 36) revela que la mayor densidad de los registros se concentra en los rangos iniciales, específicamente entre 27.00 y 34.28.

Ilustración 38. Diagrama de frecuencias de las precipitaciones máximas en 24 horas.



Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, se evaluó el ajuste de los datos a distintas distribuciones de probabilidad, obteniendo la curva de frecuencia acumulada o 'Curva S' (Ilustración 37).

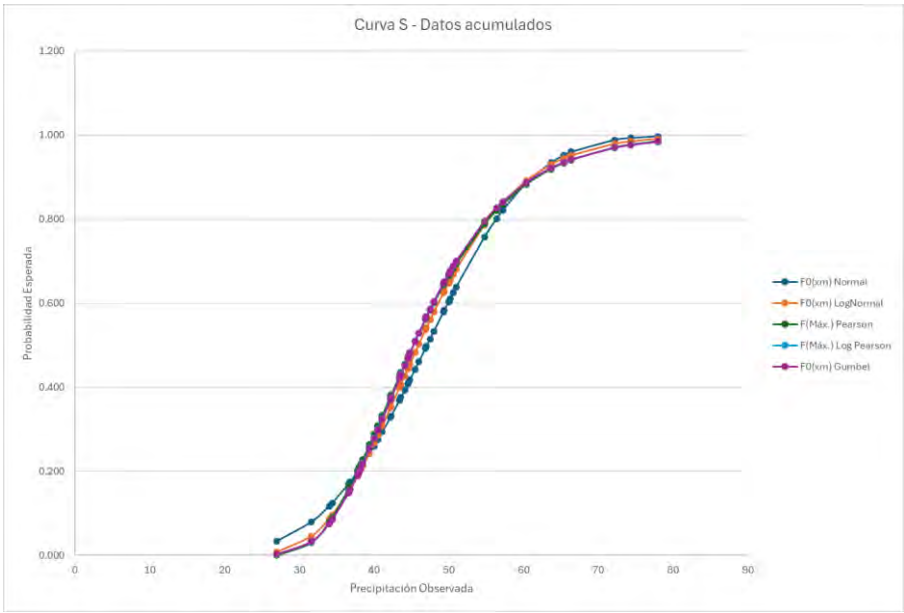
Para validar la precisión de estos modelos, se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, contrastando los valores teóricos con los observados. Como resultado, se determinó que la distribución de Gumbel ofrece el mejor ajuste estadístico al presentar el menor valor, según se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12 Comparación de estadísticas de ajuste y selección de la distribución de frecuencia óptima

$F0_{(Xm)} - F_{(Xm)}$				
Normal	Log Normal	Pearson III	Log Pearson III	Gumbel
0.1410	0.0984	0.0855	0.0796	0.0794
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Mejor Distribución: Gumbel 0.0794

Ilustración 39. Curva S – Datos acumulados



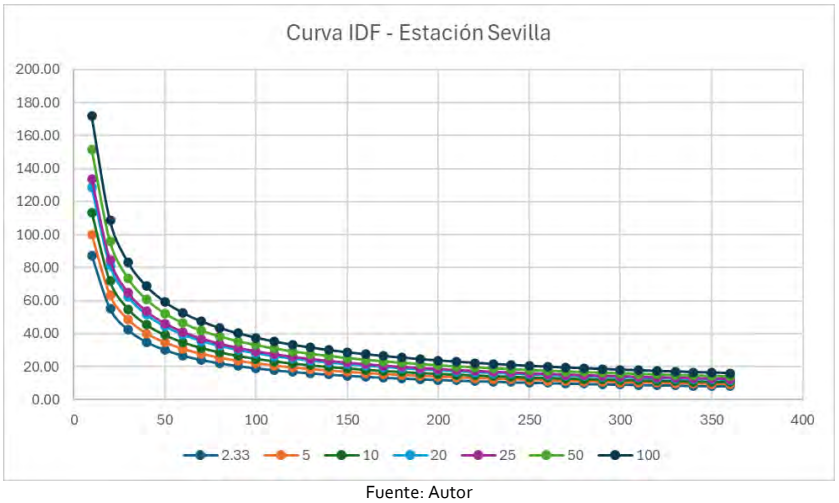
Fuente: elaboración Propia

El proceso anterior permitió validar la consistencia estadística de los resultados y definir los eventos de diseño que posteriormente se emplearon en la construcción de curvas IDF.

6.2.2.2. Evaluación de las Lluvias

En concordancia con el análisis anterior y teniendo en cuenta que el área de estudio es menor de 2.5 km² se elaboraron curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) para caracterizar eventos críticos de diseño (Ilustración 39), utilizando la metodología que recomienda el Manual de Drenajes del INVIAS que establece constantes según la región del país donde se encuentre la zona de estudio.

Ilustración 40. Curva IDF de la estación Sevilla.



Fuente: Autor

Con el fin de dar mejor entendimiento a lo realizado, la tabla 13 presenta la ecuación que recomienda el Manual de Drenajes del INVIAS, donde el valor de M, es el promedio multianual del promedio anual de los máximos, cuyo valor es de 25.42 mm, para este proyecto, de acuerdo con los datos de la estación Sevilla.

Tabla 13. Valores a tener en cuenta para la curva IDF.

CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA

$$I = \frac{a.T^b.M^d}{(\frac{t}{60})^c}$$

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Zona
Andina

M=	25 mm

Fuente: elaboración Propia

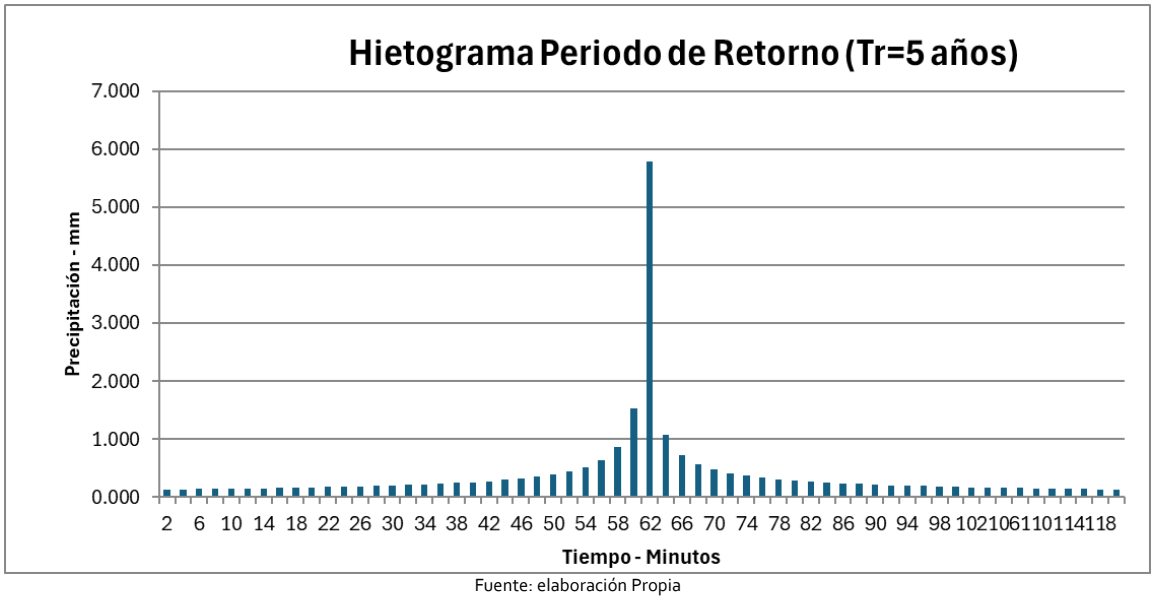
6.2.2.3. Elaboración del Hietograma

Con base en las precipitaciones de diseño obtenidas del análisis estadístico y la curva IDF, se elaboró el hietograma de lluvia. En el archivo Excel se distribuyó temporalmente la precipitación total en intervalos de tiempo definidos, de acuerdo con metodologías estándar de distribución de tormentas por el método de bloques alterno. Los hietogramas generados representan la variación temporal de la intensidad de lluvia y constituyen el insumo principal para la evaluación de la respuesta hidrológica de la cuenca y los procesos de infiltración.

En este orden de ideas el hietograma (Ilustración 40) corresponde a una tormenta de diseño discretizada cada 2 minutos hasta una duración total de 120 minutos, asociada a un período de retorno de 5 años. La distribución temporal muestra un patrón claramente concentrado, con un incremento progresivo de la intensidad de precipitación desde los primeros minutos hasta alcanzar un pico máximo aproximadamente en el minuto 62. Este pico representa el mayor aporte instantáneo de lluvia dentro del evento, concentrando una proporción significativa del volumen total en un intervalo corto de tiempo.

Posteriormente, la intensidad disminuye de manera gradual hacia el final del evento, manteniendo una cola de decrecimiento relativamente simétrica respecto al ascenso previo. Este comportamiento es característico de hietogramas sintéticos tipo bloque alternado o distribución centralizada, donde el máximo se ubica cerca del centro de la tormenta. Desde el punto de vista hidrológico, esta configuración es crítica para la generación de caudales pico, ya que favorece la sincronización entre la lluvia máxima y el tiempo de concentración de la cuenca, condición relevante para modelaciones con SCS-CN o simulaciones en HEC-HMS.

Ilustración 41. Hietograma de la estación Sevilla para un periodo de retorno de 5 años.



Fuente: elaboración Propia

6.2.3. Metodologías de Infiltración

6.2.3.1. Metodología de la Curva Número (SCS-CN)

La metodología de la Curva Número (CN), desarrollada por el Soil Conservation Service, se utilizó para estimar la escorrentía directa en función de la precipitación, el tipo de suelo, el uso del suelo y la condición de humedad antecedente.

Se definieron los valores de CN (tabla 14) para las distintas condiciones del terreno, ajustándolos según los escenarios de humedad antecedente (AMC I, II y III). Este método permitió evaluar de manera integrada la capacidad de infiltración del suelo y la generación de escorrentía superficial.

El método CN: No modela la infiltración como un proceso físico dinámico y calcula las pérdidas mediante:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Lo cual depende del almacenamiento potencial del suelo (S) y de que la infiltración este controlada por el parámetro CN y no por propiedades hidráulicas explícitas.

Tabla 14. Datos para el cálculo de la Curva Numero.

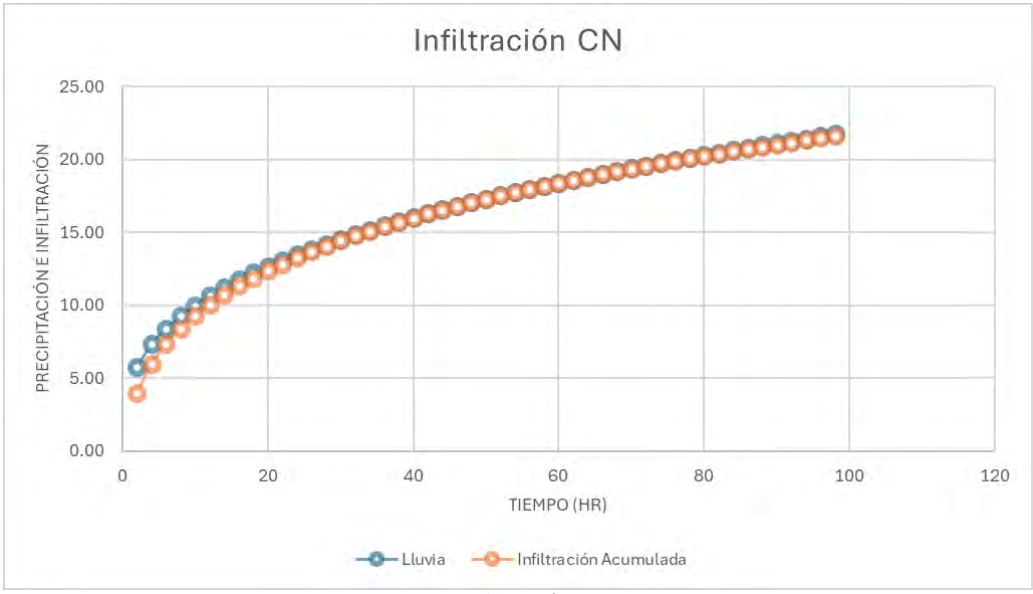
Gridcode	Tipo	Area	CN	CNxArea
0	Bosques	60410.85	73	4409991.85
1	Herbaceos	151631.99	71	10765871.58
2	Cultivos	20163.59	85	1713905.10
3	Desarrollados	17718.24	96	1700951.07
	Totales	249924.67		18590719.61

24%	Valor CN
61%	74
8%	
7%	

Fuente: elaboración Propia

De acuerdo con la información proporcionada, la Ilustración 36 presenta el análisis de infiltración mediante el método SCS–Curva Numero (CN), que muestra un comportamiento acumulativo progresivo con pendiente decreciente, sin representar explícitamente la dinámica física del proceso de infiltración. La curva evidencia una aproximación suavizada donde la infiltración depende principalmente del parámetro CN y del almacenamiento potencial del suelo (S), sin considerar efectos como la succión capilar o la variación real de la conductividad hidráulica en el tiempo. Este enfoque es empírico y resulta adecuado para estimaciones hidrológicas globales y modelación de escorrentía en eventos de diseño, aunque su capacidad para representar procesos transitorios es limitada, estableciendo que la infiltración final tiende a estabilizarse cerca de ~21–22 mm.

Ilustración 42. Comportamiento de la infiltración.



Fuente: elaboración Propia

6.2.3.2. Metodología de Green & Ampt

El modelo de Green & Ampt se aplicó como una metodología física para el análisis del proceso de infiltración. Este modelo considera parámetros como la conductividad hidráulica del suelo, la succión capilar y el contenido inicial de humedad. El calculó se estableció a partir del concepto de infiltración acumulada y la tasa de infiltración en función del tiempo, permitiendo identificar el momento en el cual el suelo alcanza la saturación.

La metodología de Green & Ampt modela:

$$f(t) = K_s\left(1+\frac{\psi_f \Delta\theta}{F(t)}\right)$$

Donde:

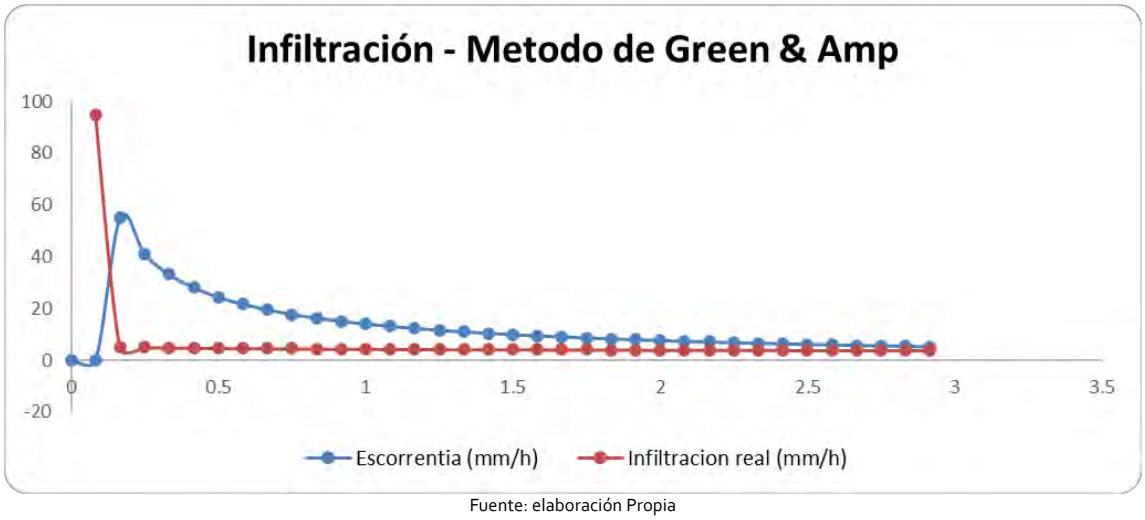
- K_s: conductividad hidráulica saturada.
- ψ_f: succión en el frente húmedo.

- $\Delta\theta$: cambio en contenido de humedad.
- $F(t)$: infiltración acumulada.

Por lo tanto, este modelo es físicamente basado, teniendo en cuenta las condiciones de balance de masa y momentum, adicionalmente, representa el avance del frente de humedad y captura la transición real hacia la escorrentía.

En consecuencia, es más adecuado para análisis geotécnicos, modelación acoplada infiltración, estabilidad y evaluación de presiones de poros.

Ilustración 43. Comportamiento de la infiltración, por el método de Green % & Ampt.



Fuente: elaboración Propia

La Ilustración 42

Ilustración 43 muestra el resultado del método de Green & Ampt donde se observa una infiltración inicial muy alta asociada a la succión capilar en el frente húmedo, seguida de un descenso rápido hasta estabilizarse cerca de la conductividad hidráulica saturada del suelo. Este comportamiento reproduce de manera más realista la transición entre infiltración y generación de escorrentía, permitiendo evaluar el avance del frente de saturación y su efecto sobre el contenido de humedad del suelo.

6.3. Análisis de Resultados

El análisis hidrológico y probabilístico realizado con base en la estación Sevilla permitió validar estadísticamente los eventos extremos mediante ajuste a la distribución de Gumbel, la cual presentó el mejor comportamiento según la prueba de Kolmogorov-Smirnov, a partir de ello se definieron eventos de diseño y se construyeron curvas IDF, considerando un valor multianual de máximos anuales M = 25.42 mm. El hietograma (Ilustración 35) elaborado para un período de retorno de 5 años mostró una tormenta concentrada con pico máximo alrededor del minuto 62, condición crítica para la generación de caudales pico y sincronización con el tiempo de concentración de la cuenca. Este

comportamiento evidencia una alta susceptibilidad a escorrentías intensas en intervalos cortos de tiempo.

En cuanto a infiltración, el método SCS-CN mostró una aproximación empírica con infiltración acumulada estabilizada alrededor de 21–22 mm, sin modelar explícitamente los procesos físicos del suelo. Por su parte, el modelo de Green & Ampt representó de manera más realista la infiltración inicial elevada por succión capilar y la posterior estabilización hacia la conductividad hidráulica saturada. El análisis conjunto indica que el suelo presenta rápida pérdida de capacidad de infiltración bajo lluvia intensa, alcanzando saturación en corto tiempo y generando incremento significativo de escorrentía. Esto confirma una capacidad limitada de almacenamiento hídrico y potencial incremento de presiones de poros en el talud.

El análisis conjunto de ambas metodologías muestra un comportamiento consistente del suelo frente a eventos de lluvia intensa. La rápida disminución de la tasa de infiltración y el aumento de la escorrentía indican una capacidad limitada de almacenamiento hídrico. Esto confirma que, bajo eventos de diseño, el terreno alcanza condiciones de saturación en un corto periodo de tiempo.

Comparativamente, el método CN tiende a simplificar la dinámica temporal y puede subestimar la infiltración inicial, mientras que Green & Ampt captura el proceso físico de manera más detallada y realista. Desde el punto de vista de estabilidad de taludes, la metodología de Green & Ampt resulta más apropiada para evaluar incrementos de presión de poros y reducción de resistencia efectiva durante eventos de lluvia, mientras que el método CN es útil para estimaciones preliminares de escorrentía y balance hídrico general.

6.3.1. Propuesta de Manejo Hidráulico y Estabilización Superficial del Talud

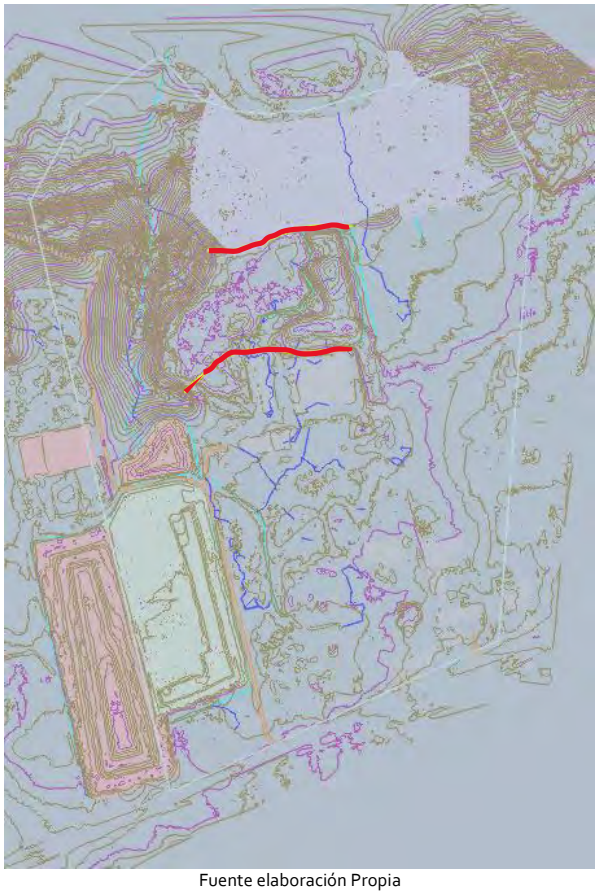
Con base en el análisis hidrológico desarrollado, particularmente en la evaluación de infiltración mediante los métodos SCS-CN y Green & Ampt, se estableció que el suelo presenta una capacidad limitada de almacenamiento hídrico y alcanza condiciones cercanas a la saturación en un periodo aproximado de 30 minutos bajo eventos de diseño. Esta condición, sumada a la concentración de escorrentía generada internamente dentro del predio y conducida hacia el talud natural, favorece el incremento de caudales superficiales con alta capacidad erosiva. La dinámica observada explica el proceso recurrente de socavación en la base y superficie del talud, asociado principalmente a flujos no controlados que descienden con velocidades elevadas.

Adicionalmente, el análisis topográfico evidenció la existencia de canales naturales que actualmente direccionan el flujo hacia el borde del talud. Sin embargo, estas trayectorias no cuentan con estructuras hidráulicas que permitan disipar energía ni regular la velocidad del agua, lo que incrementa el potencial de erosión superficial y la pérdida progresiva de material fino. Bajo estas condiciones, el comportamiento hidráulico del sector requiere una intervención que priorice el control de escorrentía antes de que el flujo alcance el plano inclinado del talud.

En este contexto, la solución técnicamente más adecuada consiste en la construcción de canales de coronación o cunetas triangulares (líneas amarillas en la Ilustración 44) ubicadas en el borde superior del talud. Estas estructuras permitirán interceptar y conducir las aguas superficiales de manera controlada, reduciendo significativamente la energía cinética del flujo antes de su descarga hacia puntos definidos de evacuación. El diseño geométrico triangular o semicircular facilita la autolimpieza hidráulica, optimiza la capacidad de conducción y contribuye a mantener velocidades dentro de rangos no erosivos, garantizando un manejo eficiente del caudal generado durante eventos críticos de precipitación.

De forma complementaria, se recomienda la vegetalización del talud mediante cobertura herbácea y especies de raíz fibrosa adaptadas a las condiciones locales. La incorporación de vegetación incrementa la rugosidad superficial, disminuye la velocidad de escorrentía, mejora la cohesión del suelo y contribuye al control de la erosión laminar. La combinación de cunetas de coronación y estabilización vegetal permitirá consolidar el sector, optimizar el manejo de aguas lluvias y mitigar de manera efectiva el proceso continuo de socavación, asegurando una mejora progresiva en la estabilidad superficial del talud y reduciendo el riesgo de degradación futura.

Ilustración 44. Ubicación de los canales, línea amarilla.



Fuente elaboración Propia

6.4. Conclusiones

En cumplimiento del objetivo general, orientado a analizar los procesos erosivos del talud vecino al relleno sanitario, se determinó que la dinámica hidrológica interna del predio es el principal factor condicionante de inestabilidad. La delimitación de cuencas evidenció que los aportes provienen exclusivamente de superficies internas (operativas, clausuradas y compactadas), concentrándose hacia el talud norte colindante con el río Guarapas. Esto confirma que el control hidráulico debe enfocarse en el manejo de escorrentía superficial generada dentro del relleno, más que en aportes externos.

Respecto al objetivo específico de evaluar las condiciones de lluvia con la estación Sevilla, el análisis estadístico y probabilístico permitió validar la distribución de Gumbel como la de mejor ajuste y definir eventos de diseño coherentes con la realidad climática local. La construcción del histograma para Tr = 5 años mostró una tormenta concentrada con pico alrededor del minuto 62, condición crítica para la generación de caudales máximos y aumento súbito de escorrentía, factor determinante en procesos erosivos y solicitaciones hidráulicas sobre el talud.

En cuanto al objetivo de evaluar la humedad antecedente del suelo mediante diferentes metodologías, se estableció que el método SCS-CN ofrece una estimación integrada de escorrentía, mientras que Green & Ampt representa con mayor precisión la infiltración transitoria y el avance del frente húmedo. Ambos resultados convergen en que el suelo, de comportamiento arcillo-limoso y baja permeabilidad, alcanza saturación aproximadamente a los 30 minutos bajo eventos de diseño. Este hallazgo es fundamental para el diseño de estructuras de manejo de aguas y para la evaluación de estabilidad, ya que la rápida saturación incrementa presiones de poros y reduce la resistencia efectiva del talud, cumpliendo así el objetivo de identificar criterios técnicos para el control hidráulico del sitio.

El estudio confirma que el régimen pluviométrico del sector presenta eventos concentrados capaces de inducir condiciones críticas de saturación, especialmente en escenarios de diseño previamente definidos. El suelo, de características arcillo-limosas y baja permeabilidad, alcanza la saturación aproximadamente a los 30 minutos de iniciado el evento lluvioso, lo cual incrementa la probabilidad de escorrentía superficial significativa y procesos erosivos en el talud del relleno sanitario.

Desde el punto de vista metodológico, el modelo Green & Ampt resulta más adecuado para evaluaciones geotécnicas y análisis acoplados infiltración–estabilidad, mientras que el método CN es útil para estimaciones globales de escorrentía. En consecuencia, el diseño hidráulico y las estrategias de manejo de aguas deben considerar la rápida saturación del terreno, la baja permeabilidad del suelo y la necesidad de controlar adecuadamente la escorrentía interna generada dentro del predio del relleno sanitario.

La implementación conjunta de canales de coronación o cunetas triangulares o semicirculares en el borde superior del talud y la estabilización mediante cobertura vegetal constituye una solución integral técnicamente coherente con los resultados del análisis hidrológico e infiltración realizado. Esta estrategia permite interceptar, conducir y disipar la escorrentía superficial con velocidades controladas, reducir la energía erosiva del flujo y minimizar la saturación superficial del terreno, atacando directamente las causas del proceso de socavación identificado. De esta manera, se fortalece el manejo hidráulico del sector, se mejora la estabilidad superficial del talud y se establecen condiciones sostenibles para la conservación y consolidación

7. RECOMENDACIONES

Como se indicó el nivel freático se detectó a 1.0 m de profundidad así mismo el estrato superior se encuentra saturado, por lo cual es necesario reducir la presión de poros para recuperar la cohesión efectiva del suelo, para esto se podrían utilizar:

- **Instalación de Drenes Horizontales de Penetración:** Se recomienda la inserción de tuberías perforadas (PVC de 2") con longitudes de 10 a 15 metros en la cara del talud para liberar el agua atrapada en el depósito **Qlp**.
- **Subdrenes Longitudinales (Filtros Franceses):** Construcción de zanjas rellenas de material filtrante y geotextil no tejido a lo largo del pie del talud y en bermas intermedias para captar el flujo subsuperficial.
- **Monitoreo del Nivel Freático:** Instalación de piezómetros de tubo abierto para verificar la efectividad del abatimiento durante las épocas de lluvia.

Adicional al manejo de la humedad es necesario realizar un manejo adecuado a la escorrentía superficial toda vez que es la principal causa de la erosión y la saturación del estrato superior (0-5m), para esto se podrían ejecutar las siguientes obras:

- **Canales de Coronación:** Construcción de cunetas revestidas en concreto en la parte alta de la ladera para interceptar el agua lluvia y con esto evitar su infiltración en el talud.
- **Canalización hacia Disipador de Energía:** El agua recolectada debe ser conducida mediante canales tipo rápido escalonado hacia la base del talud.
- **Construcción de Disipador de Energía (Bloques de Impacto):** En el punto de entrega al Río Guarapas, es necesario construir un cuenco amortiguador o estructura de bloques para reducir la velocidad del agua y evitar la socavación basal adicional en el pie de la ladera.

De igual manera, se proponen alternativas de refuerzo del talud basadas en el uso de barreras vivas tipo Vetiver (Chrysopogon zizanioides) o similares, ya que estas plantas generan un "anclaje natural" mediante raíces que alcanzan hasta 3 metros de profundidad, aumentando la resistencia al corte del estrato superficial.

La combinación del estas permitirá estabilizar la humedad del suelo por debajo del límite de saturación calculado, garantizando la integridad de la zona de ladera producto del requerimiento de la CAM.

Por último se recomienda implementar un protocolo de vigilancia técnica sobre el predio colindante para controlar el flujo proveniente de su sistema de riego artesanal. Es necesario gestionar ante el propietario y las autoridades competentes la conducción técnica de estos excedentes hacia un receptor final, ya que su libre vertimiento hacia el área de Biorgánicos constituye un factor de riesgo antrópico que compromete la eficacia de las obras de estabilidad aquí proyectadas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal de Pitalito. (2021). Plan de Ordenamiento Territorial (POT) 2021-2035: Municipio líder, incluyente, sostenible y con identidad cultural.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS]. (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10).
- Bowles, J. E. (1988). Foundation analysis and design (4.ª ed.). McGraw-Hill.
- Campos-Aranda, D. F. (2009). Intensidades máximas de lluvia para diseño hidrológico urbano en la República Mexicana. Edición del autor.
- Cárdenas, J. I., Fuquen, J. A., & Núñez, A. (2002). Geología de la Plancha 388 Pitalito (Escala 1:100.000). INGEOMINAS.
- Chow, V. T. (1995). Hidrología para ingenieros. McGraw-Hill.
- Das, B. M. (2017). Principles of foundation engineering (9.ª ed.). Cengage Learning.
- Diederix, H., Bohórquez, O. P., Mora-Páez, H., Peláez, J. R., Cardona, L., Corchuelo, Y., Ramírez, J., & Díaz-Mila, F. (2020). The Algeciras Fault System of the Upper Magdalena Valley, Huila Department. En J. Gómez & A. O. Pinilla-Pachon (Eds.), The
- Geology of Colombia (Vol. 4, pp. 423–452). Servicio Geológico Colombiano. https://doi.org/10.32685/pub.esp.38.2019.12
- Geodatos. (s.f.). Coordenadas de Pitalito, Colombia. https://www.geodatos.net/coordenadas/colombia/pitalito
- Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2011). Manual de drenajes para carreteras. Ministerio de Transporte.
- Kulhawy, F. H., & Mayne, P. W. (1990). Manual on estimating soil properties for foundation design. Cornell University.
- Monsalve Sáenz, G. (2011). Hidrología en la ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Servicio Geológico Colombiano & Universidad Nacional de Colombia. (2013a). Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000: Plancha 388 - Pitalito.
- Servicio Geológico Colombiano & Universidad Nacional de Colombia. (2013b). Memoria explicativa mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa, escala 1:100.000: Plancha 388 - Pitalito.
- Sowers, G. F. (1979). Introductory soil mechanics and foundations: Geotechnical engineering (4.ª ed.). Macmillan.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1996). Soil mechanics in engineering practice (3.ª ed.). Wiley.
- UNESCO. (2013). Curvas intensidad duración frecuencia para las regiones metropolitanas. UNESCO.

- Velandia, F., Núñez, A., & Marquínez, G. (2001). Memoria explicativa: Mapa geológico del departamento del Huila (Escala 1:300.000). INGEOMINAS.
- Vélez Upegui, J. J. (2010). Estimación del tiempo de concentración y tiempo. Universidad Nacional de Colombia.
- Wikipedia. (s.f.). Pitalito. Recuperado el 24 de febrero de 2026, de https://es.wikipedia.org/wiki/Pitalito

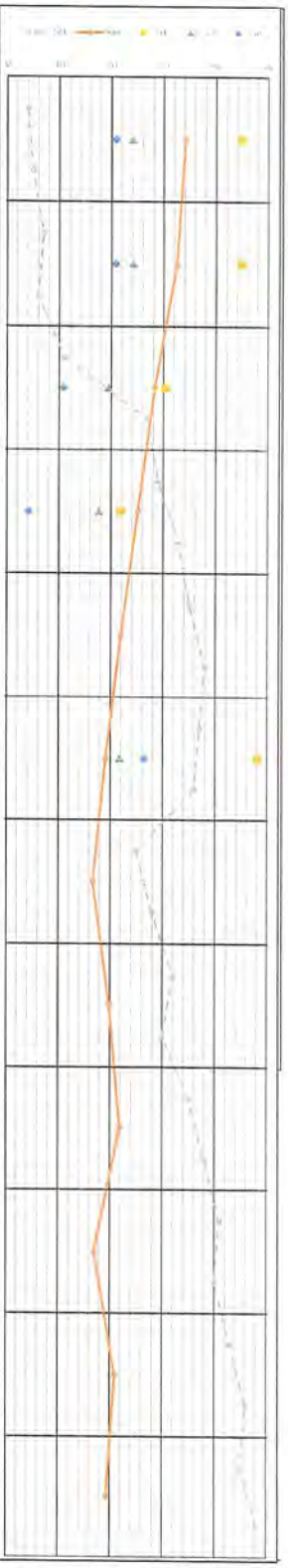
8.1. ANEXO ENSAYOS DE LABORATORIO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CODIGO GEOS-06
FECHA 17/05/2022
VERSION-1
Pagina 1 de 1

FECHA 29/01/2026 SONDEO 1
PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	EL NUMERO	ESTRATO	DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	PESOS UNITARIOS (gr/cm³) γ SECO	PESOS UNITARIOS (gr/cm³) γ Humedo	COMPRESION INCONFINADA qu (Kg/cm²)	COMPRESION INCONFINADA Su (Kg/cm²)
1,00		M1		ARCILLA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	CL	A-7-6(22)	1,39	###	-	-
2,00		M2		ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	CL	A-7-6(19)	1,41	###	-	-
3,00		M3		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFE	CL	A-6(3)	1,47	###	-	-
4,00		M4		ARENA ARCILLOSO-LIMOSA SC-SM DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	SC-SM	A-4(0)	1,56	###	-	-
5,00		M5		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-2-4	1,62	###	-	-
6,00		M6		ARENA ARCILLOSA CON GRAVA SC DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFE	SC	A-7-6(6)	1,56	###	-	-
7,00		M7		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ MARRON, (CAFÉ)	SM	A-2-4	1,59	###	-	-
8,00		M8		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-4	1,61	###	-	-
9,00		M9		ARENA MAL GRADADA CON LIMO CON GRAVA SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFE	SP SM	A-1-b	1,59	###	-	-
10,00		M10		ARENA LIMOSA CON BAJO CONTENIDO DE GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-4	1,63	###	-	
11,00		M11		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-1-b	1,54	###	-	-
12,00		M12		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-1-b	1,64	###	-	-



ALTERADA
INALTERADA
NIVEL FREATICO
SPT
RELENO
GRAVA
ARENA
LIMO
ARCILLA
M. ORGANICA

OBSERVACIONES : Nivel Freatico a 1,00 m

Revisó

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

Elaboró

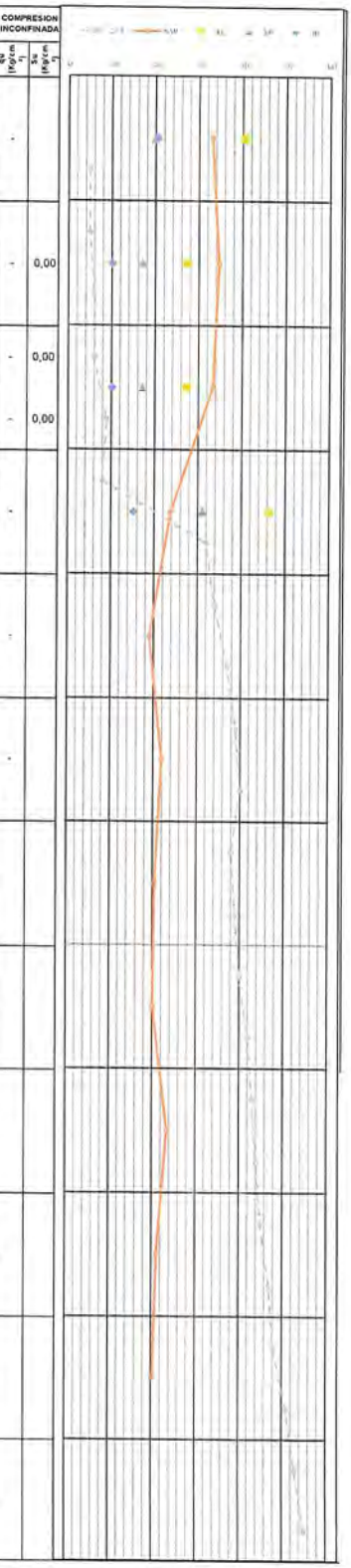
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CODIGO GECS-06
FECHA 17/05/2022
VERSION-1
Página 1 de 1

FECHA 29/01/2026 SONDEO 2
PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	NO. NUMERO	ESTRATO	DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	PESOS UNITARIOS (gr/cm³) γ seco	PESOS UNITARIOS (gr/cm³) γ Humed	COMPRESION INCONFINADA σv (kg/cm²)	COMPRESION INCONFINADA Sa (kg/cm²)
1,00	M1			ARCILLA ARENOSA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS HABANO	CL	A-7-6(13)	1,43	###	-	
2,00	M2			ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS HABANO	CL	A-4(3)	1,46	###	-	0,00
3,00	M3			ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ Y GRIS	SC	A-4(2)	1,47	###	-	0,00
									-	0,00
4,00	M4			ARENA LIMOSA SM DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS GRIS	SM	A-7-5(3)	1,44	###	-	
5,00	M5			ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLASTICA, COLOR CAFE	SM	A-2-4	1,66	###	-	
6,00	M6			ARENA MAL GRADADA CON LIMO CON GRAVA SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFE	SP SM	A-3	1,60	###	-	
7,00	M7			ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFE	SM	A-2-4	1,66	###		
8,00	M8			ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFE	SM	A-2-4	1,60	###		
9,00	M9			ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFE	SM	A-2-4	1,58	###		
10,00	M10			ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFE	SM	A-2-4	1,62	###		
11,00	M11			ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ TRAZA DE COLOR GRIS	SC	A-2-6(1)	1,59	###		
12,00	M12				####	#¡REF!	0,00	###		



ALTERADA / INALTERADA — NIVEL FREATICO — SPT — RELENO — GRAVA — ARENA — LIMO — ARCILLA — M. ORGANICA

OBSERVACIONES: Nivel Freatico a 1,00 m

Revisó Ingeniero

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró Ingeniero

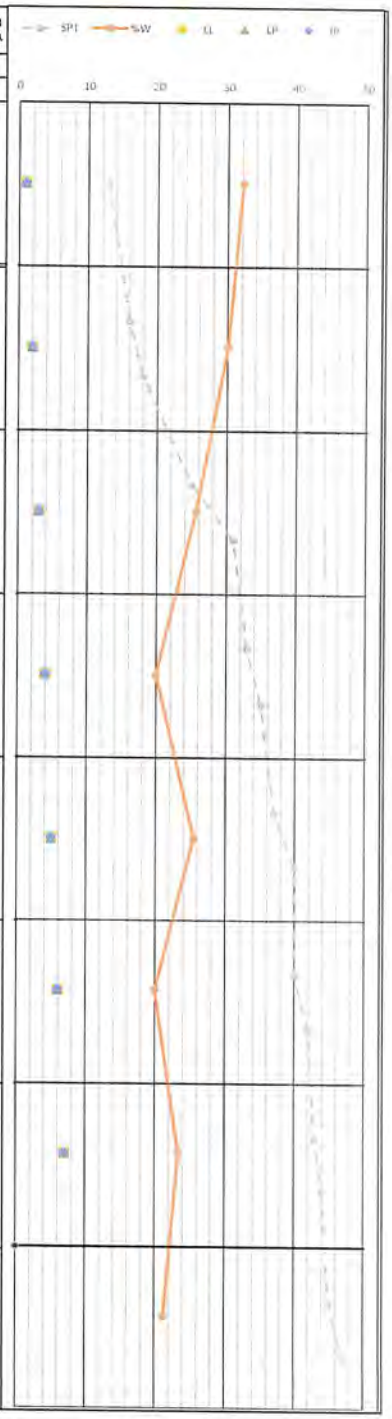
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CODIGO GEOS-06
FECHA 17/05/2022
VERSION-1

FECHA 29/01/2026 SONDEO 3
PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	M. NUMERO	ESTRATO	DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	PESOS UNITARIOS (g/cm³) γ seco	PESOS UNITARIOS (g/cm³) γ Humedo	COMPRESION INCONFINADA qu (Kg/cm²)	COMPRESION INCONFINADA Su (Kg/cm²)
1,00		M1		ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS HABANO	CL	A-7-6(19)	1,32	1,75		
2,00		M2		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS HABANO	CL	A-6(5)	1,49	1,94		
3,00		M3		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	SC	A-6(3)	1,56	1,96		
4,00		M4		ARENA LIMOSA SM DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	SM	A-4(0)	1,52	1,83		
5,00		M5		ARENA MAL GRADADA CON LIMO SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SP SM	A-3	1,43	1,79		
6,00		M6		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-2-4	1,59	2,00		
7,00		M7		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-2-4	1,60	1,92		
8,00		M8		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-2-4	1,58	1,96		



ALTERADA
INALTERADA
NIVEL FREATICO
SPT
RELENO
GRAVA
ARENA
LIMO
ARCILLA
M. ORGANICA

OBSERVACIONES : Nivel Freatico a 1,00 m

Revisó [illegible]
Ingeniero Civil

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

Elaboró [illegible]
Ingeniero Civil

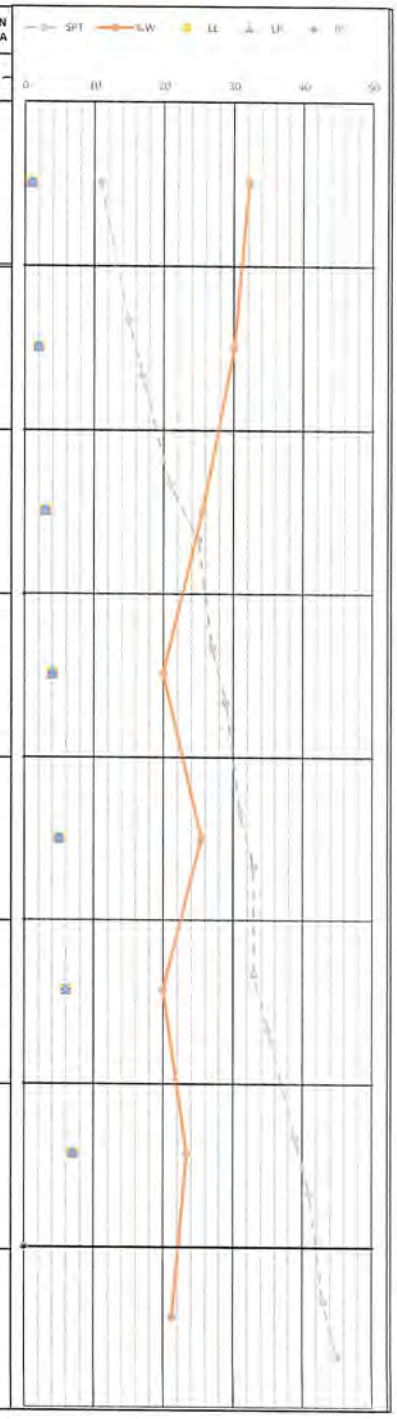
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CODIGO GEOS-06
FECHA 17/05/2022
VERSION-1

FECHA 29/01/2026 SONDEO 4
PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	M. NUMERO	ESTRATO	DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	PESOS UNITARIOS (g/cm³) γ SECO	PESOS UNITARIOS (g/cm³) γ Humedo	COMPRESION INCONFINADA qu (Kg/cm²)	COMPRESION INCONFINADA Su (Kg/cm²)
1,00		M1		ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	CL	A-7-6(19)	1,32	1,75		
2,00		M2		ARCILLA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	CL	A-6(5)	1,49	1,94		
3,00		M3		ARCILLA CON ARENA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	SC	A-6(3)	1,56	1,96		
4,00		M4		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	SM	A-4(0)	1,52	1,83		
5,00		M5		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	SP SM	A-3	1,43	1,79		
6,00		M6		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR HABANO BETA CAFÉ	SM	A-2-4	1,59	2,00		
7,00		M7		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-2-4	1,60	1,92		
8,00		M8		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	SM	A-2-4	1,58	1,96		



ALTERADA
INALTERADA
NIVEL FREATICO
SPT
RELENO
GRAVA
ARENA
LIMO
ARCILLA
M. ORGANICA

OBSERVACIONES : Nivel Freatico a 1,00 m

Revisó
Ingeniero
GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

Elaboró
Ingeniera
GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

CONSTANTES FISICAS Y PARAMETROS DE DISEÑO

CODIGO GEOS-09
FECHA 17/05/2022
VERSION-1
Página 1 de 1

FECHA 29/01/2026
PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA

SONDEO 1

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	M. RUPERO	ESTRATO	DESCRIPCION	CONSTANTES FISICAS							PARAMETROS DE DISEÑO					
					% GRADACION			LIMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD NATURAL (%)	SPT (N)	CLASIFICACION		COMPRESION INCONFINADA		PESOS UNITARIOS
					GRAVA	ARENA	FINO	LL	LP	IP			SUCS	AASHTO	qu (Kg/cm²)	Su (Kg/cm²)	γ SECO	γ Humedo
1,00	M1			ARCILLA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	0,0	5,2	94,8	45	24	21	34,1	4 — 5	CL	A-7-6(22)	-	-	1,39	1,86
2,00	M2			ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	0,0	15,3	84,7	45	24	21	32,5	7 — 6	CL	A-7-6(19)	-	-	1,41	1,87
3,00	M3			ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	0,0	46,3	53,7	30	19	11	25,2	11 — 27	CL	A-6(3)	-	-	1,47	1,88
4,00	M4			ARENA ARCILLOSO-LIMOSA SC-SM DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	0,0	57,9	42,1	22	18	4	21,9	29 — 33	SC-SM	A-4(0)	-	-	1,56	1,90
5,00	M5			ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	0,0	78,9	21,1	0	0	0	19,1	35 — 38	SM	A-2-4	-	-	1,62	1,98
6,00	M6			ARENA ARCILLOSA CON GRAVA SC DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	24,8	34,3	41,0	48	22	26	16,6	37 — 36	SC	A-7-6(6)	-	-	1,56	1,86
7,00	M7			ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ MARRON, (CAFÉ)	29,0	43,4	27,6	NL	NP	NP	19,9	25 — 28	SM	A-2-4	-	-	1,59	1,85
8,00	M8			ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	23,7	39,3	37,0	NL	NP	NP	21,9	32 — 30	SM	A-4	-	-	1,61	1,93
9,00	M9			ARENA MAL GRADADA CON LIMO CON GRAVA SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	41,7	50,9	7,4	NL	NP	NP	17,0	35 — 38	SP SM	A-1-b	-	-	1,59	1,94
10,00	M10			ARENA LIMOSA CON BAJO CONTENIDO DE GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	13,0	50,2	36,8	NL	NP	NP	21,0	41 — 40	SM	A-4	-	-	1,63	1,92
11,00	M11			ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	28,8	49,3	22,0	NL	NP	NP	19,3	43 — 46	SM	A-1-b	-	-	1,54	1,81
12,00	M12			ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	25,0	53,1	21,9	NL	NP	NP	0,0	45 — 48	SM	A-1-b	-	-	1,64	1,98

CONVENCIONES

ALTERADA — NIVEL FREATICO — RELLENO — ARENA — ARCILLA
INALTERADA — SPT — GRAVA — LIMO — M. ORGANICA

OBSERVACIONES Nivel Freatico a 1.00 m

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

DETERMINACION EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E -122-13

CODIGO GEOS-01
FECHA 17/05/2022
VERSION-1

PROYECTO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION: BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA
DESCRIPCION: N.A
FECHA: 29/01/2026 SONDEO: 1

Profundidad (cm)	Muestra	Peso recipiente + suelo húmedo (g)	Peso recipiente + suelo seco (g)	Peso recipiente (g)	Peso del agua en el suelo (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de humedad (%)
1	1	31,73	24,77	4,34	7,0	20,4	34,1
2	2	31,62	24,89	4,19	6,7	20,7	32,5
3	3	29,00	23,57	4,42	5,4	19,2	28,4
4	4	33,38	27,50	4,14	5,9	23,4	25,2
5	5	30,48	25,75	4,20	4,7	21,6	21,9
6	6	23,19	20,17	4,33	3,0	15,8	19,1
7	7	25,18	22,20	4,30	3,0	17,9	16,6
8	8	25,42	21,90	4,20	3,5	17,7	19,9
9	9	31,99	27,00	4,23	5,0	22,8	21,9
10	10	23,88	21,03	4,24	2,9	16,8	17,0
11	11	25,60	21,89	4,21	3,7	17,7	21,0
12	12	24,00	20,79	4,18	3,2	16,6	19,3



OBSERVACIONES :

Revisó _____ GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró _____ GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

DETERMINACION EN EL LABORATORIO DE LA DENSIDAD (PESO UNITARIO) DE MUESTRAS DE SUELO (ASTM D7263)

CODIGO GEOS-07
FECHA 17/05/2022
VERSION-1

PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA
DESCRIPCION N.A
FECHA 29/01/2026 SONDEO 1

METODO B: MEDICION DIRECTA					METODO A: DESPLAZAMIENTO DE AGUA											
MUESTRA	1				MUESTRA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11
Peso Húmedo (g)	39,8				Peso Húmedo (g)	37,3	37,1	36,0	35,0	92,9	147,2	70,0	56,2	65,2	88,1	119,4
Peso Seco (g)	29,67				Peso Seco (g)	28,13	28,90	28,76	28,70	78,02	126,19	58,39	46,10	55,31	75,28	98,69
% de Humedad	34,07				% de Humedad	32,51	28,36	25,17	21,95	19,07	16,65	19,89	21,91	17,86	16,97	20,98
Diametro (cm)	3,60				Peso Suelo+ Parafina (Mc)	37,72	39,56	37,67	37,7	3,80	3,70	3,80	3,70	3,80	3,80	3,70
Altura h (cm)	2,10				Peso Suelo + Parafina Sumergida	17,3	17,1	17,4	17,0	4,40	7,40	3,20	2,70	3,00	4,30	5,60
Area (cm^2)	10,18				Densidad Parafina (g/cm^3)	0,88	0,88	0,88	0,88	11,34	10,75	11,34	10,75	11,34	11,34	10,75
Volumen (cm^3)	21,38				Densidad Agua (g/cm^3)	1,00	1,00	1,00	1,00	49,90	79,57	36,29	29,03	34,02	48,77	60,21
Peso Unitario Húmedo (g/cm^3)	1,86				Peso Unitario Húmedo (g/cm^3)	1,87	1,88	1,96	1,98	1,86	1,85	1,93	1,94	1,92	1,81	1,98
Peso Unitario Seco (g/cm^3)	1,39				Peso Unitario Seco (g/cm^3)	1,41	1,47	1,56	1,62	1,56	1,59	1,61	1,59	1,63	1,54	1,64

OBSERVACIONES :

Revisó GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

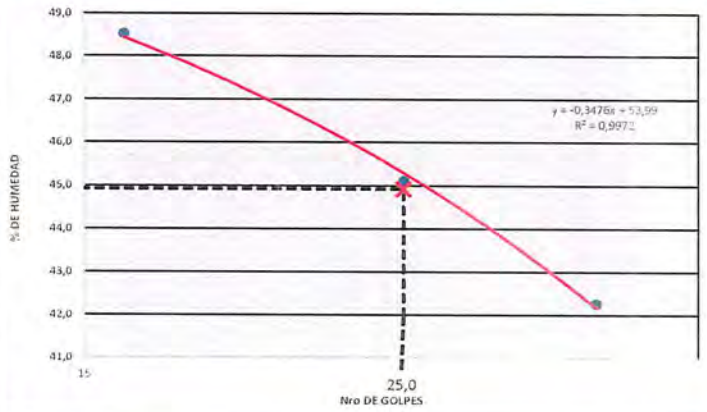
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	1
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	1,00
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	16	25	34
Masa humeda + Tara, g	30,14	30,80	28,70
Masa seca + Tara, g	21,60	22,50	21,46
Masa de Tara, g	4,00	4,10	4,33
Masa del agua, g	8,54	8,30	7,24
Masa seca, g	17,60	18,40	17,13
Humedad, (%)	**48,52**	**45,11**	**42,27**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	14,94	15,01	31,73
Masa seca + Tara, g	12,90	12,91	24,77
Masa de Tara, g	4,42	4,18	4,34
Masa del agua, g	2,04	2,10	6,96
Masa seca, g	8,48	8,73	20,43
Humedad, (%)	**24,06**	**24,05**	**34,07**

CURVA DE FLUIDEZ

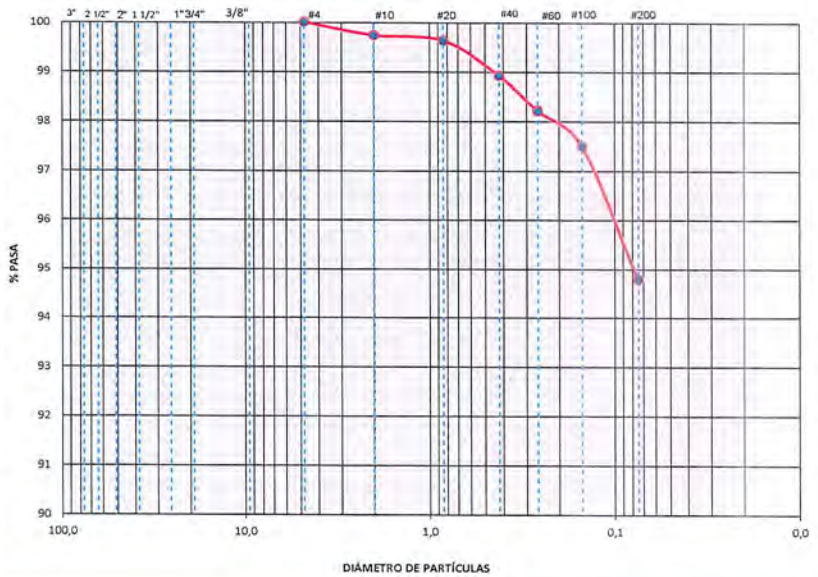


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	189,6	Masa seca Total antes del lavado, g	**141,5**
Masa seca después de lavar (g)	7,48		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	0,4	0,3	0,3	99,7
#20	0,840	0,2	0,1	0,4	99,6
#40	0,420	1,0	0,7	1,1	98,9
#60	0,260	1,0	0,7	1,8	98,2
#100	0,149	1,0	0,7	2,5	97,5
#200	0,074	3,9	2,7	5,2	94,8
Pasa #200		134,1	94,8		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	44,9
0,0		N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**24,1**
5,2		Cc		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**		**% Indice de Plasticidad**	**20,9**
94,8		N/A		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-7-6(22)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISO	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

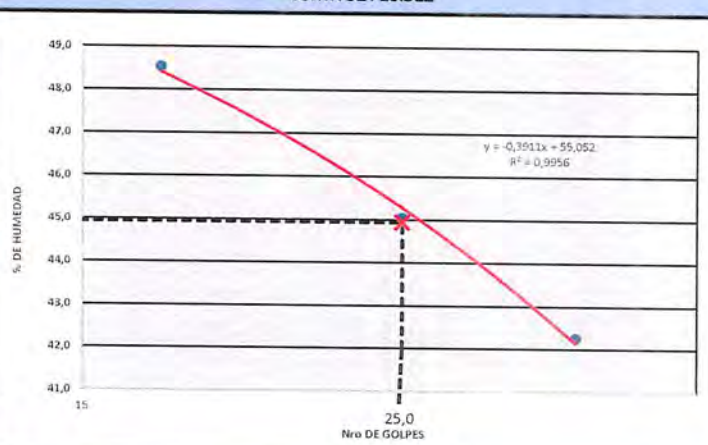
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	2
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	2,00
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	17	25	33
Masa humeda + Tara, g	30,14	30,80	28,70
Masa seca + Tara, g	21,60	22,50	21,46
Masa de Tara, g	4,00	4,07	4,33
Masa del agua, g	8,54	8,30	7,24
Masa seca, g	17,60	18,43	17,13
Humedad, (%)	**48,52**	**45,04**	**42,27**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	14,94	15,03	31,62
Masa seca + Tara, g	12,90	12,91	24,89
Masa de Tara, g	4,42	4,18	4,19
Masa del agua, g	2,04	2,12	6,73
Masa seca, g	8,48	8,73	20,70
Humedad, (%)	**24,06**	**24,28**	**32,51**

CURVA DE FLUIDEZ

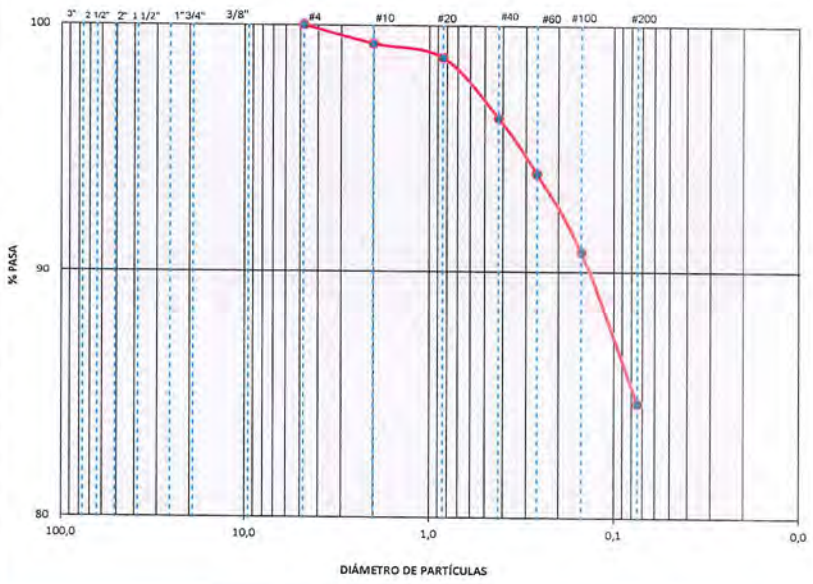


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	294,4	Masa seca Total antes del lavado, g	**222,1**
Masa seca después de lavar (g)	34,17		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	1,7	0,8	0,8	99,2
#20	0,840	1,2	0,5	1,3	98,7
#40	0,420	5,4	2,4	3,8	96,2
#60	0,260	5,0	2,3	6,0	94,0
#100	0,149	7,0	3,2	9,2	90,8
#200	0,074	13,7	6,2	15,3	84,7
Pasa #200		188,1	84,7		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,0		N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
15,3		Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
84,7		

% Límite Líquido	44,9
% Límite Plástico	24,2
% Indice de Plasticidad	20,8

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-7-6(19)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

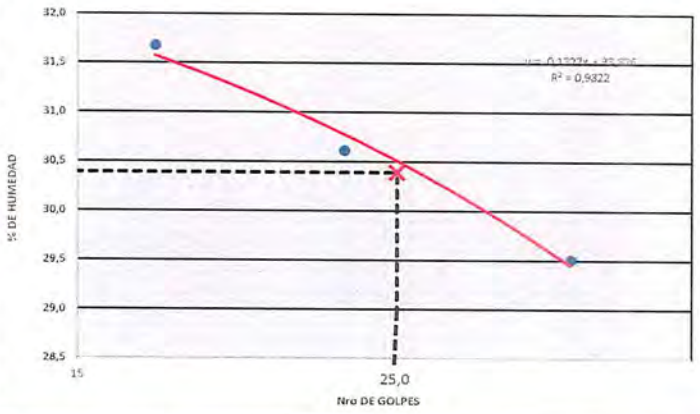
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	3
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	3,00
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	17	23	33
Masa humeda + Tara, g	28,09	34,84	26,80
Masa seca + Tara, g	22,37	27,69	21,71
Masa de Tara, g	4,31	4,33	4,46
Masa del agua, g	5,72	7,15	5,09
Masa seca, g	18,06	23,36	17,25
Humedad, (%)	**31,67**	**30,61**	**29,51**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	20,28	20,09	29,00
Masa seca + Tara, g	17,65	17,53	23,57
Masa de Tara, g	4,25	4,27	4,42
Masa del agua, g	2,63	2,56	5,43
Masa seca, g	13,40	13,26	19,15
Humedad, (%)	**19,63**	**19,31**	**28,36**

CURVA DE FLUIDEZ

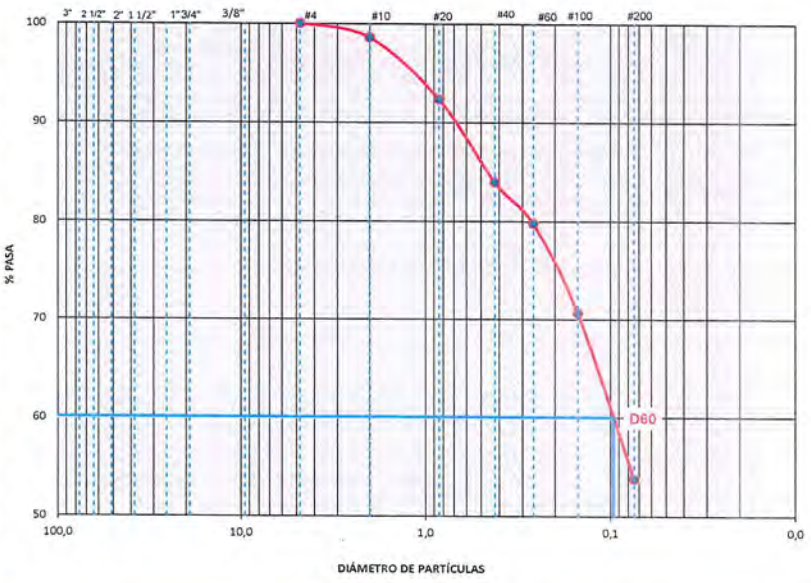


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	307,7	Masa seca Total antes del lavado, g	**239,7**
Masa seca después de lavar (g)	111,04		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	3,4	1,4	1,4	98,6
#20	0,840	15,0	6,3	7,7	92,3
#40	0,420	20,1	8,4	16,0	84,0
#60	0,260	10,0	4,2	20,2	79,8
#100	0,149	22,0	9,2	29,4	70,6
#200	0,074	40,5	16,9	46,3	53,7
Pasa #200		128,8	53,7		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	30,4
0,0	0,10	N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**19,5**
46,3		Cc		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A	**% Indice de Plasticidad**	**10,9**
53,7				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-6(3)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

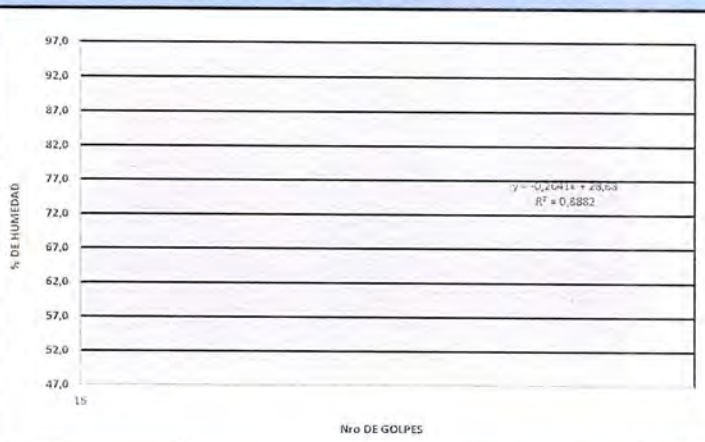
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	4
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	4
DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSO-LIMOSA SC-SM DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	17	23	33
Masa humeda + Tara, g	22,73	21,20	22,70
Masa seca + Tara, g	19,06	18,20	19,60
Masa de Tara, g	4,22	4,40	4,32
Masa del agua, g	3,67	3,00	3,10
Masa seca, g	14,84	13,80	15,28
Humedad, (%)	**24,73**	**21,74**	**20,29**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	22,85	19,51	33,38
Masa seca + Tara, g	20,10	17,20	27,50
Masa de Tara, g	4,35	4,29	4,14
Masa del agua, g	2,75	2,31	5,88
Masa seca, g	15,75	12,91	23,36
Humedad, (%)	**17,46**	**17,89**	**25,17**

CURVA DE FLUIDEZ

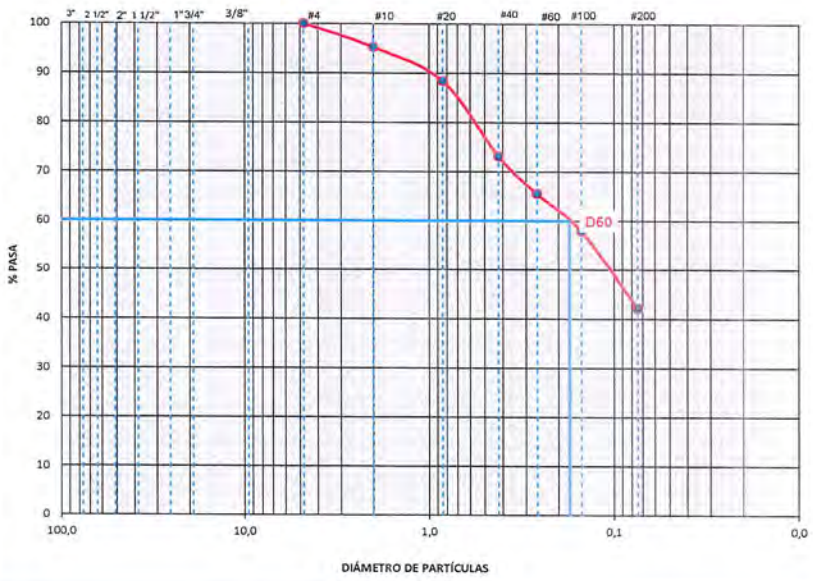


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	329,7	Masa seca Total antes del lavado, g	**263,4**
Masa seca después de lavar (g)	152,56		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	12,6	4,8	4,8	95,2
#20	0,840	18,0	6,8	11,6	88,4
#40	0,420	40,3	15,3	26,9	73,1
#60	0,260	20,0	7,6	34,5	65,5
#100	0,149	20,0	7,6	42,1	57,9
#200	0,074	41,6	15,8	57,9	42,1
Pasa #200		110,9	42,1		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,0	0,17	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
57,9		**Cc**
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
42,1		

% Limite Líquido	**21,8**
% Límite Plástico	**17,7**
% Indice de Plasticidad	**4,2**

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4(0)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SC-SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

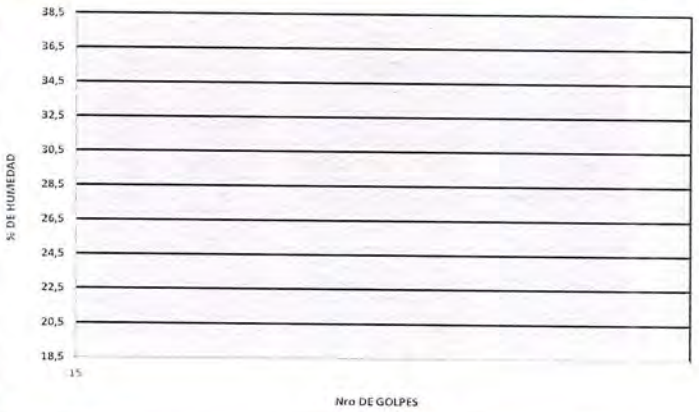
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	5
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	5,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA. COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			30,48
Masa seca + Tara, g			25,75
Masa de Tara, g			4,20
Masa del agua, g			4,73
Masa seca, g			21,55
Humedad, (%)	NP	NP	21,95

CURVA DE FLUIDEZ

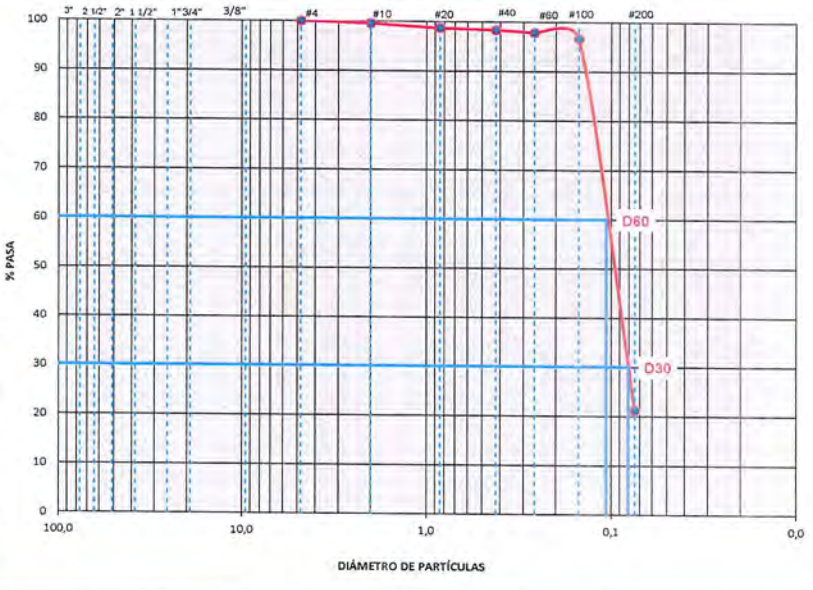


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	243,4	Masa seca Total antes del lavado, g	199,6
Masa seca después de lavar (g)	157,53		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	0,9	0,5	0,5	99,5
#20	0,840	1,7	0,9	1,3	98,7
#40	0,420	0,7	0,4	1,7	98,3
#60	0,260	1,1	0,6	2,2	97,8
#100	0,149	2,3	1,2	3,4	96,6
#200	0,074	150,7	75,5	78,9	21,1
Pasa #200		42,2	21,1		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	NL
0,0	0,11	N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**NP**
78,9	0,08	**Cc**		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A	**% Indice de Plasticidad**	**NP**
21,1				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

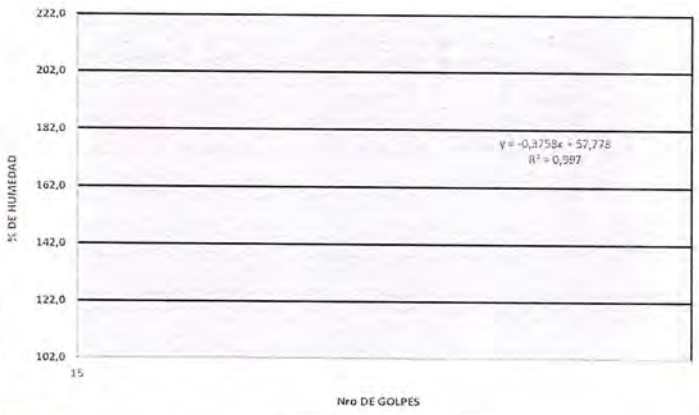
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	6
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	6,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA SC DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	18	25	31
Masa humeda + Tara, g	28,65	24,77	25,09
Masa seca + Tara, g	20,42	18,10	18,50
Masa de Tara, g	4,31	4,27	4,24
Masa del agua, g	8,23	6,67	6,59
Masa seca, g	16,11	13,83	14,26
Humedad, (%)	**51,09**	**48,23**	**46,21**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	18,95	20,34	23,19
Masa seca + Tara, g	16,32	17,45	20,17
Masa de Tara, g	4,17	4,26	4,33
Masa del agua, g	2,63	2,89	3,02
Masa seca, g	12,15	13,19	15,84
Humedad, (%)	**21,65**	**21,91**	**19,07**

CURVA DE FLUIDEZ

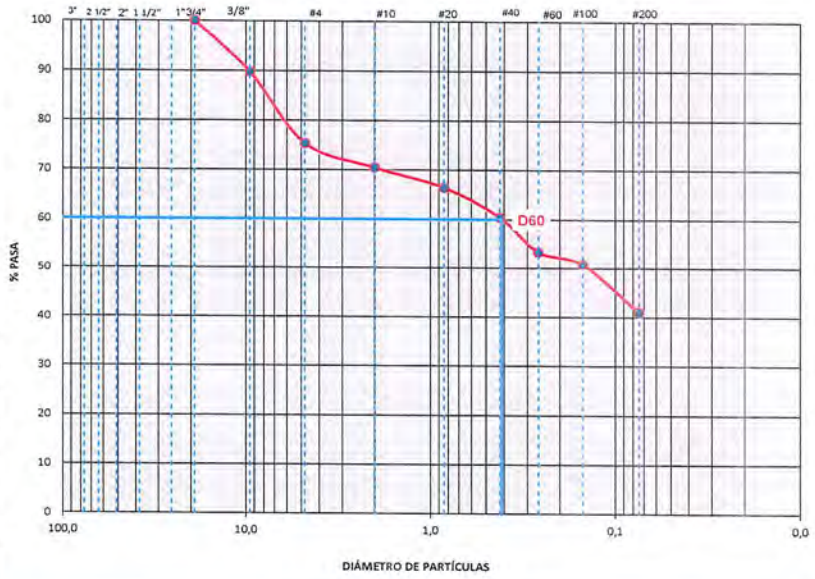


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	142,8	Masa seca Total antes del lavado, g	119,9
Masa seca después de lavar (g)	70,90		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	12,3	10,3	10,3	89,7
#4	4,760	17,4	14,5	24,8	75,2
#10	2,000	5,9	4,9	29,7	70,3
#20	0,840	4,8	4,0	33,7	66,3
#40	0,420	7,2	6,0	39,7	60,3
#60	0,260	8,4	7,0	46,7	53,3
#100	0,149	3,1	2,6	49,3	50,7
#200	0,074	11,7	9,8	59,0	41,0
Pasa #200		49,1	41,0		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
24,8	0,41	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
34,3		Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
41,0		

% Límite Líquido	48,2
% Límite Plástico	21,8
% Indice de Plasticidad	26,4

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-7-6(6)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SC

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CODIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

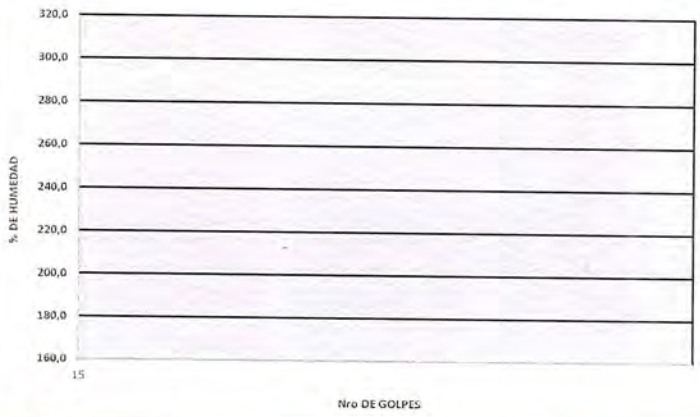
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	7
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	7,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ MARRON, (CAFÉ)		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



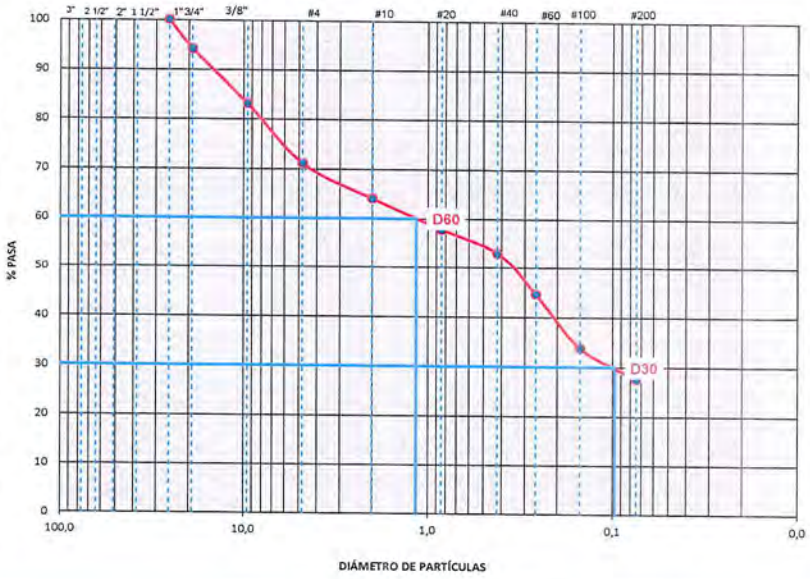
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			25,18
Masa seca + Tara, g			22,20
Masa de Tara, g			4,30
Masa del agua, g			2,98
Masa seca, g			17,90
Humedad, (%)	NP	NP	16,65

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	264,9	Masa seca Total antes del lavado, g	227,1
Masa seca después de lavar (g)	164,48		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	13,2	5,8	5,8	94,2
3/8"	9,510	25,2	11,1	16,9	83,1
#4	4,760	27,5	12,1	29,0	71,0
#10	2,000	16,0	7,0	36,1	63,9
#20	0,840	14,1	6,2	42,3	57,7
#40	0,420	10,8	4,8	47,0	53,0
#60	0,260	18,9	8,3	55,3	44,7
#100	0,149	24,7	10,9	66,2	33,8
#200	0,074	14,0	6,2	72,4	27,6
Pasa #200		62,7	27,6		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	NL
29,0	1,15	N/A		
% de Arena:	D30(mm):		% Límite Plástico	NP
43,4	0,10	Cc		
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):		% Indice de Plasticidad	NP
27,6		N/A		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO		
	FECHA		
	REVISIÓN		
	PÁGINA 1 DE 1		

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

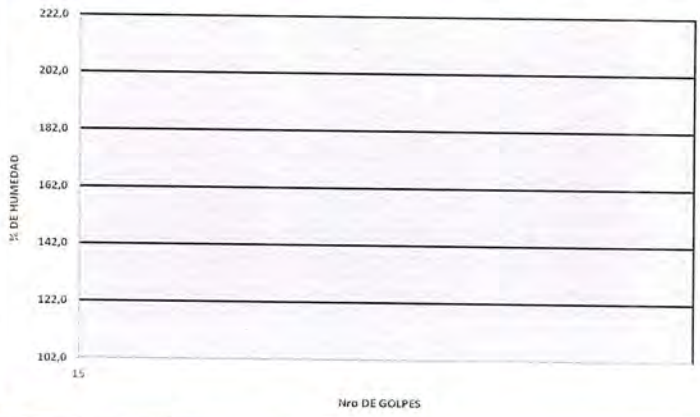
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	8
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	8,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			25,42
Masa seca + Tara, g			21,90
Masa de Tara, g			4,20
Masa del agua, g			3,52
Masa seca, g			17,70
Humedad, (%)	NP	NP	19,89

CURVA DE FLUIDEZ

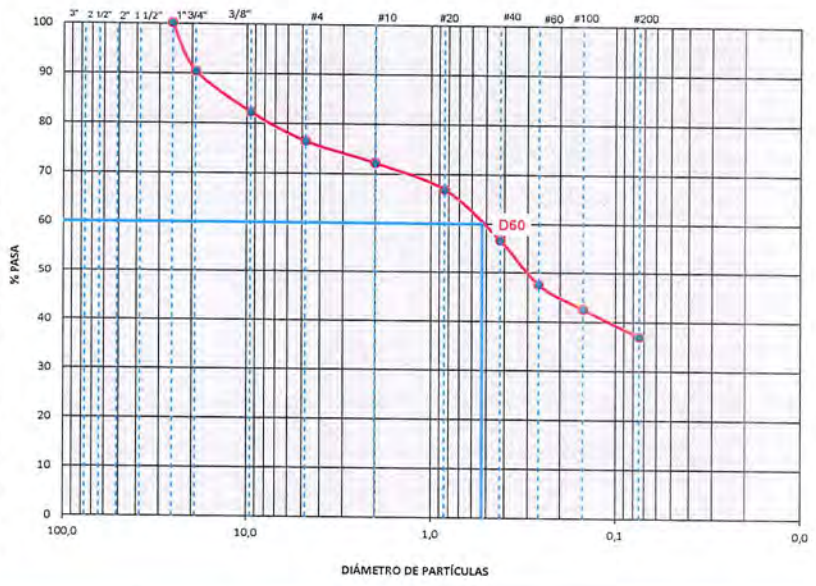


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	407,9	Masa seca Total antes del lavado, g	340,2
Masa seca después de lavar (g)	214,50		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	32,9	9,7	9,7	90,3
3/8"	9,510	27,8	8,2	17,8	82,2
#4	4,760	19,9	5,8	23,7	76,3
#10	2,000	14,6	4,3	28,0	72,0
#20	0,840	17,9	5,3	33,2	66,8
#40	0,420	34,3	10,1	43,3	56,7
#60	0,260	31,0	9,1	52,4	47,6
#100	0,149	17,0	5,0	57,4	42,6
#200	0,074	19,0	5,6	63,0	37,0
Pasa #200		125,8	37,0		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Limite Líquido	NL
23,7	0,53	N/A		
% de Arena:	D30(mm):		% Limite Plástico	NP
39,3		Cc		
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	N/A	% Indice de Plasticidad	NP
37,0				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

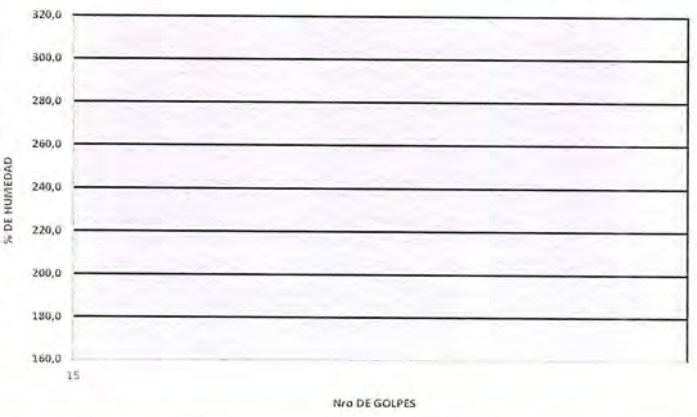
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	9
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	9,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA MAL GRADADA CON LIMO CON GRAVA SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



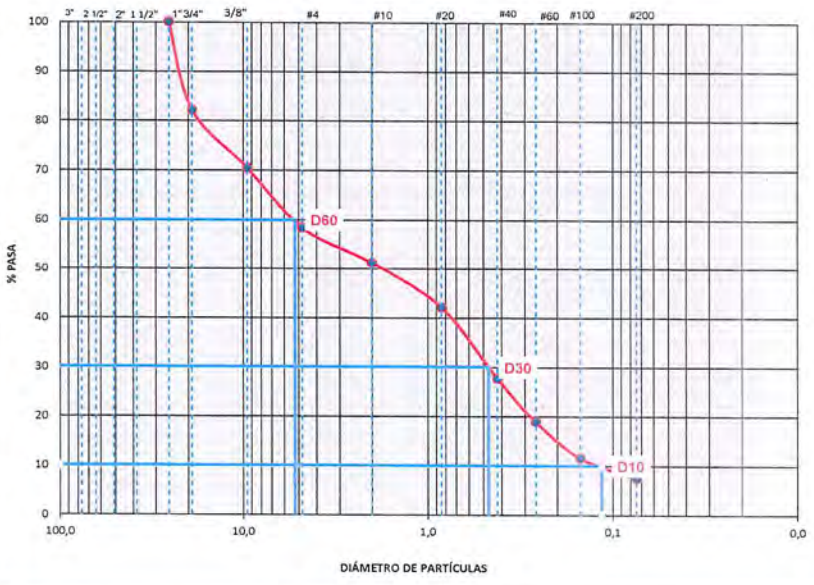
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			31,99
Masa seca + Tara, g			27,00
Masa de Tara, g			4,23
Masa del agua, g			4,99
Masa seca, g			22,77
Humedad, (%)	NP	NP	21,91

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	293,0	Masa seca Total antes del lavado, g	240,3
Masa seca después de lavar (g)	222,60		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	43,0	17,9	17,9	82,1
3/8"	9,510	28,0	11,7	29,5	70,5
#4	4,760	29,1	12,1	41,7	58,3
#10	2,000	17,2	7,2	48,8	51,2
#20	0,840	21,8	9,1	57,9	42,1
#40	0,420	34,8	14,5	72,4	27,6
#60	0,260	21,0	8,7	81,1	18,9
#100	0,149	17,7	7,4	88,5	11,5
#200	0,074	9,9	4,1	92,6	7,4
Pasa #200		17,8	7,4		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
41,7	5,23	>6
% de Arena:	**D30(mm):**	
50,9	0,47	Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	0,4
7,4	0,11	

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-1-b
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SP SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO		
	FECHA		
	REVISIÓN		
	PÁGINA 1 DE 1		

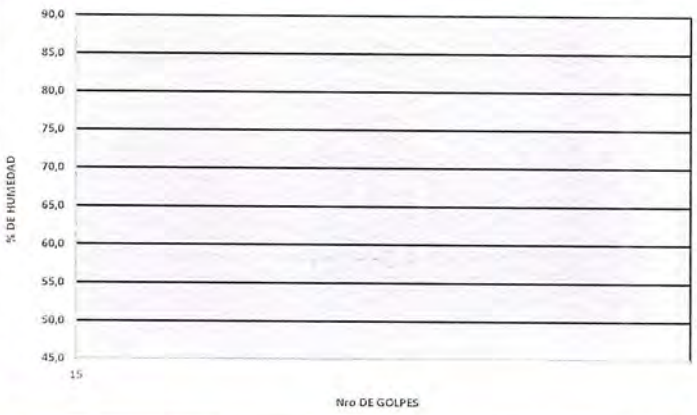
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	10
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	10,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA CON BAJO CONTENIDO DE GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



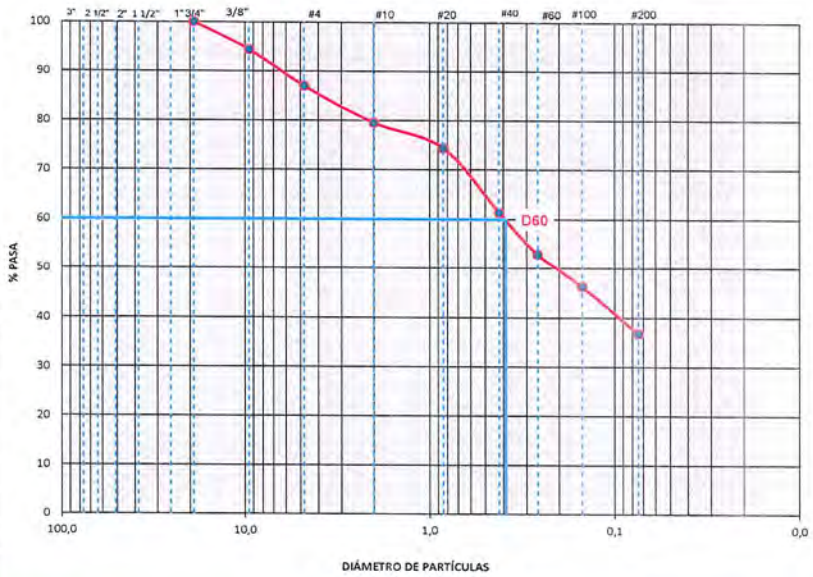
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			21,16
Masa seca + Tara, g			18,60
Masa de Tara, g			4,27
Masa del agua, g			2,56
Masa seca, g			14,33
Humedad, (%)	NP	NP	17,86

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	127,2	Masa seca Total antes del lavado, g	107,9
Masa seca después de lavar (g)	68,35		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	6,1	5,6	5,6	94,4
#4	4,760	8,0	7,4	13,0	87,0
#10	2,000	8,0	7,4	20,4	79,6
#20	0,840	5,6	5,2	25,6	74,4
#40	0,420	14,1	13,1	38,7	61,3
#60	0,260	9,1	8,4	47,1	52,9
#100	0,149	7,1	6,6	53,7	46,3
#200	0,074	10,3	9,5	63,2	36,8
Pasa #200		39,7	36,8		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	NL	
13,0	0,39	N/A			
% de Arena:	D30(mm):		% Límite Plástico	NP	
50,2		Cc			
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	N/A	% Indice de Plasticidad	NP	
36,8					

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

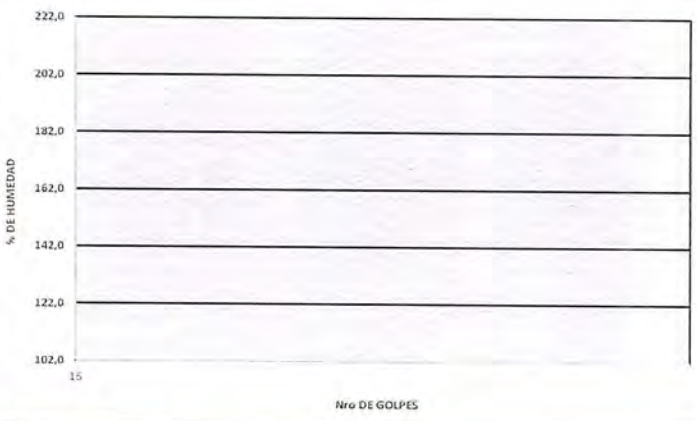
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	11
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	11,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			23,88
Masa seca + Tara, g			21,03
Masa de Tara, g			4,24
Masa del agua, g			2,85
Masa seca, g			16,79
Humedad, (%)	NP	NP	16,97

CURVA DE FLUIDEZ

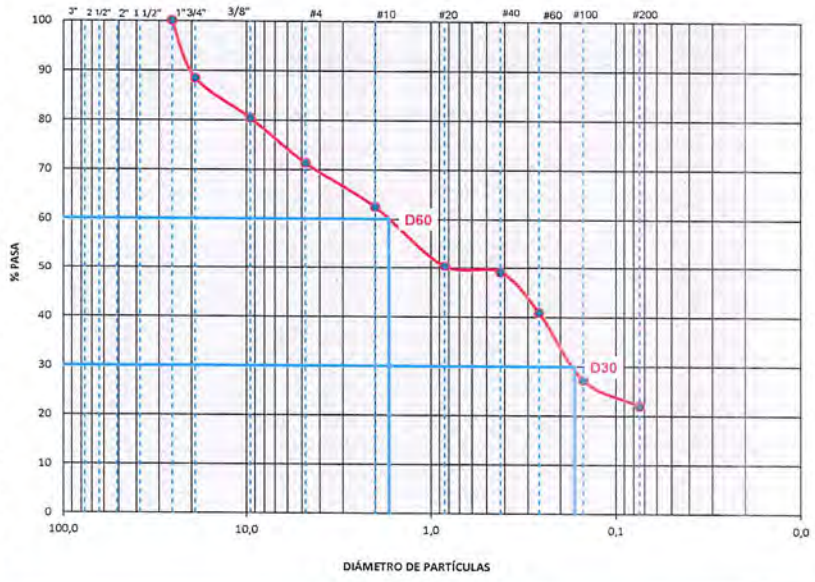


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	186,6	Masa seca Total antes del lavado, g	159,5
Masa seca después de lavar (g)	124,60		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	18,4	11,5	11,5	88,5
3/8"	9,510	12,9	8,1	19,6	80,4
#4	4,760	14,6	9,2	28,8	71,2
#10	2,000	14,1	8,8	37,6	62,4
#20	0,840	19,2	12,0	49,6	50,4
#40	0,420	2,0	1,3	50,9	49,1
#60	0,260	13,0	8,1	59,1	40,9
#100	0,149	22,0	13,8	72,8	27,2
#200	0,074	8,3	5,2	78,0	22,0
Pasa #200		35,0	22,0		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
28,8	1,68	N/A
% de Arena:	D30(mm):	
49,3	0,17	Cc
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	N/A
22,0		

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-1-b
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

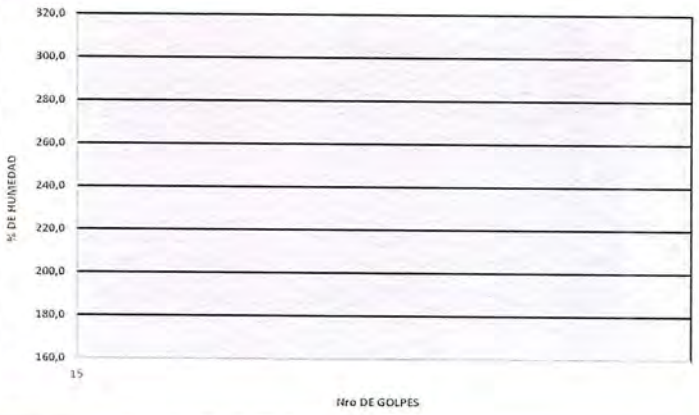
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	1
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	12
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	12,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



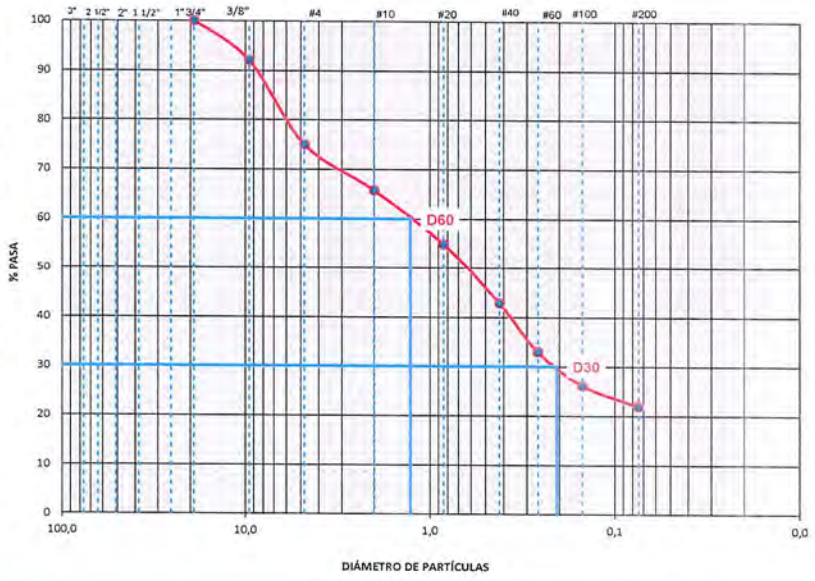
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			25,60
Masa seca + Tara, g			21,89
Masa de Tara, g			4,21
Masa del agua, g			3,71
Masa seca, g			17,68
Humedad, (%)	NP	NP	20,98

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	166,9	Masa seca Total antes del lavado, g	138,0
Masa seca después de lavar (g)	107,90		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	11,0	8,0	8,0	92,0
#4	4,760	23,5	17,0	25,0	75,0
#10	2,000	12,8	9,3	34,3	65,7
#20	0,840	15,0	10,9	45,2	54,8
#40	0,420	16,7	12,1	57,3	42,7
#60	0,260	13,6	9,9	67,1	32,9
#100	0,149	9,4	6,8	73,9	26,1
#200	0,074	5,8	4,2	78,1	21,9
Pasa #200		30,2	21,9		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
25,0	1,27	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
53,1	0,21	Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
21,9		

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-1-b
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

CONSTANTES FISICAS Y PARAMETROS DE DISEÑO

CODIGO GEOS-09
FECHA 17/05/2022
VERSION-1
Pagina 1 de 1
2

FECHA 29/01/2026 SONDEO
PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	M. NUMERO	ESTRATO	DESCRIPCION	CONSTANTES FISICAS							PARAMETROS DE DISEÑO						
					% GRADACION			LIMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD NATURAL (%)	SPT (N)	CLASIFICACION		COMPRESION INCONFINADA		PESOS UNITARIOS	
					GRAVA	ARENA	FINO	LL	LP	IP			SUCS	AASHTO	qu (Kg/cm²)	Su (Kg/cm²)	γ SECO	γ Humed o
1,00		M1		ARCILLA ARENOSA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS HABANO	0,0	###	69,5	41	20	21	33,1	5	CL	A-7-6(13)			1,43	1,91
2,00		M2		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS HABANO	0,0	###	54,8	27	17	10	34,7	5 6	CL	A-4(3)	0,00	0,00	1,46	1,96
3,00		M3		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ Y GRIS	0,0	###	47,1	27	17	10	33,3	6 9	SC	A-4(2)	0,00 0,00	0,00 0,00	1,47	1,96
4,00		M4		ARENA LIMOSA SM DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS GRIS	0,0	###	43,6	46	31	15	23,8	6 32	SM	A-7-5(3)			1,44	1,78
5,00		M5		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	0,0	###	14,0	NL	NP	NP	19,1	34 37	SM	A-2-4			1,66	1,98
6,00		M6		ARENA MAL GRADADA CON LIMO CON GRAVA SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	0,0	###	5,6	NL	NP	NP	22,0	39 40	SP SM	A-3			1,60	1,95
7,00		M7		ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	0,0	###	12,4	NL	NP	NP	20,4	38 39	SM	A-2-4			1,66	2,00
8,00		M8		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	0,0	###	26,9	NL	NP	NP	20,1	40 42	SM	A-2-4			1,60	1,92
9,00		M9		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	0,0	###	20,1	NL	NP	NP	23,5	43 44	SM	A-2-4			1,58	1,96
10,00		M10		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFE	0,0	###	20,2	NL	NP	NP	21,2	45 47	SM	A-2-4			1,62	1,97
11,00		M11		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ TRAZA DE COLOR GRIS	0,0	###	31,0	NL	NP	NP	20,3	48 51	SC	A-2-6(1)			1,59	2,00
12,00		M12																

CONVENCIONES

ALTERADA — NIVEL FREATICO — RELLENO — ARENA — ARCILLA
INALTERADA — SPT — GRAVA — LIMO — M. ORGANICA

OBSERVACIONES : Nivel Freatico a 1,00 m

Revisó

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

Elaboró

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

DETERMINACION EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E -122-13

PROYECTO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION: BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA
DESCRIPCION: N.A
FECHA: 29/01/2026 SONDEO: 2

Profundidad (cm)	Muestra	Peso recipiente + suelo húmedo (g)	Peso recipiente + suelo seco (g)	Peso recipiente (g)	Peso del agua en el suelo (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de humedad (%)
1	1	37,95	29,57	4,23	8,4	25,3	33,1
2	2	27,10	21,27	4,45	5,8	16,8	34,7
3	3	43,90	34	4,27	9,9	29,7	33,3
4	4	23,46	19,78	4,33	3,7	15,5	23,8
5	5	47,43	40,50	4,15	6,9	36,4	19,1
6	6	50,48	42,17	4,41	8,3	37,8	22,0
7	7	38,88	33,01	4,29	5,9	28,7	20,4
8	8	33,60	28,66	4,10	4,9	24,6	20,1
9	9	34,83	29,00	4,20	5,8	24,8	23,5
10	10	40,68	34,30	4,20	6,4	30,1	21,2
11	11	42,70	36,19	4,10	6,5	32,1	20,3



OBSERVACIONES :

Revisó GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

DETERMINACION EN EL LABORATORIO DE LA DENSIDAD (PESO UNITARIO) DE MUESTRAS DE SUELO (ASTM D7263)

PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA
DESCRIPCION N.A
FECHA 29/01/2026 SONDEO 2

METODO B: MEDICION DIRECTA														
MUESTRA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**		
Peso Húmedo (g)	42,2	46,6	71,7	43,3	93,2	91,8	119,2	211,7	199,2	142,6	81,4			
Peso Seco (g)	31,73	34,62	53,79	34,99	78,31	75,27	98,94	176,25	161,29	117,66	64,75			
% de Humedad	33,07	34,66	33,30	23,82	19,06	22,01	20,44	20,11	23,51	21,20	25,72			
Diametro (cm)	3,50	3,55	3,70	3,45	3,50	3,50	3,50	3,68	3,60	3,53	3,60			
Altura h (cm)	2,30	2,40	3,40	2,60	4,90	4,90	6,20	10,37	10,00	7,40	4,00			
Area (cm^2)	9,62	9,90	10,75	9,35	9,62	9,62	9,62	10,64	10,18	9,81	10,18			
Volumen (cm^3)	22,13	23,76	36,56	24,31	47,14	47,14	59,65	110,32	101,79	72,56	40,72			
Peso Unitario Húmedo (g/cm^3)	1,91	1,96	1,96	1,78	1,98	1,95	2,00	1,92	1,96	1,97	2,00			
Peso Unitario Seco (g/cm^3)	1,43	1,46	1,47	1,44	1,66	1,60	1,66	1,60	1,58	1,62	1,59			

OBSERVACIONES :

Revisó GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

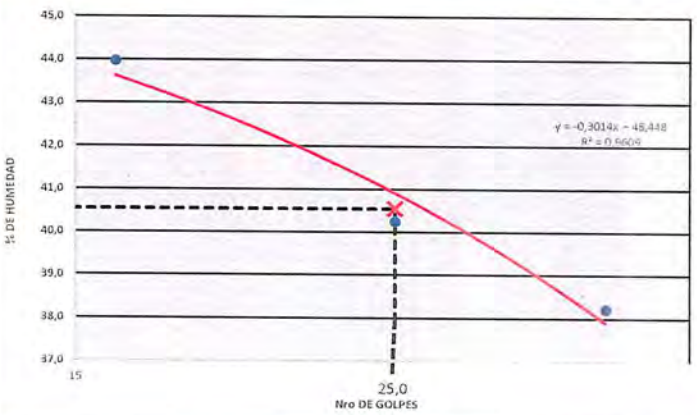
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	1
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	1,00
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA ARENOSA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS HABANO		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	16	25	35
Masa humeda + Tara, g	28,94	25,95	26,08
Masa seca + Tara, g	21,42	19,74	20,00
Masa de Tara, g	4,32	4,31	4,09
Masa del agua, g	7,52	6,21	6,08
Masa seca, g	17,10	15,43	15,91
Humedad, (%)	**43,98**	**40,25**	**38,21**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	19,85	19,86	37,95
Masa seca + Tara, g	17,26	17,26	29,57
Masa de Tara, g	4,28	4,27	4,23
Masa del agua, g	2,59	2,60	8,38
Masa seca, g	12,98	12,99	25,34
Humedad, (%)	**19,95**	**20,02**	**33,07**

CURVA DE FLUIDEZ

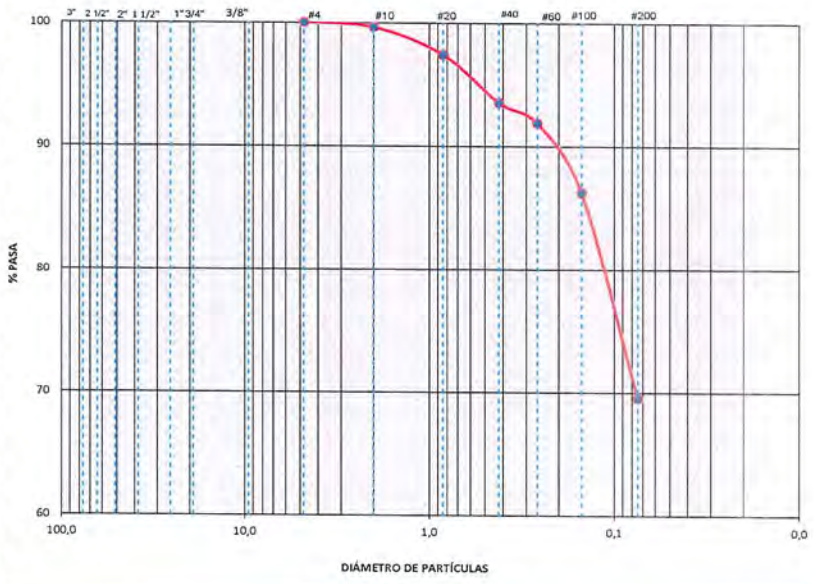


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	357,3	Masa seca Total antes del lavado, g	**268,5**
Masa seca después de lavar (g)	81,93		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	1,0	0,4	0,4	99,6
#20	0,840	6,0	2,2	2,6	97,4
#40	0,420	10,4	3,9	6,5	93,5
#60	0,260	4,4	1,6	8,1	91,9
#100	0,149	15,0	5,6	13,7	86,3
#200	0,074	45,0	16,8	30,5	69,5
Pasa #200		186,7	69,5		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	40,5
0,0		N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**20,0**
30,5		**Cc**		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A	**% Indice de Plasticidad**	**20,6**
69,5				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-7-6(13)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISO	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

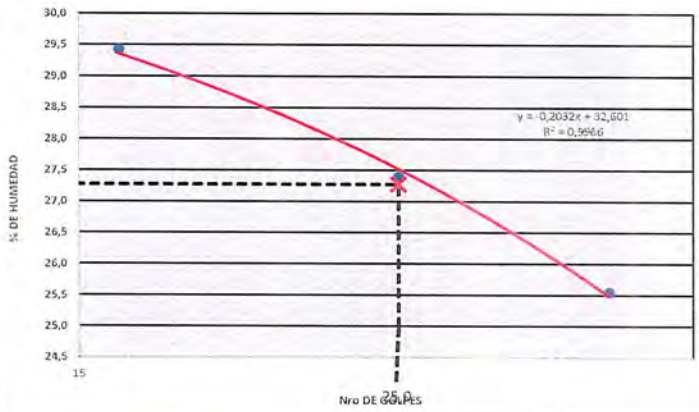
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	2
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	2,00
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFE BETAS HABANO		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	16	25	35
Masa humeda + Tara, g	31,11	26,87	28,80
Masa seca + Tara, g	25,00	22,00	23,80
Masa de Tara, g	4,23	4,22	4,23
Masa del agua, g	6,11	4,87	5,00
Masa seca, g	20,77	17,78	19,57
Humedad, (%)	**29,42**	**27,39**	**25,55**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	12,67	12,38	27,10
Masa seca + Tara, g	11,44	11,17	21,27
Masa de Tara, g	4,30	4,08	4,45
Masa del agua, g	1,23	1,21	5,83
Masa seca, g	7,14	7,09	16,82
Humedad, (%)	**17,23**	**17,07**	**34,66**

CURVA DE FLUIDEZ

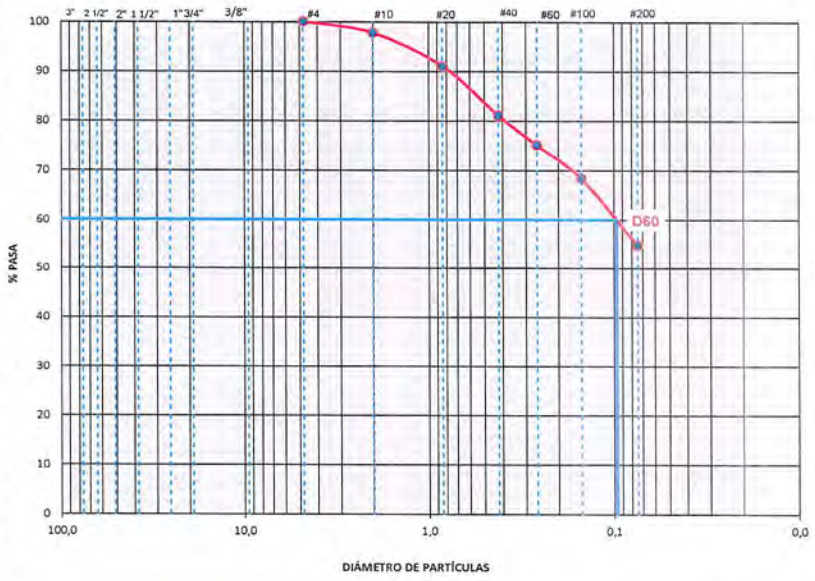


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	404,4	Masa seca Total antes del lavado, g	**300,3**
Masa seca después de lavar (g)	135,69		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	6,8	2,3	2,3	97,7
#20	0,840	20,0	6,7	8,9	91,1
#40	0,420	30,0	10,0	18,9	81,1
#60	0,260	18,0	6,0	24,9	75,1
#100	0,149	20,0	6,7	31,6	68,4
#200	0,074	40,8	13,6	45,2	54,8
Pasa #200		164,7	54,8		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,0	0,10	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
45,2		Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
54,8		

% Límite Líquido	**27,3**
% Límite Plástico	**17,1**
% Indice de Plasticidad	**10,1**

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4(3)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISO

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

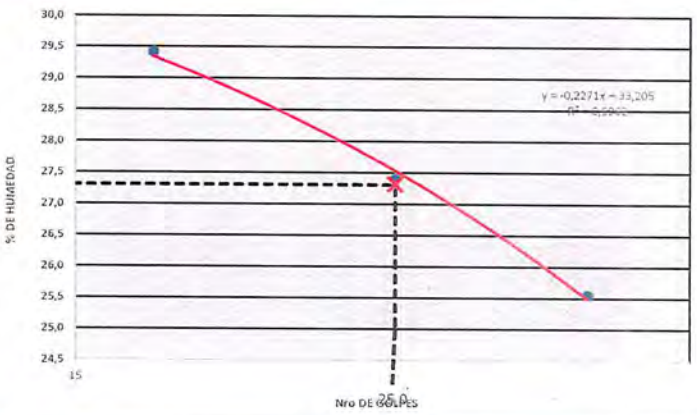
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	3
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	3,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ Y GRIS		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	17	25	34
Masa humeda + Tara, g	31,11	26,87	28,80
Masa seca + Tara, g	25,00	22,00	23,80
Masa de Tara, g	4,23	4,22	4,23
Masa del agua, g	6,11	4,87	5,00
Masa seca, g	20,77	17,78	19,57
Humedad, (%)	**29,42**	**27,39**	**25,55**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	12,67	12,38	43,90
Masa seca + Tara, g	11,44	11,17	34,00
Masa de Tara, g	4,29	4,08	4,27
Masa del agua, g	1,23	1,21	9,90
Masa seca, g	7,15	7,09	29,73
Humedad, (%)	**17,20**	**17,07**	**33,30**

CURVA DE FLUIDEZ

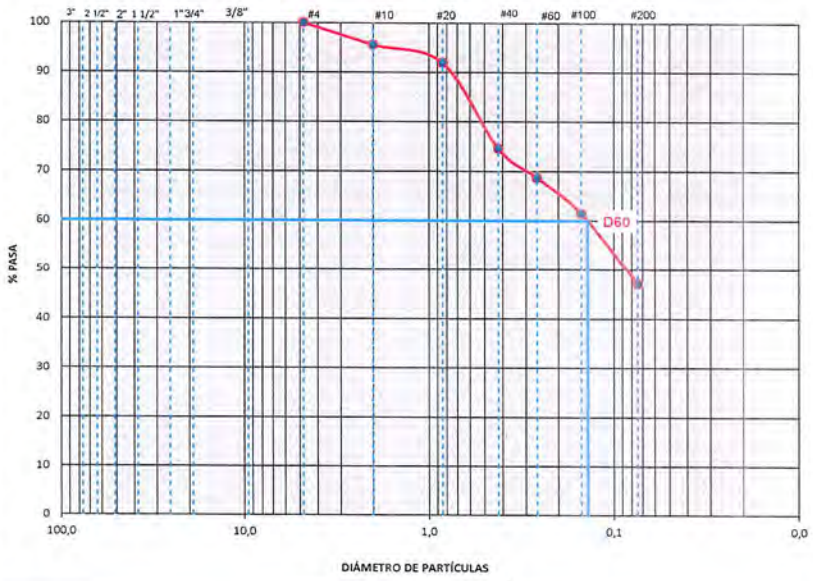


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	371,7	Masa seca Total antes del lavado, g	**278,9**
Masa seca después de lavar (g)	147,49		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	12,5	4,5	4,5	95,5
#20	0,840	10,0	3,6	8,1	91,9
#40	0,420	48,7	17,5	25,5	74,5
#60	0,260	16,2	5,8	31,3	68,7
#100	0,149	20,0	7,2	38,5	61,5
#200	0,074	40,0	14,3	52,9	47,1
Pasa #200		131,5	47,1		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,0	0,14	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
52,9		Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
47,1		

% Límite Líquido	27,3
% Límite Plástico	17,1
% Indice de Plasticidad	10,2

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4(2)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SC

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

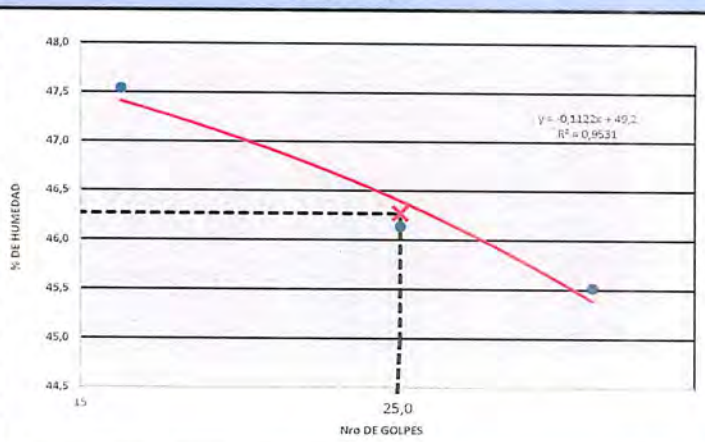
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	4
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	4
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS GRIS		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	16	25	34
Masa humeda + Tara, g	25,84	24,00	26,00
Masa seca + Tara, g	18,90	17,73	19,15
Masa de Tara, g	4,30	4,14	4,10
Masa del agua, g	6,94	6,27	6,85
Masa seca, g	14,60	13,59	15,05
Humedad, (%)	**47,53**	**46,14**	**45,51**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	22,47	27,16	23,46
Masa seca + Tara, g	18,00	22,00	19,78
Masa de Tara, g	4,39	4,35	4,33
Masa del agua, g	4,47	5,16	3,68
Masa seca, g	13,61	17,65	15,45
Humedad, (%)	**32,84**	**29,24**	**23,82**

CURVA DE FLUIDEZ

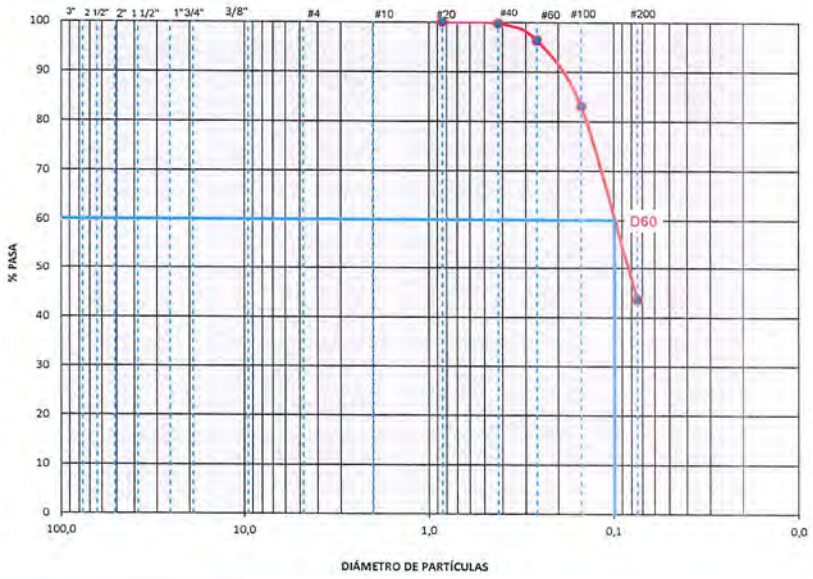


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	178,5	Masa seca Total antes del lavado, g	**144,1**
Masa seca después de lavar (g)	81,35		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	0,0	0,0	0,0	100,0
#20	0,840	0,0	0,0	0,0	100,0
#40	0,420	0,4	0,3	0,3	99,7
#60	0,260	4,8	3,3	3,6	96,4
#100	0,149	19,2	13,3	16,9	83,1
#200	0,074	56,9	39,4	56,4	43,6
Pasa #200		62,9	43,6		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,0	0,10	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
56,4		**Cc**
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
43,6		

% Límite Líquido	46,3
% Límite Plástico	31,0
% Indice de Plasticidad	15,2

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-7-5(3)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

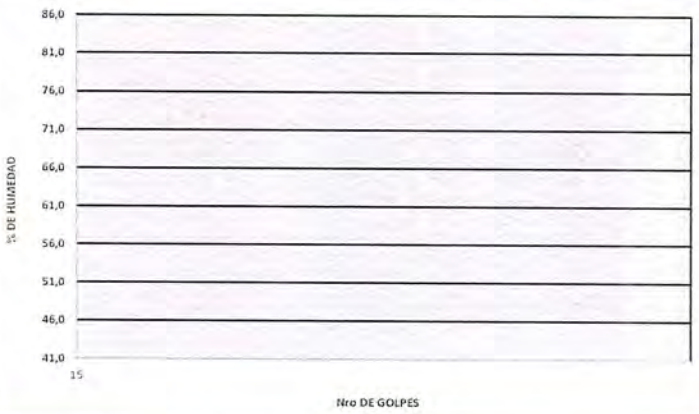
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	5
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	5,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



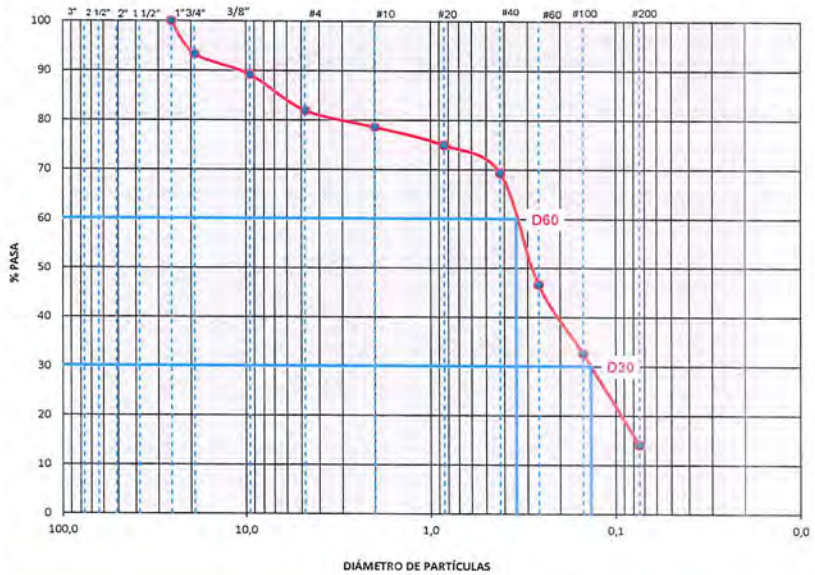
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			47,43
Masa seca + Tara, g			40,50
Masa de Tara, g			4,15
Masa del agua, g			6,93
Masa seca, g			36,35
Humedad, (%)	NP	NP	19,06

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	424,4	Masa seca Total antes del lavado, g	356,4
Masa seca después de lavar (g)	306,68		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	23,8	6,7	6,7	93,3
3/8"	9,510	14,9	4,2	10,9	89,1
#4	4,760	25,8	7,2	18,1	81,9
#10	2,000	12,0	3,4	21,5	78,5
#20	0,840	13,0	3,6	25,1	74,9
#40	0,420	20,1	5,6	30,7	69,3
#60	0,260	81,0	22,7	53,5	46,5
#100	0,149	50,0	14,0	67,5	32,5
#200	0,074	66,0	18,5	86,0	14,0
Pasa #200		49,8	14,0		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
18,1	0,35	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
67,9	0,14	Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
14,0		

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

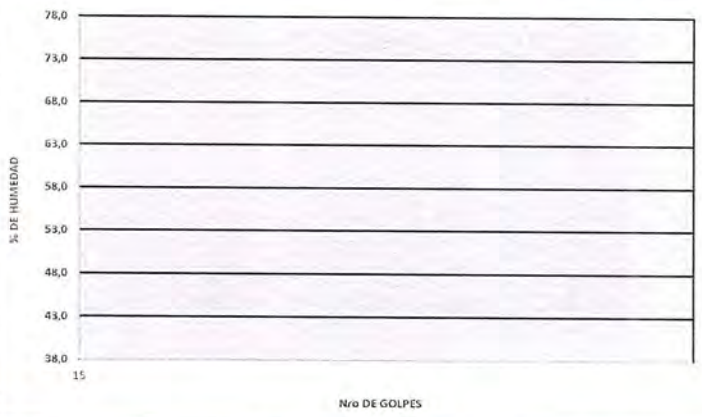
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	6
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	6,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA MAL GRADADA CON LIMO CON GRAVA SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



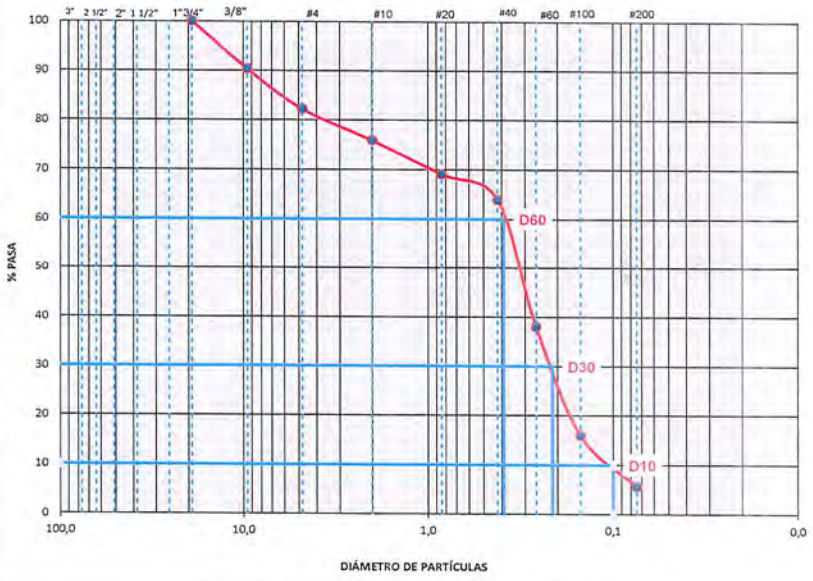
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			50,48
Masa seca + Tara, g			42,17
Masa de Tara, g			4,41
Masa del agua, g			8,31
Masa seca, g			37,76
Humedad, (%)	NP	NP	22,01

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	411,0	Masa seca Total antes del lavado, g	336,9
Masa seca después de lavar (g)	318,11		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	32,9	9,8	9,8	90,2
#4	4,760	27,6	8,2	18,0	82,0
#10	2,000	21,0	6,2	24,2	75,8
#20	0,840	23,0	6,8	31,0	69,0
#40	0,420	17,2	5,1	36,1	63,9
#60	0,260	87,2	25,9	62,0	38,0
#100	0,149	74,2	22,0	84,0	16,0
#200	0,074	34,9	10,4	94,4	5,6
Pasa #200		18,9	5,6		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Limite Líquido	NL
18,0	0,39	3,923688794		
% de Arena:	D30(mm):		% Limite Plástico	NP
76,4	0,21	Cc		
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	1,2	% Indice de Plasticidad	NP
5,6	0,10			

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-3
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SP SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

G-OS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

G-OS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

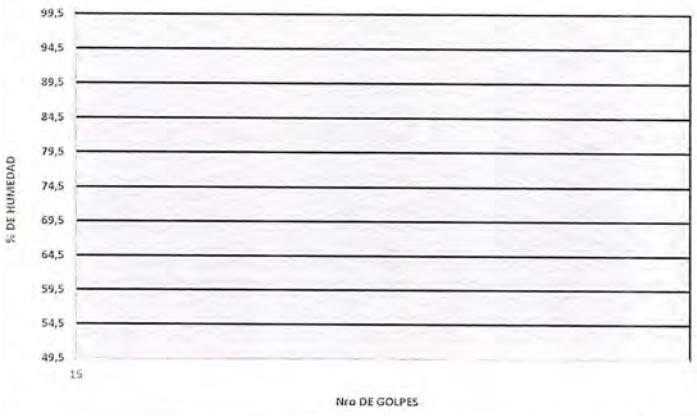
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	7
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	7,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA CON GRAVA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			38,88
Masa seca + Tara, g			33,01
Masa de Tara, g			4,29
Masa del agua, g			5,87
Masa seca, g			28,72
Humedad, (%)	NP	NP	20,44

CURVA DE FLUIDEZ

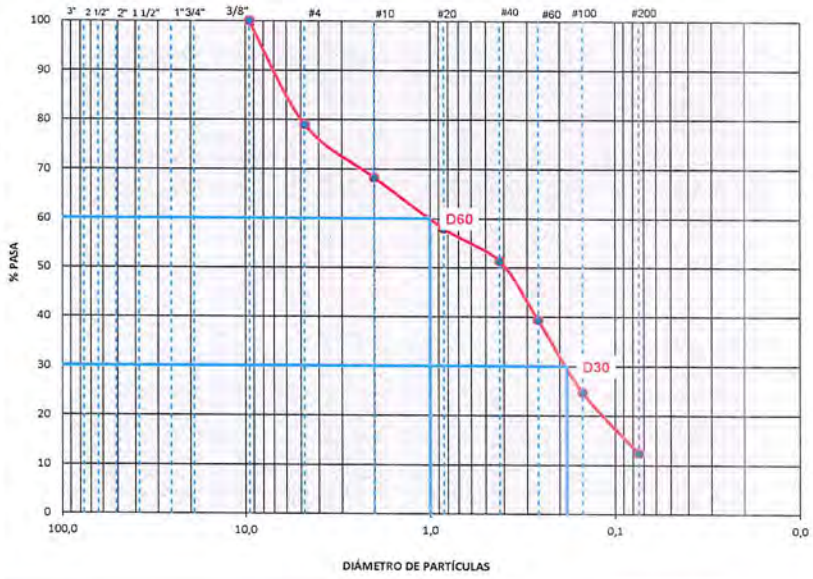


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	268,9	Masa seca Total antes del lavado, g	223,2
Masa seca después de lavar (g)	195,68		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	47,0	21,1	21,1	78,9
#10	2,000	24,0	10,8	31,8	68,2
#20	0,840	22,9	10,3	42,1	57,9
#40	0,420	15,0	6,7	48,8	51,2
#60	0,260	26,6	11,9	60,7	39,3
#100	0,149	32,6	14,6	75,3	24,7
#200	0,074	27,5	12,3	87,6	12,4
Pasa #200		27,7	12,4		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
21,1	1,00	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
66,6	0,18	**Cc**
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
12,4		

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

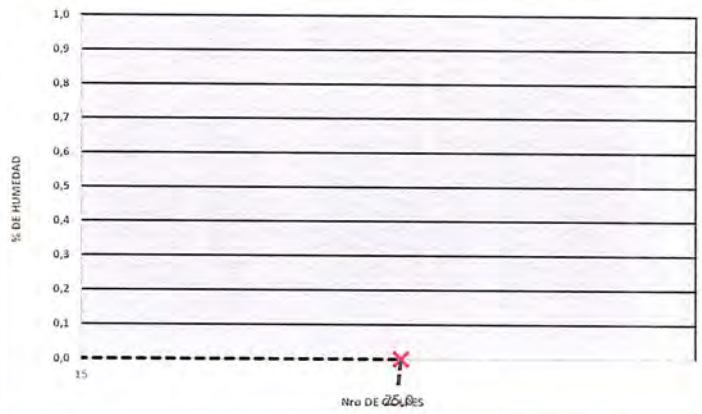
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	8
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	8
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



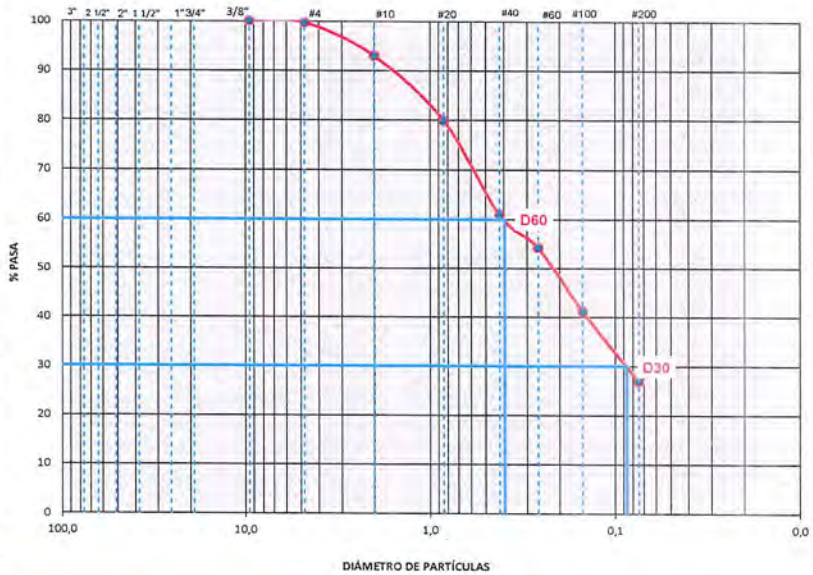
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			33,60
Masa seca + Tara, g			28,66
Masa de Tara, g			4,10
Masa del agua, g			4,94
Masa seca, g			24,56
Humedad, (%)	NP	NP	20,11

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	183,3	Masa seca Total antes del lavado, g	152,6
Masa seca después de lavar (g)	111,58		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,5	0,4	0,4	99,6
#10	2,000	10,3	6,7	7,1	92,9
#20	0,840	20,0	13,1	20,2	79,8
#40	0,420	29,0	19,0	39,2	60,8
#60	0,260	10,0	6,6	45,8	54,2
#100	0,149	20,0	13,1	58,9	41,1
#200	0,074	21,7	14,2	73,1	26,9
Pasa #200		41,1	26,9		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,4	0,40	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
72,7	0,09	**Cc**
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
26,9		

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

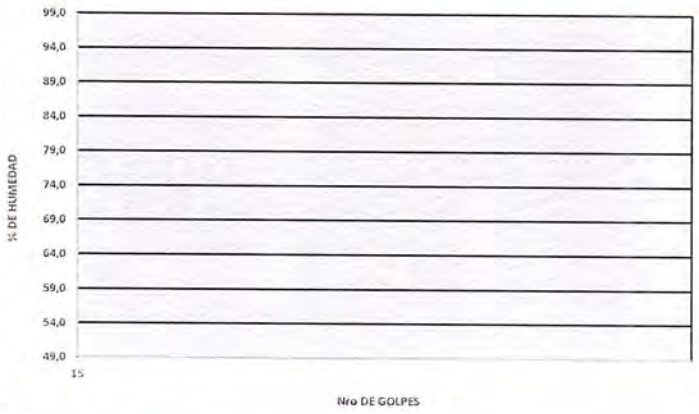
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	9
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	9
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			34,83
Masa seca + Tara, g			29,00
Masa de Tara, g			4,20
Masa del agua, g			5,83
Masa seca, g			24,80
Humedad, (%)	NP	NP	23,51

CURVA DE FLUIDEZ

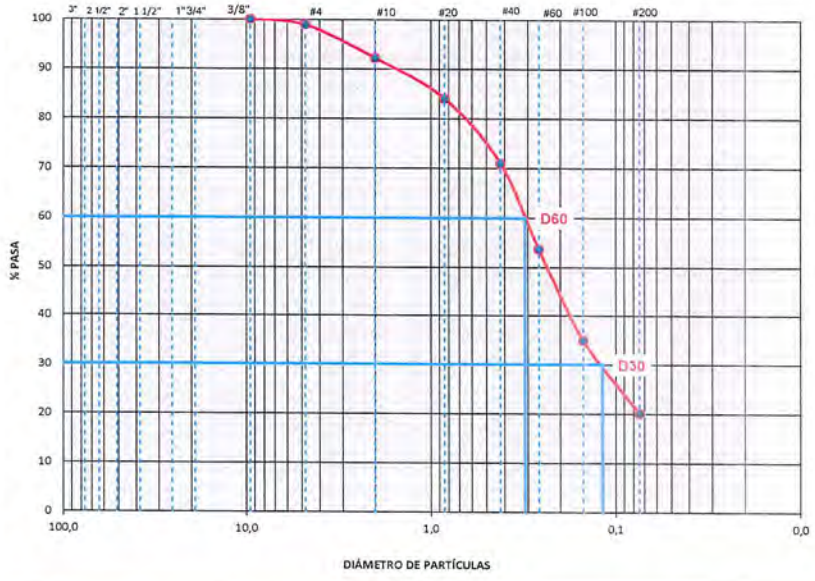


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	214,9	Masa seca Total antes del lavado, g	174,0
Masa seca después de lavar (g)	139,11		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	2,1	1,2	1,2	98,8
#10	2,000	11,6	6,6	7,9	92,1
#20	0,840	14,1	8,1	16,0	84,0
#40	0,420	22,7	13,0	29,0	71,0
#60	0,260	30,1	17,3	46,3	53,7
#100	0,149	32,6	18,7	65,1	34,9
#200	0,074	25,8	14,8	79,9	20,1
Pasa #200		35,0	20,1		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	NL
1,2	0,31	N/A		
% de Arena:	D30(mm):		% Límite Plástico	NP
78,7	0,12	Cc		
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	N/A	% Indice de Plasticidad	NP
20,1				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

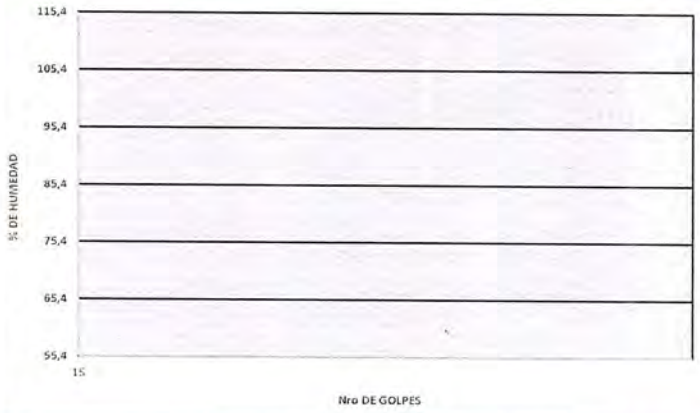
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	10
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	10
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			40,68
Masa seca + Tara, g			34,30
Masa de Tara, g			4,20
Masa del agua, g			6,38
Masa seca, g			30,10
Humedad, (%)	NP	NP	21,20

CURVA DE FLUIDEZ

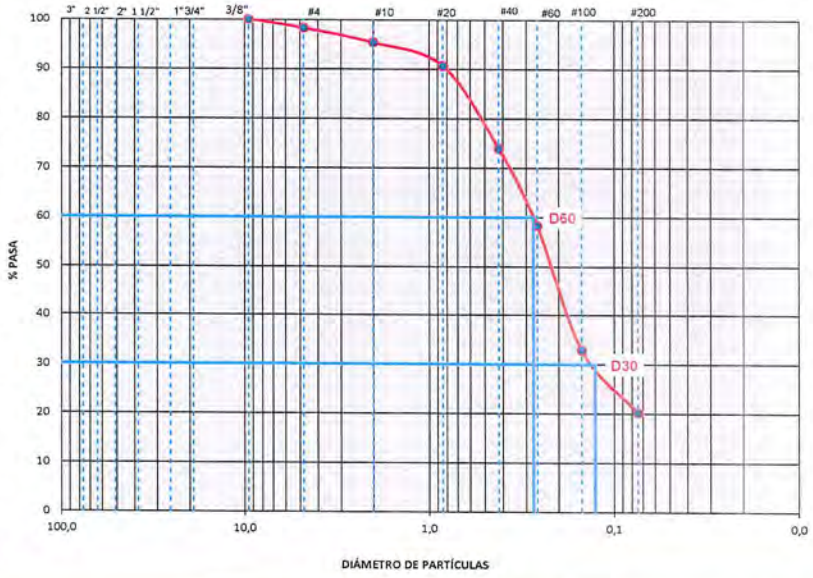


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	176,1	Masa seca Total antes del lavado, g	145,3
Masa seca después de lavar (g)	115,99		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	2,6	1,8	1,8	98,2
#10	2,000	4,2	2,9	4,7	95,3
#20	0,840	6,8	4,7	9,4	90,6
#40	0,420	24,2	16,6	26,0	74,0
#60	0,260	22,8	15,7	41,7	58,3
#100	0,149	36,9	25,4	67,1	32,9
#200	0,074	18,4	12,7	79,8	20,2
Pasa #200		29,4	20,2		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
1,8	0,27	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
78,0	0,13	Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
20,2		

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

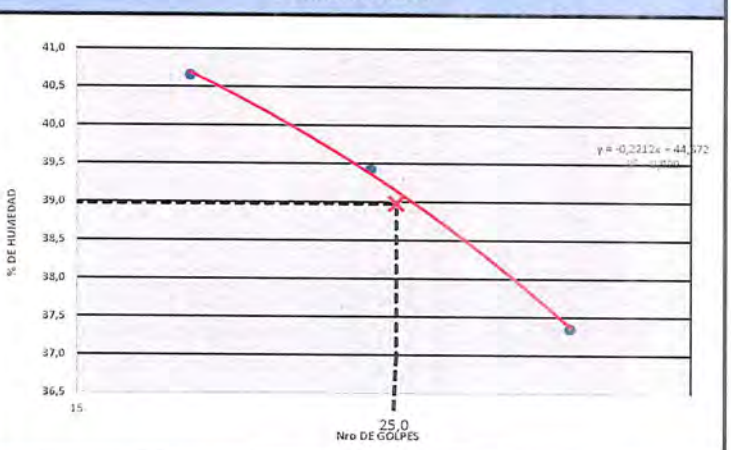
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	2
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	11
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	11
DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ TRAZA DE COLOR GRIS		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	18	24	33
Masa humeda + Tara, g	27,50	27,36	27,73
Masa seca + Tara, g	20,78	20,82	21,34
Masa de Tara, g	4,25	4,23	4,23
Masa del agua, g	6,72	6,54	6,39
Masa seca, g	16,53	16,59	17,11
Humedad, (%)	**40,65**	**39,42**	**37,35**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	21,22	21,33	45,70
Masa seca + Tara, g	18,05	18,14	37,19
Masa de Tara, g	4,23	4,06	4,10
Masa del agua, g	3,17	3,19	8,51
Masa seca, g	13,82	14,08	33,09
Humedad, (%)	**22,94**	**22,66**	**25,72**

CURVA DE FLUIDEZ

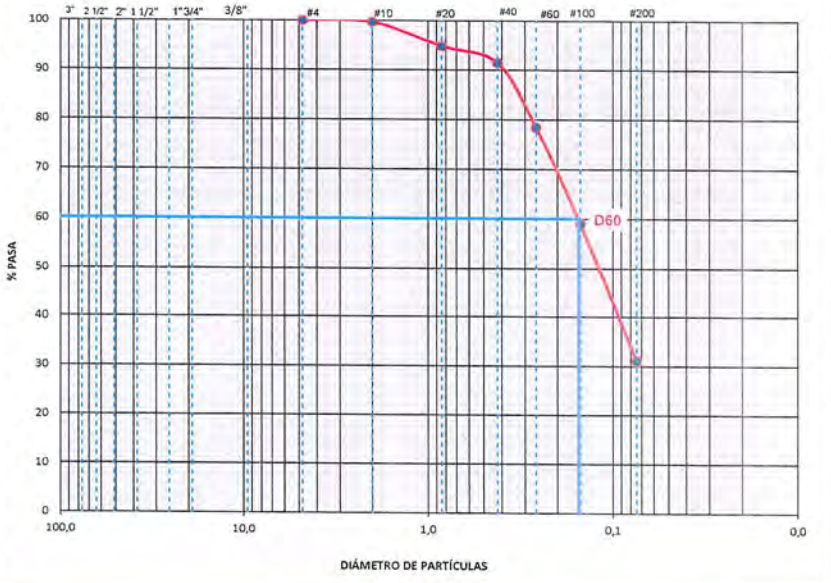


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	387,4	Masa seca Total antes del lavado, g	**308,2**
Masa seca después de lavar (g)	212,60		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	1,0	0,3	0,3	99,7
#20	0,840	15,0	4,9	5,2	94,8
#40	0,420	10,2	3,3	8,5	91,5
#60	0,260	40,0	13,0	21,5	78,5
#100	0,149	60,0	19,5	41,0	59,0
#200	0,074	86,3	28,0	69,0	31,0
Pasa #200		95,7	31,0		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	39,0
0,0	0,15	N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**22,8**
69,0		**Cc**		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A	**% Indice de Plasticidad**	**16,2**
31,0				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-6(1)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SC

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

CONSTANTES FISICAS Y PARAMETROS DE DISEÑO

CODIGO GEOS-09
FECHA 17/05/2022
VERSION-1
Página 1 de 1

FECHA 29/01/2026 SONDEO 3
PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	M. NUMERO	ESTRATO	DESCRIPCION	CONSTANTES FISICAS							PARAMETROS DE DISEÑO						
					% GRADACION			LIMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD NATURAL (%)	SPT (N)	CLASIFICACION		COMPRESION INCONFINADA		PESOS UNITARIOS (g/cm³)	
					GRAVA	ARENA	FINO	LL	LP	IP			SUCS	AASHTO	qu (Kg/cm²)	Su (Kg/cm²)	γ SECO	γ Humedo
1,00		M1		ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS HABANO	0,0	20,8	79,2	49	26	23	32,2	13	CL	A-7-6(19)			1,32	1,75
2,00		M2		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS HABANO	0,0	43,9	56,1	34	22	13	30,1	16 18	CL	A-6(5)			1,49	1,94
3,00		M3		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	0,0	53,1	46,9	34	22	13	25,6	25 31	SC	A-6(3)			1,56	1,96
4,00		M4		ARENA LIMOSA SM DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	0,6	54,5	44,9	15	13	2	20,0	33 35	SM	A-4(0)			1,52	1,83
5,00		M5		ARENA MAL GRADADA CON LIMO SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	2,2	88,3	9,5	NL	NP	NP	25,5	37 40	SP SM	A-3			1,43	1,79
6,00		M6		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	0,4	72,7	26,9	NL	NP	NP	20,0	40 42	SM	A-2-4			1,59	2,00
7,00		M7		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	1,2	78,7	20,1	NL	NP	NP	23,4	43 44	SM	A-2-4			1,60	1,92
8,00		M8		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	1,8	78,0	20,2	NL	NP	NP	21,3	45 47	SM	A-2-4			1,58	1,96

CONVENCIONES

ALTERADA — NIVEL FREATICO — RELLENO — ARENA — ARCILLA
INALTERADA — SPT — GRAVA — LIMO — M. ORGANICA

OBSERVACIONES : Nivel Freatico a 1,00 m

Revisó

GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

Elaboró

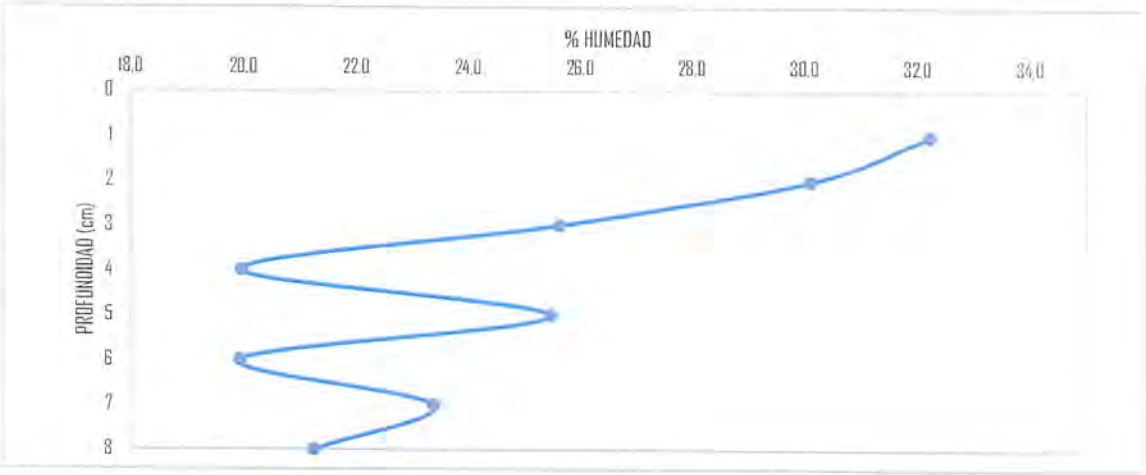
GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

DETERMINACION EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E -122-13

CODIGO GEOS-01
FECHA 17/05/2022
VERSION-1

PROYECTO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION: BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA
DESCRIPCION: N.A
FECHA: 29/01/2026 SONDEO: 3

Profundidad (cm)	Muestra	Peso recipiente + suelo húmedo (g)	Peso recipiente + suelo seco (g)	Peso recipiente (g)	Peso del agua en el suelo (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de humedad (%)
1	1	24,76	19,78	4,33	5,0	15,5	32,2
2	2	35,89	28,55	4,18	7,3	24,4	30,1
3	3	38,97	31,9	4,33	7,1	27,6	25,6
4	4	23,67	20,44	4,27	3,2	16,2	20,0
5	5	30,18	24,90	4,17	5,3	20,7	25,5
6	6	33,60	28,66	4,10	4,9	24,6	20,0
7	7	34,83	29,00	4,20	5,8	24,8	23,4
8	8	40,68	34,30	4,20	6,4	30,1	21,3



OBSERVACIONES :

Revisó Ingeniero

Elaboró Ingeniero

DETERMINACION EN EL LABORATORIO DE LA DENSIDAD (PESO UNITARIO) DE MUESTRAS DE SUELO (ASTM D7263)

PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA
DESCRIPCION N.A
FECHA 29/01/2026 SONDEO 3

METODO A: DESPLAZAMIENTO DE AGUA			METODO B: MEDICION DIRECTA									
MUESTRA			MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	
Peso Húmedo (g)			Peso Húmedo (g)	43,3	68,4	67,86	70,4	97,4	81,4	211,7	199,2	
Peso Seco (g)			Peso Seco (g)	32,76	52,60	54,01	58,66	77,60	64,75	176,25	161,29	
% de Humedad			% de Humedad	32,23	30,12	25,64	19,98	25,47	25,72	20,11	23,51	
Peso Suelo+ Parafina (Mc)			Diametro (cm)	3,45	3,56	3,55	3,50	3,80	3,60	3,68	3,60	
Peso Suelo + Parafina Sumergida (Msub)			Altura h (cm)	2,65	3,55	3,50	4,00	4,80	4,00	10,37	10,00	
Densidad Parafina (g/cm^3)			Area (cm^2)	9,35	9,95	9,90	9,62	11,34	10,18	10,64	10,18	
Densidad Agua (g/cm^3)			Volumen (cm^3)	24,77	35,34	34,64	38,48	54,44	40,72	110,32	101,79	
Peso Unitario Húmedo (g/cm^3)			Peso Unitario Húmedo (g/cm^3)	1,75	1,94	1,96	1,83	1,79	2,00	1,92	1,96	
Peso Unitario Seco (g/cm^3)			Peso Unitario Seco (g/cm^3)	1,32	1,49	1,56	1,52	1,43	1,59	1,60	1,58	

OBSERVACIONES :

Revisó GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró GEOS Ingeniero GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

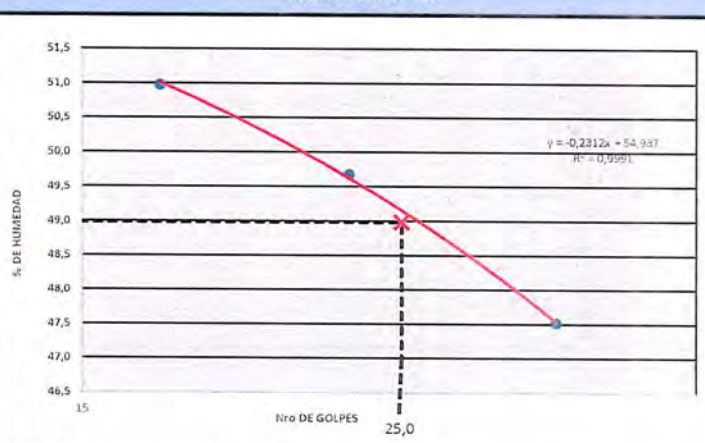
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	3
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	1
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	1,00
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ BETAS HABANO		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	17	23	32
Masa humeda + Tara, g	26,83	27,51	25,81
Masa seca + Tara, g	19,22	19,77	18,83
Masa de Tara, g	4,29	4,19	4,14
Masa del agua, g	7,61	7,74	6,98
Masa seca, g	14,93	15,58	14,69
Humedad, (%)	**50,97**	**49,68**	**47,52**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	21,54	20,00	24,76
Masa seca + Tara, g	17,93	16,65	19,78
Masa de Tara, g	4,27	4,00	4,33
Masa del agua, g	3,61	3,35	4,98
Masa seca, g	13,66	12,65	15,45
Humedad, (%)	**26,43**	**26,48**	**32,23**

CURVA DE FLUIDEZ

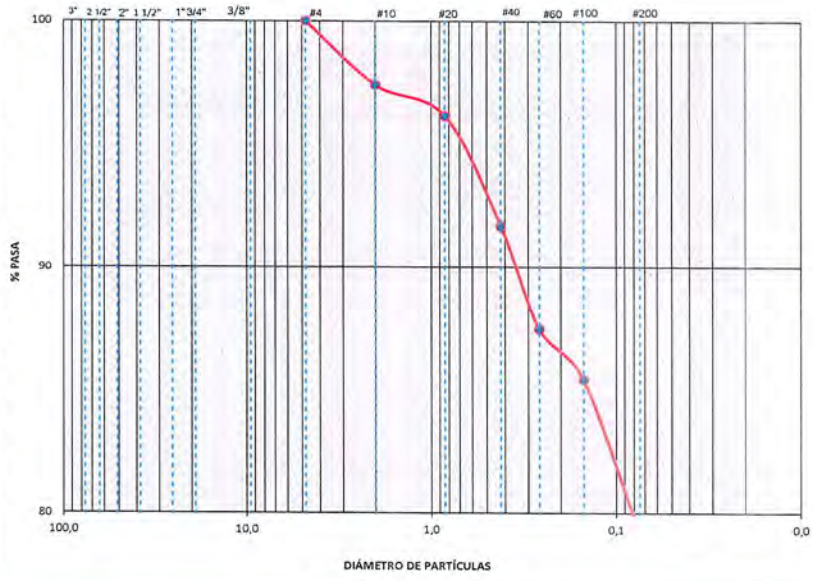


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	316,0	Masa seca Total antes del lavado, g	**239,0**
Masa seca después de lavar (g)	49,92		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	6,2	2,6	2,6	97,4
#20	0,840	3,0	1,3	3,9	96,1
#40	0,420	10,7	4,5	8,3	91,7
#60	0,260	10,0	4,2	12,5	87,5
#100	0,149	4,9	2,1	14,6	85,4
#200	0,074	15,0	6,3	20,8	79,2
Pasa #200		189,2	79,2		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,0		N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
20,8		Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
79,2		

% Límite Líquido	49,0
% Límite Plástico	26,5
% Indice de Plasticidad	22,5

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-7-6(19)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

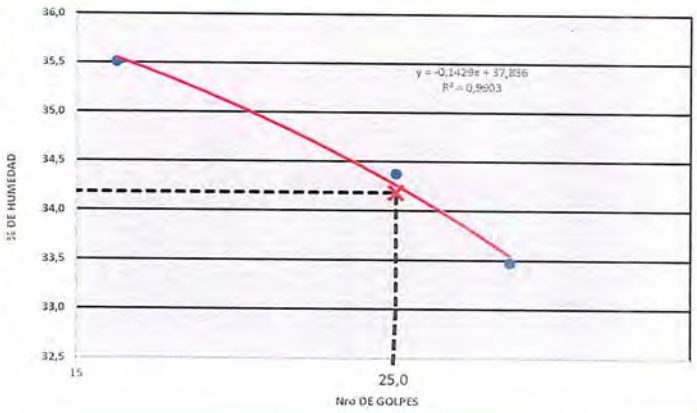
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	3
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	2
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	2,00
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD. COLOR CAFÉ BETAS HABANO		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	16	25	30
Masa humeda + Tara, g	27,39	35,66	35,75
Masa seca + Tara, g	21,35	27,65	27,90
Masa de Tara, g	4,34	4,35	4,45
Masa del agua, g	6,04	8,01	7,85
Masa seca, g	17,01	23,30	23,45
Humedad, (%)	**35,51**	**34,38**	**33,48**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	22,12	23,00	35,89
Masa seca + Tara, g	18,92	19,71	28,55
Masa de Tara, g	4,27	4,38	4,18
Masa del agua, g	3,20	3,29	7,34
Masa seca, g	14,65	15,33	24,37
Humedad, (%)	**21,84**	**21,46**	**30,12**

CURVA DE FLUIDEZ

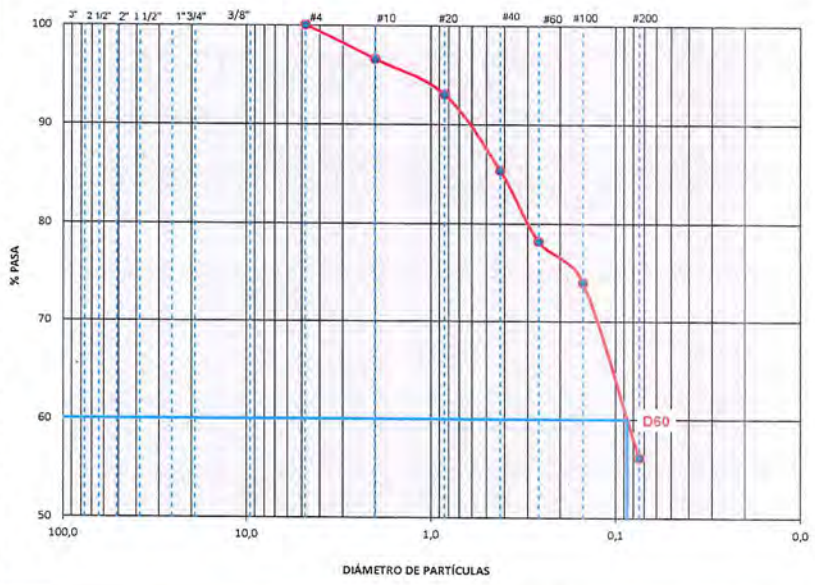


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	364,9	Masa seca Total antes del lavado, g	**280,4**
Masa seca después de lavar (g)	123,19		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	9,6	3,4	3,4	96,6
#20	0,840	10,0	3,6	7,0	93,0
#40	0,420	21,6	7,7	14,7	85,3
#60	0,260	20,0	7,1	21,8	78,2
#100	0,149	11,9	4,2	26,1	73,9
#200	0,074	50,0	17,8	43,9	56,1
Pasa #200		157,3	56,1		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,0	0,09	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
43,9		Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
56,1		

% Límite Líquido	34,2
% Límite Plástico	21,7
% Indice de Plasticidad	12,5

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-6(5)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS S.A.S.
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS Ingeniero
GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

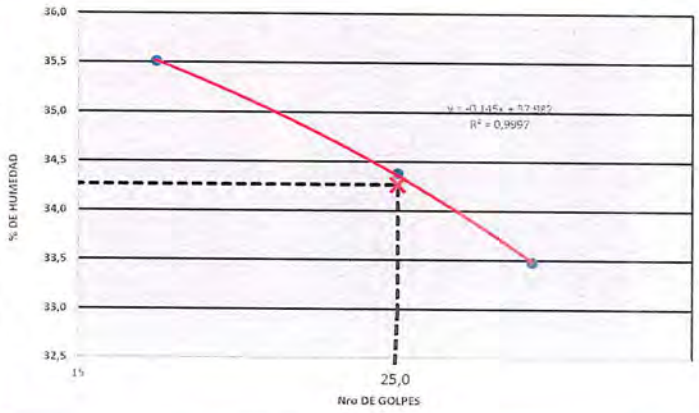
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	3
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	3
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	3,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	17	25	31
Masa humeda + Tara, g	27,39	35,66	35,75
Masa seca + Tara, g	21,35	27,65	27,90
Masa de Tara, g	4,34	4,35	4,45
Masa del agua, g	6,04	8,01	7,85
Masa seca, g	17,01	23,30	23,45
Humedad, (%)	**35,51**	**34,38**	**33,48**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	21,08	21,01	38,97
Masa seca + Tara, g	18,10	18,03	31,90
Masa de Tara, g	4,29	4,34	4,33
Masa del agua, g	2,98	2,98	7,07
Masa seca, g	13,81	13,69	27,57
Humedad, (%)	**21,58**	**21,77**	**25,64**

CURVA DE FLUIDEZ

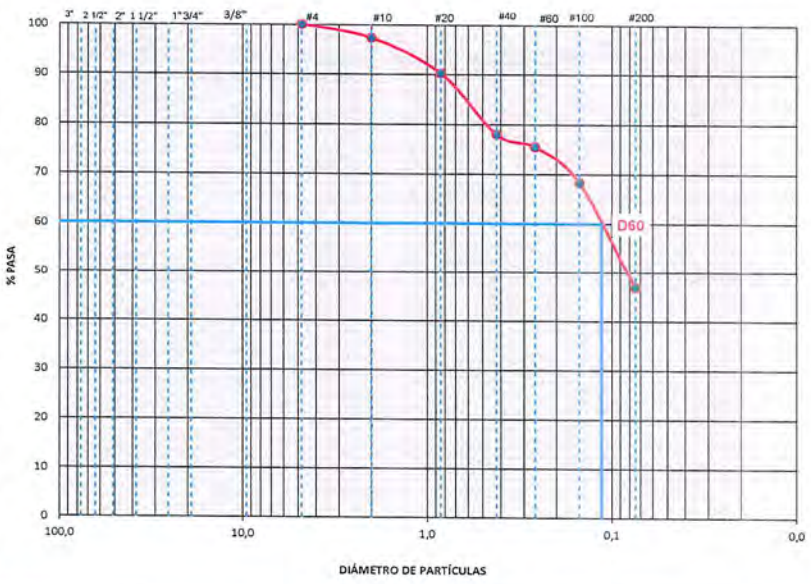


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	352,5	Masa seca Total antes del lavado, g	**280,6**
Masa seca después de lavar (g)	149,03		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	7,5	2,7	2,7	97,3
#20	0,840	20,0	7,1	9,8	90,2
#40	0,420	34,4	12,2	22,1	77,9
#60	0,260	7,0	2,5	24,6	75,4
#100	0,149	20,0	7,1	31,7	68,3
#200	0,074	60,0	21,4	53,1	46,9
Pasa #200		131,6	46,9		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	34,3
0,0	0,11	N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**21,7**
53,1		**Cc**		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A	**% Indice de Plasticidad**	**12,6**
46,9				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-6(3)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SC

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

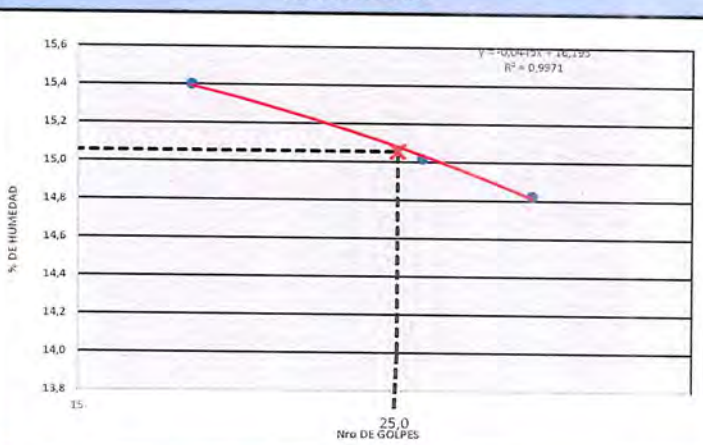
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	3
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	4
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	4,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	18	26	31
Masa humeda + Tara, g	27,48	28,93	24,87
Masa seca + Tara, g	24,38	25,71	22,20
Masa de Tara, g	4,25	4,27	4,19
Masa del agua, g	3,10	3,22	2,67
Masa seca, g	20,13	21,44	18,01
Humedad, (%)	**15,40**	**15,02**	**14,83**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	20,33	21,09	23,67
Masa seca + Tara, g	18,50	19,15	20,44
Masa de Tara, g	4,31	4,26	4,27
Masa del agua, g	1,83	1,94	3,23
Masa seca, g	14,19	14,89	16,17
Humedad, (%)	**12,90**	**13,03**	**19,98**

CURVA DE FLUIDEZ

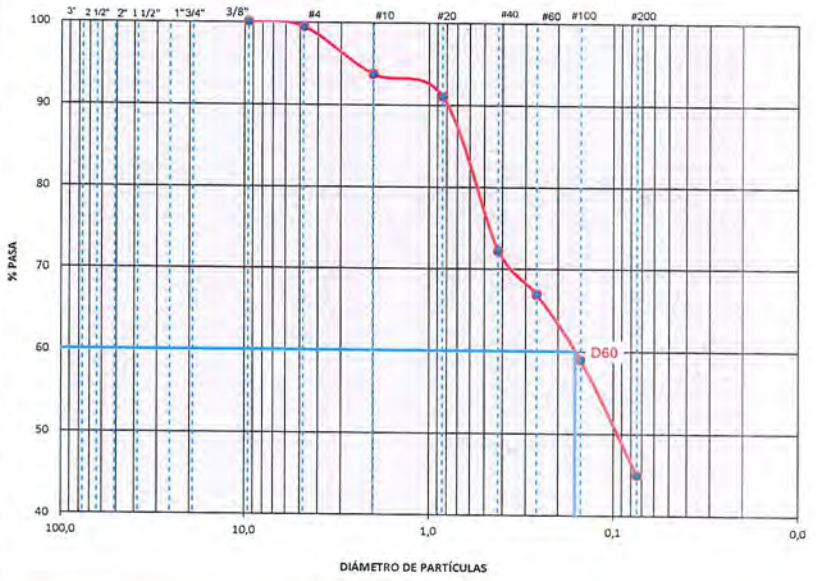


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	448,6	Masa seca Total antes del lavado, g	373,9
Masa seca después de lavar (g)	205,99		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	2,2	0,6	0,6	99,4
#10	2,000	21,5	5,8	6,3	93,7
#20	0,840	10,0	2,7	9,0	91,0
#40	0,420	70,0	18,7	27,7	72,3
#60	0,260	20,0	5,3	33,1	66,9
#100	0,149	30,0	8,0	41,1	58,9
#200	0,074	52,2	14,0	55,1	44,9
Pasa #200		168,1	44,9		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,6	0,16	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
54,5		Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
44,9		

% Límite Líquido	15,1
% Límite Plástico	13,0
% Indice de Plasticidad	2,1

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4(0)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

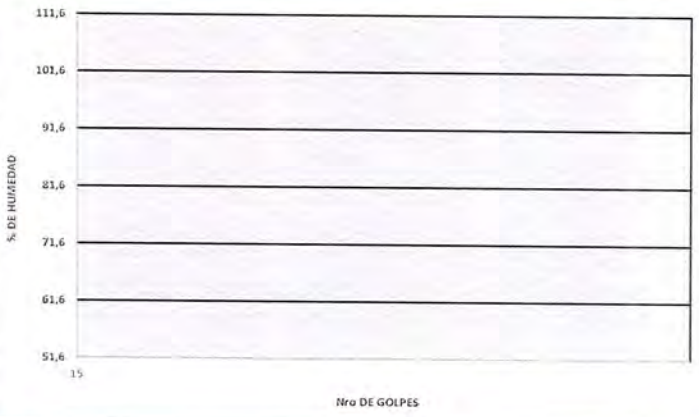
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	3
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	5
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	5,00
DESCRIPCIÓN:	ARENA MAL GRADADA CON LIMO SP SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



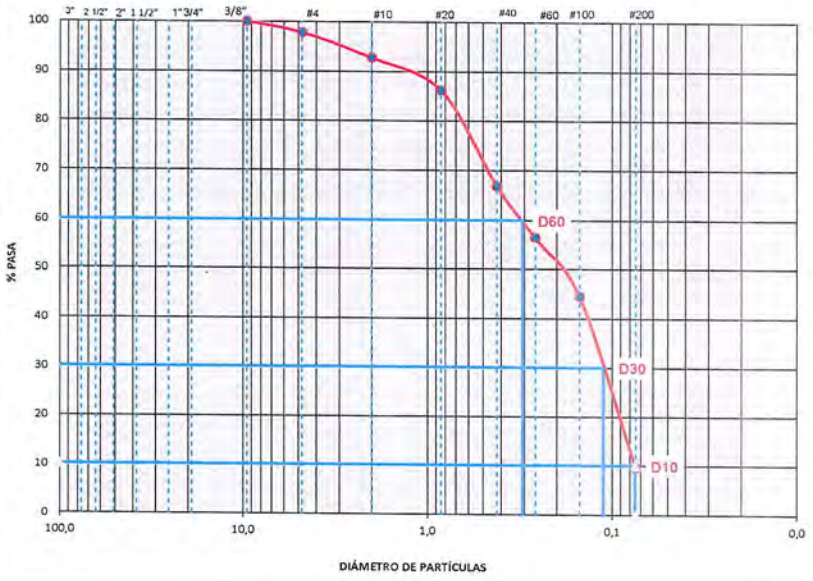
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			30,18
Masa seca + Tara, g			24,90
Masa de Tara, g			4,17
Masa del agua, g			5,28
Masa seca, g			20,73
Humedad, (%)	NP	NP	25,47

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	312,4	Masa seca Total antes del lavado, g	249,0
Masa seca después de lavar (g)	225,44		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	5,4	2,2	2,2	97,8
#10	2,000	12,6	5,0	7,2	92,8
#20	0,840	16,4	6,6	13,8	86,2
#40	0,420	48,3	19,4	33,2	66,8
#60	0,260	25,7	10,3	43,5	56,5
#100	0,149	29,9	12,0	55,6	44,4
#200	0,074	87,0	34,9	90,5	9,5
Pasa #200		23,6	9,5		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	NL
2,2	0,31	4,099946947		
% de Arena:	D30(mm):		% Límite Plástico	NP
88,3	0,11	Cc		
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	0,5	% Indice de Plasticidad	NP
9,5	0,07			

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-3
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SP SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS
Ingeniero
GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

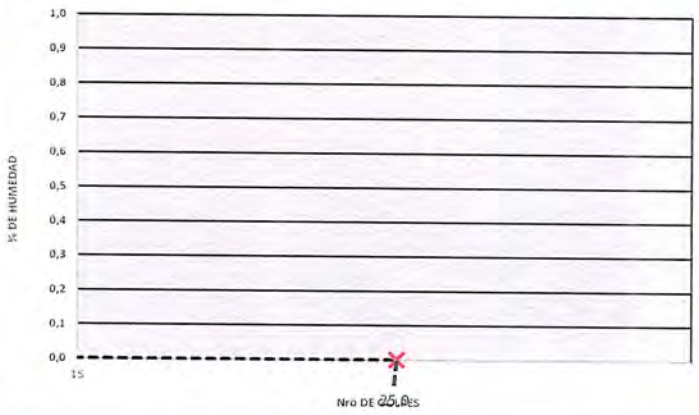
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	3
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	6
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	6
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



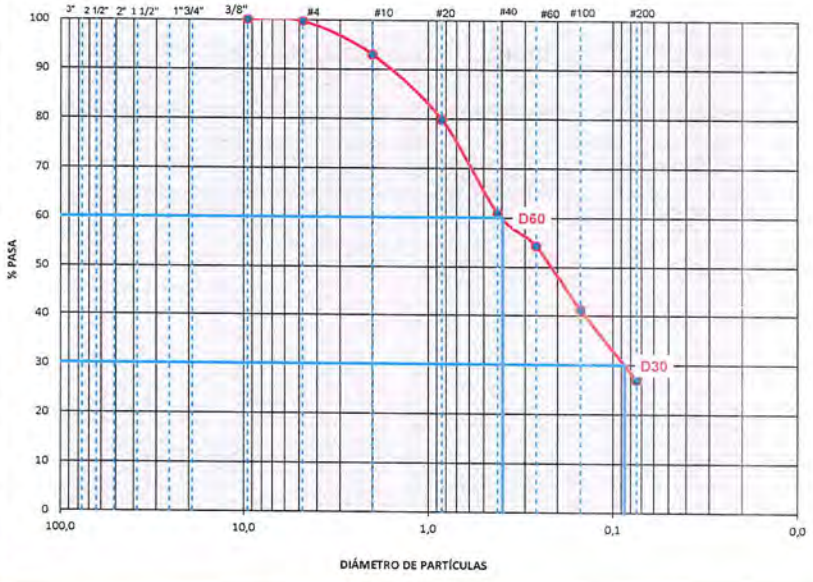
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			33,60
Masa seca + Tara, g			28,66
Masa de Tara, g			4,10
Masa del agua, g			4,94
Masa seca, g			24,56
Humedad, (%)	NP	NP	20,11

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	183,3	Masa seca Total antes del lavado, g	152,6
Masa seca después de lavar (g)	111,58		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,5	0,4	0,4	99,6
#10	2,000	10,3	6,7	7,1	92,9
#20	0,840	20,0	13,1	20,2	79,8
#40	0,420	29,0	19,0	39,2	60,8
#60	0,260	10,0	6,6	45,8	54,2
#100	0,149	20,0	13,1	58,9	41,1
#200	0,074	21,7	14,2	73,1	26,9
Pasa #200		41,1	26,9		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,4	0,40	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
72,7	0,09	Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
26,9		

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

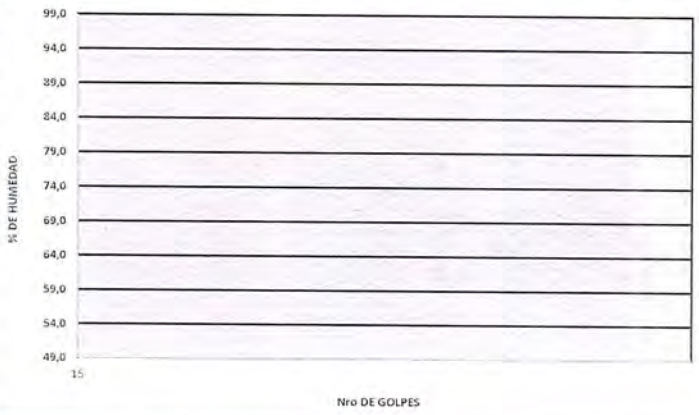
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	3
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	7
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	7
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			34,83
Masa seca + Tara, g			29,00
Masa de Tara, g			4,20
Masa del agua, g			5,83
Masa seca, g			24,80
Humedad, (%)	NP	NP	23,51

CURVA DE FLUIDEZ

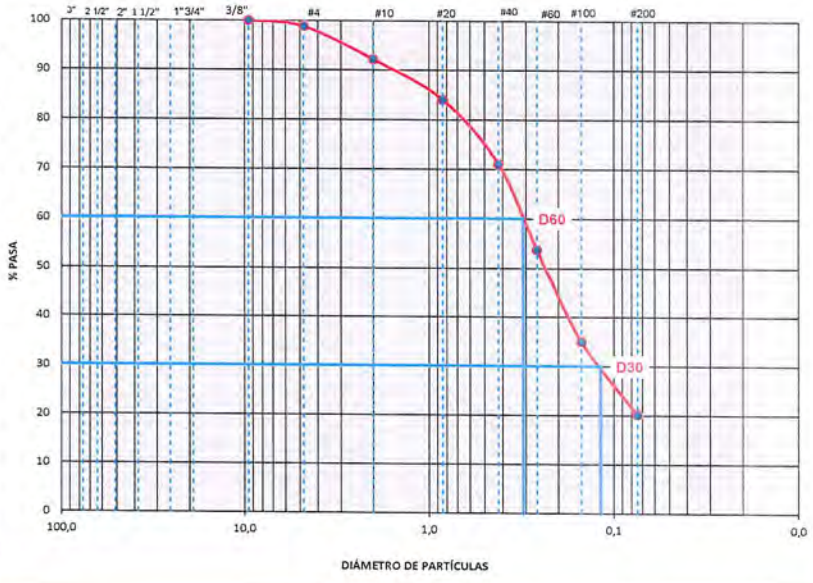


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	214,9	Masa seca Total antes del lavado, g	174,0
Masa seca después de lavar (g)	139,11		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	2,1	1,2	1,2	98,8
#10	2,000	11,6	6,6	7,9	92,1
#20	0,840	14,1	8,1	16,0	84,0
#40	0,420	22,7	13,0	29,0	71,0
#60	0,260	30,1	17,3	46,3	53,7
#100	0,149	32,6	18,7	65,1	34,9
#200	0,074	25,8	14,8	79,9	20,1
Pasa #200		35,0	20,1		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
1,2	0,31	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
78,7	0,12	**Cc**
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
20,1		

% Límite Líquido	NL
% Limite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
	FECHA	
	REVISIÓN	
	PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

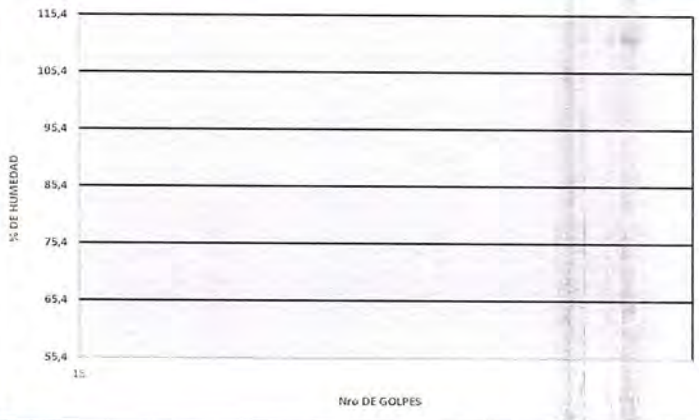
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	3
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	8
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	8
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			40,68
Masa seca + Tara, g			34,30
Masa de Tara, g			4,20
Masa del agua, g			6,38
Masa seca, g			30,10
Humedad, (%)	NP	NP	21,20

CURVA DE FLUIDEZ

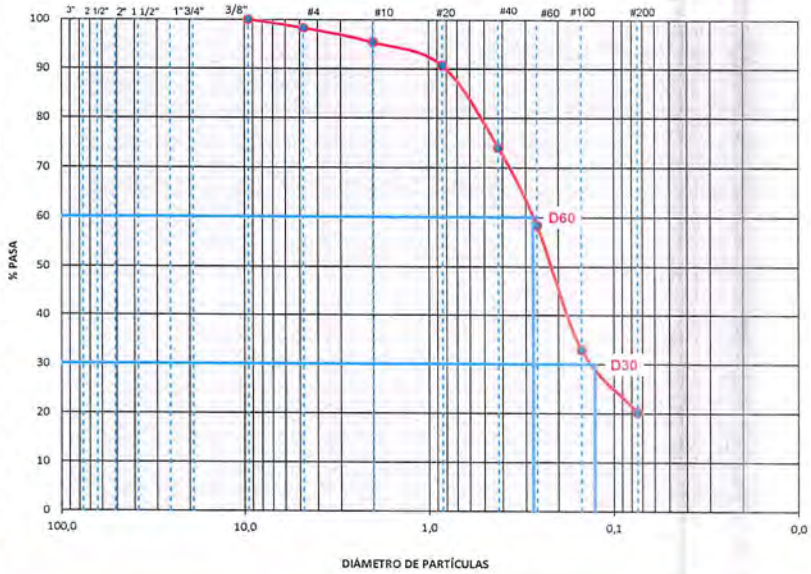


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (METODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	176,1	Masa seca Total antes del lavado, g	145,3
Masa seca después de lavar (g)	115,99		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	2,6	1,8	1,8	98,2
#10	2,000	4,2	2,9	4,7	95,3
#20	0,840	6,8	4,7	9,4	90,6
#40	0,420	24,2	16,6	26,0	74,0
#60	0,260	22,8	15,7	41,7	58,3
#100	0,149	36,9	25,4	67,1	32,9
#200	0,074	18,4	12,7	79,8	20,2
Pasa #200		29,4	20,2		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
1,8	0,27	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
78,0	0,13	Cc
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
20,2		

% Límite Líquido	NL
% Límite Plástico	NP
% Indice de Plasticidad	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS Ingeniero GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS Ingeniero GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

CONSTANTES FISICAS Y PARAMETROS DE DISEÑO

CODIGO GEOS-09
FECHA 17/05/2022
VERSION-1

FECHA 29/01/2026 SONDEO 4
PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	M. NUMERO	ESTRATO	DESCRIPCION	CONSTANTES FISICAS							PARAMETROS DE DISEÑO					
					% GRADACION			LIMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD NATURAL (%)	SPT (N)	CLASIFICACION		COMPRESION INCONFINADA		PESOS UNITARIOS (g/cm³)	
					GRAVA	ARENA	FINO	LL	LP	IP			SUCS	AASHTO	qu (Kg/cm²)	Su (Kg/cm²)	γ SECO	γ Humedo
1,00		M1		ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	0,0	20,8	79,2	49	26	23	32,2	13	CL	A-7-6(19)			1,32	1,75
2,00		M2		ARCILLA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	0,0	43,9	56,1	34	22	13	30,1	16 - 18	CL	A-6(5)			1,49	1,94
3,00		M3		ARCILLA CON ARENA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR GRIS	0,0	53,1	46,9	34	22	13	25,6	25 - 31	SC	A-6(3)			1,56	1,96
4,00		M4		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	0,6	54,5	44,9	15	13	2	20,0	33 - 35	SM	A-4(0)			1,52	1,83
5,00		M5		ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ	2,2	88,3	9,5	NL	NP	NP	25,5	37 - 40	SP SM	A-3			1,43	1,79
6,00		M6		ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR HABANO BETA CAFÉ	0,4	72,7	26,9	NL	NP	NP	20,0	40 - 42	SM	A-2-4			1,59	2,00
7,00		M7		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	1,2	78,7	20,1	NL	NP	NP	23,4	43 - 44	SM	A-2-4			1,60	1,92
8,00		M8		ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ	1,8	78,0	20,2	NL	NP	NP	21,3	45 - 47	SM	A-2-4			1,58	1,96

CONVENCIONES

ALTERADA — NIVEL FREATICO — RELLENO — ARENA — ARCILLA
INALTERADA — SPT — GRAVA — LIMO — M. ORGANICA

OBSERVACIONES : Nivel Freático a 4.0m

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

Elaboró Ingeniero
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

DETERMINACION EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E -122-13

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS

PROYECTO: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION: BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA
DESCRIPCION: N.A
FECHA: 29/01/2026 SONDEO: 4

Profundidad (cm)	Muestra	Peso recipiente + suelo húmedo (g)	Peso recipiente + suelo seco (g)	Peso recipiente (g)	Peso del agua en el suelo (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de humedad (%)
1	1	36,05	27,24	4,42	8,8	22,8	38,6
2	2	36,64	26,45	4,09	10,2	22,4	45,6
3	3	28,50	22,56	4,10	5,9	18,5	32,2
4	4	20,00	16,49	4,22	3,5	12,3	28,6
5	5	38,04	31,80	4,15	6,2	27,7	22,6
6	6	46,40	38,04	3,90	8,4	34,1	24,5
7	7	38,40	32,07	4,10	6,3	28,0	22,6
8	8	41,62	34,87	4,38	6,8	30,5	22,1



OBSERVACIONES :

Revisó: GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró: GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

DETERMINACION EN EL LABORATORIO DE LA DENSIDAD (PESO UNITARIO) DE MUESTRAS DE SUELO (ASTM D7263)

PROYECTO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR
LOCALIZACION BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA
DESCRIPCION N.A
FECHA 29/01/2026 SONDEO 4

METODO A: DESPLAZAMIENTO DE AGUA			METODO B: MEDICION DIRECTA									
MUESTRA			MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	
Peso Húmedo (g)			Peso Húmedo (g)	63,7	47,4	63,06	73,3	98,6	177,7	217,3	217,8	
Peso Seco (g)			Peso Seco (g)	45,99	32,53	47,71	56,96	80,45	142,75	177,20	178,32	
% de Humedad			% de Humedad	38,61	45,57	32,18	28,61	22,57	24,49	22,63	22,14	
Peso Suelo+ Parafina (Mc)			Diametro (cm)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,70	3,67	3,67	
Peso Suelo + Parafina Sumergida (Msub)			Altura h (cm)	3,50	2,79	3,60	3,90	4,50	7,80	10,30	10,30	
Densidad Parafina (g/cm³)			Area (cm^2)	9,62	9,62	9,62	9,62	9,62	10,75	10,58	10,58	
Densidad Agua (g/cm³)			Volumen (cm^3)	33,67	26,84	34,64	37,52	43,30	83,87	108,96	108,96	
Peso Unitario Húmedo (g/cm³)			Peso Unitario Húmedo (g/cm³)	1,89	1,76	1,82	1,95	2,28	2,12	1,99	2,00	
Peso Unitario Seco (g/cm³)			Peso Unitario Seco (g/cm³)	1,37	1,21	1,38	1,52	1,86	1,70	1,63	1,64	

OBSERVACIONES :

Revisó GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

Elaboró GEOS Ingeniero GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

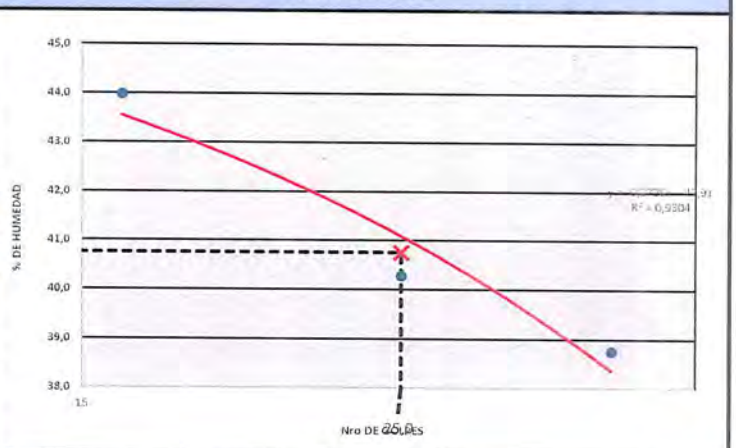
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	4
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	1
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	1
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA CON ARENA CL DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR GRIS		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	16	25	35
Masa humeda + Tara, g	28,94	25,95	26,08
Masa seca + Tara, g	21,42	19,74	20,00
Masa de Tara, g	4,32	4,32	4,31
Masa del agua, g	7,52	6,21	6,08
Masa seca, g	17,10	15,42	15,69
Humedad, (%)	**43,98**	**40,27**	**38,75**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	19,85	19,86	36,05
Masa seca + Tara, g	17,26	17,26	27,24
Masa de Tara, g	4,28	4,27	4,42
Masa del agua, g	2,59	2,60	8,81
Masa seca, g	12,98	12,99	22,82
Humedad, (%)	**19,95**	**20,02**	**38,61**

CURVA DE FLUIDEZ

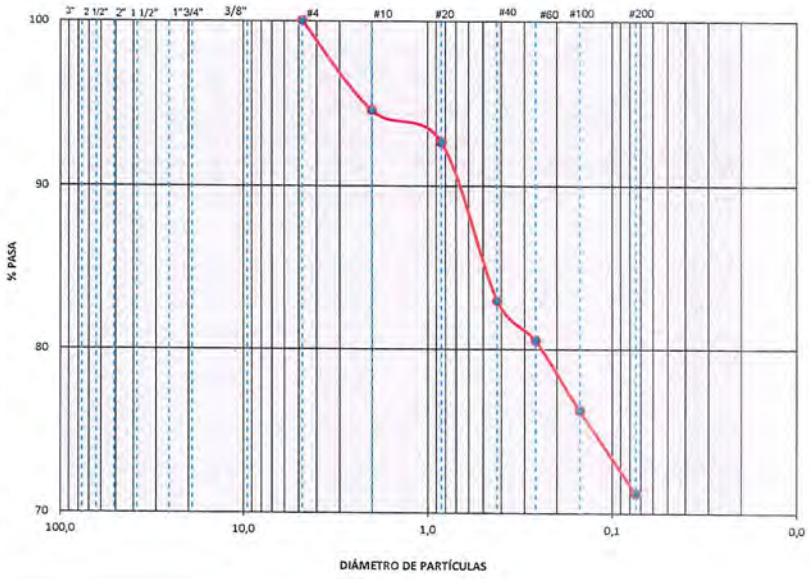


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	290,9	Masa seca Total antes del lavado, g	**209,8**
Masa seca después de lavar (g)	60,52		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	11,4	5,5	5,5	94,5
#20	0,840	4,0	1,9	7,4	92,6
#40	0,420	20,4	9,7	17,1	82,9
#60	0,260	5,0	2,4	19,4	80,6
#100	0,149	9,0	4,3	23,7	76,3
#200	0,074	10,6	5,1	28,8	71,2
Pasa #200		149,4	71,2		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Liquido	40,8
0,0		N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**20,0**
28,8		**Cc**		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**		**% Indice de Plasticidad**	**20,8**
71,2		N/A		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-7-6(13)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

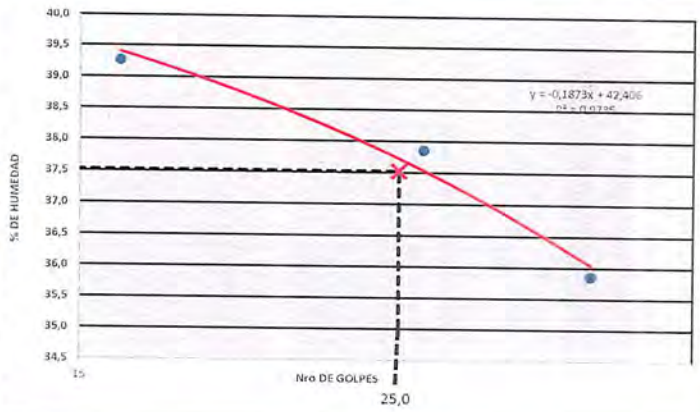
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	4
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	2
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	2
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR GRIS		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	16	26	34
Masa humeda + Tara, g	30,16	27,25	39,16
Masa seca + Tara, g	22,88	20,89	29,98
Masa de Tara, g	4,34	4,09	4,38
Masa del agua, g	7,28	6,36	9,18
Masa seca, g	18,54	16,80	25,60
Humedad, (%)	**39,27**	**37,86**	**35,86**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	15,76	15,81	36,64
Masa seca + Tara, g	13,57	13,68	26,45
Masa de Tara, g	4,00	4,38	4,09
Masa del agua, g	2,19	2,13	10,19
Masa seca, g	9,57	9,30	22,36
Humedad, (%)	**22,88**	**22,90**	**45,57**

CURVA DE FLUIDEZ

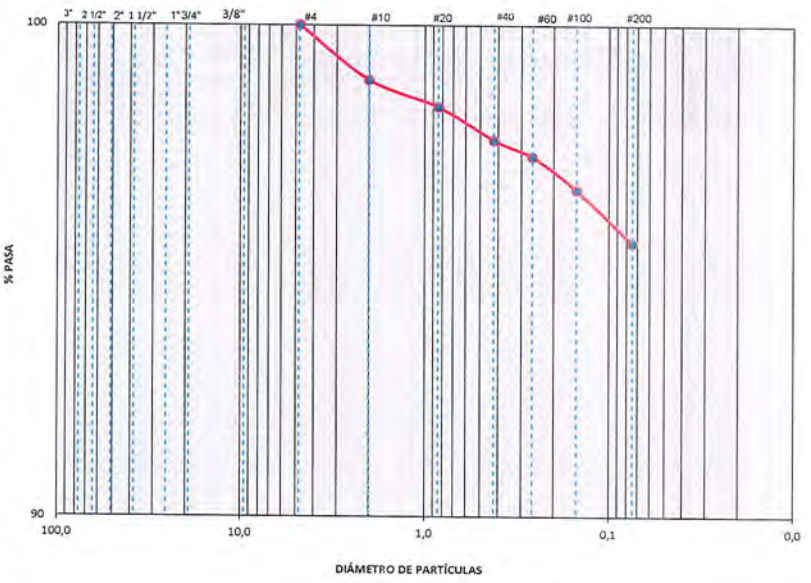


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	216,5	Masa seca Total antes del lavado, g	**148,7**
Masa seca después de lavar (g)	6,67		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	1,7	1,1	1,1	98,9
#20	0,840	0,8	0,5	1,7	98,3
#40	0,420	1,0	0,7	2,3	97,7
#60	0,260	0,5	0,3	2,7	97,3
#100	0,149	1,0	0,7	3,3	96,7
#200	0,074	1,6	1,1	4,4	95,6
Pasa #200		142,2	95,6		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	37,5
0,0		N/A		
% de Arena:	D30(mm):		% Límite Plástico	22,9
4,4		Cc		
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	N/A	% Indice de Plasticidad	14,6
95,6				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-6(15)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

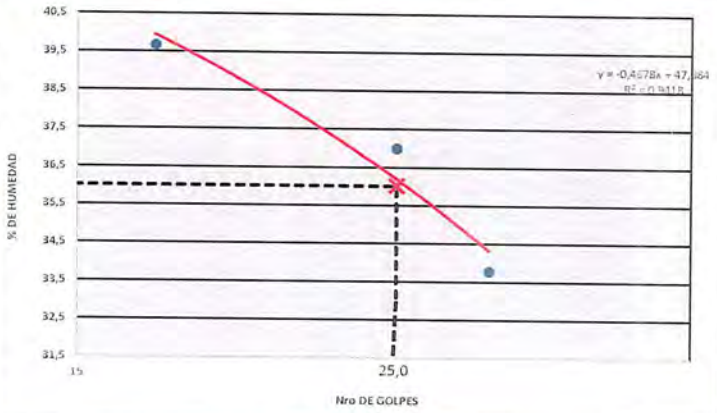
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	4
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	3
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	3
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA CON ARENA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR GRIS		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	17	25	29
Masa humeda + Tara, g	31,67	42,54	37,95
Masa seca + Tara, g	23,90	32,20	29,40
Masa de Tara, g	4,31	4,25	4,09
Masa del agua, g	7,77	10,34	8,55
Masa seca, g	19,59	27,95	25,31
Humedad, (%)	**39,66**	**36,99**	**33,78**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	18,78	19,15	28,50
Masa seca + Tara, g	16,29	16,60	22,56
Masa de Tara, g	4,27	4,22	4,10
Masa del agua, g	2,49	2,55	5,94
Masa seca, g	12,02	12,38	18,46
Humedad, (%)	**20,72**	**20,60**	**32,18**

CURVA DE FLUIDEZ

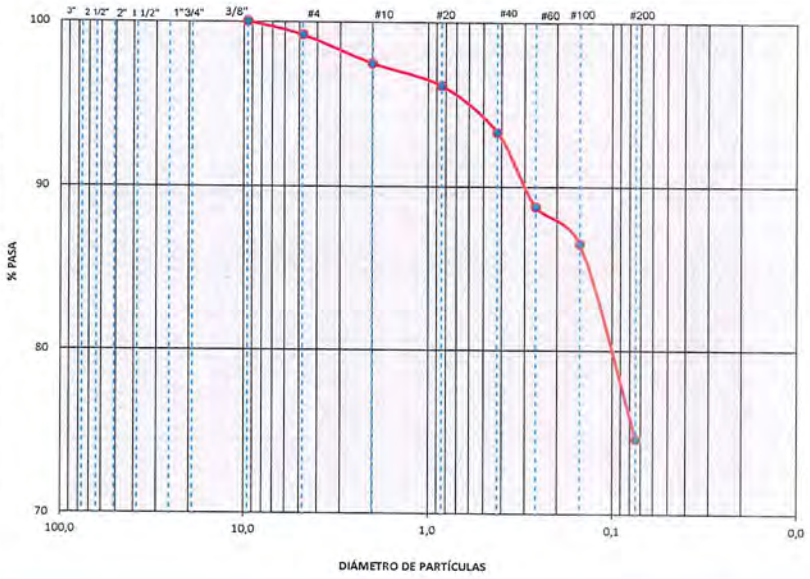


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	292,9	Masa seca Total antes del lavado, g	221,6
Masa seca después de lavar (g)	56,40		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	1,8	0,8	0,8	99,2
#10	2,000	3,8	1,7	2,5	97,5
#20	0,840	3,0	1,4	3,9	96,1
#40	0,420	6,3	2,8	6,7	93,3
#60	0,260	10,0	4,5	11,2	88,8
#100	0,149	5,0	2,3	13,5	86,5
#200	0,074	26,4	11,9	25,4	74,6
Pasa #200		165,3	74,6		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	36,0	
0,8		N/A			
% de Arena:	D30(mm):		% Límite Plástico	20,7	
24,6		Cc			
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	N/A	% Indice de Plasticidad	15,4	
74,6					

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-6(10)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

Ingeniero
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

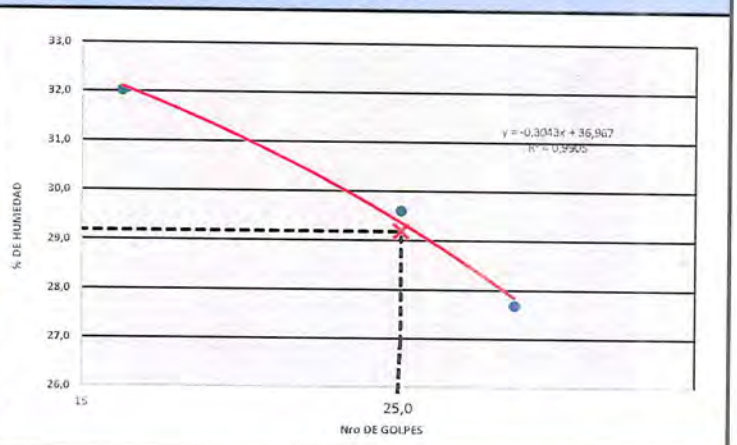
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	4
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	4
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	4
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	16	25	30
Masa humeda + Tara, g	27,00	33,65	31,66
Masa seca + Tara, g	21,51	26,91	25,70
Masa de Tara, g	4,36	4,14	4,17
Masa del agua, g	5,49	6,74	5,96
Masa seca, g	17,15	22,77	21,53
Humedad, (%)	**32,01**	**29,60**	**27,68**

CURVA DE FLUIDEZ



LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13

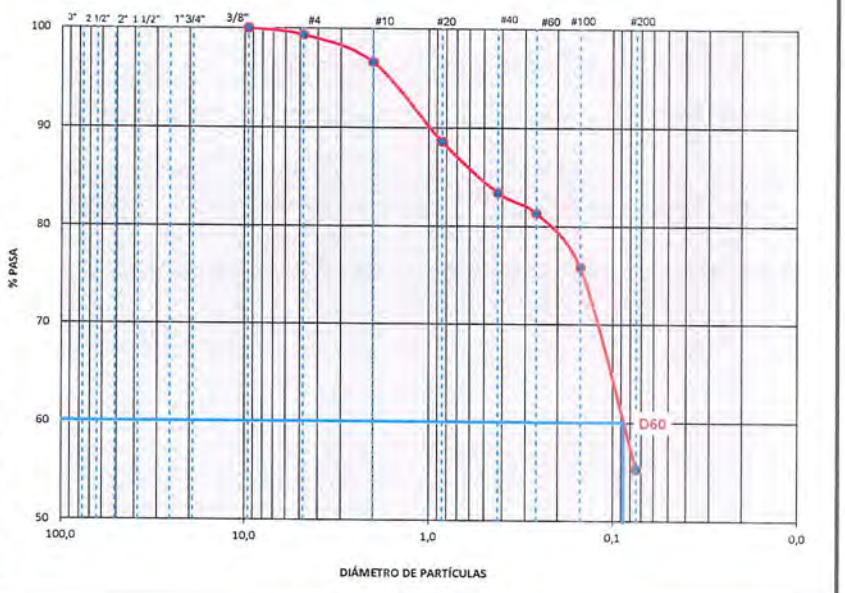
			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	20,88	20,78	20,00
Masa seca + Tara, g	18,00	17,89	16,49
Masa de Tara, g	4,19	4,25	4,22
Masa del agua, g	2,88	2,89	3,51
Masa seca, g	13,81	13,64	12,27
Humedad, (%)	**20,85**	**21,19**	**28,61**

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	255,0	Masa seca Total antes del lavado, g	**198,3**
Masa seca después de lavar (g)	88,88		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	1,3	0,7	0,7	99,3
#10	2,000	5,4	2,7	3,4	96,6
#20	0,840	16,0	8,1	11,4	88,6
#40	0,420	10,2	5,2	16,6	83,4
#60	0,260	4,1	2,1	18,7	81,3
#100	0,149	11,0	5,5	24,2	75,8
#200	0,074	40,8	20,6	44,8	55,2
Pasa #200		109,5	55,2		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	29,2
0,7	0,09	N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**21,0**
44,1		**Cc**		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A	**% Indice de Plasticidad**	**8,2**
55,2				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4(2)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS Ingeniería GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

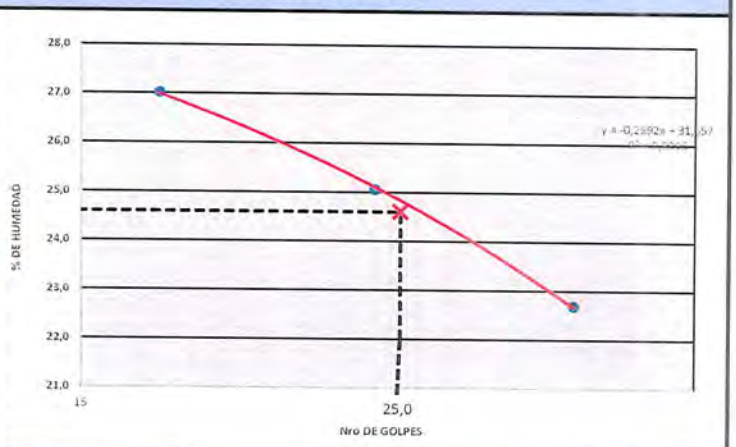
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	4
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	5
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	5
DESCRIPCIÓN:	ARENA ARCILLOSA SC DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	17	24	33
Masa humeda + Tara, g	27,41	29,66	30,30
Masa seca + Tara, g	22,50	24,58	25,50
Masa de Tara, g	4,32	4,30	4,35
Masa del agua, g	4,91	5,08	4,80
Masa seca, g	18,18	20,28	21,15
Humedad, (%)	**27,01**	**25,05**	**22,70**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	19,19	19,20	38,04
Masa seca + Tara, g	17,15	17,14	31,80
Masa de Tara, g	4,37	4,28	4,15
Masa del agua, g	2,04	2,06	6,24
Masa seca, g	12,78	12,86	27,65
Humedad, (%)	**15,96**	**16,02**	**22,57**

CURVA DE FLUIDEZ

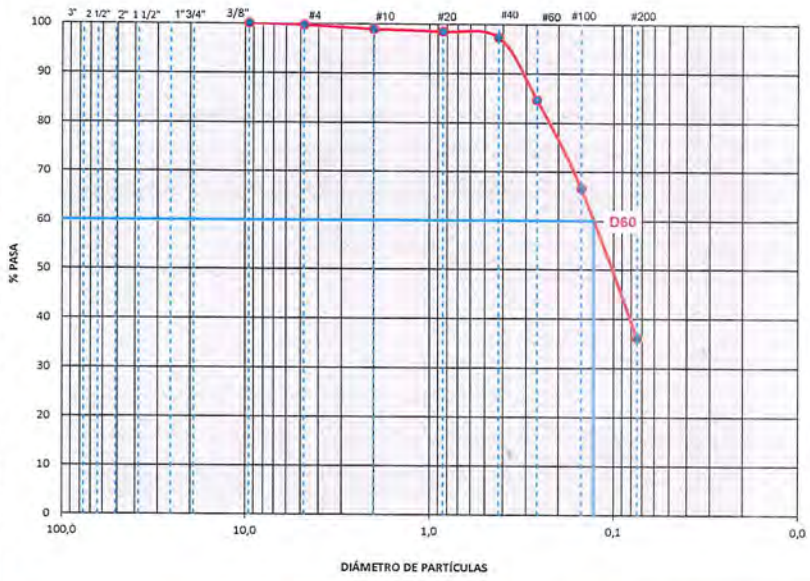


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	202,1	Masa seca Total antes del lavado, g	**164,9**
Masa seca después de lavar (g)	105,50		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,5	0,3	0,3	99,7
#10	2,000	1,4	0,8	1,2	98,8
#20	0,840	0,7	0,4	1,6	98,4
#40	0,420	1,9	1,2	2,7	97,3
#60	0,260	20,9	12,7	15,4	84,6
#100	0,149	29,7	18,0	33,4	66,6
#200	0,074	50,3	30,5	63,9	36,1
Pasa #200		59,5	36,1		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu
0,3	0,13	N/A
% de Arena:	**D30(mm):**	
63,6		**Cc**
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**	N/A
36,1		

% Límite Líquido	24,6
% Límite Plástico	16,0
% Indice de Plasticidad	8,6

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4(0)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SC

OBSERVACIONES:

REVISÓ

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

ELABORÓ

GEOS Ingeniero GEOTECNIA & ESTRUCTURAS
NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CODIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

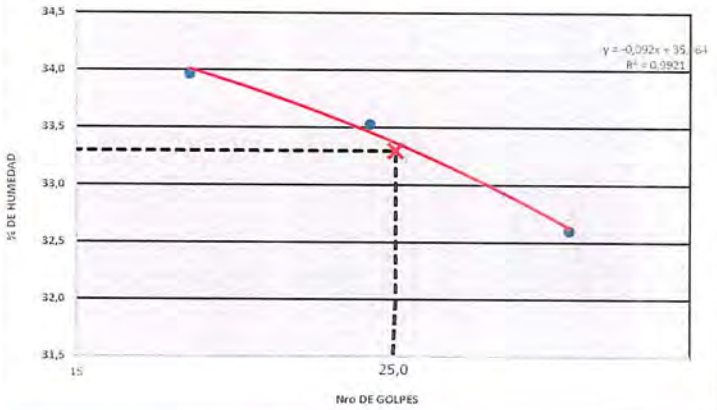
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	4
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	6
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	6
DESCRIPCIÓN:	ARCILLA ARENOSA CL DE MEDIANA PLASTICIDAD, COLOR HABANO BETA CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes	18	24	33
Masa humeda + Tara, g	29,64	29,30	27,00
Masa seca + Tara, g	23,20	23,00	21,36
Masa de Tara, g	4,24	4,21	4,06
Masa del agua, g	6,44	6,30	5,64
Masa seca, g	18,96	18,79	17,30
Humedad, (%)	**33,97**	**33,53**	**32,60**

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g	22,66	22,66	46,40
Masa seca + Tara, g	19,58	19,61	38,04
Masa de Tara, g	4,28	4,30	3,90
Masa del agua, g	3,08	3,05	8,36
Masa seca, g	15,30	15,31	34,14
Humedad, (%)	**20,13**	**19,92**	**24,49**

CURVA DE FLUIDEZ

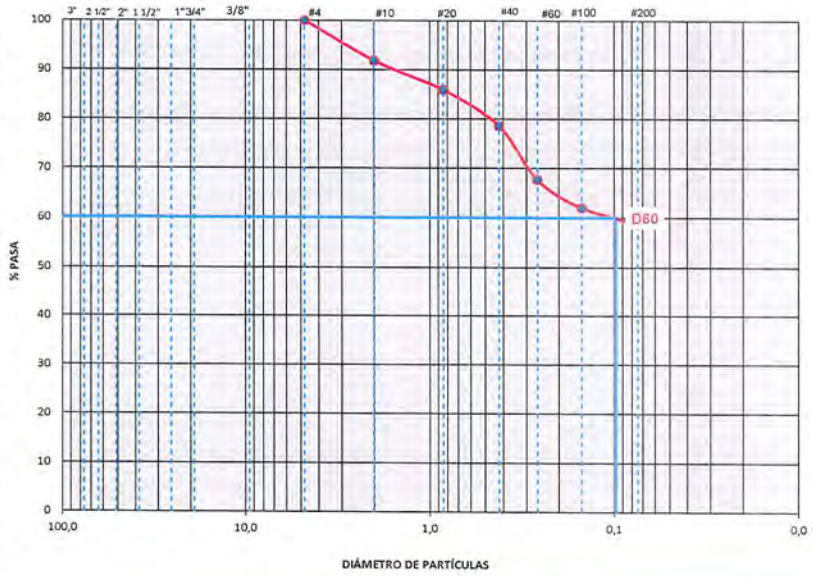


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	193,8	Masa seca Total antes del lavado, g	**155,7**
Masa seca después de lavar (g)	64,33		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	12,8	8,2	8,2	91,8
#20	0,840	9,2	5,9	14,1	85,9
#40	0,420	11,4	7,3	21,5	78,5
#60	0,260	17,0	10,9	32,4	67,6
#100	0,149	8,9	5,7	38,1	61,9
#200	0,074	4,9	3,1	41,3	58,7
Pasa #200		91,4	58,7		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	33,3	
0,0	0,10	N/A			
% de Arena:	D30(mm):		% Límite Plástico	20,0	
41,3		Cc			
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):		% Indice de Plasticidad	13,3	
58,7		N/A			

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-6(5)
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	CL

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
Ingeniero GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	Ingeniero GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CÓDIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

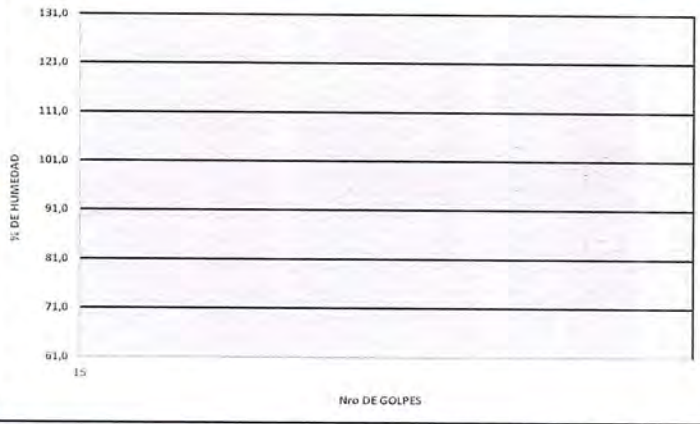
CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	4
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	7
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	7
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			38,40
Masa seca + Tara, g			32,07
Masa de Tara, g			4,10
Masa del agua, g			6,33
Masa seca, g			27,97
Humedad, (%)	NP	NP	22,63

CURVA DE FLUIDEZ

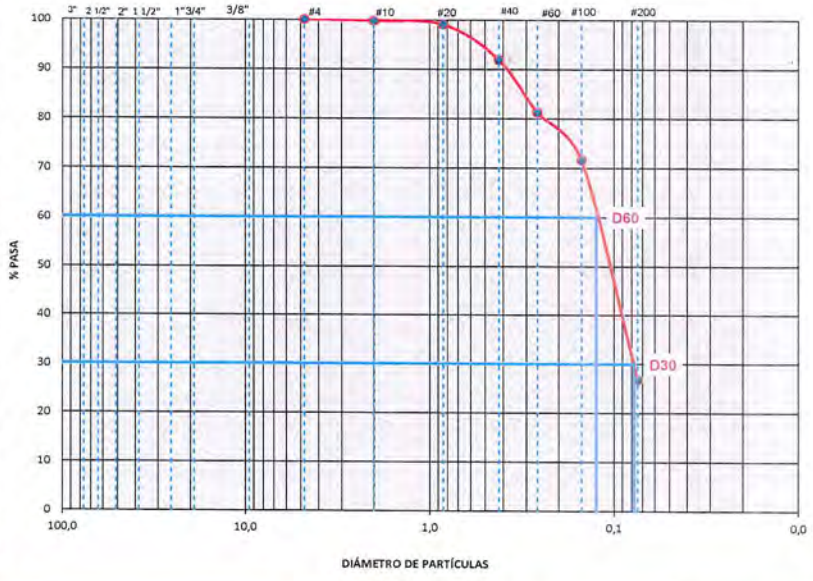


ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	690,2	Masa seca Total antes del lavado, g	562,8
Masa seca después de lavar (g)	412,03		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	2,0	0,4	0,4	99,6
#20	0,840	4,1	0,7	1,1	98,9
#40	0,420	40,0	7,1	8,2	91,8
#60	0,260	60,0	10,7	18,8	81,2
#100	0,149	54,1	9,6	28,4	71,6
#200	0,074	251,8	44,7	73,2	26,8
Pasa #200		150,9	26,8		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	NL
0,0	0,12	N/A		
% de Arena:	**D30(mm):**		**% Límite Plástico**	**NP**
73,2	0,08	**Cc**		
% de Finos:	**D10 mm (diámetro efectivo):**		**% Indice de Plasticidad**	**NP**
26,8		N/A		

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-2-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
Ingeniero GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	Ingeniero GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS	DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO. DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS. DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS, CLASIFICACIÓN AASHTO Y SUCS	CODIGO	
		FECHA	
		REVISIÓN	
		PÁGINA 1 DE 1	

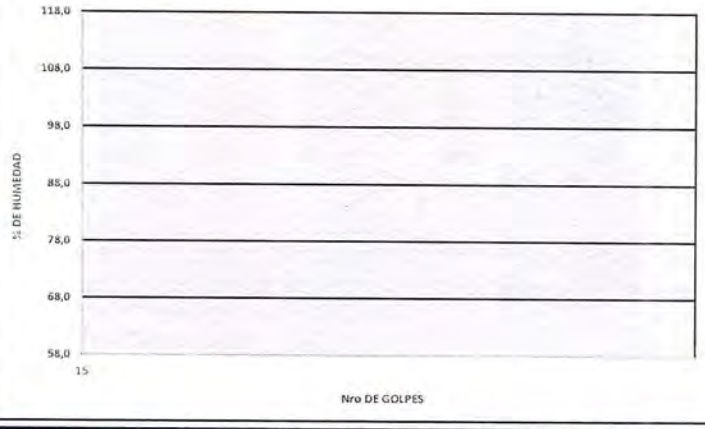
INV E 122 / 123 / 125 / 126 / 180 / 181 - 13

CLIENTE	OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	FECHA:	29/01/2026
ATENCIÓN		SONDEO No.	4
PROYECTO:	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR	MUESTRA No	8
LOCALIZACIÓN	BIORGANICOS DEL SUR MUNICIPIO DE PITALITO HUILA	PROFUNDIDAD, m	8
DESCRIPCIÓN:	ARENA LIMOSA SM NO PLÁSTICA, COLOR CAFÉ		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS, METODO A - INV E 125 - 13

Numero de golpes			
Masa humeda + Tara, g			
Masa seca + Tara, g			
Masa de Tara, g			
Masa del agua, g			
Masa seca, g			
Humedad, (%)	NL	NL	NL

CURVA DE FLUIDEZ



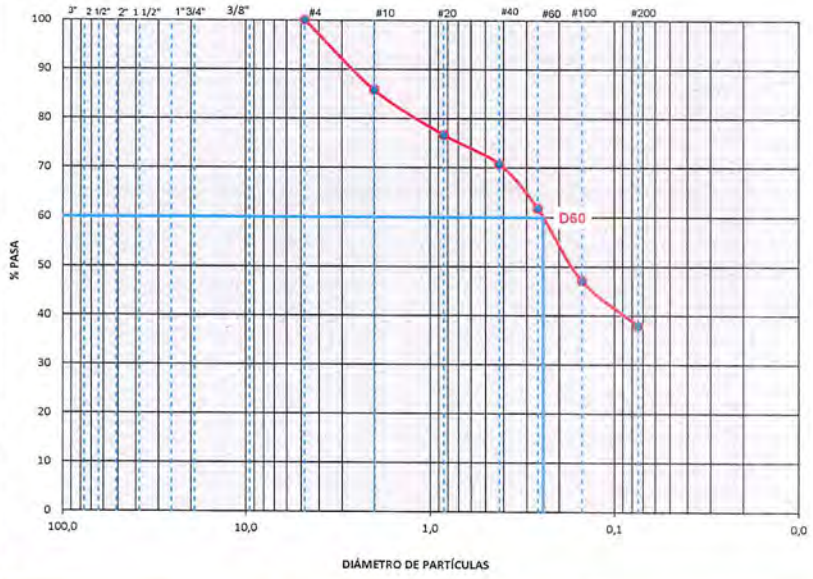
LÍMITE PLÁSTICO INV E 126- 13			HUMEDAD INV E-122-13
Masa humeda + Tara, g			41,62
Masa seca + Tara, g			34,87
Masa de Tara, g			4,38
Masa del agua, g			6,75
Masa seca, g			30,49
Humedad, (%)	NP	NP	22,14

ANÁLISIS GRANULOMETRICO INV E-123-13 (MÉTODO POR TAMIZADO)

Masa húmeda total antes del lavado, g	468,8	Masa seca Total antes del lavado, g	383,8
Masa seca después de lavar (g)	238,38		

Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,510	0,0	0,0	0,0	100,0
#4	4,760	0,0	0,0	0,0	100,0
#10	2,000	54,8	14,3	14,3	85,7
#20	0,840	34,9	9,1	23,4	76,6
#40	0,420	22,9	6,0	29,3	70,7
#60	0,260	34,1	8,9	38,2	61,8
#100	0,149	56,6	14,7	53,0	47,0
#200	0,074	35,0	9,1	62,1	37,9
Pasa #200		145,5	37,9		

CURVA GRANULOMETRICA DE LA MUESTRA



RESULTADOS

% de Gravas:	D60(mm):	Cu	% Límite Líquido	NL
0,0	0,24	N/A		
% de Arena:	D30(mm):		% Límite Plástico	NP
62,1		Cc		
% de Finos:	D10 mm (diámetro efectivo):	N/A	% Indice de Plasticidad	NP
37,9				

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ANALIZADO

CLASIFICACIÓN AASHTO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION) INV E 180 - 13	A-4
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS S.U.C.S. INV E-181 - 13	SM

OBSERVACIONES:

REVISÓ	ELABORÓ
GEOS GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7	GEOS Ingeniero GEOTECNIA & ESTRUCTURAS NIT. 901694186-7

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD LADERA RIO GUARAPAS - BIORGANICOS DEL SUR

Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N_{60}	NF	g	s_v (Ton/m²)	s_v' (Ton/m²)	Rs	CN							C_N (prom)	η_1		η_2	η_3	η_4	Ncorr		$\phi_{equivalente}$					Su (kPa)			E (kPa)
	de	a	media	1	2	3							Peck	Seed	Meyerhoff-Ishihara	Liao-Whitman	Skempton	Seed-Idriss	Schmert-mann	González		USA	Japón				USA	Japón	Kishida	Schmert-mann	JRB	Shioi & Fukui	JNR	Prom	Hara	Sowers	Prom	
S-1	0,00	0,50	0,250	2	2	2	4	1	1,90	0,48	0,48	0,05	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,909	2,000	2,000	2,000	1,909	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	4	3	22,75	26,13	21,71	27,90	27,90	25	79	50	64	19.302
S-1	0,50	1,00	0,750	4	3	2	5	1	1,90	1,43	1,43	0,14	1,850	2,000	2,000	2,000	2,000	1,751	2,000	2,000	2,000	1,846	1,908	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	5	4	23,84	27,89	22,75	28,20	28,20	26	92	63	77	23.235
S-1	1,00	1,50	1,250	5	4	3	7	1	1,90	2,38	2,13	0,21	1,517	1,841	1,863	2,000	1,649	1,948	2,000	1,673	1,811	1,675	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	7	5	25,00	30,66	23,66	28,50	28,50	28	118	88	103	30.784
S-1	1,50	2,00	1,750	4	3	3	6	1	1,90	3,33	2,58	0,26	1,453	1,737	1,775	1,971	1,590	1,831	2,000	1,569	1,743	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	5	4	23,84	27,89	22,75	28,20	28,20	26	92	63	77	23.235
S-1	2,00	2,50	2,250	6	5	6	11	1	1,90	4,28	3,03	0,30	1,399	1,649	1,696	1,818	1,536	1,732	1,969	1,519	1,667	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	10	8	27,65	33,62	25,95	29,40	29,40	28	152	125	139	41.579
S-1	2,50	3,00	2,750	11	13	14	27	1	1,90	5,23	3,48	0,35	1,353	1,574	1,623	1,696	1,484	1,647	1,884	1,459	1,590	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	24	20	35,00	42,05	32,32	33,00	33,00	33	286	300	293	67.879
S-1	3,00	3,50	3,250	11	15	14	29	1	1,90	6,18	3,93	0,39	1,312	1,508	1,556	1,596	1,436	1,573	1,789	1,406	1,522	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	24	20	35,00	42,05	32,32	33,00	33,00	33	286	300	293	67.879
S-1	3,50	4,00	3,750	12	15	16	33	1	1,90	7,13	4,38	0,44	1,276	1,449	1,495	1,512	1,391	1,506	1,703	1,359	1,461	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	27	22	35,93	43,20	33,17	33,60	33,60	34	311	336	324	97.299
S-1	4,00	4,50	4,250	15	15	20	35	1	1,90	8,08	4,83	0,48	1,243	1,396	1,438	1,440	1,349	1,446	1,625	1,317	1,407	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	31	26	37,80	44,54	34,75	34,80	34,80	36	344	388	366	109.660
S-1	4,50	5,00	4,750	13	17	21	38	1	1,90	9,03	5,28	0,53	1,214	1,347	1,385	1,377	1,309	1,392	1,554	1,278	1,357	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	32	27	38,24	44,85	35,12	35,10	35,10	36	352	400	376	112.747
S-1	5,00	5,50	5,250	19	20	17	37	1	1,90	9,98	5,73	0,57	1,186	1,303	1,336	1,322	1,272	1,342	1,489	1,242	1,311	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	30	25	37,36	44,22	34,36	34,50	34,50	35	336	375	355	106.602
S-1	5,50	6,00	5,750	20	17	19	36	1	1,90	10,93	6,18	0,62	1,161	1,262	1,290	1,273	1,236	1,295	1,429	1,209	1,270	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	29	24	36,91	43,89	33,97	34,20	34,20	35				11.000
S-1	6,00	6,50	6,250	11	12	13	25	1	1,90	11,88	6,63	0,66	1,137	1,224	1,248	1,229	1,203	1,252	1,374	1,179	1,231	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	21	18	33,97	40,76	31,43	32,40	32,40	33	-	-	-	9.000
S-1	6,50	7,00	6,750	12	13	15	28	1	1,90	12,83	7,08	0,71	1,116	1,188	1,208	1,189	1,171	1,212	1,333	1,150	1,195	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	23	19	34,49	41,64	31,88	32,70	32,70	33	-	-	-	9.500
S-1	7,00	7,50	7,250	14	15	17	32	1	1,90	13,78	7,53	0,75	1,095	1,154	1,170	1,153	1,141	1,174	1,276	1,123	1,161	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	26	22	35,93	42,83	33,17	33,60	33,60	34	-	-	-	10.250
S-1	7,50	8,00	7,750	17	16	14	30	1	1,90	14,73	7,98	0,80	1,076	1,123	1,135	1,120	1,113	1,139	1,232	1,098	1,129	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	24	20	35,00	42,05	32,32	33,00	33,00	33	-	-	-	9.750
S-1	8,00	8,50	8,250	18	17	18	35	1	1,90	15,68	8,43	0,84	1,057	1,093	1,102	1,089	1,085	1,105	1,190	1,074	1,100	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	27	22	35,98	43,20	33,17	33,60	33,60	34	-	-	-	10.500
S-1	8,50	9,00	8,750	18	18	20	38	1	1,90	16,63	8,88	0,89	1,040	1,065	1,071	1,061	1,060	1,073	1,152	1,052	1,072	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	29	24	36,91	43,89	33,97	34,20	34,20	35	-	-	-	11.000
S-1	9,00	9,50	9,250	18	20	21	41	1	1,90	17,58	9,33	0,93	1,023	1,038	1,041	1,036	1,035	1,043	1,116	1,030	1,045	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	30	25	37,36	44,22	34,36	34,50	34,50	35	-	-	-	11.250
S-1	9,50	10,00	9,750	21	20	20	40	1	1,90	18,53	9,78	0,98	1,008	1,012	1,013	1,011	1,011	1,014	1,082	1,010	1,020	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	29	24	36,91	43,89	33,97	34,20	34,20	35	-	-	-	11.000
S-1	10,00	10,50	10,250	20	21	22	43	1	1,90	19,48	10,23	1,02	0,993	0,988	0,987	0,989	0,989	0,991	1,050	0,990	0,997	0,75	0,63	1,00	1,00	1,00	32	26	37,60	44,85	34,75	34,80	34,80	36	-	-	-	11.750
S-1	10,50	11,00	10,750	22	23	23	46	1	1,90	20,43	10,68	1,07	0,978	0,965	0,962	0,968	0,967	0,974	1,020	0,972	0,976	0,75	0,63	1,00	1,00	1,00	33	28	38,66	45,15	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.000
S-1	11,00	11,50	11,250	23	22	23	45	1	1,90	21,38	11,13	1,11	0,964	0,942	0,938	0,948	0,947	0,957	0,991	0,954	0,968	0,75	0,63	1,00	1,00	1,00	32	26	37,80	44,85	34,75	34,80	34,80	36	-	-	-	11.750
S-1	11,50	12,00	11,750	26	24	24	48	1	1,90	22,33	11,58	1,16	0,951	0,921	0,915	0,929	0,927	0,942	0,964	0,936	0,936	0,75	0,63	1,00	1,00	1,00	33	28	38,66	45,15	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.000
S-2	0,00	0,50	0,250	2	2	3	5	1	1,90	0,48	0,48	0,05	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,909	2,000	2,000	2,000	1,969	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	5	4	23,84	27,89	22,75	28,20	28,20	26	92	63	77	23.235
S-2	0,50	1,00	0,750	4	2	3	5	1	1,90	1,43	1,43	0,14	1,850	2,000	2,000	2,000	2,000	1,751	2,000	2,000	2,000	1,846	1,906	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	5	4	23,84	27,89	22,75	28,20	28,20	26	92	63	77	23.235
S-2	1,00	1,50	1,250	2	4	2	6	1	1,90	2,38	2,13	0,21	1,517	1,841	1,863	2,000	1,649	1,948	2,000	1,673	1,811	1,675	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	6	5	25,00	29,38	23,66	28,50	28,50	26	105	75	90	27.054
S-2	1,50	2,00	1,750	3	3	3	6	1	1,90	3,33	2,58	0,26	1,453	1,737	1,775	1,971	1,590	1,831	2,000	1,569	1,743	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	5	4	23,84	27,89	22,75	28,20	28,20	26	92	63	77	23.235
S-2	2,00	2,50	2,250	7	5	4	9	1	1,90	4,28	3,03	0,30	1,399	1,649	1,696	1,818	1,536	1,732	1,969	1,519	1,667	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	8	7	26,83	31,84	25,25	29,10	29,10	28	130	100	115	34.441
S-2	2,50	3,00	2,750	3	4	4	8	1	1,90	5,23	3,48	0,35	1,353	1,574	1,623	1,696	1,484	1,647	1,884	1,459	1,590	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	7	5	25,00	30,66	23,66	28,50	28,50	26	118	88	103	30.784
S-2	3,00	3,50	3,250	13	15	17	32	1	1,90	6,18	3,93	0,39	1,312	1,508	1,556	1,596	1,436	1,573	1,789	1,406	1,522	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	27	22	35,98	43,20	33,17	33,60	33,60	34	311	336	324	97.299
S-2	3,50	4,00	3,750	15	16	18	34	1	1,90	7,13	4,38	0,44	1,276	1,449	1,495	1,512	1,391	1,506	1,703	1,359	1,461	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	27	23	36,45	43,20	33,57	33,90	33,90	34	311	336	324	97.299
S-2	4,00	4,50	4,250	16	18	19	37	1	1,90	8,08	4,83	0,48	1,243	1,396	1,438	1,440	1,349	1,446	1,625	1,317	1,407	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	33	27	38,24	45,15	35,12	35,10	35,10	36	360	413	386	115.804
S-2	4,50	5,00	4,750	17	19	20	39	1	1,90	9,03	5,28	0,53	1,214	1,347	1,385	1,377	1,309	1,392	1,554	1,278	1,357	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	33	28	38,66	45,15	35,49	35,40	35,40	36	360	413	386	115.804
S-2	5,00	5,50	5,250	19	20	20	40	1	1,90	9,98	5,73	0,57	1,186	1,303	1,336	1,322	1,272	1,342	1,489	1,242	1,311	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	33	27	38,24	45,15	35,12	35,10	35,10	36	-	-	-	12.000
S-2	5,50	6,00	5,750	20	19	19	38	1	1,90	10,93	6,18	0,62	1,161	1,262	1,290	1,273	1,236	1,295	1,429	1,209	1,270	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	30	25	37,36	44,22	34,36	34,50	34,50	35	-	-	-	11.250
S-2	6,00	6,50	6,250	18	19	20	39	1	1,90	11,88	6,63	0,66	1,137	1,224	1,248	1,229	1,203	1,252	1,374	1,179	1,231	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	34	28	38,66	45,44	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.250
S-2	6,50	7,00	6,750	19	20	20	40	1	1,90	12,83	7,08	0,71	1,116	1,188	1,208	1,189	1,171	1,212	1,333	1,150	1,195	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	34	28	38,66	45,44	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.250
S-2	7,00	7,50	7,250	19	21	21	42	1	1,90	13,78	7,53	0,75	1,095	1,154	1,170	1,153	1,141	1,174	1,276	1,123	1,161	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	34	28	38,66	45,44	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.250
S-2	7,50	8,00	7,750	20	21	22	43	1	1,90	14,73	7,98	0,80	1,076	1,123	1,135	1,120	1,113	1,139	1,232	1,098	1,129	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	34	28	38,66	45,44	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.250
S-2	8,00	8,50	8,250	21	22	22	44	1	1,90	15,68	8,43	0,84	1,057	1,093	1,102	1,089	1,085	1,105	1,190	1,074	1,100	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	34	28	38,66	45,44	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.250
S-2	8,50	9,00	8,750	22	22	23	45	1	1,90	16,63	8,88	0,89	1,040	1,065	1,071	1,061	1,060	1,073	1,152	1,052	1,072	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	34	28	38,66	45,44	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.250
S-2	9,00	9,50	9,250	22	23	24	47	1	1,90	17,58	9,33	0,93	1,023	1,038	1,041	1,036	1,035	1,043	1,116	1,030	1,045	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	35	29	39,08	45,72	35,86	35,70	35,70	37	-	-	-	12.500
S-2	9,50	10,00	9,750	23	24	24	48	1	1,90	18,53	9,78	0,98	1,008	1,012	1,013	1,011	1,011	1,014	1,082	1,010	1,020	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	34	29	39,08	45,44	35,86	35,70	35,70	37	-	-	-	12.250
S-2	10,00	10,50	10,250	24	25	26	>50	1	1,90	19,48	10,23	1,02	0,993	0,988	0,987	0,989	0,989	0,991	1,050	0,990	0,997	0,75	0,63	1,00	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	42,00	42,00	43	-	-	-	16.250
S-2	10,50	11,00	10,750	25	26	27	>50	1	1,90	20,43	10,68	1,07	0,978	0,965	0,962	0,968	0,967	0,974	1,020	0,972	0,978	0,75	0,63	1,00	1,00	1,00	50	50	46,62	49,18	42,39	42,00	42,00	43	-	-	-	16.250
S-3	0,00	0,50	0,250	2	3	3	6	1	1,90	0,48	0,48	0,05	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,909	2,000	2,000	2,000	1,969	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	6	5	25,00	29,38	23,66	28,50	28,50	26	105	75	90	27.054
S-3	0,50	1,00	0,750	4	6	7	13	1	1,90	1,43	1,43	0,14	1,850	2,000	2,000	2,000	2,000	1,751	2,000	2,000	2,000	1,846	1,906	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	13	11	29,83	36,22	27,85	30,30	30,30	30	184	163	173	51.951
S-3	1,00	1,50	1,250	5	7	9	16	1	1,90	2,38	2,13	0,21	1,517	1,841	1,863	2,000	1,649	1,948	2,000	1,673	1,811	1,675	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	16	13	31,12	38,16	28,96	30,90	30,90	30	213	200	207	63.023
S-3	1,50	2,00	1,750	6	8	10	18	1	1,90	3,33	2,58	0,26	1,453	1,737	1,775	1,971	1,590	1,831	2,000	1,569	1,743	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	17	14	31,73	38,74	29,49	31,20	31,20	31	223	213	218	65.326
S-3	2,00	2,50	2,250	9	12	13	25	1	1,90	4,28	3,03	0,30	1,399	1,649	1,696	1,818	1,536	1,732	1,969	1,519	1,667	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	23	19	34,49	41,64	31,88	32,70	32,70	33	277	288	282	84.710
S-3	2,50	3,00	2,750	11	15	16	31	1	1,90	5,23	3,48	0,35	1,353	1,574	1,623	1,696	1,484	1,647	1,884	1,459	1,590	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	27	23	36,45	43,20	33,57	33,90	33,90	34	311	338	324	97.299
S-3	3,00	3,50	3,250	12	16	17	33	1	1,90	6,18	3,93	0,39	1,312	1,508	1,556	1,596	1,436	1,573	1,789	1,406	1,522	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	28	23	36,45	43,55	33,57	33,90	33,90	34	319	350	335	100.412
S-3	3,50	4,00	3,750	14	17	18	35	1	1,90	7,13	4,38	0,44	1,276	1,449	1,495	1,512	1,391	1,506	1,703	1,359	1,461	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	28	23	36,45	43,55	33,57	33,90	33,90	34	319	350	335	100.412
S-3	4,00	4,50	4,250	15	18	19	37	1	1,90	8,08	4,83	0,48	1,243	1,396	1,438	1,440	1,349	1,446	1,625	1,317	1,407	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	33	27	38,24	45,15	35,12	35,10	35,10	36	360	413	386	115.804
S-3	4,50	5,00	4,750	18	19	21	40	1	1,90	9,03	5,28	0,53	1,214	1,347	1,385	1,377	1,309	1,392	1,554	1,278	1,357	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	34	28	38,66	45,44	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.250
S-3	5,00	5,50	5,250	19	20	20	40	1	1,90	9,98	5,73	0,57	1,186	1,303	1,336	1,322	1,272	1,342	1,489	1,242	1,311	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	33	27	38,24	45,15	35,12	35,10	35,10	36	-	-	-	12.000
S-3	5,50	6,00	5,750	19	21	21	42	1	1,90	10,93	6,18	0,62	1,161	1,262	1,290	1,273	1,236	1,295	1,429	1,209	1,270	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	33	28	38,66	45,15	35,49	35,40	35,40	36	-	-	-	12.000
S-3	6,00	6,50	6,250	19	21	22	43	1	1,90	11,88	6,63	0,66	1,137	1,224	1,248	1,229	1,203	1,252	1,374	1,179	1,231	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	37	31	39,90	46,26	36,56	36,30	36,30	37	-	-	-	13.000
S-3	6,50	7,00	6,750	20	22	22	44	1	1,90	12,83	7,08	0,71	1,116	1,188	1,208	1,189	1,171	1,212	1,333	1,150	1,195	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	37	31	39,90	46,26	36,56	36,30	36,30	37	-	-	-	13.000
S-3	7,00	7,50	7,250	21	22	23	45	1	1,90	13,78	7,53	0,75	1,095	1,154	1,170	1,153	1,141	1,174	1,276	1,123	1,161	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	37	31	39,90	46,26	36,56	36,30	36,30	37	-	-	-	13.000
S-3	7,50	8,00	7,750	22	23	24	47	1	1,90	14,73	7,98	0,80	1,076	1,123	1,135	1,120	1,113	1,139	1,232	1,098	1,129	0,75	0,63	0,95	1,00	1,00	37	31	39,90	46,26	36,56	36,30	36,30	37	-	-	-	13.000
S-4	0,00	0,50	0,250	2	2	3	5	1	1,90	0,48	0,48	0,05	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,909	2,000	2,000	2,000	1,969	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	5	4	23,84	27,89	22,75	28,20	28,20	26	92	63	77	23.235
S-4	0,50	1,00	0,750	4	5	6	11	1	1,90	1,43	1,43	0,14	1,850	2,000	2,000	2,000	2,000	1,751	2,000	2,000	2,000	1,846	1,906	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	11	9	28,42	34,68	26,62	29,70	29,70	29	163	138	150	45.078
S-4	1,00	1,50	1,250	5	7	8	15	1	1,90	2,38	2,13	0,21	1,517	1,841	1,863	2,000	1,649	1,948	2,000	1,673	1,811	1,675	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	15	12	30,49	37,55	28,42	30,60	30,60	30	204	188	196	58.684
S-4	1,50	2,00	1,750	6	8	9	17	1	1,90	3,33	2,58	0,26	1,453	1,737	1,775	1,971	1,590	1,831	2,000	1,569	1,743	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	16	13	31,12	38,16	28,96	30,90	30,90	30	213	200	207	62.023
S-4	2,00	2,50	2,250	8	10	11	21	1	1,90	4,28	3,03	0,30	1,399	1,649	1,696	1,818	1,536	1,732	1,969	1,519	1,667	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	19	16	32,69	39,60	30,49	31,80	31,80	32	242	238	240	71.665
S-4	2,50	3,00	2,750	10	12	13	25	1	1,90	5,23	3,48	0,35	1,353	1,574	1,623	1,696	1,484	1,647	1,884	1,459	1,590	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	22	18	33,97	41,21	31,43	32,40	32,40	33	266	278	272	81.525
S-4	3,00	3,50	3,250	11	13	14	27	1	1,90	6,18	3,93	0,39	1,312	1,508	1,556	1,596	1,436	1,573	1,789	1,406	1,522	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	23	19	34,49	41,64	31,88	32,70	32,70	33	277	288	282	84.710
S-4	3,50	4,00	3,750	12	14	15	29	1	1,90	7,13	4,38	0,44	1,276	1,449	1,495	1,512	1,391	1,506	1,703	1,359	1,461	0,75	0,63	0,75	1,00	1,00	23	19	34,49	41,64	31,88	32,70	32,70	33	277	288	282	84.710
S-4	4,00	4,50	4,250	13	15	16	31	1	1,90	8,08	4,83	0,48	1,243	1,396	1,438	1,440	1,349	1,446	1,625	1,317	1,407	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	27	23	36,45	43,20	33,57	33,90	33,90	34	311	338	324	97.299
S-4	4,50	5,00	4,750	14	16	17	33	1	1,90	9,03	5,28	0,53	1,214	1,347	1,385	1,377	1,309	1,392	1,554	1,278	1,357	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	28	23	36,45	43,55	33,57	33,90	33,90	34	-	-	-	10.750
S-4	5,00	5,50	5,250	13	16	17	33	1	1,90	9,86	5,73	0,57	1,186	1,303	1,336	1,322	1,272	1,342	1,489	1,242	1,311	0,75	0,63	0,85	1,00	1,00	27	22	35,98	43,20	33,17	33,60	33,60	34	-	-	-	10.500
S-4	5,50	6,00	5,750	15	17	18	35	1	1,90	10,93	6,18	0,62	1,161	1,262	1,290	1,273	1,236

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **10.294.336**

OROZCO MARIN

APELLIDOS

CARLOS ANDRES

NOMBRES



FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **21-MAY-1982**

POPAYAN
(CAUCA)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.82	**A+**	**M**
ESTATURA	G.S. RH	SEXO

30-MAY-2000 POPAYAN

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

A-1500150-00438230-M-0010294336-20130606 0033285328A 1 1162385821

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

19202138942CAU

INGENIERO CIVIL

DE FECHA **25/01/2007**

CARLOS ANDRES
OROZCO MARIN
C.C. 10294336
UNIVERSIDAD DEL CAUCA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

La Universidad del Cauca

en nombre de la

República de Colombia

y por autorización del Ministerio de Educación Nacional

en atención a que

Carlos Andrés Orozco Marín

c.c. ne 10'294.336 de Popayán

ha cumplido con todos los requisitos legales y estatutarios, le otorga el título de

Ingeniero Civil

con todos los derechos, privilegios y dignidades que lo facultan para el ejercicio profesional

Popayán, 15 de Diciembre de 2006

Registrado en el Libro de Diplomas Nº 070 Folio 947 Diploma Nº 947-06

Resolución Nº R-936-06 Acta Nº 23-06

El Rector de la Universidad

El Decano de la Facultad

El Secretario Gral. de la Universidad

El Secretario General de la Universidad del Cauca expide la siguiente:

ACTA DE GRADO No. 23 del 15 de diciembre de 2006

En Popayán, capital del Departamento del Cauca, República de Colombia, a las 11:00a.m. del viernes quince (15) de diciembre de dos mil seis (2006) y en cumplimiento de la Resolución R-936 del 14 de diciembre de 2006 expedida por el Rector del Alma Máter, se realizó un acto solemne de grado en el Paraninfo Francisco José de Caldas, para la entrega de títulos conferidos por la Universidad del Cauca. El Secretario General, una vez instalada la Ceremonia, lee la resolución afirmando que el graduando ha cursado y aprobado el plan de estudios con la intensidad horaria requerida y cumple con los requisitos legales y reglamentarios. El Rector le toma el juramento y le otorga el título de:

INGENIERO CIVIL

A:

CARLOS ANDRES OROZCO MARIN
cc10.294.336 de Popayán

El diploma acredita su idoneidad para ejercer la profesión de Ingeniero Civil.

Se registra en el Libro N°:070; Folio N°:947; Diploma N°:947-06

La ceremonia finaliza a las 12:00m.

Para constancia se expide la presente Acta de Grado. (Firmado) DANILO REINALDO VIVAS RAMOS, Rector; JULIO CESAR DIAGO FRANCO, Decano de la Facultad de Ingeniería Civil; JORGE ALBERTO DUQUE MEJIA, Secretario General.

Es fiel copia tomada del original y se expide en Popayán, Ciudad Universitaria, a quince (15) de diciembre de dos mil seis (2006)

JORGE ALBERTO DUQUE MEJIA
Secretario General

Esperanza G.

001029

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

BOGOTÁ D.C.
REPÚBLICA DE COLOMBIA

El Consejo Superior y el Rector de la Universidad de los Andes
con las debidas autorizaciones legales y teniendo en cuenta que

Carlos Andrés Orozco Marín

C. C. 16 284 336

ha cumplido con los requisitos académicos exigidos por la Universidad, le otorgan, con los derechos y obligaciones correspondientes, el diploma de

Magíster en Ingeniería

El Presidente del Consejo Superior | El Rector | El Decano de la Facultad | La Secretaria General

REGISTRADO
LIBRO 14 FOLIO 61

Bogotá D.C., 5 de abril de 2013
FI. Resolución No. 28 del 25 de febrero de 1949 del Ministerio de Justicia

57658

Universidad de los Andes

LA SUSCRITA DIRECTORA DE LA OFICINA DE ADMISIONES Y REGISTRO DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
APROBADA POR RESOLUCIÓN No. 28 DE FEBRERO 23 DE 1949
NIT. 860.007.386-1

Expide copia de lo pertinente de la siguiente Acta de Grado:

Acta de Grado No. 886-2013 Libro 14 -Folio 51 del 5 de abril de 2013:

En Bogotá, a 5 de abril de 2013, se reunieron en el Auditorio Mario Laserna, el doctor PABLO NAVAS SANZ DE SANTAMARIA, Rector de la Universidad; el doctor ALAIN GAUTHIER SELLIER, Decano de la Facultad de Ingeniería; la doctora MARIA TERESA TOBON RUBIO, Secretaria General; la doctora CLEMENCIA NIETO GUZMAN, Directora de Admisiones y Registro y la Doctora JUANA MARGARITA LOPERA DONCEL, Jefe de Registro, con el objeto de hacer entrega de los diplomas a los graduandos que cumplieron con los requisitos reglamentarios exigidos por la Universidad para obtener el título correspondiente.

"(...)"**"MAGISTER EN INGENIERIA. AREA: CIVIL"**"

REGISTRADO EN EL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACION DE LA EDUCACION SUPERIOR - SNIES - BAJO EL CODIGO 54555

48594. Carlos Andrés Orozco Marín C. C. 10.294.336 (...).

FIRMADA
PABLO NAVAS SANZ DE SANTAMARIA – Rector
MARIA TERESA TOBON RUBIO - Secretaria General (...)"

CLEMENCIA NIETO GUZMAN
Directora
Oficina de Admisiones y Registro

Bogotá, 5 de abril de 2013
Claudia R.

8.2 ANEXO INFORME DE GEOFÍSICA

Terrálica

AK 15 122-35 Oficina 604
Bogotá D.C.
Cel. 310 794 5995
echica@terralica.com
terralica.com

Bogotá, 6. ene. 2026

Señores
Omar Leonardo Tovar Vargas
Pitalito, Huila

Atn: Ing John Pinchao

Ref: Informe Final de Geofísica TRS / MASW / SRHV
Proyecto: Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas
Pitalito, Huila
Proyecto Terrálica TRLC-424-260106-V1.0

Cordial saludo

Nos complace presentar nuestro Informe Final de Geofísica para el Proyecto Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas, en Pitalito, departamento de Huila.

Este reporte presenta nuestras conclusiones con relación a las condiciones del subsuelo del sitio de investigación.

Apreciamos la oportunidad de estar a su servicio en este proyecto. Si tiene cualquier pregunta con respecto a este informe, o si podemos ser de más utilidad, por favor contáctenos.

Cordialmente,
Terrálica SAS

COPNIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
Emiro José Chica Quiñones
MP 13202-50391 BLV
Ingeniero Civil
Abril 21, 1994

Emiro Chica Quiñones
Magister en Geofísica
Universidad Nacional de Colombia
Gerente General

Firmado digitalmente por 32bca734-cce7-4fb1-9cbd-7a0ff6c01ffe
DN: CN=32bca734-cce7-4fb1-9cbd-7a0ff6c01ffe
Razón: Soy el autor de este documento
Fecha: 2026.01.07 00:57:27-05'00'

Terrálica

Informe Final De Geofísica

Tomografía de Refracción Sísmica (TRS)
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW)

Proyecto:

Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas
Pitalito, Huila
06/01/26
Proyecto Terrálica No. TRLC-424-260106-V1.0

Preparado para:

Omar Leonardo Tovar Vargas
Ing John Pinchao
Calle 10 Sur 3-67
Tel 311 270 3940
jhonpinchao44@gmail.com
Pitalito

Preparado por:

Terrálica SAS
Calle 191A 11A-25 Oficina 111
Bogotá D.C., Colombia
Cel 310 794 5995
info@terralica.com

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN....5
2 OBJETIVOS....5
3 ESTÁNDARES....5
4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO....5
4.1 Área de estudio....5
4.1.1 Ubicación....5
4.1.2 Configuración de líneas y arreglos....5
5 METODOLOGÍA....6
5.1 Sísmica de refracción....6
5.2 Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW)....6
5.3 SRHV de vibraciones de ruido ambiental....7
5.4 Correlación de velocidad Vs y Vp....8
6 ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS....8
6.1 Equipo....8
6.2 Procesamiento....10
7 RESULTADOS....10
7.1 Resultados de Tomografía de Refracción sísmica (TRS)....10
7.2 Resultados de MASW....10
7.3 Resultados de SRHV....11
7.4 Frecuencia fundamental del suelo (f_0)....11
7.5 Procesamiento conjunto....11
7.6 *Vs30m* y perfil del suelo....11
8 CONCLUSIONES....12
9 BIBLIOGRAFÍA....13
10 ANEXOS....14
10.1 Anexo – Ubicación general y específica....15
10.2 Anexo – Tomografía de Refracción Sísmica - TRS....19
10.3 Anexo – Cálculo de módulos geotécnicos por MASW....21
10.4 Anexo – Análisis de Relación Espectral H/V....23
10.5 Anexo – Anexo fotográfico....27
10.6 Anexo – Certificado de calibración de equipos....30
10.7 Anexo – Curriculum de quién avala el estudio....35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la zona de estudio....5
Figura 2: Ubicación de sitios SRHV y MASW....6
Figura 3: Ubicación de TRS....6
Figura 4: Principio del método de refracción sísmica....6
Figura 5: Regiones sísmicas en un sismograma....7
Figura 6: Configuración del sistema de adquisición de 24 canales....7

Figura 7: Esquema de disparos para el MASW 7
Figura 8: Ejemplo de flujo de procesamiento de MASW 7
Figura 9: Ejemplo de flujo de procesamiento de SRHV 9
Figura 10: Sismógrafo GEA24 de PASI 9
Figura 11: Sismógrafo SR04 GeoBox 9
Figura 12: Curva de respuesta de los sensores 2,0 Hz 9
Figura 13: curva de respuesta y especificaciones del geófono de 4,5 Hz 10
Figura 14: Criterios de confiabilidad y claridad H/V 10
Figura 15: Tomografía de refracción de la línea TRS-01 10
Figura 16: registro de campo MASW-01 10
Figura 17: espectro de velocidad de dispersión MASW-01 11
Figura 18: registro de microtremores para SRHV-03 11
Figura 19: curva de SRHV-03 11
Figura 20: espectro amplitud-azimut SRHV-03 11
Figura 21: modelo de velocidad onda S – Vs30m-01 11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los perfiles del suelo – Tabla A.2.4-1 8
Tabla 2: Especificaciones del Sismógrafo SR04 GeoBox 9
Tabla 3: Especificaciones del Sismógrafo GEA24 de PASI 9
Tabla 4: Resumen de frecuencia fundamental y cálculo de *Vs30m* 12

1 INTRODUCCIÓN

La empresa Omar Leonardo Tovar Vargas adelanta el componente geotécnico en el marco de los estudios y diseños del proyecto Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas, en Pitalito departamento del Huila; por esta razón solicitó a Terrálica SAS, la exploración geofísica del subsuelo, con el fin de establecer la estratigrafía del subsuelo y los parámetros elásticos particulares de los suelos explorados a partir del análisis de datos sísmicos adquiridos para Tomografía de Refracción Sísmica (TRS), Análisis Superficial de Ondas Superficiales (MASW), y análisis de la Relación Espectral Horizontal/Vertical (SRHV).

2 OBJETIVOS

El método de Tomografía de Refracción Sísmica (TRS) y el Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) tiene como objetivo el análisis del primer arribo de ondas superficiales a lo largo de un arreglo lineal de sensores de vibración, para obtener como resultado un modelo de velocidades que representa la geología y estructura del subsuelo somero, lo que permite inferir sus propiedades elásticas y por lo tanto su caracterización geotécnica.

El método SRHV, también conocido como Método Nakamura consiste en la estimación de la relación entre el espectro de amplitudes de Fourier, de los componentes horizontal (H) y vertical (V) de las vibraciones producidas por el ruido ambiente, grabadas en un punto específico. Esta relación H/V permite determinar el período fundamental del suelo (T_0).

En el presente trabajo se muestra los resultados del análisis de una (1) línea de TRS, una (1) línea de MASW, adquiridas para establecer las propiedades elásticas del suelo y obtener la clasificación de los perfiles del suelo, de acuerdo con la Tabla A.2.4-1 del Título A de NSR-10.

3 ESTÁNDARES

El presente documento se ciñe para su metodología a los siguientes estándares:

- GUA SI Sistema Internacional de Unidades, Icontec, 2002.
- ASTM Standard D420-2003, Standard Guide for Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes.
- ASTM Standard D7400-2008, Standard Test Methods for Downhole Seismic Testing (3).
- ASTM Standard D5777-2011, Standard Guide for Using the Seismic Refraction Methods for Subsurface Investigation.
- ASTM Standard D6429-2011, Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.
- ASTM Standard D7128-2010, Standard Guide for Using the Seismic-Reflection Methods for Shallow Subsurface Investigation.

4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 Área de estudio

4.1.1 Ubicación

Los levantamientos de sísmica fueron realizados en Pitalito, Huila, dentro del Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas. La Figura 1 muestra la ubicación del área de estudio. (En el Anexo 10.1 se muestra la ubicación en imágenes de mejor resolución).

Figura 1: Ubicación de la zona de estudio



Imagen tomada y modificada de Google Earth 2026

4.1.2 Configuración de líneas y arreglos

Se realizó una (1) línea sísmica para para TRS y una (1) línea sísmica para MASW sobre un tendido de 24 geófonos con una longitud de 115 m, con una separación entre geófonos de 5 m y tres (3) análisis de sitio con el método SRHV.

En las Figuras 2 y 3 se muestra la ubicación de los arreglos para SRHV, MASW y TRS. La línea sísmicas y los sitios para el monitoreo de ruido ambiental (SRHV) fueron escogidos de acuerdo con el espacio disponible a criterio del cliente. En en Anexo 10.1 se muestra la ubicación general y específica de los estudios geofísicos.

Figura 2: Ubicación de sitios SRHV y MASW



Imagen tomada y modificada de Google Earth 2026

Figura 3: Ubicación de TRS



Imagen tomada y modificada de Google Earth 2026

5 METODOLOGÍA

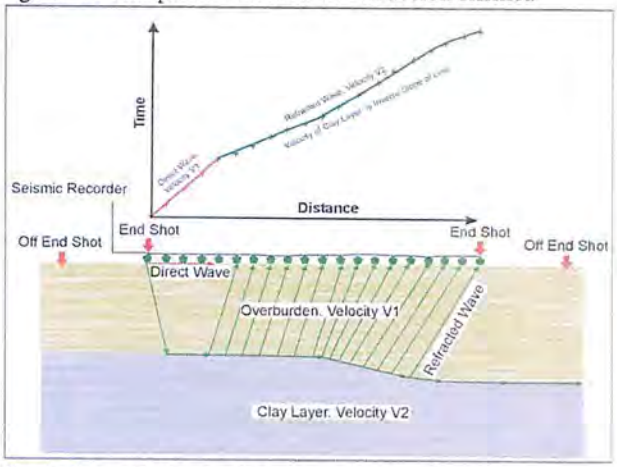
5.1 Sísmica de refracción

El método de refracción sísmica hace uso de las ondas refractadas por los diferentes estratos del subsuelo para construir una imagen del mismo. Como se muestra en la Figura Figura 4, en diferentes sitos de un tendido sísmico, son realizados varios golpes con el objetivo de generar una fuente sísmica u onda, que se refracta, refleja, transmite y dispersa en el subsuelo.

Cuando se activa una fuente sísmica, las ondas refractadas viajan por la zona de contacto entre los estratos geológicos, y ya que en general son zonas de mayor velocidad que las capas suprayacentes, las ondas refractadas son las primeras que son registradas, detectadas mediante el primer arribo del tren de ondas sísmico. Los datos se adquieren con un sismógrafo convencional y geófonos verticales de onda P, con frecuencias natural de 4,5 Hz usados en estudios de refracción y micro tremores (Ver Figura 12).

La Figura 5 muestra un ejemplo de un sismograma convencional, en este se muestran las zonas sísmicas, Los cambios de pendientes en el tren de onda sísmico son interpretados como zonas donde llegan los primeros arribos de diferentes interfaces bajo el subsuelo.

Figura 4: Principio del método de refracción sísmica



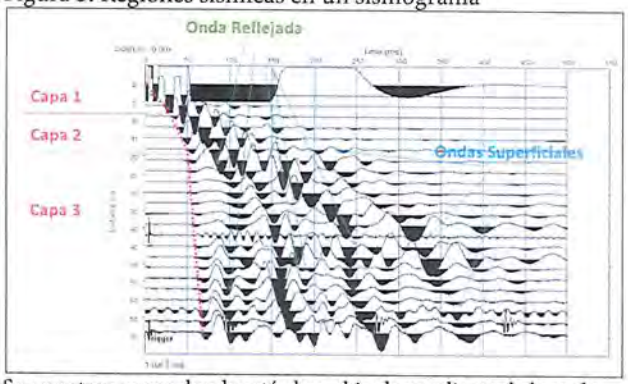
El método estudia los cambios de pendiente en los primeros arribos de la onda refringir por las diferentes interfaces del subsuelo, Tomado de "Application of Geophysical Methods to Highway Related Problems.

5.2 Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW)

Las fuentes de energía superficiales (explosivos, vibradores, golpes de un peso que cae) convierten aproximadamente el 70% de su energía en ondas superficiales (Ondas Rayleigh, Love, Stoneley), las cuales se atenúan con la profundidad y se propagan dispersivamente cuando hay variación de la velocidad en los medios de propagación, es por eso que las grandes longitudes de onda (bajas frecuencias) permiten caracterizar grandes profundidades y las

pequeñas longitudes de onda (altas frecuencias) permiten caracterizar las profundidades superficiales.

Figura 5: Regiones sísmicas en un sismograma



Se muestran zonas donde está el cambio de pendiente de la onda refractada, las ondas reflejadas y el arribo de las ondas superficiales; en el caso de la sísmica de refracción solo interesa el primer arribo de la onda superficial.

El procedimiento a utilizar es el descrito por el método Multicanal de Ondas Superficiales (MASW por sus siglas en inglés). Éste consiste en registrar en superficie mediante un arreglo lineal de receptores (ver figura Figura 7), las ondas superficiales (ondas Rayleigh y Love principalmente) generadas en este caso por un golpe de martillo.

Figura 6: Configuración del sistema de adquisición de 24 canales

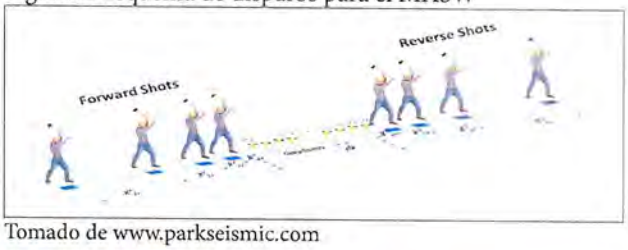


Tomado de www.parkseismic.com

De los registros digitales se genera un espectro de frecuencia-velocidad de fase, del cual se extrae la curva de dispersión de la velocidad de fase, en su modo fundamental y de los modos superiores en los casos donde se presenten; posteriormente de esta curva mediante un proceso de inversión, se estiman las velocidades de la onda de corte (V_s) en intervalos de profundidad, obteniéndose una caracterización del perfil de las capas del subsuelo.

De este perfil se calcula, de acuerdo con el *International Bulding Code* la velocidad promedio de corte para los primeros 30 m (Vs30m), lo que nos permite clasificar el perfil del suelo de acuerdo con la tabla A.2.4-1 del Título A de la NSR-10 (Ver tabla 1). Este flujo de procesamiento se puede ver en la figura Figura 8.

Figura 7: Esquema de disparos para el MASW



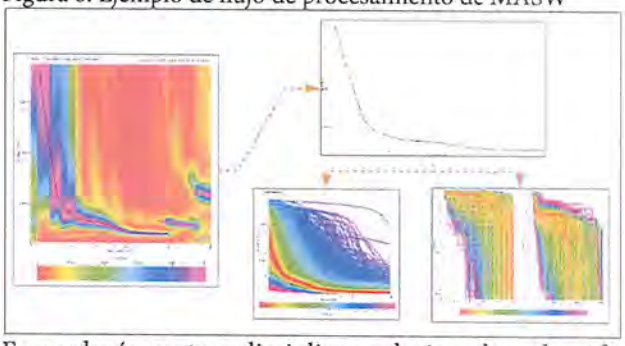
Tomado de www.parkseismic.com

5.3 SRHV de vibraciones de ruido ambiental

Una parte significante de los daños causados por terremotos están asociados a la amplificación de las ondas sísmicas, debido a la respuesta del sitio; el análisis de respuesta del sitio es por lo tanto parte fundamental de la evaluación del riesgo sísmico.

Entre los métodos usados para tal fin la Relación Espectral H/V de vibraciones ambientales es probablemente uno de enfoques más comunes. El método, también llamado "Técnica de Nakamura" (Nakamura, 1989), fue presentado primero por Nogoshi y Igarashi (1971), basado en los estudios iniciales de Kanai y Tanaka (1961).

Figura 8: Ejemplo de flujo de procesamiento de MASW

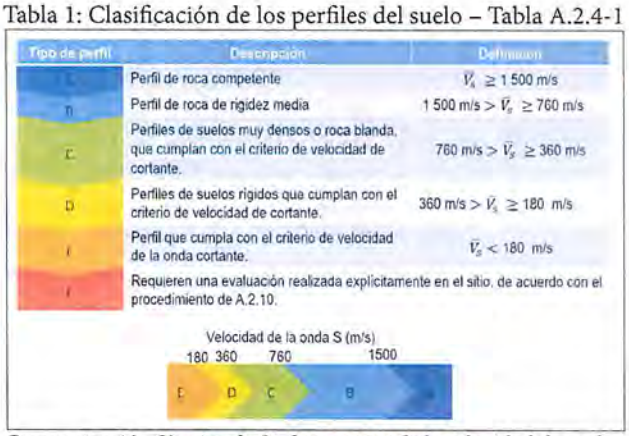


En geología y otras disciplinas relacionadas, el ruido sísmico es un nombre genérico para una vibración relativamente persistente del suelo, debido a una multitud de causas, que es un componente no interpretable o no deseado de las señales registradas por los sismómetros.

Físicamente, el ruido sísmico consiste principalmente en ondas superficiales. Las ondas de baja frecuencia (por debajo de 1 Hz) generalmente se llaman microsismos; las ondas de alta frecuencia (más de 1 Hz) se llaman microtremores. Sus causas incluyen actividades humanas cercanas (como tráfico o

maquinaria pesada), vientos y otros fenómenos atmosféricos y las olas del océano.

Tabla 1: Clasificación de los perfiles del suelo – Tabla A.2.4-1



Caracterización Sísmica de Suelos a partir de la velocidad de onda S, Según la Norma NSR-10, Tomado y modificado del Título A del Reglamento Colombiano de Normas Sismo Resistentes, NSR-10.

El ruido sísmico es relevante para cualquier disciplina que dependa de la sismología, como la geología, la exploración petrolera, la hidrología y la ingeniería de terremotos, y el monitoreo de la salud estructural.

El ruido sísmico es una molestia para actividades que son sensibles a las vibraciones, pero por otro lado, tiene algunos usos prácticos, por ejemplo, para determinar las propiedades dinámicas de baja tensión de las estructuras de ingeniería civil, como puentes, edificios y presas; o para determinar las propiedades elásticas del suelo y el subsuelo a fin de dibujar mapas de microzonación sísmica que muestren pronósticos de la respuesta del suelo a los terremotos.

Las investigaciones sobre el origen del ruido sísmico indica que la parte de baja frecuencia del espectro (por debajo de 1 Hz) se debe a causas naturales, principalmente olas oceánicas. En particular, el pico entre 0.1 y 0.3 Hz está claramente asociado con la interacción de las olas de agua de frecuencias casi iguales pero direcciones opuestas. A alta frecuencia (más de 1 Hz), el ruido sísmico se produce principalmente por actividades humanas, como el tráfico vehicular y el trabajo industrial, pero también hay fuentes naturales, como ríos. Alrededor de 1 Hz, el viento y otros fenómenos atmosféricos también son una fuente importante de vibraciones del suelo.

El cálculo de la relación H / V sigue estos pasos:

1. Grabación del ruido ambiental en los 3 componentes.
2. Descomposición de la señal en ventanas de tiempo, con el objetivo de aislar las partes de la grabación en las que la señal es más estacionaria y eliminar los ruidos transitorios o transitorios.
3. Cálculo y suavizado del espectro de amplitud obtenido por la transformada de Fourier para cada una de las ventanas seleccionadas en los tres componentes.
4. Combinación, con una operación promedio, de los dos componentes horizontales para cada una de las ventanas seleccionadas.
5. Cálculo de la relación H/V para cada ventana.
6. Cálculo del promedio de las relaciones H/V de las ventanas individuales, que representará la curva H/V definitiva. De esta curva se estima la frecuencia (inverso del período) fundamental (f_0).

Posteriormente de la curva de elipticidad asociada a los espectros de amplitud de los componentes, mediante un proceso de inversión, se estiman las velocidades de la onda de corte (V_s) y presión (V_p) en intervalos de profundidad, obteniéndose una caracterización del perfil de las capas del subsuelo; este flujo de procesamiento se puede ver en la Figura 9.

5.4 Correlación de velocidad Vs y Vp

La relación de las velocidades de compresión (V_p) y de corte (V_s) permite obtener varios parámetros elásticos, tales como densidad, módulo de Poisson, módulo cortante, módulo de Young y módulo Bulk; igualmente permite estimar la Resistencia de Penetración Estándar (N) similar a la Prueba de Penetración Estándar (SPT).

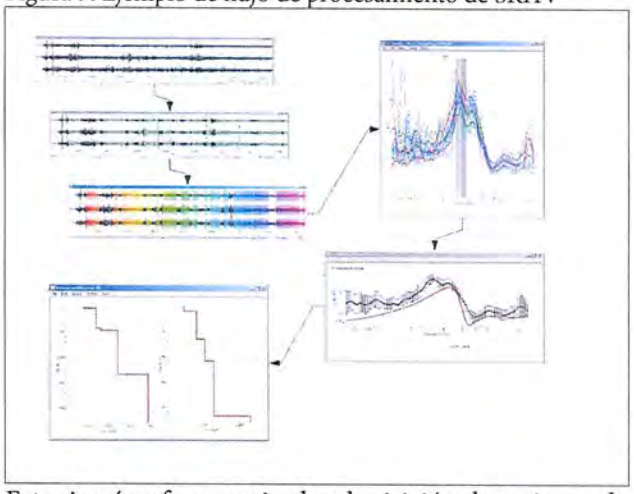
6 ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

6.1 Equipo

Para la adquisición de los datos sísmicos fue usado un sismógrafo GEA24 de PASI (ver figura 10), el cual es un sismógrafo que garantiza la adquisición de registros de alta fidelidad y con muy buenos niveles de relación señal/ruido. En la Tabla 3 se referencia las especificaciones técnicas de la unidad de grabación.

Para la adquisición de los datos de vibración ambiental fue usado un sismógrafo SR04S3 GeoBox de Sara Electronic Instruments (ver Figura 11), el cual es un sismógrafo equipado con tres sensores (uno vertical y dos horizontales) de 2,0 Hz de frecuencia natural; en la Figura 12 se muestra la curva de respuesta de los sensores.

Figura 9: Ejemplo de flujo de procesamiento de SRHV



Este sismógrafo garantiza la adquisición de registros de alta fidelidad y con muy buenos niveles de relación señal/ruido. En la Tabla 2 se referencia las especificaciones técnicas de la unidad de grabación.

Figura 10: Sismógrafo GEA24 de PASI



Sismógrafo GEA24, Fuente: http://pasi.it

Los geófonos (sensor sísmico Geospace GS-11D de 4,5 Hz de frecuencia natural) fueron distribuidos a lo largo del trazado de cada línea y plantados de forma vertical para garantizar la sensibilidad en la señal mediante un buen acople de los geófonos. En la Figura 13 se muestra la curva de respuesta del geófono.

Figura 11: Sismógrafo SR04 GeoBox



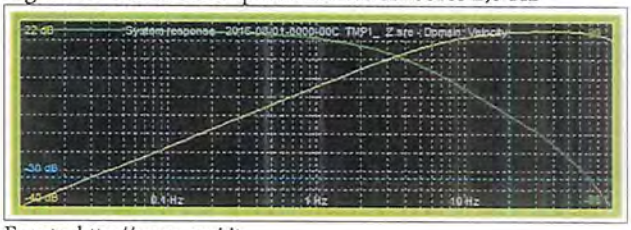
Sismógrafo SR04 GeoBox, Fuente: http://www.sara.pg.it

Tabla 2: Especificaciones del Sismógrafo SR04 GeoBox

Technical Features	
Power supply:	10-15Vdc (with power consumption less than 1 W)
Number of channels:	3 with 24 bit A/D converter (ΣΔ)
Dynamic range:	124dB (144dB, 24 bit of ENOB, between 0.1 and 10Hz)
Sampling:	simultaneous on all three channel (1 a/d per channel)
Sampling rates:	from 10 to 600 Hz
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sync R.Time Clock:	GPS based via PPS
Precision to UTC time:	<50µs
Data interface:	RS232, USB cable supplied
Data format:	SADC20HS binary protocol
Baud rate:	115200 baud
GPS data interface:	RS232, MEA; 4800 baud, n,8,1
Case:	Solid block of alluminum with IP66 protection grade
Operating temperature:	-20/+60°C
Dimensions:	155x140x110
Weight:	3.1 kg With 4.5Hz sensos, 4.4kg with 2Hz sensors
Conformity declaration:	CE

Fuente: http://www.sara.pg.it

Figura 12: Curva de respuesta de los sensores 2,0 Hz



Fuente: http://www.pasi.it

Tabla 3: Especificaciones del Sismógrafo GEA24 de PASI

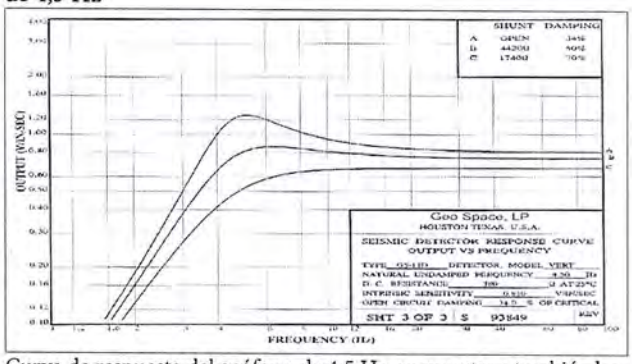


Fuente: http://www.pasi.it

6.2 Procesamiento

Durante el procesamiento de las tres componentes registradas, se buscó cumplir los criterios de confiabilidad de la curva H/V y la claridad del pico H/V, del Proyecto SESAME (ver Figura 14).

Figura 13: curva de respuesta y especificaciones del geófono de 4,5 Hz



Curva de respuesta del geófono de 4,5 Hz, se muestran también las especificaciones del mismo. Fuente: http://www.geospace.com

Las ventanas de tiempo se seleccionaron automáticamente, teniendo en cuenta que el proceso manual es demandante en tiempo, sin embargo estas ventanas fueron ajustadas manualmente cuando fue requerido. El objetivo es mantener la mayoría de las vibraciones ambientales estacionarias y evitar las vibraciones transcientes asociadas con fuentes específicas (pasos, tráfico vehicular).

Figura 14: Criterios de confiabilidad y claridad H/V

Criteria for a reliable H/V curve

i) $f_0 > 10 / l_w$
and
ii) $n_c (f_0) > 200$
and
iii) $\sigma_A(f)<2$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f0>0.5Hz$
or $\sigma_A(f)<3$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f0<0.5Hz$

Criteria for a clear H/V peak
(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)

i) $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
iii) $A_0 > 2$
iv) $f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$
v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
- f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s\,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s\,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Fuente: SESAME European research project

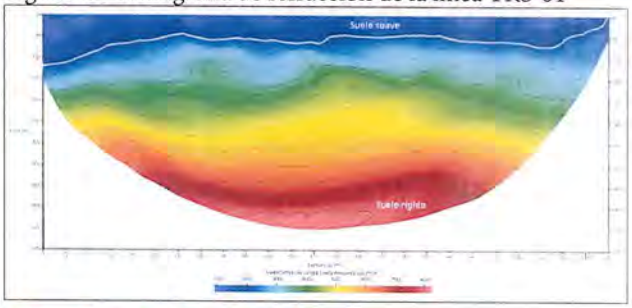
7 RESULTADOS

7.1 Resultados de Tomografía de Refracción sísmica (TRS)

La Figura 15 muestra la tomografía por refracción y el modelo de velocidades V_p; la profundidad promedio de estudio fue de aproximadamente 45 m, no permitiéndose detectar refractores por debajo de esa profundidad.

Se presentan velocidades bajas (~250 m/s) de onda P hasta los ~5 m asociado a una capa de suelo suave. Subyaciendo este estrato y hasta los ~45 m de profundidad de encuentra un estrato con una velocidad hasta ~900 m/s correspondiente a un estrato de suelo rígido. La tomografía en mejor resolución se muestran en el Anexo 10.2.

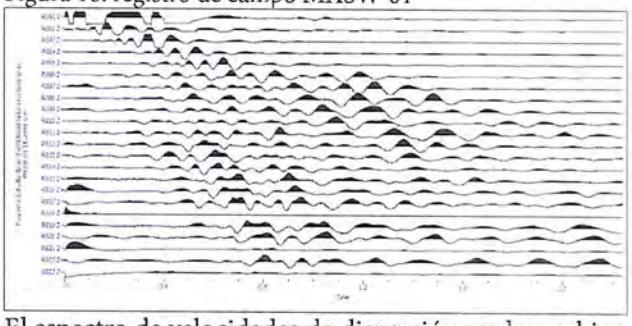
Figura 15: Tomografía de refracción de la línea TRS-01



7.2 Resultados de MASW

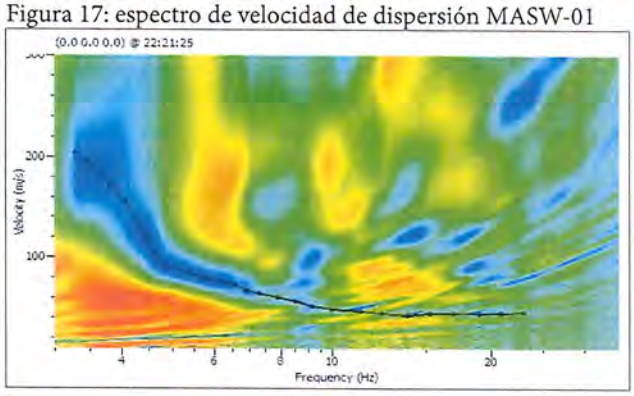
La Figura 16 muestran los registros de campo de MASW, el tren de ondas superficiales (Rayleigh) se observa nítidamente; el ruido ambiental no afectó la calidad de los datos adquiridos.

Figura 16: registro de campo MASW-01



El espectro de velocidades de dispersión es claro y bien definido en su modo fundamental, no se observan modos superiores; el subsuelo en estudio es normalmente dispersivo. (ver Figura 17). El modelo de velocidades de onda de corte resultantes del ensayo MASW se muestran en el Anexo 10.3.

Figura 17: espectro de velocidad de dispersión MASW-01



7.3 Resultados de SRHV

Se realizó el registro de tres (3) sitios de microtremores, con una duración de 10 minutos, en la Figura 18 se muestran la señal de uno de estos sitios. La Figura 19 muestra la curva SRHV del sitio 3 donde podemos observar un pico predominante alrededor de 1.065 Hz.

Figura 18: registro de microtremores para SRHV-03

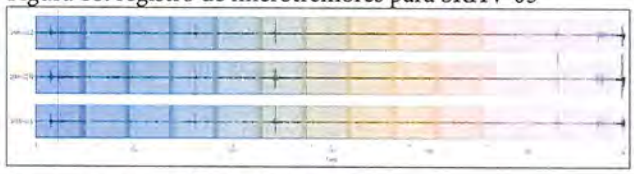
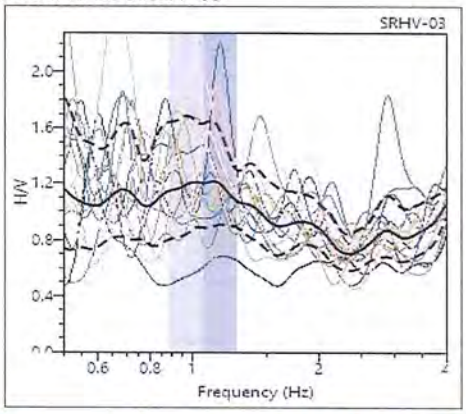


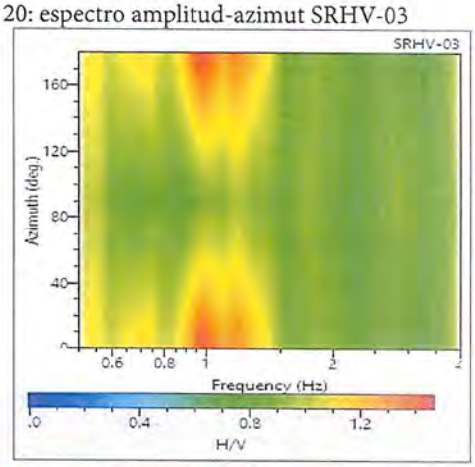
Figura 19: curva de SRHV-03



7.4 Frecuencia fundamental del suelo (f_0)

Las imágenes y tablas de cálculo soporte de los resultados descritos, se encuentran en el Anexo 10.4 del presente estudio. En el análisis de la *relación espectral H/V*, en general el pico que determina la frecuencia fundamental claramente identificado y corroborado con el espectro de amplitud-azimut (ver Figura 20), para garantizar que la respuesta del sitio se debía a señales estáticas y no transientes (transitorias); la frecuencia fundamental de cada sitio se muestra en la Tabla 4. En el Anexo 10.4 se muestran los resultados de todos los sitios.

Figura 20: espectro amplitud-azimut SRHV-03



7.5 Procesamiento conjunto

El procesamiento conjunto de la curva de dispersión obtenidas de MASW, y de la curva de elipticidad obtenida del SRHV con el software Geopsy (https://geopsy.org) permitió obtener un modelo de velocidades de onda S, lo que restringe los efectos de no unicidad, implícito en la solución de un proceso de inversión.

7.6 *Vs30m* y perfil del suelo

De acuerdo con el cálculo de la velocidad de cortante promedio *Vs30m* de 166 m/s se puede clasificar el sitio como un Perfil del Suelo Tipo E, según la tabla A.2.4-1 del Título A de la NSR-10 (ver Tabla 1); la frecuencia fundamental del sitio es 1.030 Hz.

Figura 21: modelo de velocidad onda S – Vs30m-01

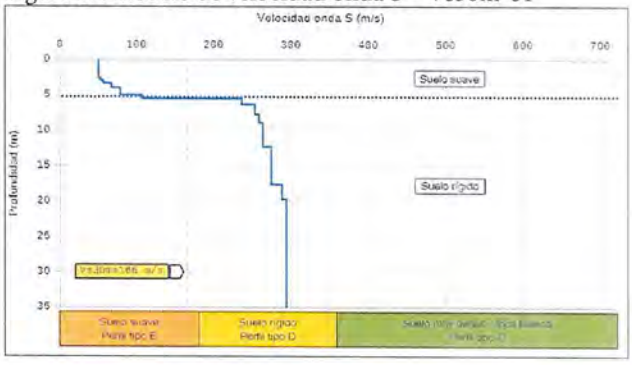


Tabla 4: Resumen de frecuencia fundamental y cálculo de *Vs30m*

Sitio	Vs30m (m/s)	Perfil del suelo		F_0 (Hz)	T_0 (s)
		Según Vs30m	Recomendado		
01	166	E	E	0.982	1.018
02	166	E	E	1.042	0.960
03	166	E	E	1.065	0.939
			Promedio	1.030	0.972

8 CONCLUSIONES

- El procesamiento conjunto de MASW y SRHV permitió obtener una solución robusta y coherente, reduciendo el efecto de no unicidad implícita en la inversión de datos geofísicos, reduciendo la incertidumbre de los resultados obtenidos.
- De acuerdo con el modelo de velocidades obtenido, el valor de ***Vs30m*** en el sitio es de **166 m/s**. Se recomienda clasificar el sitio como **Perfil del Suelo Tipo E**. La frecuencia fundamental del sitio es 1.030 Hz (T_0 = 0.972 s)

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSRr-10. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

2. Icontec. Guia SI Sistema Internacional de Unidades. Bogotá: Icontec, 2002. 9589383297.

3. ASTM Committee. ASTM Standard D7400-2008, Standard Test Methods for Downhole Seismic Testing.

4. ASTM Committee. ASTM Standard D5777-2011, Standard Guide for Using the Seismic Refraction Methods for Subsurface Investigation. West Conshohocken: ASTM International, 2011.

5. ASTM Committee. ASTM Standard D6429-2011, Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods. West Conshohocken: ASTM International, 2011.

6. ASTM Committee. ASTM Standard D7128-2010, Standard Guide for Using the Seismic-Reflection Methods for Shallow Subsurface Investigation. West Conshohocken: ASTM International, 2011.

7. Recommended standard for seismic (/radar) data tiles in the personal computer environment. Pullan, S. E. Subcommittee of the SEG Engineering and Groundwater Geophysics Committee. 09, Ottawa: Society of Exploration Geophysicists, 1990, Geophysics, Vol. 55, págs. 1260-1271.

8. Report on Subcommittee on Polarity Standards. Thigpen, Ben B., Dalby, A. E. and Landrum, Ralph. 04, s.l. : Society of Exploration Geophysicists, 1975, Geophysics, Vol. 40, págs. 694-699.

9. Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá

10. Wightman, W. E., y otros. Application of Geophysical Methods to Highway Related Problems. Golden: Blackhawk Geosciences, Inc., 2004. 200512.

11. Park Seismic LLC. How to Acquire Data for Vs30m Evaluation. Park Seismic. [En línea] [Citado el: 11 de Noviembre de 2016.] http://www.parkseismic.com/SSC-Vs30mACQ.html.

12. International Code Council, Inc. 2015 International Bulding Code. Country Club Hills: International Code Council, Inc, 2014.

13. Sara electronic Instruments srl . DoReMi Seismograph System [En línea] [Citado el: 5 de febrero de 2024] http://www.sara.pg.it

14. Geospace Technologies. Geophones GS-11D. Geospace Technologies. [En línea] [Citado el: 11 de Noviembre de 2016.] http://www.geospace.com/geophones-gs-11d/.

15. http://www.pygimli.org

16. http://www.geometrics.com/geometrics-products/seismographs/download-seismograph-software/#SeisImager/2D.

17. Nakamura, Y. (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quaterly Report of the Railway Technical Research Institue* 30 (1), 25-30.

16. Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibrations Measurements, Processing And Interpretation, SESAME European research project, december 2004.

14. PASI srl, GEA24, [En línea] [Citado el: 5 de febrero de 2024] http://www.pasi.it

15.Mapa geológico de plancha 23 Cartagena, INGEOMINAS (1998).

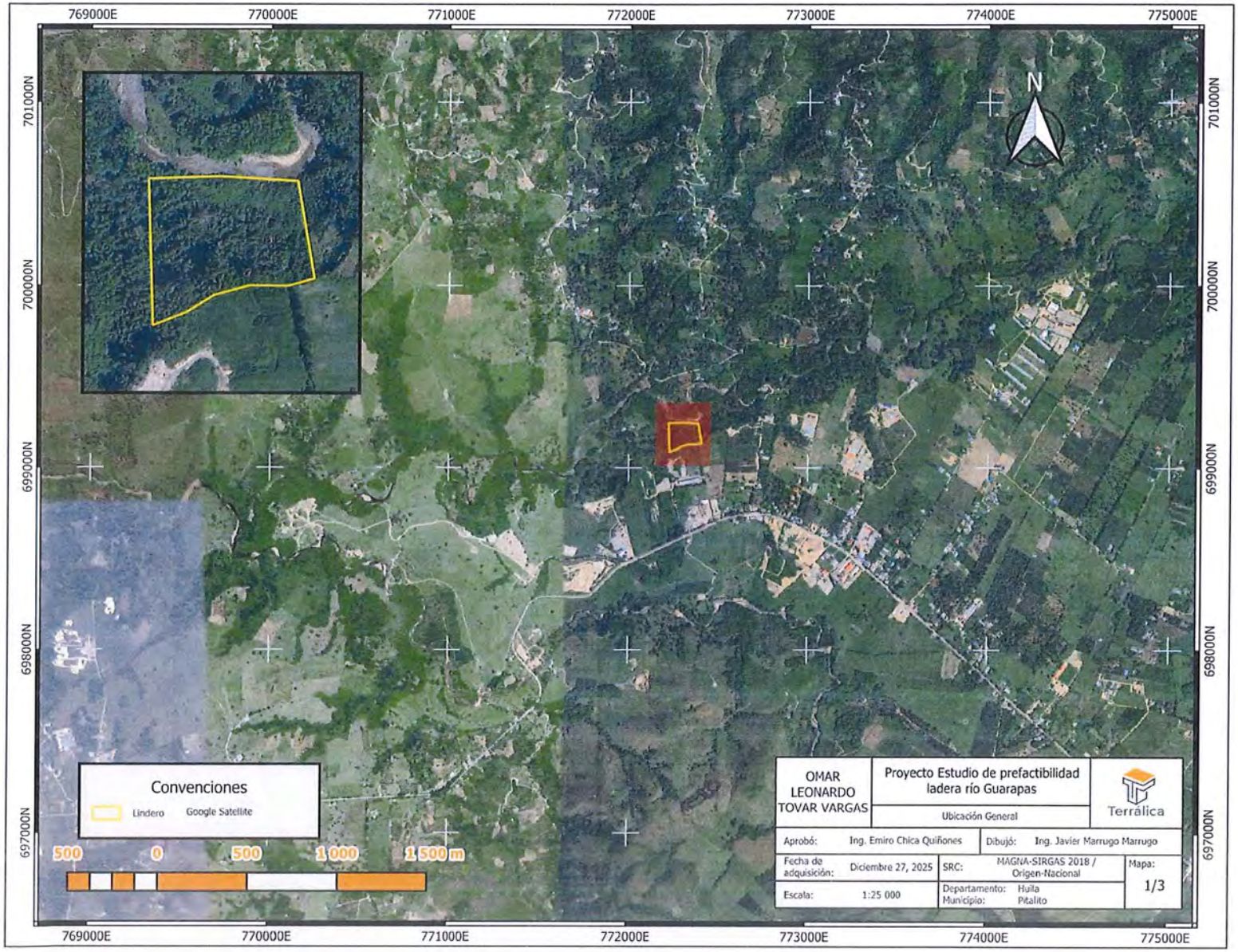
16. Memoria explicativa de Planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona, INGEOMINAS (2001).

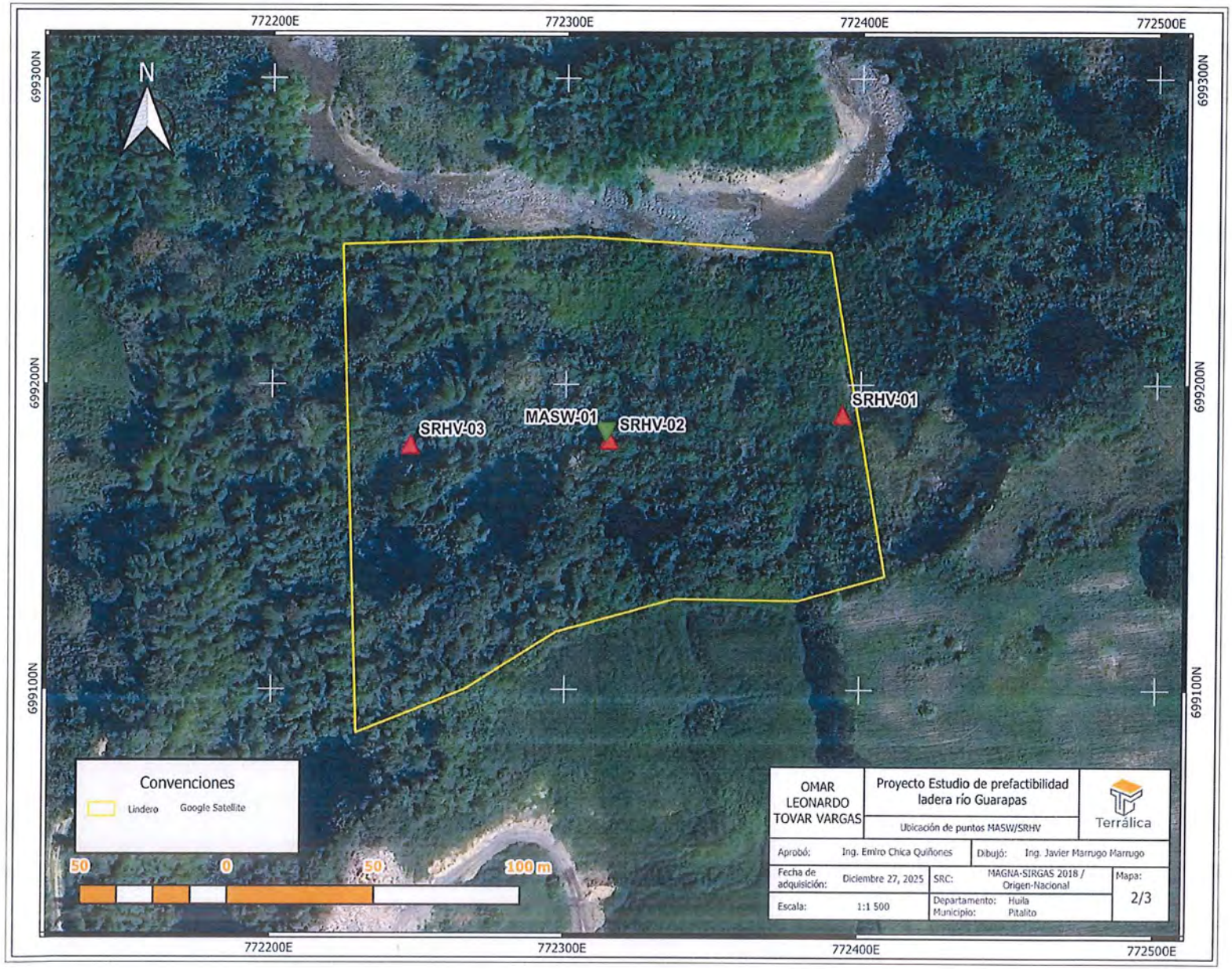
17.Mapa de subunidades geomorfológicas de la plancha 23-IV-A, INGEOMINAS (2014)- Zonificación de amenaza por movimiento en masa en la jurisdicción de CARDIQUE – Fase 1. INGEOMINAS 2000.

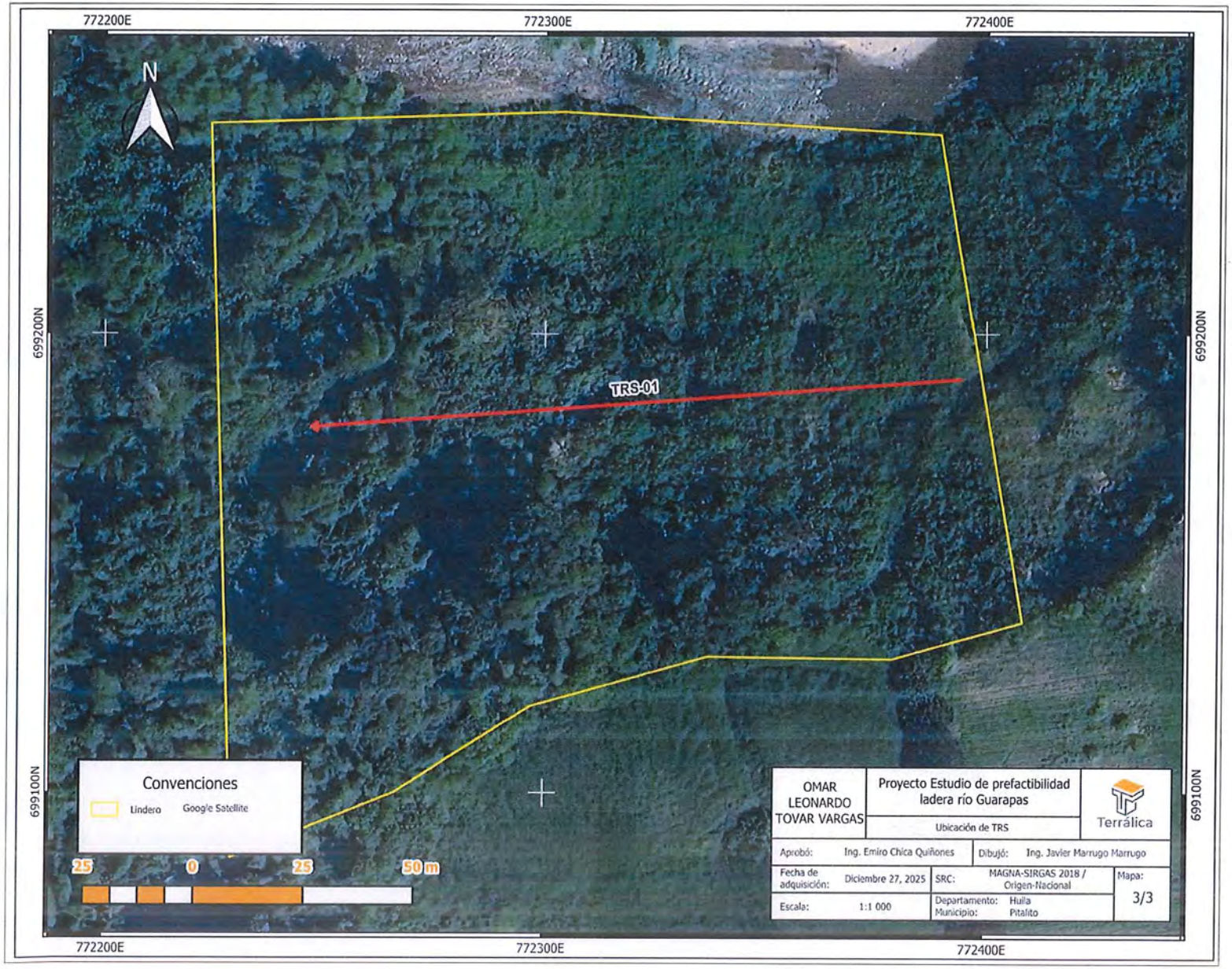
18. Memoria explicativa de Planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona, INGEOMINAS (2001).

10 ANEXOS

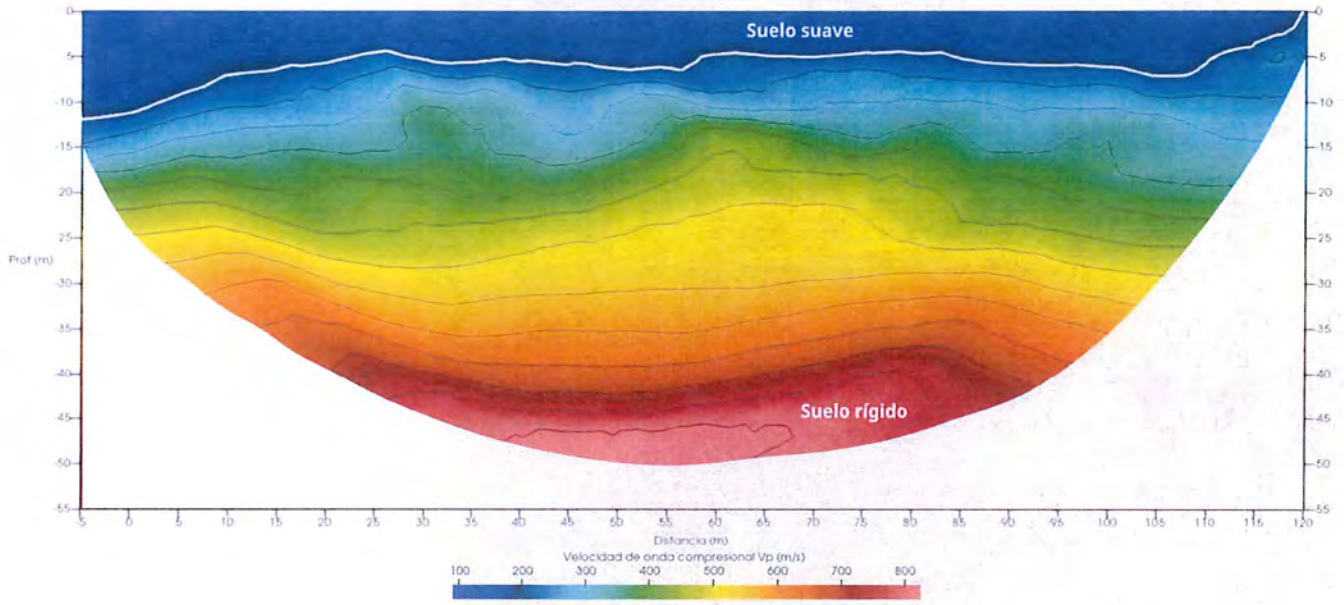
10.1 Anexo – Ubicación general y específica


769000E
770000E
771000E
772000E
773000E
774000E
775000E
701000N
700000N
699000N
698000N
697000N
N
Convenciones
Lindero
Google Satellite
500
0
500
1 000
1 500 m
OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas
Ubicación General
Terrálica
Aprobó: Ing. Emiro Chica Quiñones
Dibujó: Ing. Javier Marrugo Marrugo
Fecha de adquisición: Diciembre 27, 2025
SRC: MAGNA-SIRGAS 2018 / Origen-Nacional
Mapa: 1/3
Escala: 1:25 000
Departamento: Huila
Municipio: Pitalito


772200E
772300E
772400E
772500E
N
699300N
699200N
699100N
SRHV-03
MASW-01
SRHV-02
SRHV-01
Convenciones
Lindero
Google Satellite
50
0
50
100 m
OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas
Ubicación de puntos MASW/SRHV
Terrálica
Aprobó: Ing. Emiro Chica Quiñones
Dibujó: Ing. Javier Marrugo Marrugo
Fecha de adquisición: Diciembre 27, 2025
SRC: MAGNA-SIRGAS 2018 / Origen-Nacional
Mapa: 2/3
Escala: 1:1 500
Departamento: Huila
Municipio: Pitalito


772200E
772300E
772400E
N
699200N
699100N
TRS-01
Convenciones
Lindero
Google Satellite
25
0
25
50 m
OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS
Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas
Ubicación de TRS
Terrálica
Aprobó: Ing. Emiro Chica Quiñones
Dibujó: Ing. Javier Marrugo Marrugo
Fecha de adquisición: Diciembre 27, 2025
SRC: MAGNA-SIRGAS 2018 / Origen-Nacional
Mapa: 3/3
Escala: 1:1 000
Departamento: Huila
Municipio: Pitalito

10.2 Anexo – Tomografía de Refracción Sísmica - TRS



Terrálica	Cliente: OMAR LEONARDO TOVAR VARGAS	Proyecto: Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas Pitalito, Huila	Contiene: Tomografía de Refracción Sísmica TRS-01

10.3 Anexo – Cálculo de módulos geotécnicos por MASW

MÓDULOS GEOTÉCNICOS | Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas — MASW-01

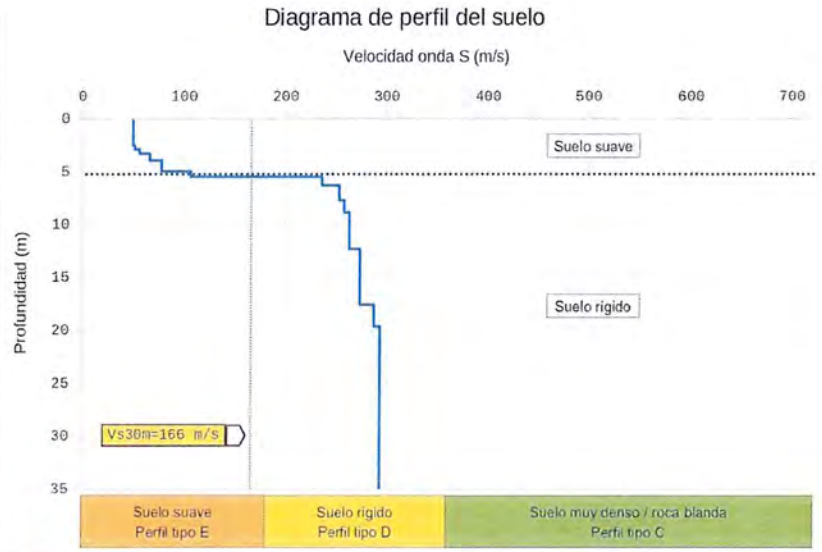
Elevación (msnm)	Profundidad (m)	Velocidad onda P (m/s)	Velocidad onda S (m/s)	Densidad (kg/m³)	N	Relación de Poisson	Módulo cortante (Mpa)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo Bulk (Mpa)
0.0	0.0	217	50	2000	1	0.47	5	15	94
-1.1	1.1	246	50	2000	1	0.48	5	15	122
-2.5	2.5	208	52	2000	1	0.48	5	16	177
-2.9	2.9	363	56	2000	1	0.49	6	19	264
-3.3	3.3	560	67	2000	2	0.49	9	27	499
-4.0	4.0	536	78	2000	3	0.49	12	36	574
-5.0	5.0	701	107	2000	6	0.49	23	68	982
-5.5	5.5	774	236	2000	44	0.45	111	323	1,198
-6.3	6.3	813	253	2000	52	0.45	128	371	1,323
-7.7	7.7	847	258	2000	55	0.45	133	386	1,433
-8.9	8.9	864	263	2000	58	0.45	139	402	1,491
-12.3	12.3	926	274	2000	63	0.45	150	436	1,714
-17.6	17.6	944	288	2000	72	0.45	166	481	1,784
-19.7	19.7	973	294	2000	75	0.45	173	501	1,894
-36.4	36.4	1,260	300	2000	79	0.47	180	528	3,177

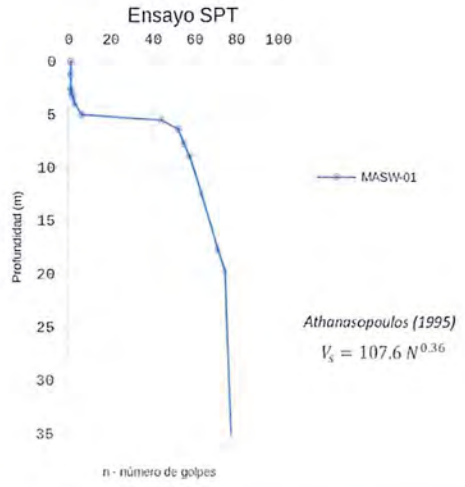
Vs30m

Capa	Profundidad (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)
1	1.1	1.1	50
2	2.5	1.4	50
3	2.9	0.4	52
4	3.3	0.4	56
5	4.0	0.6	67
6	5.0	1.0	78
7	5.5	0.5	107
8	6.3	0.8	236
9	7.7	1.4	253
10	8.9	1.2	258
11	12.3	3.4	263
12	17.6	5.3	274
13	19.7	2.0	288
14	30.0	10.3	294

Vs30m=166 m/s

Perfil Suelo Suave: tipo E





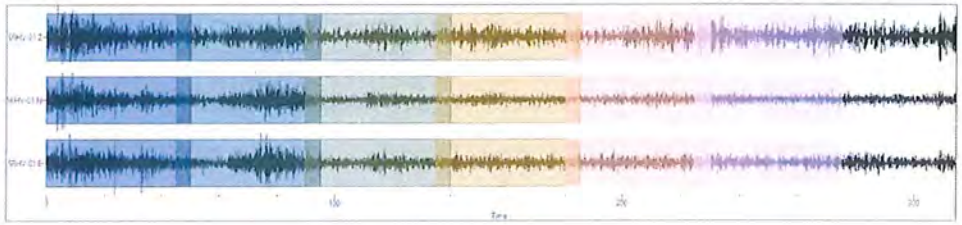
10.4 Anexo – Análisis de Relación Espectral H/V

Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas, Pitalito, Huila | SRHV-01

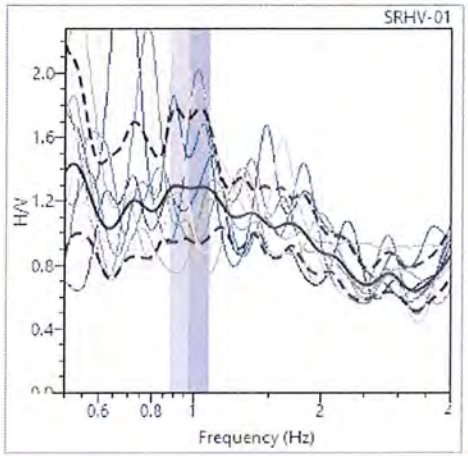
a)

- Duración del registro: 1.800 s
- Intervalo de muestreo:
- Longitud de la ventana: 50 s
- Filtro: Butherworth (LP=0,1 Hz HP=20 Hz ord =4)
- Tape: 5% - Konno & Ohmachi
- Suavisado: b = 30

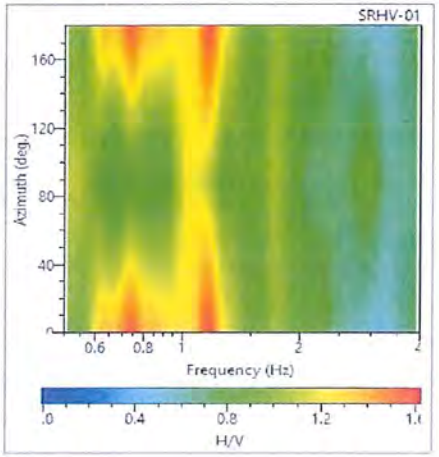
b)



c)



d)



e)

Criteria for a reliable H/V curve

i) $f_0 > 10 / l_w$ → si

and

ii) $n_c (f_0) > 200$ → si

and

iii) $\sigma_A(f)<2$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f0>0.5Hz$ → si

or $\sigma_A(f)<3$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f0<0.5Hz$

Criteria for a clear H/V peak
(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)

i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$ → si

ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ → si

iii) $A_0 > 2$ → si

iv) $f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ → si

v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ → si

vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ → si

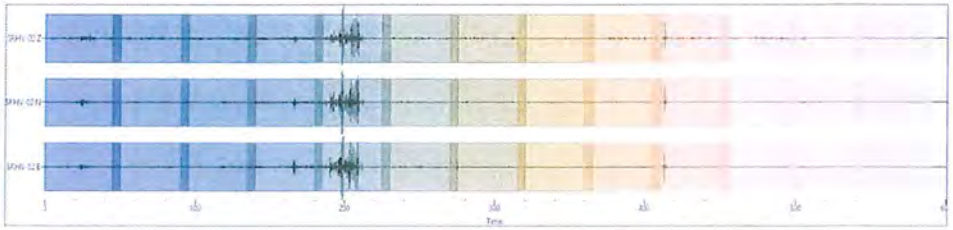
Figura Anexo - Registro de ruido ambiental sitio 01: a) parámetros de la adquisición; b) ventanas de 25 s seleccionadas para el análisis H/V; c) muestra la curva promedio de todas las ventanas de la relación H/V, la líneas punteadas indican el 95% de intervalo de confianza alrededor de la media; se observa la frecuencia fundamental (f_0 = 0.982 Hz); d) espectro de la amplitud con respecto al azimut de la señal, la característica de la frecuencia fundamental es que la señal proviene de todas las direcciones; e) muestra el cumplimiento de los criterios de confiabilidad de la curva H/V y de la claridad del pico, SESAME 2004.

Proyecto Estudio de prefactibilidad ladera río Guarapas, Pitalito, Huila | SRHV-02

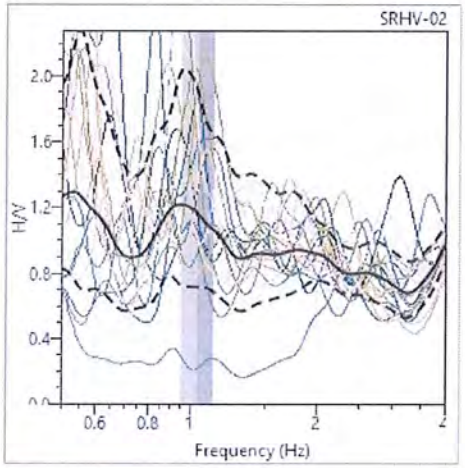
a)

- Duración del registro: 1.800 s
- Intervalo de muestreo:
- Longitud de la ventana: 50 s
- Filtro: Butherworth (LP=0,1 Hz HP=20 Hz ord =4)
- Tape: 5% - Konno & Ohmachi
- Suavisado: b = 30

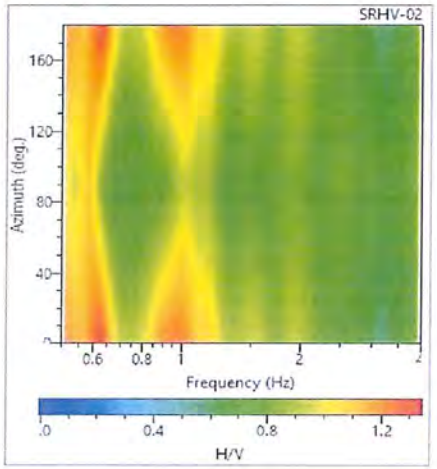
b)



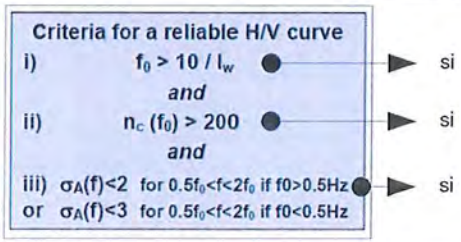
c)



d)



e)



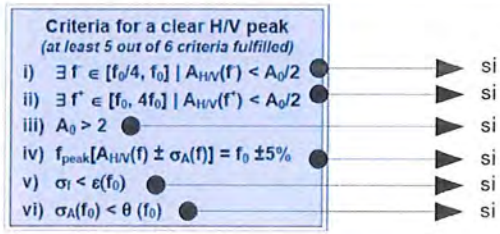


Figura Anexo - Registro de ruido ambiental sitio 01: a) parámetros de la adquisición; b) ventanas de 25 s seleccionadas para el análisis H/V; c) muestra la curva promedio de todas las ventanas de la relación H/V, la líneas punteadas indican el 95% de intervalo de confianza alrededor de la media; se observa la frecuencia fundamental (f_0 = 1.042 Hz); d) espectro de la amplitud con respecto al azimut de la señal, la característica de la frecuencia fundamental es que la señal proviene de todas las direcciones; e) muestra el cumplimiento de los criterios de confiabilidad de la curva H/V y de la claridad del pico, SESAME 2004.

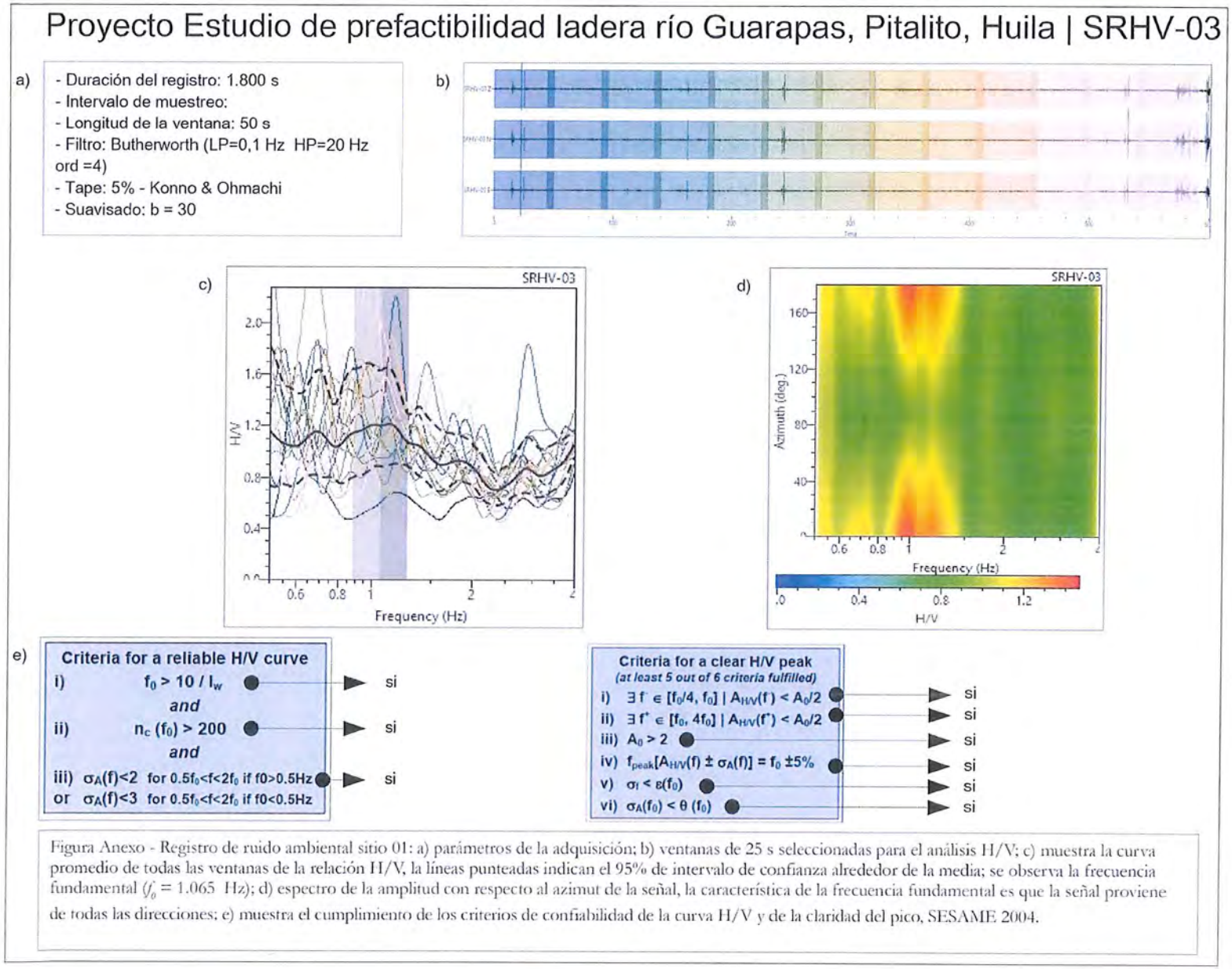


Figura Anexo - Registro de ruido ambiental sitio 01: a) parámetros de la adquisición; b) ventanas de 25 s seleccionadas para el análisis H/V; c) muestra la curva promedio de todas las ventanas de la relación H/V, la líneas punteadas indican el 95% de intervalo de confianza alrededor de la media; se observa la frecuencia fundamental (f_0 = 1.065 Hz); d) espectro de la amplitud con respecto al azimut de la señal, la característica de la frecuencia fundamental es que la señal proviene de todas las direcciones; e) muestra el cumplimiento de los criterios de confiabilidad de la curva H/V y de la claridad del pico, SESAME 2004.

10.5 Anexo – Anexo fotográfico

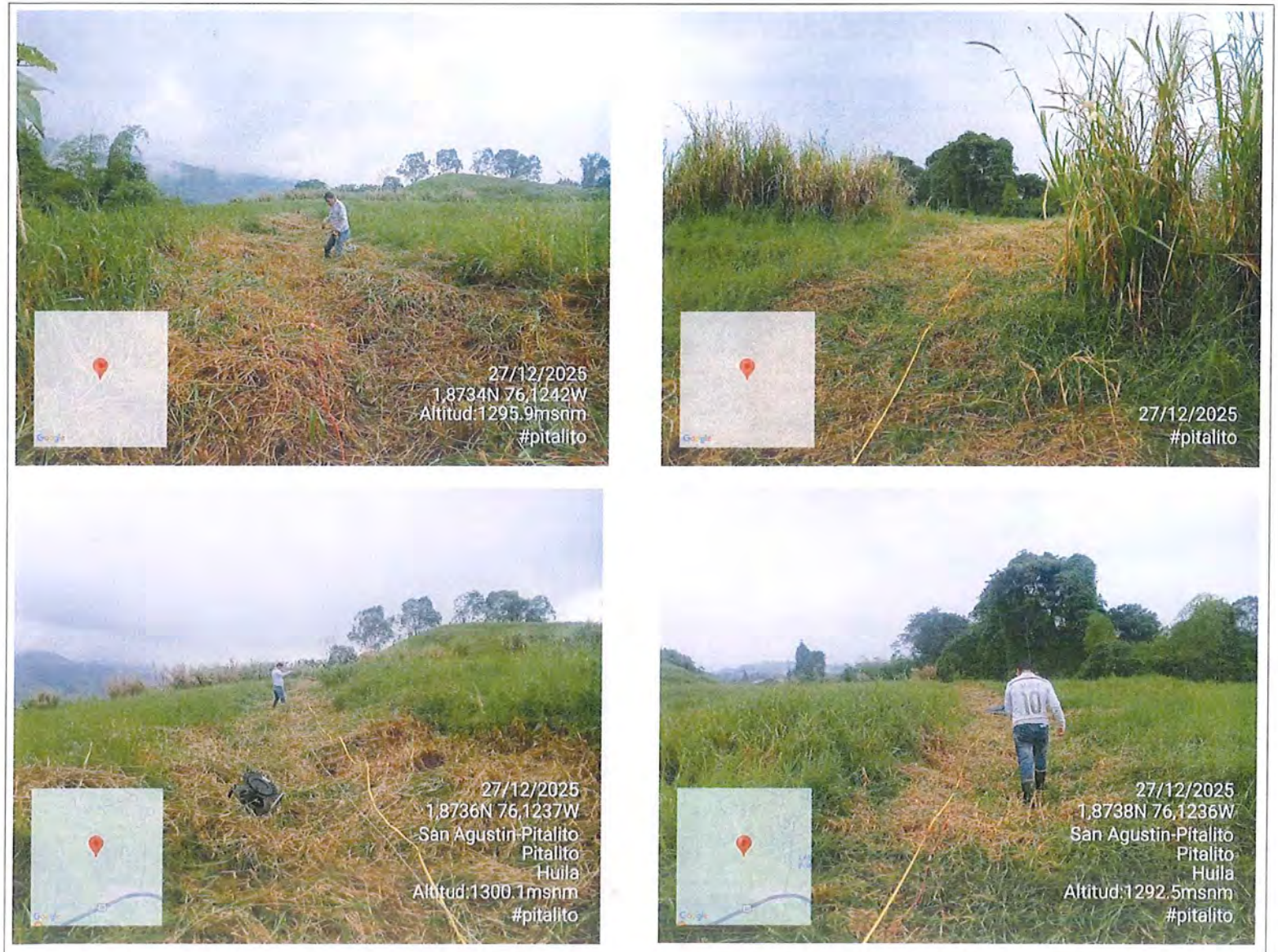


Figura Anexo - Registro fotográfico: sitios para análisis TRS/MASW / SRHV



Figura Anexo - Registro fotográfico: sitios para análisis TRS/MASW / SRHV

10.6 Anexo – Certificado de calibración de equipos

PASI srl

CERTIFICATO DI TARATURA

"La sottoscritta ditta PASI srl con sede in Torino via Galliari 5/E - P.IVA 00737320010 produttrice del sismografo modello GEA24 matricola 23729 ha provveduto a controllare tutti i punti di taratura della suddetta strumentazione secondo i propri manuali di costruzione e taratura, ha poi provveduto alla misurazione di controllo dopo un periodo di Burn-in di 24 ore e può quindi dichiarare che le prestazioni dello strumento sia dal punto di vista delle misure che della sicurezza sono assolutamente corrispondenti ad un apparecchio nuovo e che le tensioni misurate sono ampiamente conformi alle specifiche di progetto.
La suddetta ditta ha poi provveduto alla misura sia in laboratorio sia nel proprio campo prove non rilevando valori anomali."
QUESTO CERTIFICATO È VALIDO FINO AL 12/11/2025

CALIBRATION CHECK CERTIFICATE

"We undersigned PASI srl, based in Turin, Italy, via Galliari 5/E, manufactures of the Seismograph Mod. GEA24 S/N 23729 verified all calibration points of the above-mentioned instrument according to our proprietor construction and calibration manuals. The instrument had been also re-checked after a burn-in period of 24 hours so we can declare that its performance – from both measurements and safety points of view - are absolutely correspondent to the ones recommended for a brand new- instrument and that the voltage measurements are correspondent to the values of reference indicated by the original design and developing project.
Following laboratory and in-field testing didn't point out any anomalies in the measured valued."
THIS CERTIFICATE STILL VALID UNTIL 12/11/2025

CERTIFICAT D' ETALLONAGE

"La société PASI srl sise à Turin rue Galliari 5 / E - P.IVA 00737320010 représenté par l'ingénieur PIRCHIO OSVALDO a procédé au contrôle du Sismographe Modèle GEA24 numéro de série 23729 et a vérifié tous les points d'étalonnage de l'appareille selon les procédures de fabrication. Après une période d'essai de 24 heure il a été mesuré et contrôle tous les paramètres et nous affirmons que la performance de l'instrument et des mesures de sécurité est correspondant à un appareil nouveau et que les Voltages mesurés sont conformes aux spécifications de fabrication".
CE CERTIFICAT EST VALIDE JUSQ'A LE 12/11/2025

Torino, ***14/11/2023***

P.A.S.I. srl

(Dott. Ing. Osvaldo Pirchio)

PASI - PRODOTTI APPARECCHI SCIENZA INDUSTRIA SRL - Technical Dpt. Eng. Osvaldo Pirchio

P.A.S.I. srl - Via Galliari, 5/E - 10125 TORINO - ITALY
Tel.+39 011 650.70.33 (r.a.) Fax +39 011 658.646 E-MAIL info@pasisrl.it
V.A.T. IT 00737320010 - C.C.I.A.A. Torino N. 269051
Web: http://www.pasisrl.it

Gentile Cliente,

Il software di gestione fornito con questo strumento PASI è stato accuratamente testato e gli algoritmi utilizzati sono stati verificati. Tuttavia è sempre possibile che siano presenti piccoli "bachi"; per qualsiasi problema potrete contattarci per e-mail all'indirizzo support@pasisrl.it . Cercheremo di fornire il nostro aiuto nel minor tempo possibile.

Per ricevere informazioni su eventuali aggiornamenti disponibili e le relative istruzioni per il download vi invitiamo a comunicarci il vostro acquisto (indicando modello e S/N dello strumento in vostro possesso) tramite mail a support@pasisrl.it : potrete così essere inseriti nella nostra mailing list dedicata.

Vi ricordiamo infine che gli strumenti e i relativi software di gestione non escludono la necessità da parte dell'Utente di approfondire la conoscenza delle modalità di utilizzo della strumentazione stessa e dei vari metodi di indagine per poterli utilizzare efficacemente; è esclusiva responsabilità dell'Utente eseguire tutte le verifiche e i controlli necessari ai fini dell'ottenimento di un corretto risultato.

Dear Customer,

The data acquisition software delivered together with this PASI instrument has been properly tested and the related algorithms carefully verified. Therefore, some little "bugs" are always possible; for any problem don't hesitate to contact us by e-mail to the following address: support@pasisrl.it . We will try to answer you as soon as possible.

For receiving information on the latest available software release and for instruction on how to download it, pls. communicate your purchasing details (Model and S/N of your instrument) by e-mail to support@pasisrl.it , so that we can insert you in our dedicated mailing list.

Don't forget instruments and related data acquisition software required a good knowledge of both instrument and methodology to use them properly; all necessary verifications to obtain a correct result will be exclusively under the User's responsibility.

Cliente/Customer: _____ E-Mail: _____ @ _____

Modello/Model: GEA 24 (24BIT, 24/48 CH SEISMOGRAPH)

Matricola/S.N.: 23729

Release Software: 2.2.6 (W10, W7, 2,5-2.9)

Produttore/Manufacturer: **P.A.S.I. SRL – TORINO - ITALY**

Rivenditore/Reseller: _____

P.A.S.I. srl - Via Galliari, 5/E - 10125 TORINO - ITALY
Tel.+39 011 650.70.33 (r.a.) Fax +39 011 658.646 E-MAIL support@pasisrl.it
V.A.T. IT 00737320010 - C.C.I.A.A. Torino N. 269051
Web: http://www.pasisrl.it http://www.pasigeophysics.com

DECLARATION OF CONFORMITY
and
CERTIFICATE OF QUALITY

The manufacturer : **SARA electronic instruments s.r.l.**
Via Mercuri 4 - 06129 PERUGIA – ITALY
Codice Fiscale e Partita IVA Nr. IT00380320549
N.Reg.RAEE: IT08020000001128
Telefono +39 075 5051014 – Fax +39 075 5006315
email: info@sara.pg.it URL:www.sara.pg.it

under his own resposneibilty declare the product identified as:

model Geobox 2,0 Hz | serial nr. 2554

CE

it has been designed, manufactured and/or tested according to EU/EN harmonized standards. Among them: EN-61326-1, EN-61326-2-1, EN-61000-3-2, EN-61000-3-3, EN-61000-4-2, EN-61000-4-3, EN-61000-4-4, EN-61000-4-5, EN-61000-4-6, EN-61000-4-8, EN-61000-4-11, ecc...
The product is thus declared conform to the directive: 2014/30/EU.

It is specified the product is subjected to the RAEE directive and at end of life must be disposed accordingly to the local regulation for dangerous pullutants. Ask information to the manufacturer if necessary. The product is also compliance with ROHS directive 2011/65/UE.

electronic instruments sara Perugia - Italy

Before delivery the instrument has been tested and resulted fully functional for the appliable standards.

It is recomended a periodic calibration and functional check every 4 years from the issuing date.

Technical director: Mauro Mariotti

Perugia 11/07/2020

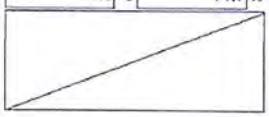
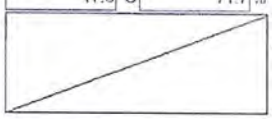
sara electronic instruments

CALIBRATION CERTIFICATE

sara
electronic instruments
SARA electronic instruments s.r.l.
Via Mercuri 4, 06129 - PERUGIA - Italy
www.sara.pg.it - info@sara.pg.it

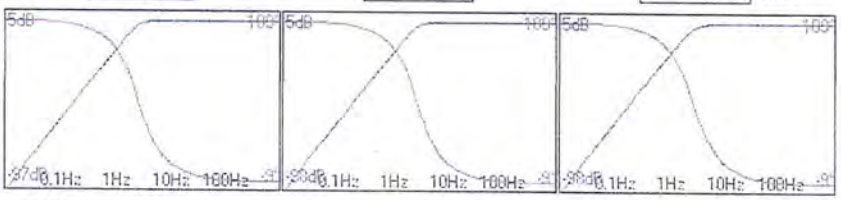
Date of calibration:	2020/07/11
Instrument type:	Velocimeter
Instrument model:	PF S SR04 GBX-20-NNG
Serial number:	2554
Manufacturing date:	LUG 2018
Validity date:	2020/07/11 to 2024/07/11

TEST CONDITIONS

	Channel 1 - Z	Channel 2 - NS	Channel 3 - EW
Shaking table:	SARA MK1	SARA MK1	SARA MK1
Voltmeter:	AGILENT U1252A	AGILENT U1252A	AGILENT U1252A
Signal digitizer:	SR04C3 @ 600 Hz	SR04C3 @ 600 Hz	SR04C3 @ 600 Hz
Signal generator:	TTI TG1010A	TTI TG1010A	TTI TG1010A
Scope meter:	SEISMOCAL 1.0.75	SEISMOCAL 1.0.75	SEISMOCAL 1.0.75
Last system check:			
Temp / Rh:	16.9 °C 72.4 %	17.0 °C 71.7 %	17.0 °C 71.7 %
Environmental seismic noise during test			

	Channel 1 - Z	Channel 2 - NS	Channel 3 - EW			
Output impedance:	6200	6200	6200	ohm	+/-	5 %
Calibration frequency:	10	10	10	Hz	+/-	0.001 Hz
Calibration displacement:	0	0	0	mm	+/-	0.002 mm
Frequency o.c.:	2.0	2.0	1.9	Hz	+/-	0.1 Hz
Damping o.c.:	0.67	0.68	0.72		+/-	5 %
Applied shunt:	0	0	0	ohm	+/-	1 %
Output frequency:	2.0	2.0	1.9	Hz	+/-	0.1 Hz
Eigen frequency:	2.6	2.8	2.7	Hz	+/-	0.1 Hz
Damping:	0.67	0.68	0.72		+/-	5 %
Generator constant:	267.84	283.11	257.49	V/m/s	+/-	1 %

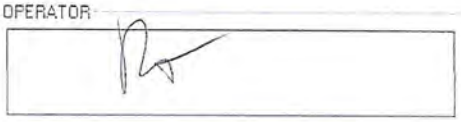
Bode plot



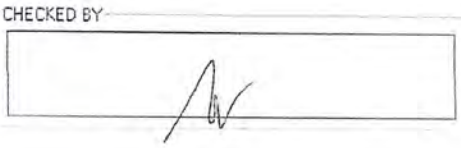
Poles and Zeros

Channel 1 - Z	Channel 2 - NS	Channel 3 - EW
POLES 1) Re: -10.945; Im: 12.127 2) Re: -10.945; Im: -12.127	POLES 1) Re: -11.963; Im: 12.899 2) Re: -11.963; Im: -12.899	POLES 1) Re: -12.215; Im: 11.773 2) Re: -12.215; Im: -11.773
ZEROS 1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000	ZEROS 1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000	ZEROS 1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000 [rad/s]
NORMALIZATION FACTOR A0 9.99028E-01 @ 26 [Hz]	NORMALIZATION FACTOR A0 9.99298E-01 @ 28 [Hz]	NORMALIZATION FACTOR A0 1.00042E+00 @ 27 [Hz]
SYSTEM GAIN 2.67840E+02 V/m/s	SYSTEM GAIN 2.83110E+02 V/m/s	SYSTEM GAIN 2.57490E+02 V/m/s

OPERATOR



CHECKED BY



10.7 Anexo – Curriculum de quién avala el estudio

Emiro Chica Quiñones

Bogotá D.C. | 310 794 5995
emirochica@gmail.com • linkedin.com/in/emirochica • github.com/ejchicaq-unal

EXPERIENCIA LABORAL

Octubre 2015 - actualmente, Bogotá D.C.
Director de Proyectos, Terrálica SAS

- Ejecuté más de 100 proyectos de adquisición y procesamiento de datos de geofísica somera enfocada a geotecnia y medio ambiente. Conocimiento avanzado de métodos sísmicos activos y pasivos como MASW, ReMi, MSPAC, SRHV, Tomografía de Refracción Sísmica. Amplios conocimientos en inversión geofísica.

Agosto 2017 - julio 2018
Profesional de apoyo, Empresa Nacional Promotora del Desarrollo Territorial – Enterr

- Profesional de apoyo a la supervisión del componente técnico en la gerencia de los convenios de adquisición sísmica de la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Agosto 2009 - febrero 2015, Bogotá D.C.
Supervisor de operaciones/Geofísico Senior, Saexploration Inc Sucursal Colombiana

- Planeé y coordiné exitosamente las operaciones de 15 proyectos de adquisición de datos de sísmica terrestre para la industria de oil&gas en todas las etapas. Encargado además de velar por el cumplimiento de los planes, metas y objetivos específicos establecidos por la gerencia, total responsabilidad financiera, manejo de personal, entre otras. Mi experiencia como Geofísico Sénior involucró la dirección del departamento de geofísica, enfocado en la adquisición de datos sísmicos terrestres (sísmica de reflexión, refracción y uphole); esto incluyó el diseño y modelamiento de programas de adquisición 2D y 3D, control de calidad de datos adquiridos, información de soporte e informes finales de adquisición; así como participación activa en ofertas técnicas y económicas ante invitaciones a licitar de las operadoras.

EDUCACIÓN FORMAL

Agosto 2016, Bogotá D.C.
Magister en Ciencias – Geofísica, Universidad Nacional de Colombia
Tesis de Grado Meritoria

Diciembre 2018, Bogotá D.C.
Especialista en Gerencia de Proyectos, Universidad Minuto de Dios

Diciembre 1989, Cartagena
Ingeniero Civil, Universidad de Cartagena

EXPERIENCIA EN CIENCIA DE DATOS

Octubre 2019 - diciembre 2019, Bogotá D.C.
Correlation One - MinTIC, Ciencia de Datos Fall 2019 Data Science for All (DS4A) Bootcamp

- Trabajé con Jupyter Notebook, bibliotecas de Python para visualizaciones de datos, análisis de datos exploratorios usando Pandas. Aprendí el uso de diferentes técnicas de ciencia de datos e IA, como árboles de decisión y el uso de kNN, CNN, PNL y utilizarlas prácticamente.
- Construí una aplicación web (dashboard) en python alojada en Heroku, basada en la información del censo de 2018: ¿Qué factores contribuyen a la desigualdad de género en Colombia? por medio de un algoritmo de clasificación de los factores de escolaridad, alfabetismo, remuneración y atención de salud. https://colombia-dashboard.herokuapp.com.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE

Ciencias

ACTA DE GRADO NÚMERO 3052

El Consejo de Facultad en su sesión del día 30 de junio de 2016 - Acta No. 014

CONSIDERANDO QUE

Emiro José Chica Quiñones

C.C. 92.551.666 de Corozal

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos exigidos por los Acuerdos y Reglamentos de la Universidad, resuelve otorgarle el título de

Magíster en Ciencias - Geofísica

Distinción Meritoria

Trabajo Final o Tesis:

Obtención de imágenes RTM (Reverse Time Migration) en zonas estructuralmente complejas.

En nombre y representación de la República de Colombia y de la Universidad Nacional de Colombia se expide el Diploma Número 44539 *consignado en el Registro No.* 3056, *Folio* 4 *del Libro No.* 5

En testimonio de lo anterior se firma la presente Acta de Grado en la ciudad de Bogotá D.C., *a los* 30 *días del mes de junio de* 2016

PRESIDENCIA
Consejo de Facultad

SECRETARIA
Consejo de Facultad

8.3 ANEXO INFORME DE TOPOGRAFIA

PECVA
Estudios Topograficos

PLANEACIÓN, EJECUCIÓN DE LA
CONSTRUCCIÓN VÍAS Y AGRIMENSURAS

INFORME DE TOPOGRAFÍA

DE LA CONSULTORÍA TÉCNICA PARA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE LA ZONA DE LADERA EN EL SECTOR RÍO GUARAPAS VECINO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA SOCIEDAD BIORGÁNICOS DEL SUR DEL HUILA S.A E.SP

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVOS 4
2.1 OBJETIVOS GENERALES 4
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 4
3. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO. 5
4. ORGANIZACIÓN 6
5. GEORREFERENCIACIÓN DEL PROYECTO 6
5.1 Monumentación de las placas de GPS o vértices en el proyecto. 8
5.2 Post proceso y resultados. 10
5.2.1 Reporte, Placas 1 y 2 11
6. INFORME DE PROCESAMIENTO DEL DRONE 14
6.1 Datos del levantamiento 15
6.2 Calibración de cámara. 16
6.3 Posiciones de cámaras 17
6.4 Puntos de control terrestre 18
6.5 Modelo digital de elevaciones 20
6.6 Parámetros de procesamiento 21
7. LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO Y ALTIMÉTRICO 23
7.1 Parámetros del sistema de coordenadas. 23
7.2 Coordenadas Topográficas 24
7.3 RESULTADOS 26
8. REGISTRO FOTOGRAFICO 29
9. ANEXOS. 32
9.1 Matricula profesional, Sergio Muñoz Urbano. 32
9.2 Certificado de vigencia, Certificado de vigencia. 33
9.3 Cedula de ciudadanía, Sergio Muñoz Urbano. 34
9.4 Certificado de equipo GNSS-Allynav R26. 35
9.5 Certificado de calibración-Allynav R-26 36

PECVA/2

1. INTRODUCCIÓN

En el departamento del Huila, municipio de Pitalito se localiza la necesidad del servicio de consultoría técnica para realización de un estudio de pre-factibilidad para la evaluación de la zona de ladera en el sector río Guarapas vecino a la planta de tratamiento de la Sociedad Biorgánicos del Sur del Huila S.A E.S.P. Por consiguiente, de la zona de ladera en el sector río Guarapas será el epicentro del presente estudio topográfico, que busca representar de manera gráfica las evidencias topográficas (Planimetría y altimetría) y visuales de las condiciones del terreno y los detalles a su alrededor. Dichos datos serán el insumo para los ingenieros diseñadores y arquitectos que intervengan en el proceso de alcanzar el objeto del presente proyecto.

Los métodos y procedimientos que se llevaron a cabo siguen un orden secuencial; trabajo de campo realizado con equipos de precisión, donde se analiza el panorama de trabajo y sus alrededores, posteriormente se sistematiza la información para conseguir cifras numéricas de los datos recogidos y manejarlos como base para el desarrollo gráfico de las condiciones del terreno de la zona en cuestión, y de esta manera presentar las condiciones exactas del suelo..

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES.

1. Realizar el amarre geodésico del proyecto según el sistema de referencia MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL CTM-12, bajo los parámetros establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C.) para dicho sistema.

2. Realizar el levantamiento general de la celda activa y pasiva.

3. Realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Materializar 2 (dos) mojones que sirvan como referencia para que posteriormente se ejecute el replanteo o verificación de la información del proyecto.

2. Georreferenciar 2 (dos) mojones a partir de un vértice o placa del I.G.A.C. en el sistema de referencia MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL CTM-12.

3. LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO.

PECVA/5

COORDENADAS GEODESICAS-SITIO DEL PROYECTO	
LATIDUD	1°52'29.05"N
LONGITUD	76° 7'19.83"O



4. ORGANIZACIÓN

PECVA/6

El topógrafo tuvo bajo su responsabilidad las siguientes actividades.

- Traslado de la comisión al sitio de trabajo.
- Programar, coordinar y controlar las diferentes etapas de las labores de campo y oficina.
- Realizar las actividades necesarias para la toma de la información y la generación de los modelos digitales, cálculos, informe y planos necesarios.

5. GEORREFERENCIACIÓN DEL PROYECTO

El GPS se define como un sistema global de navegación por satélites (GNSS) que permite fijar a escala mundial la posición de cualquier objeto sobre la superficie terrestre. Este sistema fue creado en el año 1973 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares; en la actualidad, el uso para la comunidad civil ha crecido y con ello las aplicaciones y los fabricantes, por lo cual las nuevas técnicas diferenciales DGPS son alternativas para mejorar la precisión en las posiciones obtenidas.

El DGPS consiste en proporcionar a los receptores, correcciones de los datos recibidos de los satélites, con el objetivo de obtener una mayor precisión en la posición calculada (post-proceso).

El concepto básico del sistema de posicionamiento global es la trilaterización de los satélites, que es un método para calcular las posiciones relativas de los objetos a partir de la geometría de triángulos. Los sistemas de navegación por satélites tienen una estructura definida que se divide en tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y segmento de usuario.

El método por el cual se hizo la georreferenciación del proyecto es el método estático, según normas técnicas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y su resolución 471 de 2020.

El método estático realiza mediciones de diferencias de fase de dos o más receptores que simultáneamente rastrean varios satélites comunes, uno de los cuales reciben datos desde una posición conocida y los otros se sitúan en los puntos cuyas coordenadas se necesitan conocer.

El procedimiento de trabajo realizó la recopilación y análisis de la información existente, determinando el punto geodésico más cercano para el amarre del proyecto con PECVA/7 coordenadas según información suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Posteriormente se efectuó el trabajo de campo, mediante la toma de datos con equipos de doble frecuencia y su monumentación de placas en el sitio del proyecto.

A continuación, se determinan los parámetros de medición, esto es el intervalo de captura de los datos, tiempo de medición y ángulo de medición. En el caso del presente proyecto, la captura de datos se hizo cada un segundo, el ángulo de medición fue de 15° sobre el horizonte y el tiempo de medición fue de mínimo 1 hora y 25 minutos, y máximo de 2 horas y 32 minutos.

A continuación, se muestra la formula con la cual se calculó el tiempo mínimo de rastreo para cada placa.

$$t = 65 \text{ min} + (3 \text{ min} \times (d - 10))$$

Dónde: t = Tiempo de Rastreo d = Distancia en kilómetros

Una de las primeras actividades corresponde a la identificación de los vértices de la Red Pasiva GNSS del país desarrollada por Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para el posicionamiento y control horizontal y vertical. Dicha Red se encuentra en la página oficial del IGAC, la cual nos permite determinar el tiempo de rastreo a las placas que se van a monumental en el sitio del proyecto.

Para este proyecto se utilizó la placa perteneciente a la Red Antenas CORS NTRIP GALILEO llamada PITA



5.1 Monumentación de las placas de GPS o vértices en el proyecto.

Para efectos de establecer la red geodésica de georreferenciación para el proyecto, se deben monumental un par de mojones inter visibles a lo largo del área de trabajo, fabricados en concreto con las siguientes dimensiones: base de 30cmx30cm y altura de 60cm. La parte superior de los mojones sobresale de la superficie 10cm, cada mojón tiene incrustado en su parte superior una placa de aluminio o broce, marcada con el nombre del mojón, fue necesario monumental según las especificaciones un total de 2 mojón.

PLACA, GPS-1



PLACA, GPS-2



Calle 13 No. 7-41 Barrio Sucre – Pitalito (H)
Correo Electrónico: estudiostopograficos@topografiapecva.com
https://topografiapecva.com
CEL. 3103155593-3226219982

5.2 Post proceso y resultados.

Una vez grabada la información de la sesión, los datos de campo se descargaron y se convirtieron en archivos rinex 2.1, luego se realizó el procesamiento mediante el software Topcon Tools 7.5.1.
Para el cálculo de las ondulaciones se aplicó el modelo Geoidal "GEOCOL-2004" y para el proceso de conversión de coordenadas geográficas Datúm WGS-84 al origen en coordenadas "Origen Oeste" se utilizó el software MAGNA SRIGAS PRO 5.1

En el procesamiento de cada uno de los puntos se hizo necesario realizar la metodología que recomienda el IGAC en relación al "Procesamiento de Información de GNSS considerando la variación de las Coordenadas en el Tiempo (Velocidades) por efectos Geodinámicos", donde dice: Las Coordenadas se encuentran en el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS (ITRF2014, época 2018.0, elipsoide GRS-80).

Para la base se toman las coordenadas geocéntricas del vértice PITA

COORDENADAS

Elipsoidales WGS-84

- Longitud: 76°02'23.21585"W
- Latitud: 1°50'54.36781"N
- Altura: 1299.48

Coordenadas geocéntricas

- X(ECEF): 1538231.656
- Y(ECEF): -6187810.089
- Z(ECEF): 204396.592

Ya que el punto base esta con el Datum / ITRF / Epoca Referencia: Datum MAGNA-SIRGAS / ITRF2014 / Época de Referencia 2018.0 no es necesario hacer el cambio de época a los puntos observados. PECVA/11

5.2.1 Reporte, Placas 1 y 2

TOPCON

CABEÇALHO DO PROJETO

Nome do Proejto: Predio GNSS-2.ttp
Pasta do Projeto: C:\Users\User SIP\Documents\Topcon Tools Jobs
Hora da Criação do Projeto: 25/04/2024 2:12:41 p. m.
Criado por: Sergio Muñoz
Comentários: Predio
Unidade Linear: Meters
Unidade Angular: DMS
Projeção UTM: Origen Unico Nacional CTM12
Datum: WGS84
Geoide: GEOCOL_2004
Hora: SA Pacific Standard Time

AJUSTAMENTO
Tipo de Ajustamento: Plane + Height, Minimal constraint
Nivel de Confiança: 95 %
Numero de pontos Ajustados: 3
Numero de Pontos de Controle Planimétricos: 1
Numero de vetores GPS usados: 3
Plano UWE A posteriori: 1,974639 , Bounds: (0,2683282 , 1,766352)
Numero de Pontos de Controle Altimétricos: 1

COORDENADAS UTM

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)
PITA	1762565,651	4661899,081	1299,480

PLACA–1	1765154,520	4652418,170	1291,271
PLACA–2	1765198,252	4652525,281	1291,342

PECVA/12

COORDENADAS GEOGRAFICAS

Name	Latitude	Longitude	Elevation (m)
PITA	1°50'54,36782"N	76°02'23,21585"W	1299,480
PLACA–1	1°52'19,50532"N	76°07'26,46372"W	1291,271
PLACA–2	1°52'18,07621"N	76°07'29,94181"W	1291,342

DESVIO PADRÃO

Name	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)	Code
PITA	0,000	0,000	0,000	0,000	
PLACA–1	0,005	0,007	0,009	0,017	
PLACA–2	0,005	0,007	0,009	0,017	

FATOR DE ESCALA

Name	Combined Grid to Ground Scale Factor	Convergence
PITA	0,999588302757	-0°05'53,3189"
PLACA–1	0,999507909813	-0°06'07,7736"
PLACA–2	0,999506882062	-0°06'07,8096"

PRECISÃO

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	North RMS(m)	East RMS(m)	Vert RMS (m)	CorrXY	CorrXZ	CorrYZ
PITA–PLACA-1	2633,136	-9373,713	-5,482	0,004	0,005	0,012	-0,4212	0,0463	-0,1079
PITA–PLACA-2	2589,399	-9481,336	-6,154	0,004	0,005	0,012	-0,4498	0,1328	-0,2113

PLACA-1–PLACA-2	-43,734	-107,646	-0,649	0,000	0,001	0,001	-0,5053	0,1294	-0,2526

PECVA/13

DISTANCIA, SOLUÇÃO, ORBITA E PDOP

Name	Distance (m)	Solution Type	Orbit	PDOP	HDOP	VDOP
PITA–PLACA-1	9732,125	Fixed	Broadcast	1,605	0,724	1,433
PITA–PLACA-2	9824,122	Fixed	Broadcast	1,605	0,716	1,437
PLACA-1–PLACA-2	116,136	Fixed	Broadcast	1,649	0,725	1,481

DURAÇÃO E INTERVALO

Point Name	Original Name	Start Time	Stop Time	Duration	Method	Interval (msec)	Antenna Type	Antenna Height (m)
PLACA-2	GPS-2	8/04/2024 2:26:04 p. m.	8/04/2024 4:52:40 p. m.	02:26:36	Static	1000		1,860
PLACA-1	GPS-1	8/04/2024 2:18:46 p. m.	8/04/2024 5:00:12 p. m.	02:41:26	Static	1000		1,748
PITA	PITA	8/04/2024 9:21:16 a. m.	8/04/2024 6:59:55 p. m.	09:38:39	Static	1000		0,000

PONTOS DE CONTROLE

Name	X (m)	Y (m)	Z (m)	Code	Std Dev n (m)	Std Dev e (m)	Std Dev Hz (m)	Std Dev u (m)
PITA	1538231,656	-6187810,089	204396,592		0,000	0,000	0,000	0,000

6. INFORME DE PROCESAMIENTO DEL DRONE



Calle 13 No. 7-41 Barrio Sucre – Pitalito (H)
Correo Electrónico: estudiostopograficos@topografiapecva.com
https://topografiapecva.com
CEL. 3103155593-3226219982

PECVA/15

6.1 Datos del levantamiento

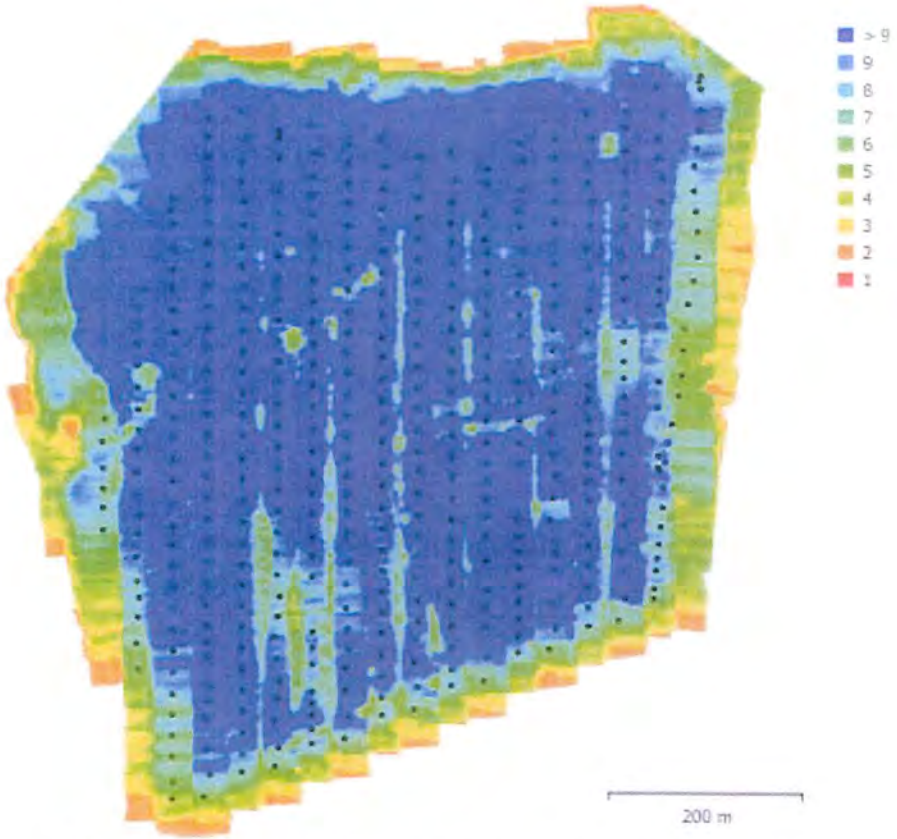


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes:	462	Imágenes alineadas:	462
Altitud media de vuelo:	81.4 m	Puntos de paso:	491,565
Resolución en terreno:	3.03 cm/pix	Proyecciones:	1,504,770
Área cubierta:	0.508 km^2	Error de reproyección:	0.773 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC330 (3.61mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 micras	No

6.2 Calibración de cámara.

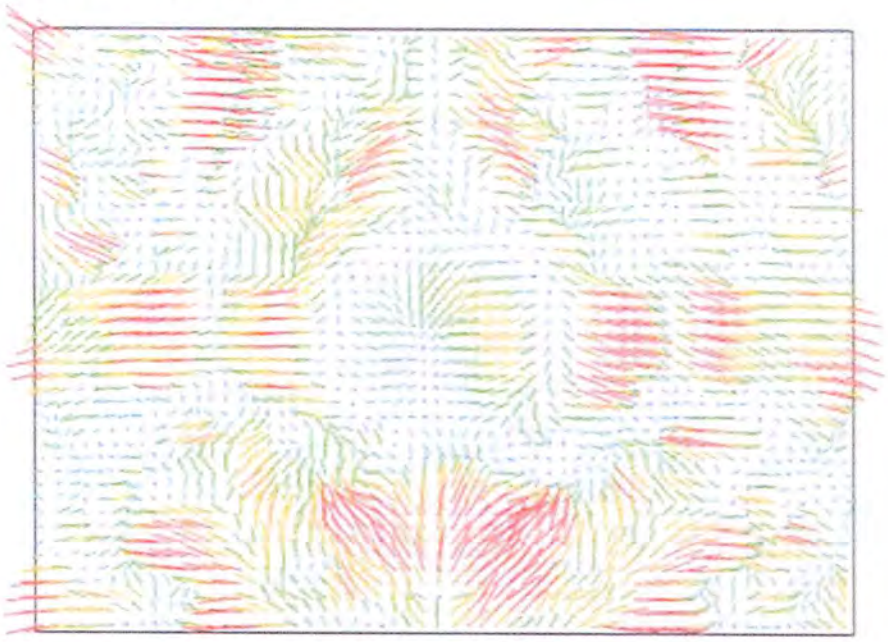


Gráfico de residuales para FC330 (3.61mm).

FC330 (3.61mm)
462 imágenes

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	**4000 x 3000**	**3.61 mm**	**1.56 x 1.56 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	2278.97	0.55	1.00	-0.86	-0.63	-0.04	-0.03	-0.01	-0.04	0.04
Cx	-21.062	0.036		1.00	0.53	0.02	0.04	-0.00	0.27	-0.05
Cy	-28.5519	0.022			1.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.32
K1	-0.00329642	2.1e-05				1.00	-0.95	0.89	-0.04	-0.01
K2	-0.000805144	3.9e-05					1.00	-0.98	0.04	-0.00
K3	-0.000381217	2.2e-05						1.00	-0.04	0.00
P1	-0.000176605	1.8e-06							1.00	-0.05
P2	0.000201195	1.7e-06								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

6.3 Posiciones de cámaras

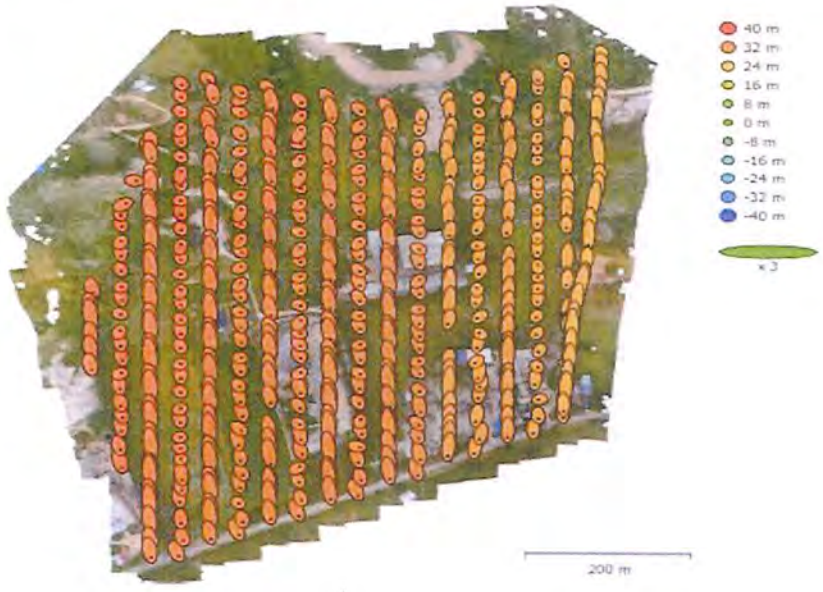


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
1.07997	6.40208	31.7811	6.49253	32.4375

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

6.4 Puntos de control terrestre

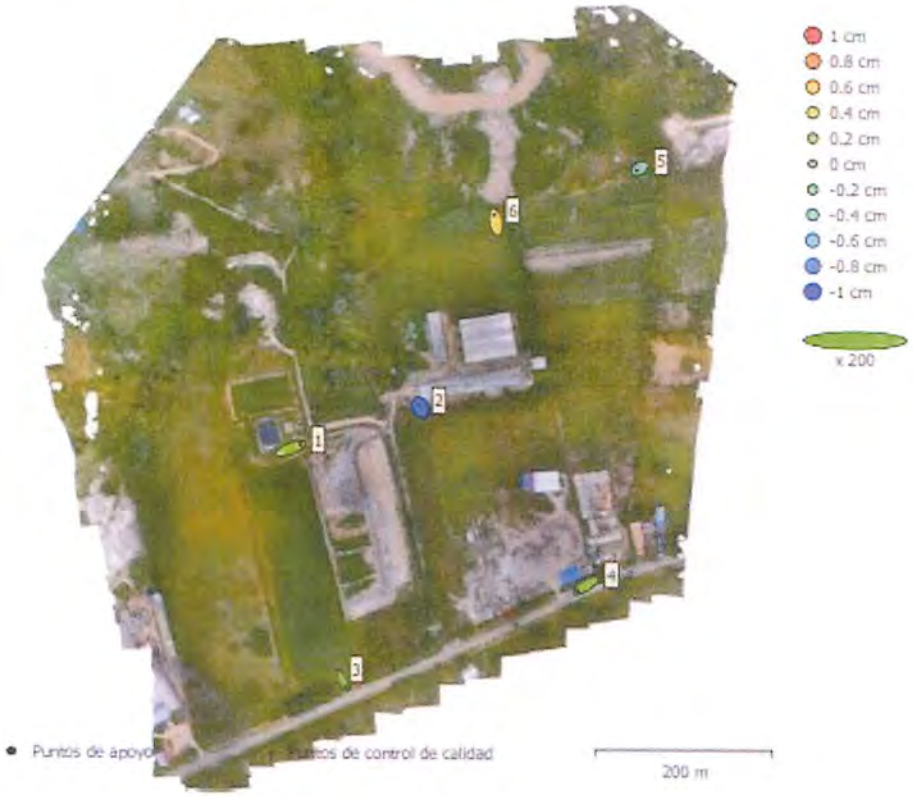


Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
6	6.47741	5.56999	0.466564	8.54292	8.55566

Tabla 4. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
1	11.8295	4.42008	0.20807	12.63	3.462 (11)
2	-1.3949	2.91122	-0.899828	3.35121	1.366 (9)
3	3.60735	-7.00611	0.0134129	7.88028	2.859 (8)
4	-9.14647	-6.10541	0.152046	10.9981	4.452 (7)
5	-3.21566	-2.31206	-0.37651	3.97843	1.420 (11)
6	-1.68741	8.1504	0.536702	8.34053	2.177 (12)
Total	**6.47741**	**5.56999**	**0.466564**	**8.55566**	**2.729**

Tabla 5. Puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

6.5 Modelo digital de elevaciones

PECVA/20

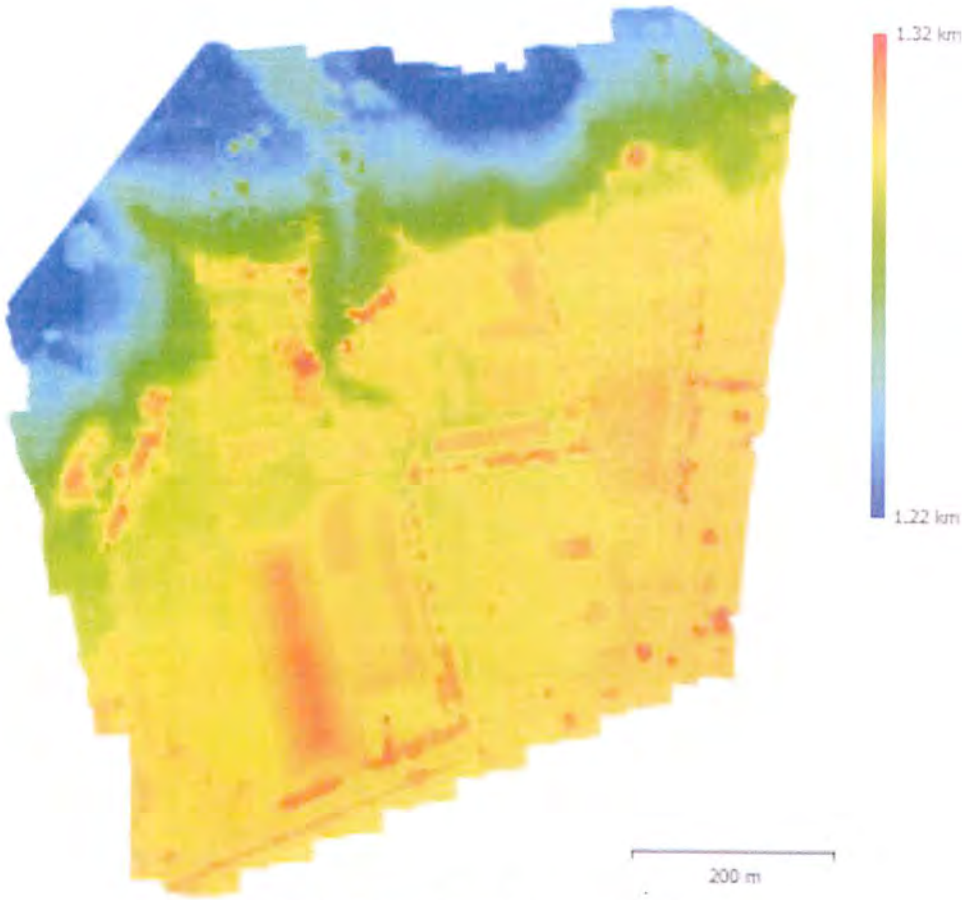


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución:	6.05 cm/pix
Densidad de puntos:	273 puntos/m^2

PECVA/21

6.6 Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	462
Cámaras orientadas	462
Marcadores	6
Sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional (EPSG::9377)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	491,565 de 519,450
RMS error de reproyección	0.185833 (0.772592 pix)
Error de reproyección máximo	2.0779 (32.2962 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	3.82766 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	3.19098
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	No
Puntos clave por foto	40,000
Puntos de paso por foto	4,000
Excluir puntos de paso inmóviles	No
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	5 minutos 52 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	493.79 MB
Tiempo de orientación	4 minutos 1 segundo
Uso de memoria durante el alineamiento	187.80 MB
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	2 segundos
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	38.09 MB
Mapas de profundidad	
Número	462
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Alta
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	14 minutos 9 segundos
Uso de memoria	2.79 GB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	1.82 GB
Nube de puntos densa	
Puntos	186,138,823
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Alta
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	14 minutos 9 segundos
Uso de memoria	2.79 GB

PECVA/22

Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	18 minutos 11 segundos
Uso de memoria	7.62 GB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	2.38 GB
Modelo de teselas	
Textura	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Alta
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	14 minutos 9 segundos
Uso de memoria	2.79 GB
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Nube de puntos densa
Tamaño de tesela	256
Número de caras	Media
Habilitar el filtro de efecto fantasma	Sí
Tiempo de procesamiento	3 horas 2 minutos
Uso de memoria	4.45 GB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	1.19 GB
MDE	
Tamaño	21,270 x 22,052
Sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional (EPSG::9377)
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	1 minuto 42 segundos
Uso de memoria	315.58 MB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	470.83 MB
Ortomosaico	
Tamaño	25,995 x 29,317
Sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional (EPSG::9377)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Si
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	6 minutos 10 segundos
Uso de memoria	3.76 GB
Versión del programa	1.7.3.12115
Tamaño de archivo	6.39 GB

Sistema	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	1.7.3 build 12115
OS	Windows 64 bit
RAM	15.71 GB
CPU	12th Gen Intel(R) Core(TM) i7-12650H
GPU(s)	NVIDIA GeForce RTX 4060 Laptop GPU

7. LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO Y ALTIMÉTRICO

PECVA/23

"El posicionamiento cinemático en tiempo real (RTK) es la aplicación de topografía para corregir errores comunes en los sistemas actuales de navegación por satélite (GNSS) . Utiliza mediciones de la fase de la onda portadora de la señal además del contenido de información de la señal y se basa en una única estación de referencia o una estación virtual interpolada para proporcionar correcciones en tiempo real, lo que proporciona una precisión de hasta un centímetro. Con referencia al GPS en particular, el sistema se conoce comúnmente como mejora de la fase portadora o CPGPS. Tiene aplicaciones en levantamiento topográfico , levantamiento hidrográfico y en navegación de vehículos aéreos no tripulados."

Para este trabajo se utilizó el método Real time kinematics (RTK) o en español, Tiempo Real Cinemático (TRC), el cual es una técnica de posicionamiento de satélites basada en el uso de medidas de fase de las ondas portadoras de señales de GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU y QZSS.

Una estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real para lograr una precisión del orden de un centímetro. En el caso particular del GPS, el sistema se denomina Mejora de fase de portadora o **CPGPS**.

Los sistemas RTK utilizan un receptor fijo (estación base cuya posición se conoce con precisión) y varios receptores móviles. La estación base compara la posición calculada a partir de la señal GPS y la posición real, luego retransmite las correcciones a realizar a los receptores móviles. Esto permite a las unidades móviles calcular su posición relativa con una precisión de unos pocos milímetros, aunque su posición absoluta es tan precisa como la posición de la estación base. La precisión nominal típica de estos sistemas es de 1 cm en horizontal y 2 cm en vertical. Apoyados con un equipo GNSS marca Allynav, modelo R26, con código serial 1220502675 para la base y 1220502646 para el rover, se da inicio posicionando la base en la placa de gps-2, punto idóneo del proyecto para mejorar la recepción de la señal. Posteriormente se enlaza el rever a la base, y con ello empezar a tomar detalles del predio tales como; Linderos, perímetros, cercas, vías, construcciones, arboles, pozos, red eléctrica etc.

7.1 Parámetros del sistema de coordenadas.

Parámetros de sistema de coordenadas	
Parámetros elipsoide	
Nombre del sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS Origen Nacional
Nombre del elipsoide	GRS80
Semieje mayor	6378137.00000
Planitud recíproca	298.2572221010
Parámetros de proyecciones	
Modo de proyecciones	Marcador transversal
Meridiano central	W77°04'39.0285"
Falso norte	1000000.000
Falso este	1000000.000
Latitud de origen	N4°35'46.3215"
Parámetros ITRF	
Tipo de conversión	ITRF2014->ITRF2008
Año de las coordenadas fuente	2018.000
Archivo geoide	
Archivo	Col2004.ggf

7.2 Coordenadas Topográficas

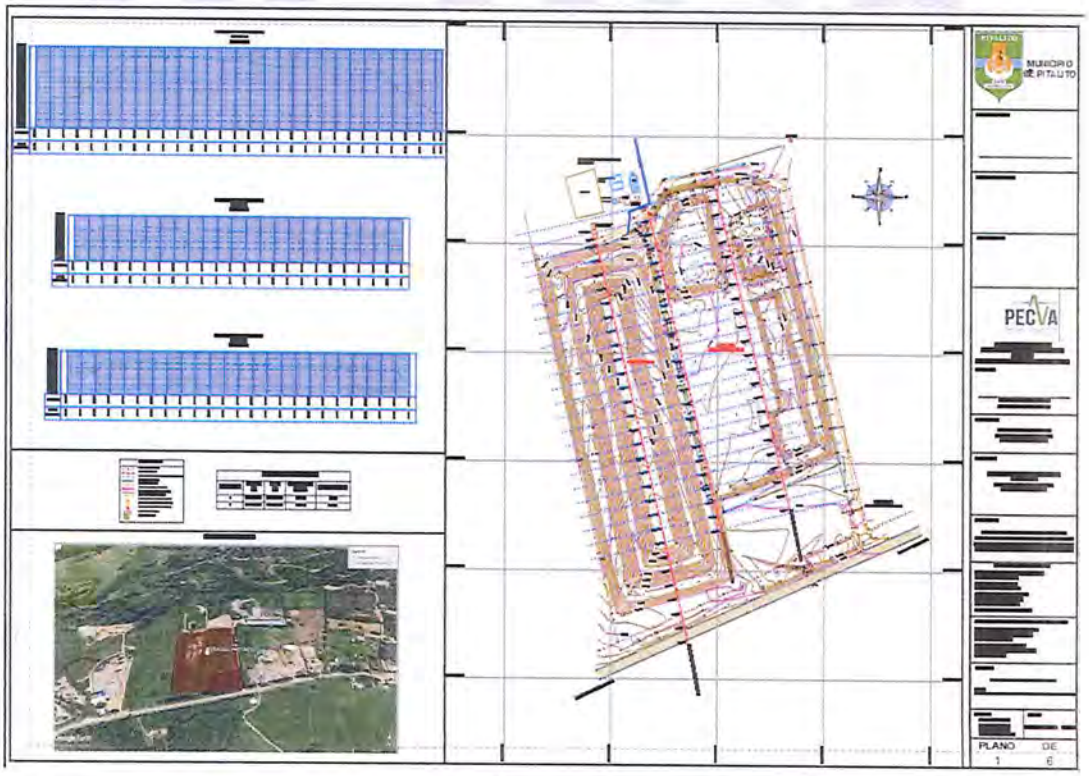
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	CONCEPTO	PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	CONCEPTO
1	1765154.518	4652418.170	1291.272	BASE	51	1764948.263	4652567.585	1293.303	cuneta
2	1764913.101	4652573.582	1296.040	vía nacional	52	1764948.113	4652567.226	1293.390	cuneta
3	1764896.967	4652537.426	1296.375	vía nacional	53	1764957.265	4652574.109	1293.486	lind
4	1764877.350	4652493.589	1296.803	vía nacional	54	1764956.427	4652571.036	1293.344	vía acceso
5	1764859.709	4652454.109	1297.204	vía nacional	55	1764955.894	4652568.799	1293.361	vía acceso
6	1764842.498	4652415.987	1297.578	vía nacional	56	1764955.400	4652566.067	1293.041	vía acceso
7	1764830.556	4652389.573	1297.842	vía nacional	57	1764955.343	4652565.633	1292.972	cuneta
8	1764824.298	4652392.458	1297.854	vía nacional	58	1764955.211	4652565.101	1292.960	cuneta
9	1764841.075	4652429.646	1297.488	vía nacional	59	1764955.169	4652564.832	1293.296	cuneta
10	1764870.564	4652495.296	1296.831	vía nacional	60	1764923.840	4652565.863	1294.425	lind
11	1764893.490	4652546.253	1296.343	vía nacional	61	1764923.062	4652566.225	1294.354	tn h

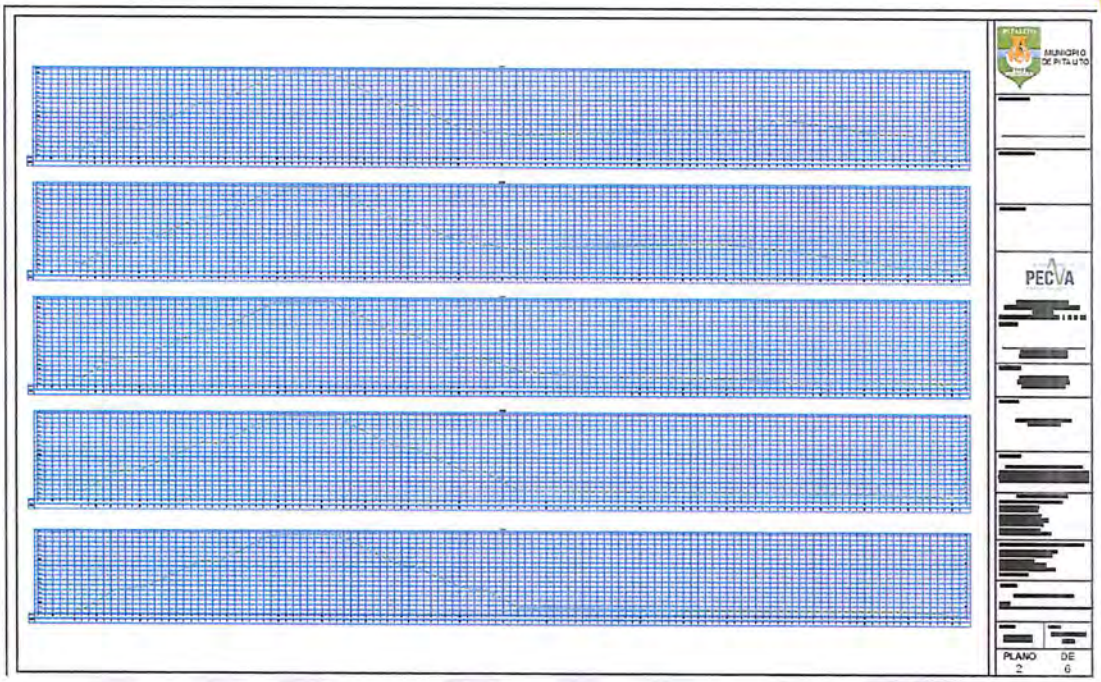
PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	CONCEPTO	PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	CONCEPTO
12	1764925.617	4652618.032	1295.790	vía nacional	62	1764920.610	4652560.730	1294.802	tn h
13	1764932.021	4652615.522	1295.797	vía nacional	63	1764921.643	4652560.520	1294.647	lind
14	1764923.653	4652596.898	1295.823	vía nacional	64	1764920.580	4652559.721	1294.311	tn h
15	1764917.789	4652583.994	1295.919	vía nacional	65	1764917.175	4652550.855	1294.207	tn h
16	1764918.461	4652577.155	1295.459	vía acceso	66	1764917.512	4652550.825	1294.309	lind
17	1764923.581	4652593.575	1295.667	vía acceso	67	1764912.380	4652540.568	1294.715	tn h
18	1764923.595	4652585.640	1295.280	vía acceso	68	1764912.859	4652539.672	1294.495	lind
19	1764923.384	4652584.767	1295.208	vía acceso	69	1764908.500	4652529.573	1295.037	lind
20	1764924.128	4652582.671	1294.929	vía acceso	70	1764907.883	4652529.924	1295.079	tn h
21	1764926.020	4652581.148	1294.673	vía acceso	71	1764904.667	4652529.977	1294.602	tn h
22	1764914.033	4652574.577	1295.911	vía acceso	72	1764903.959	4652534.705	1294.232	tn h
23	1764915.785	4652576.250	1295.746	vía acceso	73	1764902.820	4652539.438	1294.790	tn h
24	1764917.538	4652577.178	1295.583	vía acceso	74	1764904.662	4652541.314	1294.655	tn h
25	1764920.215	4652577.595	1295.247	vía acceso	75	1764904.992	4652540.967	1294.655	tn h
26	1764921.458	4652577.261	1294.997	vía acceso	76	1764904.050	4652539.183	1294.855	tn h
27	1764925.567	4652574.142	1294.482	vía acceso	77	1764904.597	4652536.389	1294.316	tn h
28	1764930.269	4652572.779	1294.081	vía acceso	78	1764904.655	4652524.820	1294.615	tn h
29	1764932.390	4652578.241	1294.113	vía acceso	79	1764904.745	4652521.952	1294.388	tn h
30	1764925.995	4652570.665	1294.768	lind	80	1764904.884	4652521.949	1294.420	lind
31	1764930.783	4652570.620	1294.215	piso duro	81	1764903.815	4652519.673	1293.041	batea desague
32	1764930.571	4652569.758	1294.213	piso duro	82	1764903.343	4652525.065	1293.168	batea desague
33	1764940.288	4652566.929	1294.098	lind	83	1764903.088	4652531.147	1292.996	batea desague
34	1764940.977	4652569.612	1293.670	porton	84	1764903.312	4652529.167	1293.471	tubo 3 "
35	1764942.350	4652569.339	1294.114	porton	85	1764902.360	4652529.626	1293.419	tubo 3 "
36	1764943.891	4652575.861	1293.694	porton	86	1764902.829	4652529.500	1293.092	batea desague
37	1764944.022	4652576.570	1293.732	porton	87	1764903.141	4652532.441	1293.013	batea desague
38	1764929.776	4652581.339	1294.889	lind	88	1764902.475	4652536.013	1293.029	batea desague

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	CONCEPTO	PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	CONCEPTO
39	1764941.493	4652566.346	1294.075	param	89	1764899.829	4652539.228	1293.217	batea desague
40	1764940.726	4652563.028	1294.087	param	90	1764899.376	4652538.509	1293.534	obra
41	1764944.101	4652562.212	1294.148	param	91	1764899.799	4652537.093	1293.780	obra
42	1764945.220	4652561.670	1294.072	piso duro	92	1764899.829	4652537.131	1294.134	obra
43	1764940.949	4652568.551	1294.067	piso duro	93	1764899.626	4652537.068	1294.232	obra
44	1764946.776	4652567.203	1294.013	piso duro	94	1764899.062	4652538.244	1295.330	obra
45	1764946.887	4652567.918	1293.284	cuneta	95	1764899.813	4652539.752	1295.363	obra
46	1764939.869	4652569.680	1293.511	cuneta	96	1764899.326	4652538.501	1295.139	obra
47	1764939.706	4652569.226	1293.488	cuneta	97	1764899.661	4652539.421	1295.134	obra
48	1764939.653	4652569.026	1293.781	cuneta	98	1764901.178	4652540.121	1294.161	obra
49	1764940.186	4652570.380	1293.696	cuneta	99	1764901.097	4652540.271	1294.207	obra
50	1764948.359	4652568.310	1293.364	cuneta	100	1764901.169	4652540.047	1293.513	obra

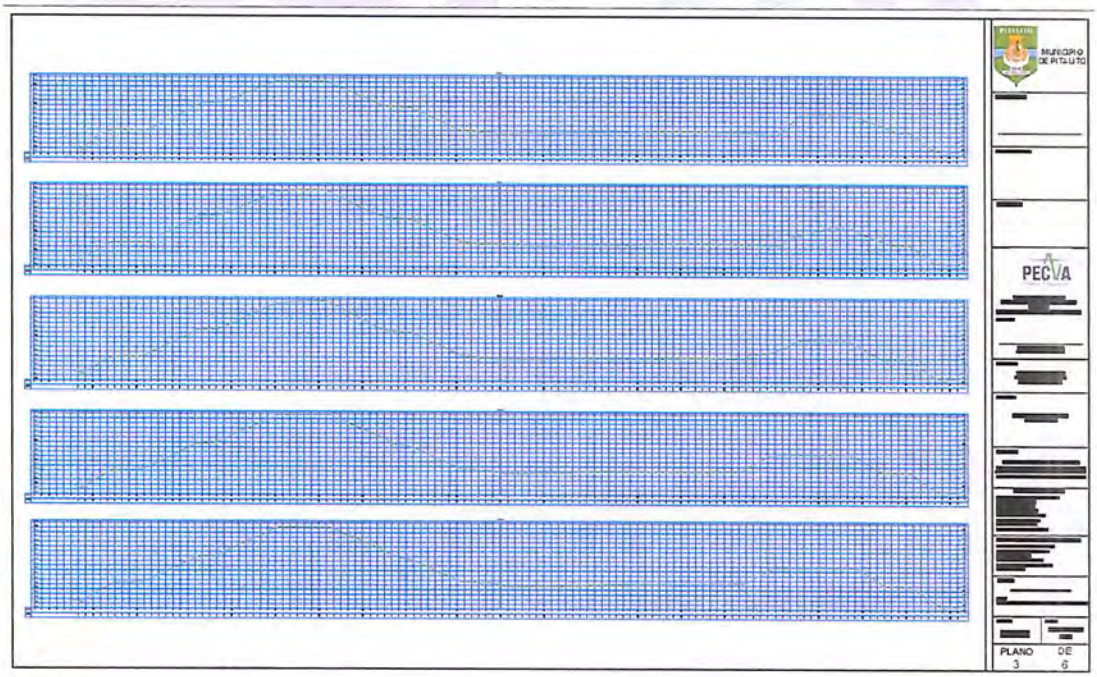
PECVA/26

7.3 RESULTADOS



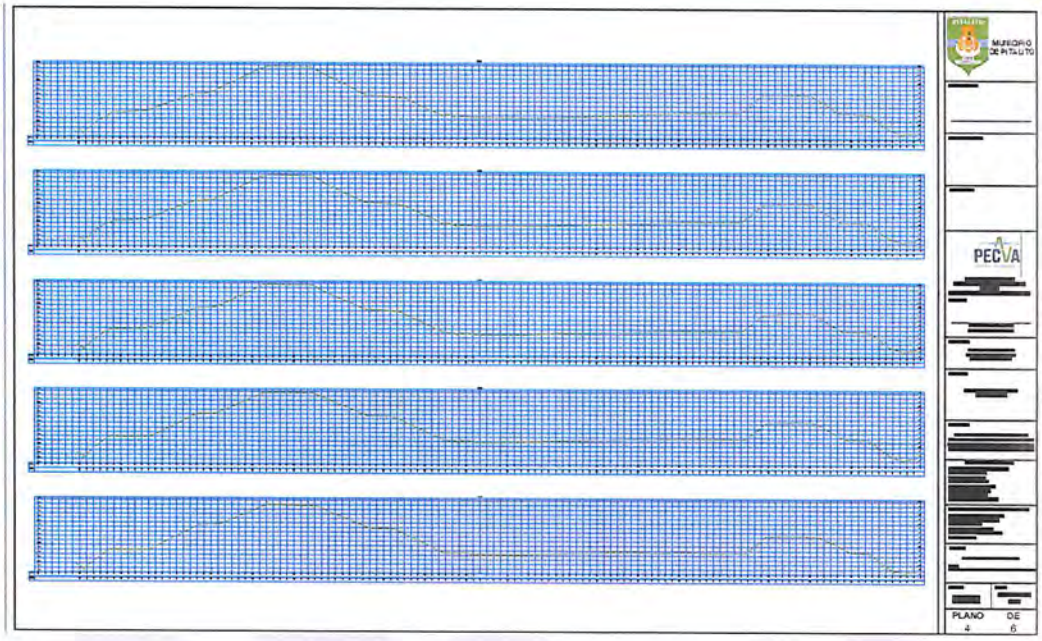


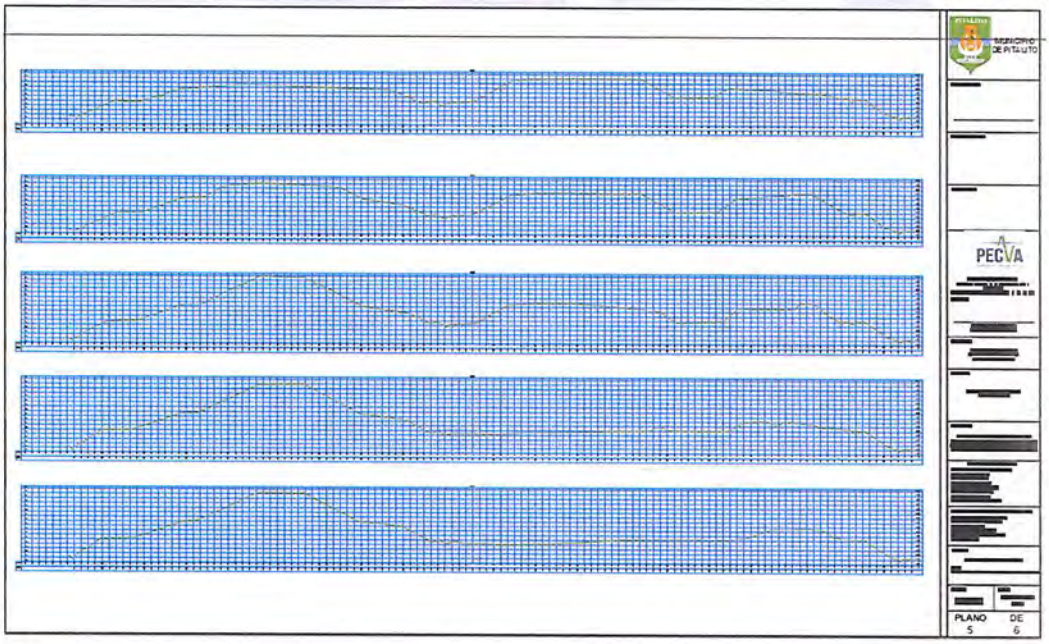
PECVA/27

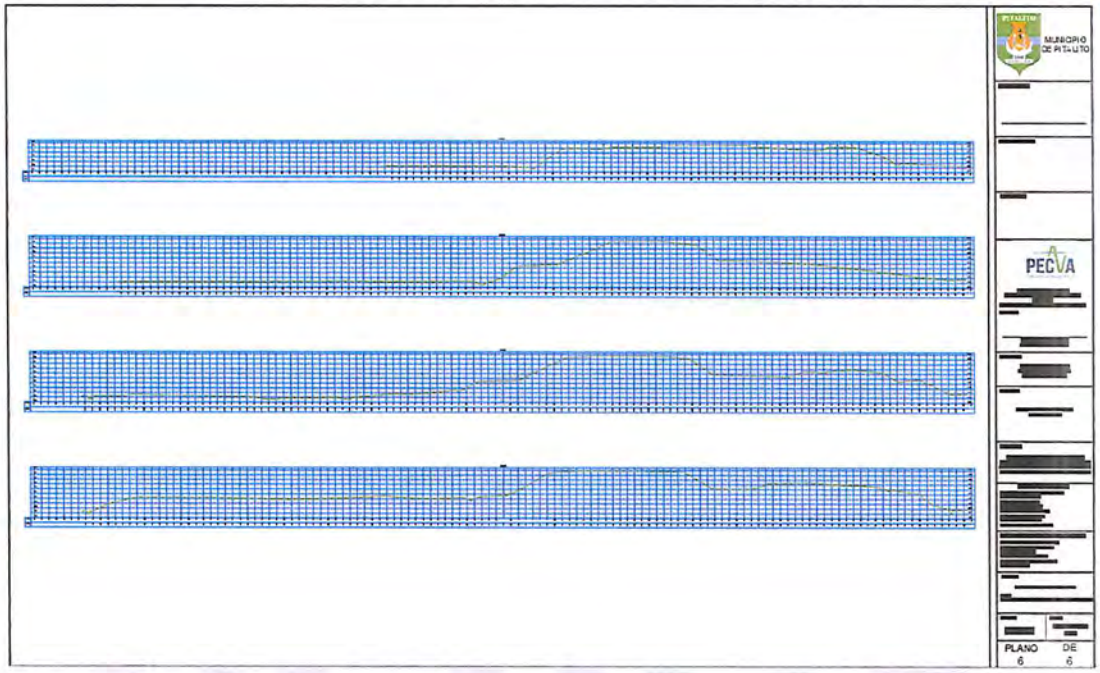


Calle 13 No. 7-41 Barrio Sucre – Pitalito (H)
Correo Electrónico: estudiostopograficos@topografiapecva.com
https://topografiapecva.com
CEL. 3103155593-3226219982

PECVA/28







PECVA/29

8. REGISTRO FOTOGRAFICO





PECVA
Estudios Topograficos

Planeación, ejecución de la construcción
vías y agrimensuras

ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS PECVA S.A.S
NIT: 901.867.101-5
INFORME TOPOGRÁFICO

PECVA/30









Calle 13 No. 7-41 Barrio Sucre – Pitalito (H)
Correo Electrónico: estudiostopograficos@topografiapecva.com
https://topografiapecva.com
CEL. 3103155593-3226219982

ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS PECVA S.A.S
NIT: 901.867.101-5
INFORME TOPOGRÁFICO

PECVA/31









Calle 13 No. 7-41 Barrio Sucre – Pitalito (H)
Correo Electrónico: estudiostopograficos@topografiapecva.com
https://topografiapecva.com
CEL. 3103155593-3226219982

9. ANEXOS.

9.1 Matricula profesional, Sergio Muñoz Urbano.

República de Colombia

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFIA

Nombre: SERGIO MUÑOZ URBANO

Cédula: **1.083.890.963**

Licencia Profesional No: **01-15352**

Resolución: **02-5353 - 05/12/2014**

TECNOLOGO EN TOPOGRAFIA

SENA



Presidente

Esta tarjeta forma parte integral de la Licencia Profesional
Junto con la Resolución aprobatoria.
Esta tarjeta es documento público y junto con el Certificado de Vigencia acredita al titular para ejercer la profesión de TOPOGRAFO en la República de Colombia de acuerdo con la Ley 70 de 1979 y el Decreto Reglamentario 690 de 1981

Si esta tarjeta es encontrada, por favor, enviarla a la dirección de la oficina del Consejo Profesional Nacional de Topografía

Calle 33 No. 7-27 Ofc.:502 Tel.: 2881490
http://cpnt.org Bogotá - Colombia

Para cualquier información comunicarse con el Consejo Profesional Nacional de Topografía. Email:info@cpnt.org.

9.2 Certificado de vigencia, Certificado de vigencia.

PECVA/33

República de Colombia
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA
Ley 70 / 79

CERTIFICADO DE VIGENCIA No: 603148/2025

EL DIRECTOR EJECUTIVO DEL CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA

HACE CONSTAR

Que el(la) Señor(a) **SERGIO MUÑOZ URBANO** , identificado(a) con cédula de ciudadania **No. 1083890963** , se encuentra inscrito(a) en el Registro Único de Topógrafos RUTOPO del CPNT como **TECNÓLOGO EN TOPOGRAFÍA** de la Institución de Educación Superior **SENA** , bajo la Licencia Profesional **No. 01-15352** con fecha de expedición del **5 de Diciembre de 2014.**

Que el(la) Señor(a) **SERGIO MUÑOZ URBANO**, tiene vigente su Licencia Profesional No. **01-15352** y a la fecha **NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS** , que lo (la) inhabiliten en el ejercicio de su profesión.

Dada en Bogotá, D.C. a los **27 días del mes de Diciembre de 2025.**

LUIS ALEJANDRO ZAFRA JARAMILLO
Director Ejecutivo

***Firma del profesional**

*La firma del profesional es requerida para comprobar la anuencia de su participación en procesos contractuales. La falta de la firma del profesional NO invalida el certificado.

Notas 1- El anterior certificado no suple la Licencia Profesional para ejercer un cargo.
2- La validez del documento se puede verificar en la pagina web www.cpnt.gov.co a través del número de certificado de Vigencia.
3- Este certificado digital tiene plena validez de conformidad con lo establecido en el Art. 2 de la Ley 527 de 1999, decreto 1747 de 2000 y Art. 6 Parágrafo 3 de la Ley 962 de 2005.

9.3 Cedula de ciudadanía, Sergio Muñoz Urbano.

PECVA/34





9.4 Certificado de equipo GNSS-Allynav R26.

PECVA/35

GNSS Performance	
Channels	432 channels based on Nebulas- II
GPS	L1, L2
GLONASS	L1, L2
Galileo	E1, E5a , E5b
BeiDou	B1 I , B2 I
QZSS	L1, L2, L5

GNSS Accuracies	
Real time kinematics(RTK)	Horizontal: 8 mm + 1 ppm RMS Vertical: 15 mm + 1 ppm RMS Initialization time:< 5 s Initialization reliability: > 99.9%
Post-processing kinematics (PPK)	Horizontal: 2.5 mm + 1 ppm RMS Vertical: 5 mm + 1 ppm RMS
Post -processing static	Horizontal: 2.5 mm + 0.5 ppm RMS Vertical: 5 mm + 0.5 ppm RMS
Positioning rate	Default 1 HZ, Maximum 20 HZ
Time to first fix	Cold start: < 25 s Hot start: < 10 s Signal re-acquisition: < 1 s
RTK tilt - compensated	Tilt angle 0~60°, Tilt accuracy 25mm (within 30° accuracy)

Hardware	
Size (L x W x H)	140 mm x 140 mm x 88 mm (5.5 in x 5.5 in x 3.5 in)
Weight	1.03 kg (2.27 lb)
Environment	Operating: -45°C to +75°C (-49°F to +167°F) Storage: -55°C to +85°C (-67°F to +185°F)
Humidity	100% condensation
Ingress protection	IP67 waterproof and dustproof, protected from temporary immersion- to depth of 2 m
Shock	Survive a 2-meter pole drop
Tilt sensor	Calibration - free IMU for pole - tilt compensation. Immuneto magnetic disturbances.
Front panel	4 LED indicates 2 physical buttons

Communication	
Bluetooth	v 4.0, Backward compatible with BT2.x
Ports	1 x 9 PIN aviation plug, including power supply, COM RS232, CONFIG , RS232. 1 x UHF radio antenna interface
Build-in UHF radio	Standard Internal Rx/Tx: 410 - 470 MHz/840MHz Transmit Power: 0.5 W to 2 W Protocol: Transparent, TT450S,Trimtalk, TRMMARK3
External Radio	Frequency: 410-470MHz Transmitting power: 35W Working Range: 15-20Km
Data formats	Link rate: 9600 bps to 460800 bps Range: Typical 5 km to 8 km RTCM2.x, RTCM3.x, CMR
Data storage	8 GB internal memory

Electrical	
Power consumption	5 W (depending on user settings)
Li -ion battery capacity	10200mAh
Operating time on internal battery	20h(Rover) 10h(Base)
External power input	9 V DC to 36 V DC
Power consumption	As Rover<4.0W As Base<10.5W

9.5 Certificado de calibración-Allynav R-26

PRECISION S.A.S.

Laboratorio de Calibracion
AV 2CN # 24N- 174 OF. 501 Cali
382 71 77 CEL 3133321927
info@equipotopografico.com

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

CERTIFICADO No.:	G2701
CUENTE:	SERGIO MUÑOZ URBANO
D.I:	1083890963
DIRECCIÓN:	CR 7 11 23, Pitalito, Huila, Colombia
TELEFONO:	3103155593
CIUDAD:	Pitalito

DESCRIPCIÓN

TIPO:	GPS DIFERENCIAL
MARCA:	ALLYNAV
MODELO:	R26
SERIE:	1422307544
TOLERANCIAS (RMS horizontal)	• Medición Estática Con post procesamiento: < 5 mm típico •Medición SBAS en tiempo real: < 0,5 m típico

FECHA DE INGRESO	16/02/2025	
FECHA DE VERIFICACION	16/02/2025	
FECHA DE VENCIMIENTO	16/02/2026	
METODO CALIBRACIÓN UTILIZADO	Método interno I-LB001	
TRAZABILIDAD DE LA MEDICION	**Placa IDESC 76001135**	
	Coordenadas Navegadas	
	N 3° 28' 35,004"	
	W 76° 30' 14.642"	
	986.64580000000	
	Coordenadas Geocéntricas	
	Latitud: 03.47639007226	
	Longitud: -76.50406749940	
	Altura MSL. : 959.4000000000	

Equipos y servicios de precisión SAS, certifica que el equipo descrito fue calibrado de acuerdo a los procedimientos de calibración del Laboratorio, las mediciones realizadas son trazables al sistema internacional de unidades (SI). Este laboratorio demuestra su competencia técnica mediante la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad, cumpliendo con los requisitos de la norma ISO IEC 17025:2005. La incertidumbre de medición reportada está basada en un factor de cobertura K=2 nivel de confiabilidad del 95% aproximadamente.

Notas:

- Los resultados del presente certificado se refieren únicamente al equipo descrito, al momento y condiciones en que se intervino el equipo.
- El laboratorio no se hace responsable de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este certificado y el equipo certificado.
- El laboratorio certifica que el equipo y sus accesorios se entregan en optimas condiciones de trabajo.
- El presente certificado no debe presentar enmendadura alguna. Prohibida la reproducción total o parcial de este certificado sin la aprobación escrita del laboratorio.

Autorizado por:

EQUIPOS Y SERVICIOS DE PRECISION S.A.S.

Anderson Godoy Silva
Director Técnico Laboratorio

Certificado No. G2701 – 2022 / Pagina 1 de 2 incluido Anexos

PRECISION S.A.S.

Laboratorio de Calibración
AV 2CN # 24N- 174 OF. 501 Cali
382 71 77 CEL. 3133321927
info@equipotopografico.com

PECVA/37

RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN

Coordenadas Geocéntricas Medición SBAS en tiempo real

	REFERENCIA	RESULTADO	TOLERANCIA	ERROR REG.
LATITUD	03.47639007226	3.47638253	<0,5 m típico	0.39 MTS
LONGITUD	-76.50406749940	-76.50405912	<0,5 m típico	
MSL	959.40000000000	959.89m	< 1 m típico	

Coordenadas Geocéntricas Medición Estática Con post procesamiento

	REFERENCIA	RESULTADO	TOLERANCIA	ERROR REG.
LATITUD	03.47639007226	3.476390232	<0.7 cm típico	0.004 MTS
LONGITUD	-76.50406749940	-76.504067512	<0.7 cm típico	
MSL	959.40000000000	959.387 m	< 1.4 cm típico	

ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Ua	Ub	U= Ua + Ub	U expandida
0	0.002	0.002	+/- 0.004

CONDICIONES DEL EQUIPO

PARAMETROS DE REVISIÓN	OBSERVACIONES
AJUSTE INTERNO	NO REQUIERE DE AJUSTES
AJUSTE EXTERNO	AJUSTADO
LIMPIEZA EXTERNA	REALIZADO
NIVELES TUBULARES Y ESFERICO	N/A
AJUSTE EJE VERTICAL Y HORIZONTAL	N/A
VERTICALIDAD	N/A
OPTICA GENERAL	N/A
TORNILLO DE MOVIMIENTO LENTO/FINO	N/A
SISTEMA DE COMPENSACION	N/A
EXACTITUD DE CONTEO	N/A
ANGULO VERTICAL	N/A
ANGULO HORIZONTAL	N/A
CONSTANTES	N/A
CONSTANTE DE PPM	N/A
TECLADO	NO REQUIERE DE AJUSTE
DISPLAY	NO REQUIERE DE AJUSTE
PLOMADA LASER/OPTICA	N/A

Autorizado por:

EQUIPOS Y SERVICIOS DE PRECISION S.A.S.
NIT. 900.945.420-6

Anderson Godoy Silva
Director Técnico Laboratorio

Calle 13 No. 7-41 Barrio Sucre – Pitalito (H)
Correo Electrónico: estudiostopograficos@topografiapecva.com
https://topografiapecva.com
CEL. 3103155593-3226219982

PRECISION S.A.S.

Laboratorio de Calibración
AV 2CN # 24N- 174 OF. 501 Cali
382 71 77 CEL. 3133321927
info@equipotopografico.com

PECVA/38

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

CERTIFICADO No.:	G2702
CUENTE:	SERGIO MUÑOZ URBANO
D.I:	1083890963
DIRECCIÓN:	CR 7 11 23, Pitalito, Huila, Colombia
TELEFONO:	3103155593
CIUDAD:	Pitalito

DESCRIPCIÓN

TIPO:	GPS DIFERENCIAL
MARCA:	ALLYNAV
MODELO:	R26
SERIE:	1422307549
TOLERANCIAS (RMS horizontal)	• Medición Estática Con post procesamiento: < 5 mm típico •Medición SBAS en tiempo real: < 0,5 m típico

FECHA DE INGRESO	16/02/2025	
FECHA DE VERIFICACION	16/02/2025	
FECHA DE VENCIMIENTO	16/03/2026	
METODO CALIBRACIÓN UTILIZADO	Método interno I-LB001	
TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN	**Placa IDESC 76001136**	
	Coordenadas Navegadas	
	N 3° 28' 35,004"	
	W 76° 30' 14.642"	
	986.64580000000	
	Coordenadas Geocéntricas	
	Latitud: 03.47639007226	
	Longitud: -76.50406749940	
	Altura MSL.: 959.4000000000	

Equipos y servicios de precisión SAS, certifica que el equipo descrito fue calibrado de acuerdo a los procedimientos de calibración del Laboratorio. las mediciones realizadas son trazables al sistema internacional de unidades (SI). Este laboratorio demuestra su competencia técnica mediante la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad, cumpliendo con los requisitos de la norma ISO IEC 17025:2005. La incertidumbre de medición reportada está basada en un factor de cobertura K=2 nivel de confiabilidad del 95% aproximadamente.

Notas:

- Los resultados del presente certificado se refieren únicamente al equipo descrito, al momento y condiciones en que se intervino el equipo.
- El laboratorio no se hace responsable de los perjuicios que puedan ocasionar el uso inadecuado de este certificado y el equipo certificado.
- El laboratorio certifica que el equipo y sus accesorios se entregan en óptimas condiciones de trabajo.
- El presente certificado no debe presentar enmendadura alguna. Prohibida la reproducción total o parcial de este certificado sin la aprobación escrita del laboratorio.

Autorizado por:

EQUIPOS Y SERVICIOS DE PRECISION S.A.S.
NIT. 900 568 424-4

Anderson Godoy Silva
Director Técnico Laboratorio

PRECISION S.A.S.

Laboratorio de Calibración
AV 2CN # 24N- 174 OF. 501 Cali
382 71 77 CEL. 3133321927
info@equipotopografico.com

PECVA/39

RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN

Coordenadas Geocéntricas Medición SBAS en tiempo real

	REFERENCIA	RESULTADO	TOLERANCIA	ERROR REG.
LATITUD	03.47639007226	3.47638253	<0,5 m tipico	0.39 MTS
LONGITUD	-76.50406749940	-76.50405912	<0,5 m tipico	
MSL	959.40000000000	959.89m	< 1 m tipico	

Coordenadas Geocéntricas Medición Estática Con post procesamiento

	REFERENCIA	RESULTADO	TOLERANCIA	ERROR REG.
LATITUD	03.47639007226	3.476390232	<0.7 cm tipico	0.004 MTS
LONGITUD	-76.50406749940	-76.504067512	<0.7 cm tipico	
MSL	959.40000000000	959.387 m	< 1.4 cm tipico	

ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Ua	Ub	U= Ua + Ub	U expandida
0	0.002	0.002	+/- 0.004

CONDICIONES DEL EQUIPO

PARAMETROS DE REVISION	OBSERVACIONES
AJUSTE INTERNO	NO REQUIERE DE AJUSTES
AJUSTE EXTERNO	AJUSTADO
LIMPIEZA EXTERNA	REALIZADO
NIVELES TUBULARES Y ESFERICO	N/A
AJUSTE EJE VERTICAL Y HORIZONTAL	N/A
VERTICALIDAD	N/A
OPTICA GENERAL	N/A
TORNILLO DE MOVIMIENTO LENTO/FINO	N/A
SISTEMA DE COMPENSACION	N/A
EXACTITUD DE CONTEO	N/A
ANGULO VERTICAL	N/A
ANGULO HORIZONTAL	N/A
CONSTANTES	N/A
CONSTANTE DE PPM	N/A
TECLADO	NO REQUIERE DE AJUSTE
DISPLAY	NO REQUIERE DE AJUSTE
PLOMADA LASER/OPTICA	N/A

Autorizado por:

EQUIPOS Y SERVICIOS DE PRECISION S.A.S.

Anderson Godoy Silva
Director Técnico Laboratorio

9.6 Memorial de responsabilidad.

PECVA/40

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Estudios Topográficos PECVA S.A.S identificado con NIT 901.867.101-5, representada legalmente por SERGIO MUÑOZ URBANO identificado con cédula de ciudadanía No. 1.083.890.963 de Pitalito, Tecnólogo en Topografía, con licencia profesional No. 01-15352, certifica que se elaboraron los Estudios Topográficos del proyecto "consultoría técnica para realización de un estudio de pre-factibilidad para la evaluación de la zona de ladera en el sector río Guarapas vecino a la planta de tratamiento de la Sociedad Biorgánicos del Sur del Huila S.A E.S.P" conforme a los lineamientos y normas establecidos en la Topografía y que mi firma es prueba de mi responsabilidad en este proyecto.

En constancia se firma en la ciudad de Pitalito-Huila a los diez (10) días del mes de marzo del 2026.

Atentamente,

SERGIO MUÑOZ URBANO
Representante Legal y Topógrafo
C.C. 1.083.890.963
T.P No. 01-15352

9.7 Autenticación de firma.

AUTENTICACIÓN DE FIRMA
Artículo 73 Decreto Ley 960 de 1970

25617

En la ciudad de Pitalito, Departamento de Huila, República de Colombia, el diecisiete (17) de enero de dos mil dieciocho (2018), en la Notaría Primera (1) del Círculo de Pitalito, compareció:
SERGIO MUÑOZ URBANO, identificado con la cédula de ciudadanía / NUIP #1083890963. El notario da testimonio de la firma que aparece en este documento, la cual fue puesta en su presencia.

-------- Firma autógrafa --------

23wtrno3dfl1l
17/01/2018 - 10:47:56:012

Conforme al Artículo 18 del Decreto-Ley 019 de 2012, el compareciente fue identificado mediante cotejo biométrico en línea de su huella dactilar con la información biográfica y biométrica de la base de datos de la Registraduría Nacional del Estado Civil.
Acorde a la autorización del usuario, se dio tratamiento legal relacionado con la protección de sus datos personales y las políticas de seguridad de la información establecidas por la Registraduría Nacional del Estado Civil.
Este folio se asocia al documento de MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD, en el que aparecen como partes SERGIO MUÑOZ URBANO, y que contiene la siguiente información QUE ELABORE LOS ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

ALBERTO TORRENTE FERNANDEZ
Notario primero (1) del Círculo de Pitalito

El presente documento puede ser consultado en la página web www.notariasegura.com.co
Número Único de Transacción: 23wtrno3dfl1l

SERGIO MUÑOZ URBANO
C.C. 1.083.890.963 Pitalito
LIC. 01-15352 CPNT

Calle 13 No. 7-41 Barrio Sucre – Pitalito (H)
Correo Electrónico: estudiostopograficos@topografiapecva.com
https://topografiapecva.com
CEL. 3103155593-3226219982

8.4 ANEXO INFORME DE GEOLOGIA

BIORGÁNICOS PITALITO

GEOLOGÍA – GEOMORFOLOGÍA--AMENAZAS PITALITO

PRESENTADO POR:



ASTRID SANDOVAL

GEÓLOGA M.P. 641

MSC. GEOTECNIA

Enero de 2026

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 5
2. ANTECEDENTES 5
3. LOCALIZACIÓN 5
4. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA 7
4.1. GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL 7
4.1.1. Abanico fluvio torrencial (Faa) 7
4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO MULTITEMPORAL 9
4.3. PROCESOS MORFOESTRUCTURALES 13
4.3.1. Valle aluvial (VA). 13
5. MARCO TECTÓNICO REGIONAL 13
5.1. GEOLOGÍA REGIONAL 15
5.2. GEOLOGÍA LOCAL 16
5.2.1. Depósito fluviolacustre de Pitalito (Qlp) 16
5.2.2. Depósitos Aluviales y Terrazas Bajas (Q2al) 17
5.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL 17
5.3.2. Falla Pitalito 18
5.3.3. Falla de Granadillo-Timaná 18
5.3.4. Depresión de Pitalito 19
6. AMENAZAS NATURALES 19
6.1. AMENAZA SISMICA 19
6.2. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA 22
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 22

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización área de estudio (Círculo rojo)-Plancha 388. 6
Ilustración 2 Localización de Biorgánicos de Pitalito 6
Ilustración 3. Unidades geomorfológicas zona de estudio: Abanico fluvio torrencial 8
Ilustración 4- Biorgánicos de Pitalito: pendiente 0-5° y perfil hacia río Guarapas. 8
Ilustración 5. Interpretación Foto Aérea 9
Ilustración 6 Tectónica de Colombia y Sistema de Fallas de Algeciras 14
Ilustración 7 Geología regional zona de estudio 15
Ilustración 8 Unidades Geológicas zona de estudio 16
Ilustración 9 Fallas de la cuenca de Pitalito 18
Ilustración 10 Zonificación de Amenaza Sísmica 20
Ilustración 11. Amenaza Sísmica Observada y sismicidad 21
Ilustración 12 Escarpe del depósito fluviolacustre de Pitalito. 22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenada Biorgánicos 6
Tabla 2 Fotos Aéreas área de estudio 9
Tabla 3. Proceso morfoestructural área de estudio 13
Tabla 4. Parámetros amenaza sísmica para los municipios de Colombia. 21

1. GENERALIDADES

En este capítulo se describen de forma sintética las condiciones y rasgos geográficos, fisiográficos, de la zona donde se localiza el área de estudio: Bio-orgánicos Pitalito. Es preciso anotar que esta región del país hace parte del Macizo Colombiano, en el Departamento del Huila. Geológicamente es una región compleja, conformada por focas metamórficas, ígneas y sedimentarias con edades desde el Precámbrico hasta el Neógeno y depósitos cuaternarios de origen clástico y volcánico (INGEOMINAS, 2001).

2. ANTECEDENTES

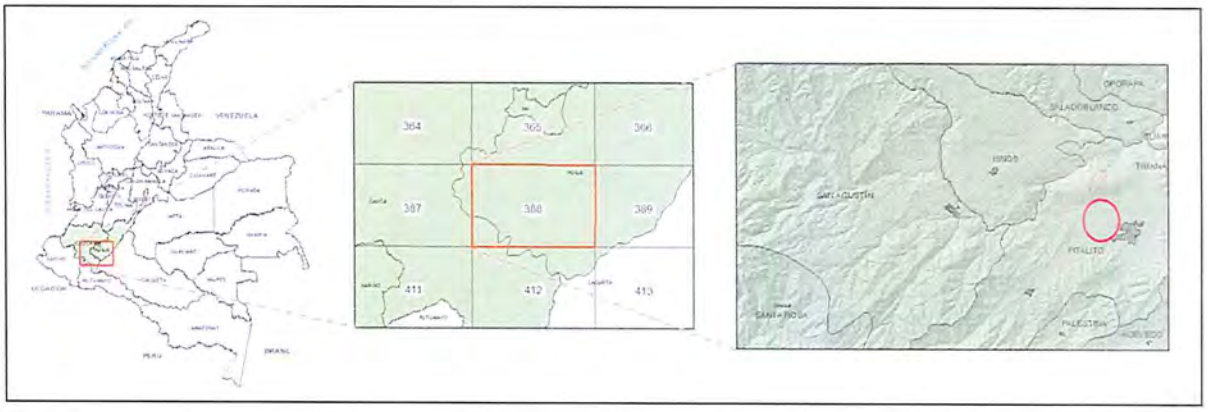
Para caracterizar el área de estudio, desde el punto de vista geológico, geomorfológico y de amenazas naturales, se revisó la siguiente información: del Servicio Geológico Colombiano, antiguo INGEOMINAS,

- Mapa Geológico del Departamento del Huila. Escal 1:300.000. INGEOMINAS, 2001.
- Geología de la Plancha 388 PITALITO, Escala 1:100.000, Memoria Explicativa, INGEOMINAS, 2003.
- Memoria Explicativa Mapa Geomorfológico aplicado a Movimientos en masa, Escala 1:100.000, Plancha 388 PITALITO, Servicio Geológico Colombiano, SGC,2013.
- Memoria Explicativa de Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Escal 1:100.000. Plancha 388- PITALITO. Servicio Geológico Colombiano, SGC, 2013
- Neotectónica y Paleosismología de la Falla de Algeciras, Huila, Colombia. Servicio Geológico Colombiano-SGC y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. UPTC. 2022. (Gómez.Hurtado, et al, 2022).
- Estudio de Amenaza Sísmica de Colombia, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica-AIS, 2009.

3. LOCALIZACIÓN

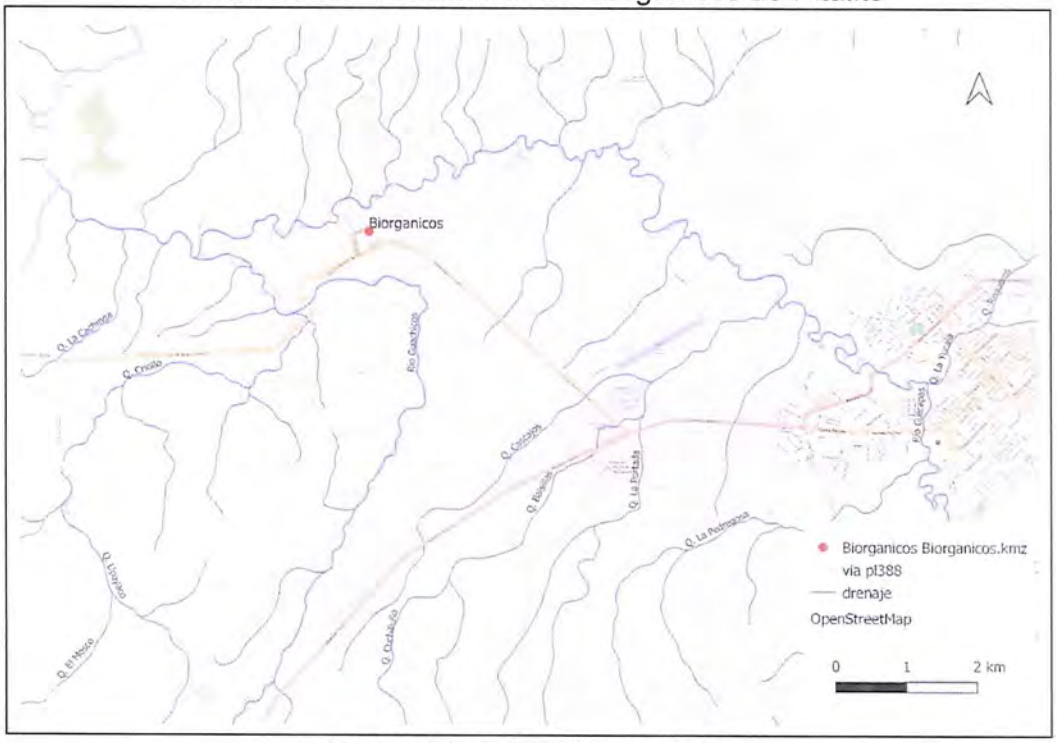
La zona de estudio se localiza al occidente de Pitalito, dentro del Macizo Colombiano, el nudo orográfico de la cordillera de los Andes, donde tienen origen las cordilleras central y oriental, formando parte de la cuenca alta del río Magdalena y se encuentran en la parte nororiental de la Plancha Geológica 388- Pitalito. Ilustración 1.

Ilustración 1 Localización área de estudio (Círculo rojo)-Plancha 388.



Fuente: SGC, 2013

Ilustración 2 Localización de Biorgánicos de Pitalito



Fuente: Adaptado de Google Earth.

Tabla 1 Coordenada Biorgánicos

Coordenada Norte	Coordenada Oeste
1°52'19.82"	76° 7'23.54"

Fuente: Proyecto

4. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

La geomorfología de una región está constituida por geoformas modeladas por fuerzas endógenas y exógenas, en ambientes diferentes y zonas geográficas. Los principales agentes modeladores del paisaje provienen de procesos hidrometeorológicos, volcánicos y tectónicos.

La zona de estudio, como se mencionó se presenta al occidente de Pitalito, en la vía que de Pitalito conduce a San Agustín y geográficamente comprende el Macizo Colombiano, donde el Valle del río Magdalena separa a la cordillera Oriental y la Central.

Los ambientes morfogenéticos bajo los cuales se desarrollaron las formas del relieve actual son: un ambiente estructural asociado a los procesos endógenos tanto activos como inactivos y su manifestación superficial bajo regímenes de deformación frágil y dúctil; un ambiente denudacional donde los agentes erosivos a través de la meteorización, erosión, transporte, sedimentación y movimientos en masa tienden a peneplanizar el relieve; un ambiente fluvial y lagunar asociado a la erosión, transporte y acumulación bajo la dinámica de los sistemas fluviales y un ambiente volcánico dominado por la cadena de los Coconucos.

La cuenca intramontana de Pitalito (15 x 20 Km.) localizada en la cordillera Oriental, al Sur de Colombia (1°52´ lat. N y 76°02´ long. W), está situada a lo largo de la falla Garzón -Suaza. Esta falla tiene una gran importancia regional y delimita la transición abrupta de las rocas de edad Precámbrico en la cordillera Oriental a los sedimentos Cenozoicos que rellenan el valle alto del Magdalena (INGEOMINAS, 2003).

La cuenca de Pitalito se encuentra a una altitud de alrededor de 1300 m y en general la región, está controlada por montañas que no exceden los 2000 metros de altura, dando así una morfología suave y prolongada a lo largo de su trayecto.

4.1. GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL

Se trata de las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

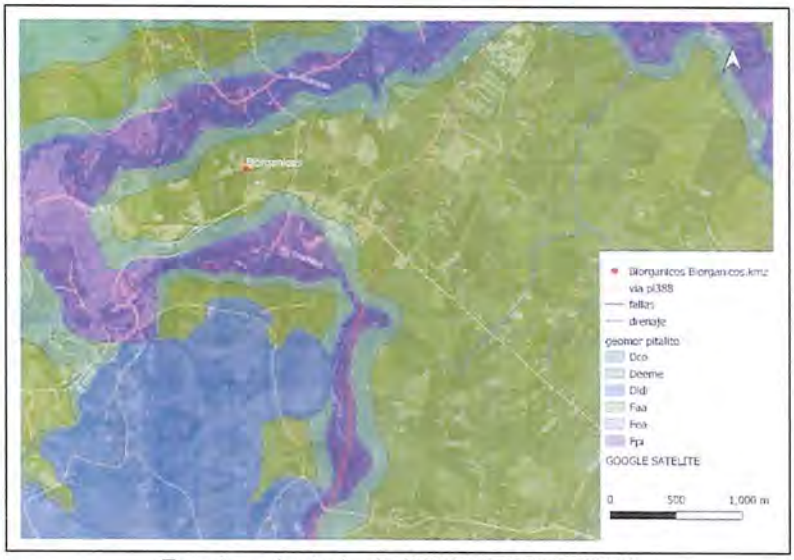
4.1.1. Abanico fluvio torrencial (Faa)

Superficie en forma de cono, de laderas cóncavas a convexas de morfología plana, aterrazada Su origen es relacionado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial, donde una corriente desemboca en una zona plana. Los depósitos aluviales se depositan

radialmente desde el ápice del abanico localizado en la salida de la corriente de las montañas. Los canales fluyen cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y de ancho.

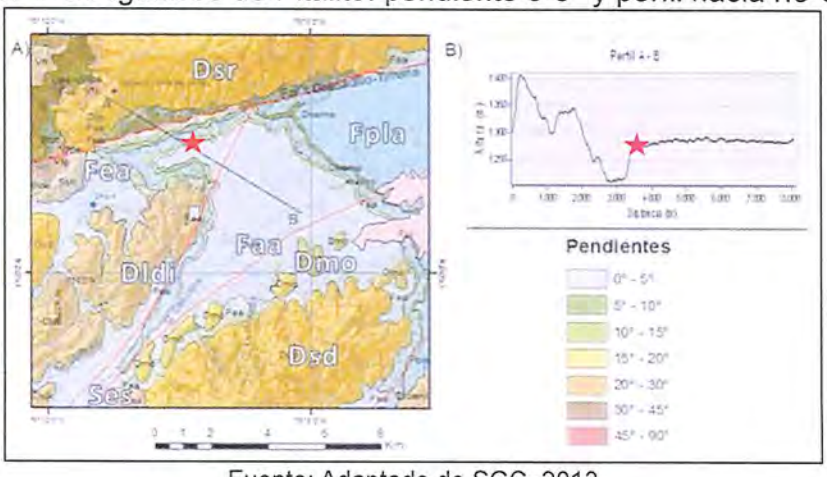
Este tipo de unidad se presenta hacia la parte oriental de la plancha, en la zona de asentamientos poblacionales como Pitalito y se relacionan a los cauces actuales y activos de los diferentes ríos que drenan la zona y descargan su caudal en esta última. En esta misma área es posible distinguir a partir de los insumos abanicos con diferente temporalidad donde los más antiguos presentan una morfología aterrazada producto de la disección y erosión de los cauces que drenan el piedemonte.

Ilustración 3. Unidades geomorfológicas zona de estudio: Abanico fluvio torrencial



Fuente: adaptado de INGEOMINAS, 2003

Ilustración 4- Biorgánicos de Pitalito: pendiente 0-5° y perfil hacia río Guarapas.



Fuente: Adaptado de SGC, 2013

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO MULTITEMPORAL

Se realiza un análisis multitemporal con imágenes y fotografías aéreas de diferentes épocas, obtenidas de Google earth y del Instituto Geográfico Agustin Codazzi:

Tabla 2 Fotos Aéreas área de estudio

C1829 (fotos 56 a 58)	Escala 1:17700	Año 1978

Fuente: IGAC

Ilustración 5. Interpretación Foto Aérea

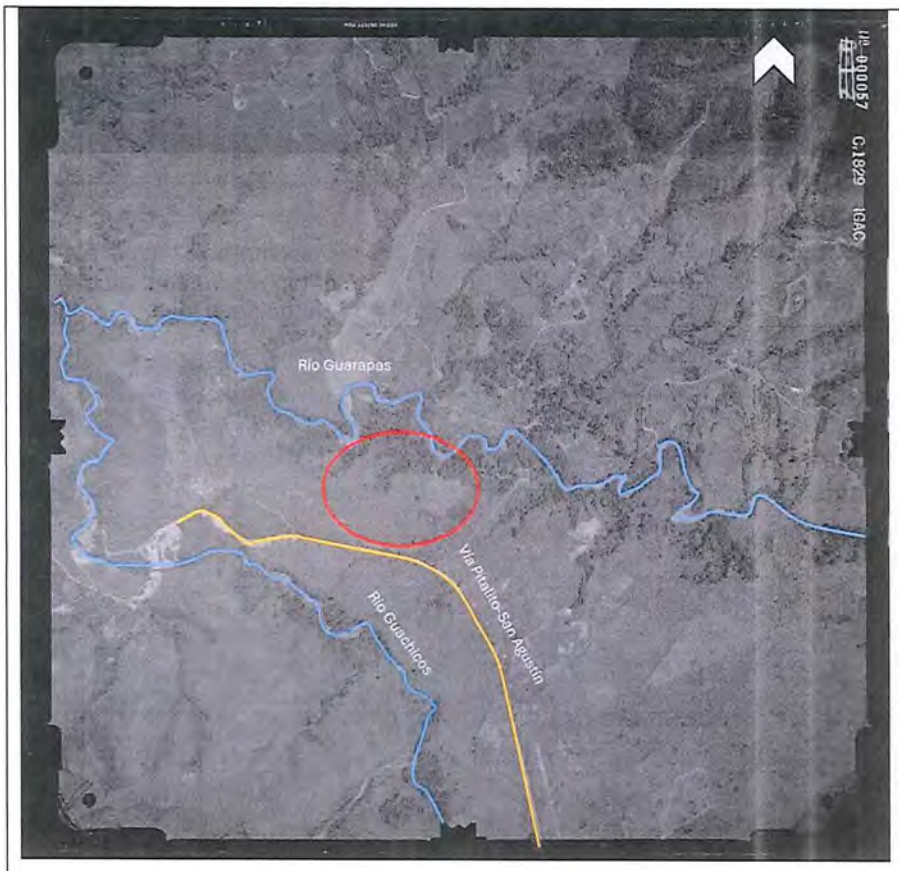


Foto 57

- No existe Biorgánicos
- No se presenta vegetación,

Se presenta socavación, escarpes de MM



Foto 296

No existe biorgánicos, no hay vegetación, se encuentran pequeñas terrazas margen izquierda río Guarapas



Imagen 2007. Infraestructura de Biorgánicos ya existe



Imagen 2012. Se amplia la construcción de Biorgánicos



Imagen 2017 se amplía la construcción de Biorgánicos

Fuente_ Google Earth



Imagen 2023 se amplía la construcción de Biorgánicos. Perfil S-N. Altura aprox mayor a 45 m



Imagen 2023 Escarpe de depósito fluvio lacustre de Pitalito hacia el río Guarapas hacia el norte de Biorgánicos. Vista al Sur-

4.3. PROCESOS MORFOESTRUCTURALES

La denudación es actualmente intensa y continúa la formación de abanicos y terrazas aluviales, así como acumulaciones debidas a procesos de remoción en masa activos en la mayoría de los casos por acción del hombre (INGEOMINAS, 2003).

Debido a la resistencia variable en los materiales que agrupa la plancha 388 el modelamiento geomorfológico dio como resultado un relieve en general colinado y alomado, compuesto por geoformas con un grado de disección variable y predispuesta a los movimientos en masa tipo deslizamientos y reptación de suelos. Todos estos agentes erosivos asociados a procesos donde las caídas de material y reptación de suelos son frecuentes.

Tabla 3. Proceso morfoestructural área de estudio

PROCESOS GEODINÁMICOS	UNIDADES GENÉTICAS DEL RELIEVE	UNIDADES GEOLÓGICAS RELACIONADAS	SÍMBOLO
AGRADACIÓN	Valle aluvial	Depósito lacustre de Pitalito y depósitos aluviales	VA

Fuente: INGEOMINAS, 2003

4.3.1. Valle aluvial (VA).

Es considerado, generalmente, como una porción de espacio alargada, relativamente plana y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve más alto y que tiene como eje un curso de agua. Aunque en la mayoría de los casos la sedimentación longitudinal debe ser la dominante, en un valle aluvial también se admiten aportes laterales locales de pequeña magnitud.

Un valle aluvial activo comprende las siguientes geoformas: plano inundable con su vega y sobrevega, uno o varios niveles de terraza y glacis coluvial.

El valle aluvial más extenso en la zona lo constituye el Valle de Laboyos donde se encuentra la ciudad de Pitalito, allí los procesos de deposición están estrechamente relacionados con actividad de fallas geológicas que movieron grandes bloques de roca, originaron subsidencia y el cierre de las cuencas hidrográficas, y dieron lugar a un ambiente de sedimentación lacustre.

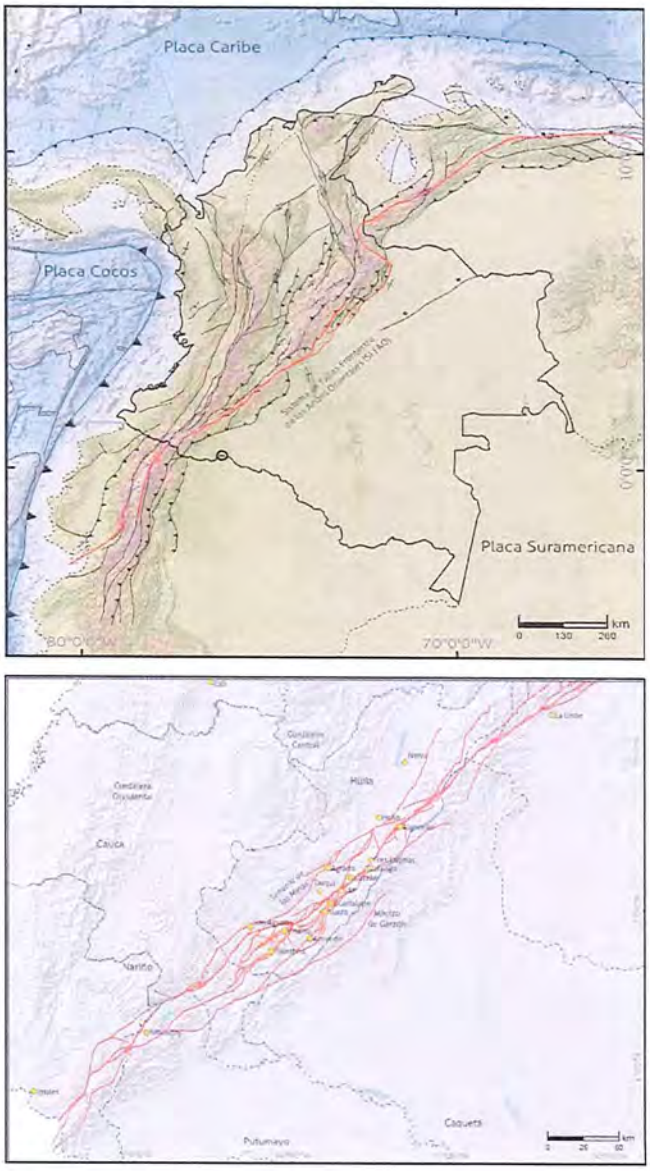
5. MARCO TECTÓNICO REGIONAL

El extremo norte donde termina la cordillera de los Andes, en Ecuador, Colombia y Venezuela, se caracteriza por la alta complejidad en la interacción de las placas que convergen en esta región (Nazca, Suramérica, Caribe y Cocos). A partir del Neógeno y hasta nuestros días, se inicia la orogenia andina, con rápidos levantamientos de las Cordilleras Central y Oriental, debido principalmente a una tectónica compresiva, en que

se invirtió el movimiento de las fallas a inverso y transcurrente y se impuso un estilo tectónico de cabalgamiento y plegamiento.

La nueva tectónica se atribuye a la convergencia de la Placa Oceánica de Nazca y la Placa Continental de Suramérica, las cuales someten a la región andina a la acción permanente de fuerzas tectónicas y a ello se atribuyen las dislocaciones y deformaciones tectónicas observadas en rocas antiguas y en depósitos del cuaternario (neotectónica), como también gran parte de la actividad sísmica que se presenta actualmente en la región (INGEOMINAS, 2001).

Ilustración 6 Tectónica de Colombia y Sistema de Fallas de Algeciras

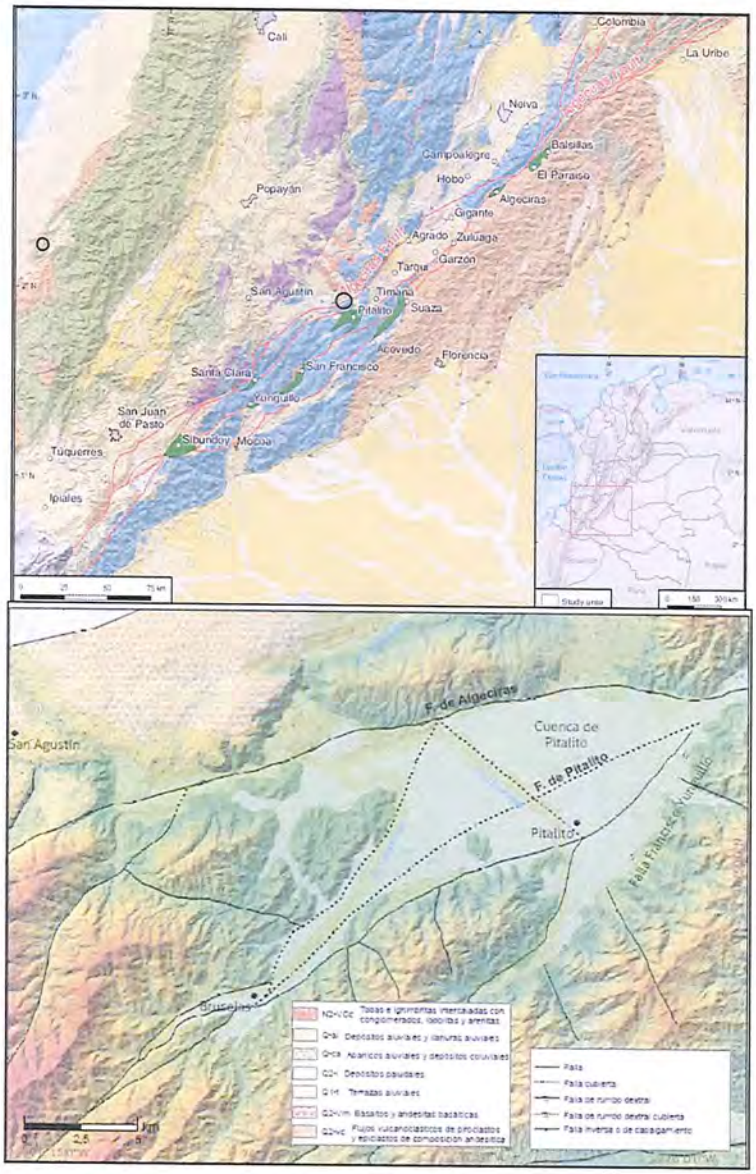


Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

5.1. GEOLOGÍA REGIONAL

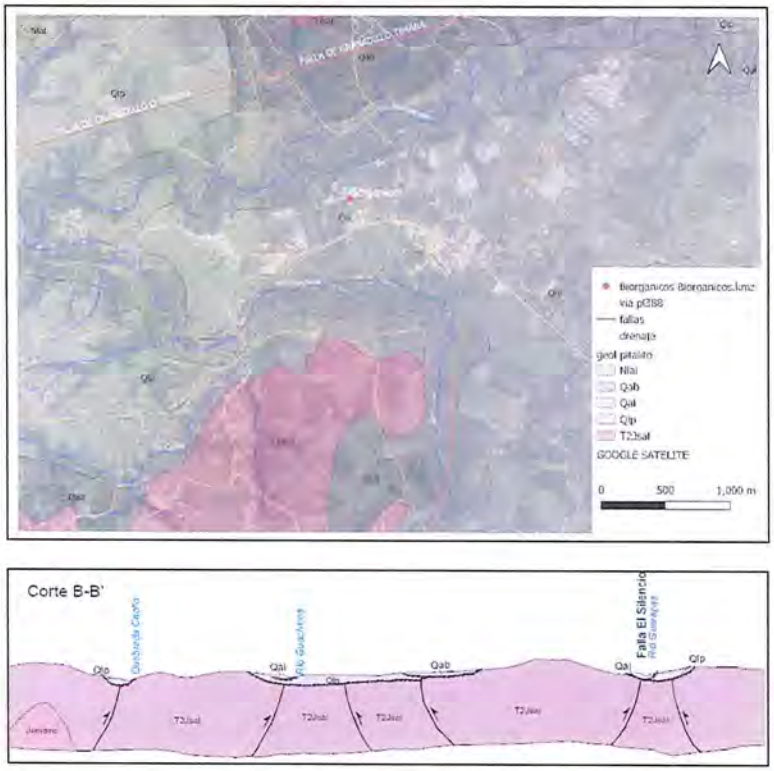
La geología de la región está conformada por rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que cubren un rango temporal desde el Paleozoico hasta el Neógeno. Sobre todos estos tipos de rocas reposa discordantemente una espesa cubierta volcánica formada en diferentes eventos de actividad de varios centros eruptivos de la Cadena Volcánica de los Coconucos y también de un vulcanismo básico menos extenso; depósitos no consolidados recientes de tipo fluvial se presentan a lo largo de los principales ríos de la región.

Ilustración 7 Geología regional zona de estudio



Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

Ilustración 8 Unidades Geológicas zona de estudio


Qal
Qlp
Qal
Qlp
Qal
Qlp

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca de Pitalito, y está conformada por este depósito paludal y/o fluviolacustre.

Bakker (1989, en INGEOMINAS, 2003), realizó estudios gravimétricos para interpretar la forma de la cuenca y análisis geoeléctricos para entender las características texturales de los 200 m superiores del relleno sedimentario; igualmente, estudió los afloramientos superficiales y realizó algunos sondeos principalmente en la parte más profunda de la cuenca.

De la gravimetría concluyó que la cuenca presenta una parte somera que corresponde al sector sur y occidental que va bajando en forma gradual hasta una profundidad entre 300 y 400 m y otro sector profundo al noreste, con una profundidad entre 1.000 y 1.200 m entre el sector de La Coneca.

5.2.2. Depósitos Aluviales y Terrazas Bajas (Q2al)

Los depósitos aluviales corresponden a los formados por la actividad reciente de los agentes erosivos como los ríos y la gravedad. En los principales ríos que drenan la región se han identificado depósitos aluviales recientes (Q2al) En los canales se presentan comúnmente gravas de cantos y bloques redondeados, principalmente de rocas volcánicas, ígneas y metamórficas.

5.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La Geología estructural define las deformaciones: fallas, pliegues y diaclasas de la región. En el área del Macizo Colombiano y Valle Superior del Magdalena, las principales fallas están orientadas en dirección NNE-SSE, siguiendo el rumbo general de las cordilleras y son el resultado de esfuerzos tectónicos compresivos NWW-SEE.

5.3.1. Sistema de Fallas de Algeciras

Con el nombre de Sistema de Fallas de Algeciras Velandia et al. (2001b en INGEOMINAS, 2003) integran las fallas con rumbo general N45°E; que tienen que ver con el levantamiento de la Cordillera Oriental en el Departamento del Huila; se caracterizan por mostrar un estilo tectónico transpresivo, donde se destacan el movimiento lateral derecho y las estructuras de cabalgamiento que en superficie se cartografían como lentes y en profundidad se interpretan como "estructuras en flor", siempre ligadas a la falla principal que es la de mayor inclinación. Velandia et al. (2001b, en INGEOMINAS, 2003) lo definen como un sistema de fallamiento de rumbo con componente vertical conocido como *wrench fault*, de carácter dextral, con fallas relacionadas tipo Riedel, sintéticas, antitéticas y en "cola de caballo"

5.3.2. Falla Pitalito

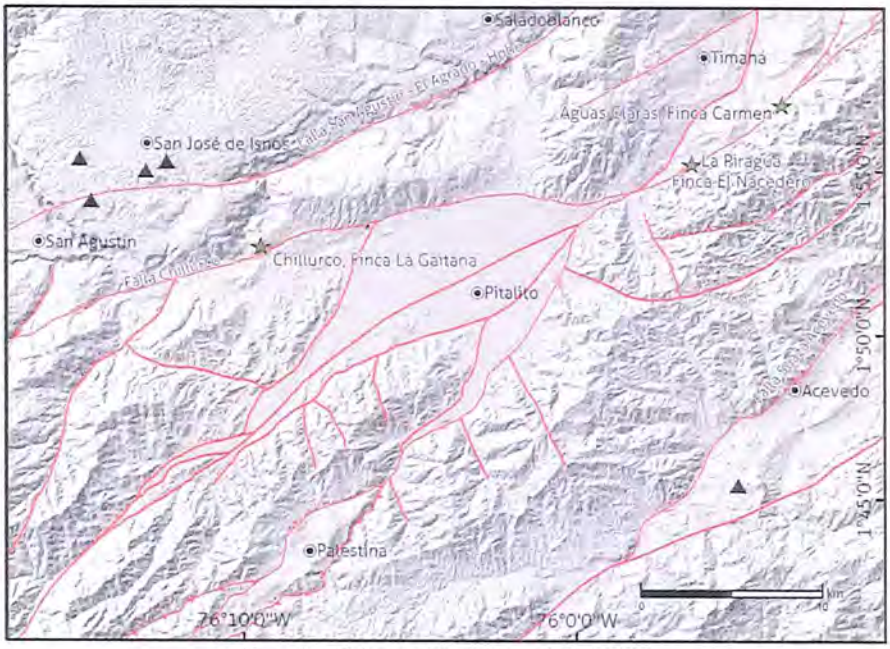
Tiene dirección NE-SW, cruza por el suroriente de la plancha y controla trayectos del río Guachicos). La Falla Pitalito continúa por la depresión de Pitalito sin una expresión morfológica clara, y pasa al norte de la cabecera municipal de Pitalito. El trazo rectilíneo de la estructura sugiere un ángulo alto de inclinación, aunque presenta fallas satélites asociadas, las cuales tienen menor ángulo y conforman cuñas o lentes a lado y lado de la falla principal. En la parte meridional sirve de contacto entre la Formación Saldaña y la Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos.

5.3.3. Falla de Granadillo-Timaná

Es considerada por Velandia et al. (2001b, en INGEOMINAS, 2003) como sintética del Sistema de Fallas de Algeciras, tiene trazo curvilíneo, controla o limita el flanco norte de la depresión de Pitalito, y expone hacia ese sector una zona montañosa en donde afloran rocas de la Formación Saldaña y la Cuarzomonzodiorita de Sombrerillos.

Al igual que la Falla Pitalito, presenta desplazamiento de rumbo dextral con componente vertical mínimo de 1.200 m en la parte este del basamento de la cuenca de Pitalito, para luego disminuir hasta cerca de 400 m más hacia el oeste, de acuerdo con datos gravimétricos (INGEOMINAS, 2003).

Ilustración 9 Fallas de la cuenca de Pitalito



Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

5.3.4. Depresión de Pitalito

La depresión o cuenca de Pitalito, con base en análisis de imágenes de satélite que han realizado el Servicio Geológico Colombiano, antiguo INGEOMINAS y teniendo en cuenta la disposición de las fallas que conforman los flancos de esta, se interpreta como una cuenca de tracción desarrollada por la tensión resultante del relevo o salto lateral de segmentos de falla en un desplazamiento de rumbo dextral Velandia et al. (2001b, en INGEOMINAS, 2003). Los autores mencionados conceptúan que la génesis de la Depresión de Pitalito obedece a una tectónica compleja que involucra varios eventos aún no muy bien establecidos y relacionados, adicionalmente con cambios climáticos que se reflejan en los sedimentos que la rellenan (INGEOMINAS, 2003).

6. AMENAZAS NATURALES

6.1. AMENAZA SISMICA

La amenaza sísmica se mide como la probabilidad de que, al producirse un sismo, los parámetros de aceleración, velocidad o desplazamiento del terreno superen o igualen un nivel de referencia. Para tal fin, Colombia cuenta con una amplia red de estaciones sismológicas instaladas en todo el país (Red Sismológica Nacional), administrada por el SGC, para monitorear en tiempo real, durante las 24 h los 365 días del año, todos los eventos que puedan representar un riesgo para los habitantes del país y generar el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica. (AIS, 2009).

El estudio de Amenaza Sísmica de Colombia (INGEOMINAS, AIS- UNIANDES, 1998) y la Norma Colombiana de Construcciones Sismorresistentes (Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998), determinan para el área, un alto grado de amenaza sísmica. Esta situación es debida fundamentalmente a la intensa actividad sísmica, una de las más altas del país, dentro o cerca de la zona, donde se destacan eventos de magnitudes importantes. Este grado de actividad está determinado por la posición tectónica y las características geológicas (INGEOMINAS, 2003).

Se han presentado sismos históricos que han afectado la región del departamento del Huila, como el del 9 de febrero de 1967, que afectó a Pitalito, San Agustín, San José de Ismos y Acevedo (Ramírez, 1975). El sismo del 6 de junio de 1994, de magnitud 6.4 en la escala de Richter y con epicentro en el municipio de Páez en Cauca y que fue sentido fuertemente en el suroccidente del Huila.

Estas zonas se han dividido para efectos prácticos de ingeniería con respecto a aceleraciones de gravedad

Se han determinado dos tipos de aceleración:

- A_a: Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva para diseño.
- A_v: Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva para diseño.

A partir de estos valores se presentan tres grandes divisiones para determinar Zonas de Amenaza Sísmica, las cuales se definen para Colombia en:

- Zona de Amenaza Sísmica Baja: Es el conjunto de lugares en donde tanto Aa como Av son menores o iguales a 0,10.

- Zona de Amenaza Sísmica Intermedia: Es el conjunto de lugares en donde Aa o Av o ambos, son mayores a 0,10 y ninguno de los dos excede 0,20.

- **Zona de Amenaza Sísmica Alta:** Es el conjunto de lugares en donde Aa o Av o ambos, son mayores que 0,20.

Ilustración 10 Zonificación de Amenaza Sísmica



Fuente: AIS, 2009

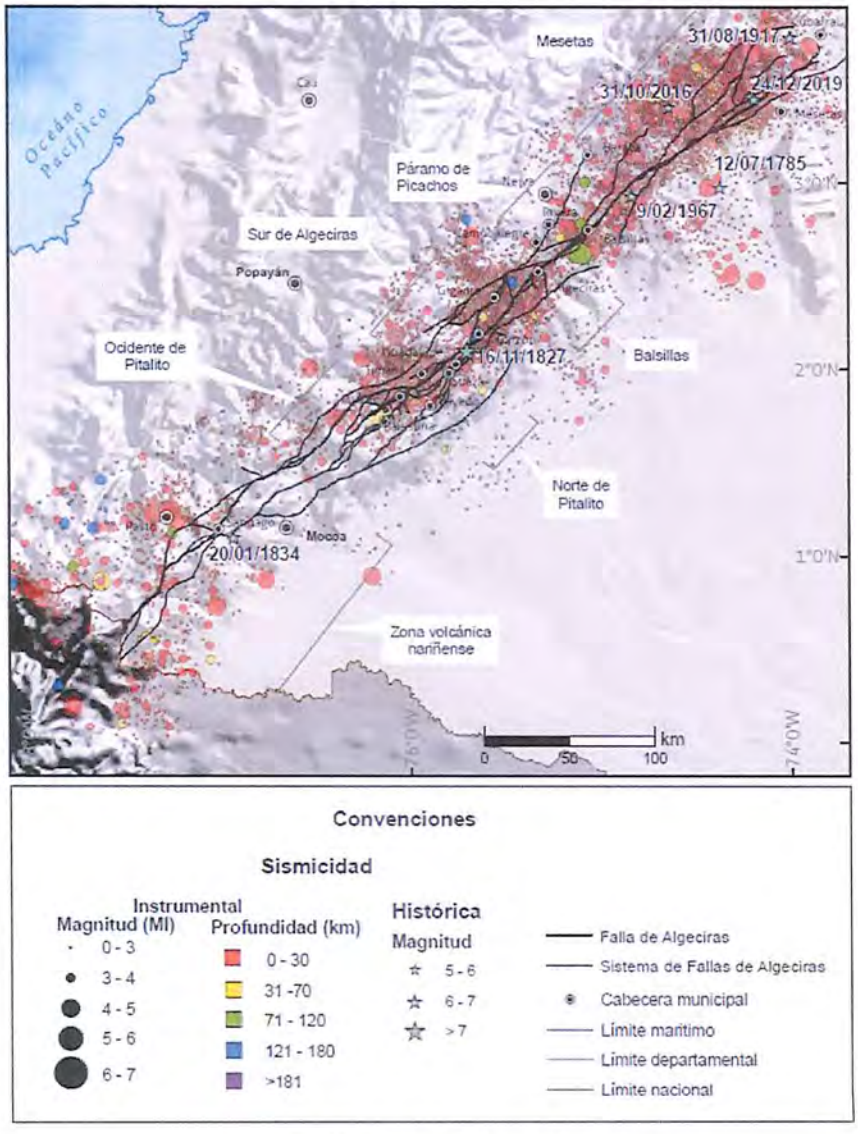
Tabla 4. Parámetros amenaza sísmica para los municipios de Colombia.

Municipio	Código Municipio	Aa	Av	Zona Amenaza Sísmica	Ae	Ad
Pitalito	41551	0.30	0.15	Alta	0.20	0.08

Fuente: AIS, 2009

Se consultó la Red sismológica del Servicio Geológico Colombiano, en el catálogo de sismos, el área de estudios se presentan sismos superficiales y de magnitud menor a 3 y una intensidad máxima observada de daño moderado para la región de Pitalito.

Ilustración 11. Amenaza Sísmica Observada y sismicidad



Fuente: Gómez-Hurtado, et al. 2022

6.2. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa son procesos geológicos de desestabilización del terreno generada por la acción de agentes geomórficos lluvias, sismos, actividades antrópicas) sobre los materiales térreos que lo conforman (rocas, suelos, depósitos no litificados). Estos procesos han ocurrido a través del tiempo geológico, contribuyendo a la modelación del paisaje que observamos hoy en día y lo continuarán haciendo; pero también, cuando ocurren, pueden conllevar a la pérdida de vidas, bienes y servicios existentes en la trayectoria del movimiento en masa.

Los reportes sobre temporadas de intensificación de lluvias de las últimas décadas indican que el área de estudio presenta una tendencia a desarrollar movimientos en masa en laderas y taludes viales, potencialmente dañinos para la vida, propiedades e infraestructuras del ser humano.

Ilustración 12 Escarpe del depósito fluviolacustre de Pitalito.

	
Escarpe de depósito fluviolacustre de Pitalito, altura aprox., de 11 m. en Barrio San Mateo.	Erosión por socavación depósito fluviolacustre en talud río Guarapas- Barrio Prados de Las Acacias

Fuente: INGEOMINAS, 2003

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La geología del área de estudio corresponde a materiales finos de un depósito fluviolacustre, formando una zona plana de pendientes suaves de 0° a 5°, que corresponden a la cuenca de Pitalito, con escarpes hacia los ríos Guachicos y Guarapas.

Los Biorgánicos de Pitalito se encuentran en una llanura en la margen izquierda del río Guarapas. Estos materiales son sensibles a la erosión por la socavación de los drenajes respectivos y por pérdida de cobertura vegetal, se pueden generar cárcavas y surcos, las cuales se profundizan con las precipitaciones de la zona.

Se debe temer em cuenta que el área de estudio se presenta en una región de amenaza sísmica alta, con sismicidad histórica importante y una compleja zona de actividad tectónica con fallas geológicas que limitan la cuenca de Pitalito.

LA REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL

Y EN SU NOMBRE

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CONFIERE EL TITULO DE

GEOLOGA

A

ASTRID SANDOVAL MARTINEZ

C.C. No. 65.710.285 EXPEDIDA EN LIBANO-TOL.

QUIEN CUMPLIO SATISFACTORIAMENTE LOS REQUISITOS ACADEMICOS EXIGIDOS.

EN TESTIMONIO DE ELLO OTORGA EL PRESENTE

DIPLOMA

EN LA CIUDAD DE BOGOTA , 15 DE DICIEMBRE DE 1988

Nº 587

DECANO DE LA FACULTAD

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD

MINISTRO DE EDUCACION

SECRETARIO DE LA FACULTAD

SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD

SECRETARIO DEL MINISTERIO

0023185

REGISTRADO AL FOLIO 54-S DEL LIBRO DE DIPLOMAS 88

30 Diciembre 1988

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE

CIENCIAS

ACTA DE GRADO NUMERO 587

SEGUNDO NOTARIADO DEL CIRCULO HAGO CONSTAR
que esta fotocopia coincide con su original que he tenido a la vista
Libano 04 JUL. 1989

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

EN SU SESION DEL DIA 1º DE DICIEMBRE DE 1988

ACTA No. 36 CONSIDERANDO QUE:

ASTRID SANDOVAL MARTINEZ

C.C. No. 65.710.285 LIBANO-TOL.

CUMPLIO SATISFACTORIAMENTE TODOS LOS REQUISITOS EXIGIDOS POR LOS ACUERDOS Y REGLAMENTOS DE LA UNIVERSIDAD, RESUELVE OTORGARLE EL TITULO DE:

GEOLOGA

EN NOMBRE Y REPRESENTACION DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL, Y PREVIO EL JURAMENTO DE RIGOR, EL DECANO DE LA FACULTAD HIZO ENTREGA DEL DIPLOMA CORRESPONDIENTE REGISTRADO AL FOLIO No. 587

EN TESTIMONIO DE LO ANTERIOR SE FIRMA LA PRESENTE ACTA DE GRADO EN LA CIUDAD DE BOGOTA A LOS 15 DIAS DEL MES DE DIC. DE 1988

PRESIDENTE DEL CONSEJO DIRECTIVO

SECRETARIO DEL CONSEJO DIRECTIVO

No. 0023185

EL SUSCRITO SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CERTIFICA:

Que en la fecha de expedición de este documento ejerce las funciones de Secretaria Académica de la Facultad de Ciencias de la Sede de Bogotá la Profesora CONSTANZA RUBIANO DE HAKSPIEL.

Autenticar en la Notaría Séptima
Carrera 7 No. 35-13

Bogotá, 15 de diciembre de 1988

Hésper Eduardo Pérez Rivera

NACIONAL DE COLOMBIA
Secretaría General

DILIGENCIA DE AUTENTICACION

El suscrito Notario Séptimo del círculo de Bogotá, DESTINA que la firma que antecede al parecer de [illegible] fue reconocida en la Notaría a mi cargo por [illegible]

según la constancia que [illegible] fecha en Bogotá, D. E. [illegible]

REPUBLICA DE COLOMBIA
ALVARO [illegible]
Notario [illegible]

COMO NOTARIA [illegible] DEL CIRCULO HAGO CONSTAR
Que esta fotocopia coincide con su original que he tenido a la vista
Bogotá 04 [illegible]

REPUBLICA DE COLOMBIA
NOTARIA SEPTIMA
LEGALIZACION FIRMAS
ALBERTO ESCOBAR ROJAS

54-5 88
20 Enero 8

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE

Ingenieria

TENIENDO EN CUENTA QUE

Astrid Sandoval Martinez

C.C. 65.710.285 Libano

CUMPLIO SATISFACTORIAMENTE

TODOS LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS DEL PROGRAMA

DE ESTUDIOS PARA GRADUADOS LE CONFIERE EL TITULO DE

Magister en Geotecnia

EN LA CIUDAD DE Bogotá A Marzo 22 DE 2002

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD

DECANO DE LA FACULTAD

SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD

SECRETARIO DE LA FACULTAD

0007731

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE

Ingeniería

ACTA DE GRADO NÚMERO 1062

El Consejo de la Facultad de Ingeniería
en su sesión del día 15 *de* Febrero *de 200*2 *Acta no.* 003

Considerando que:

Asfris Sandoval Martinez

c.c. No. 65.710.285 Libano

Cumplió satisfactoriamente todos los requisitos exigidos por los Acuerdos y Reglamentos de la Universidad resuelve otorgarle el título de:

Magister en Geotecnia

En nombre y representación de la Universidad Nacional de Colombia y de la República de Colombia y previo el juramento de rigor, el Decano de la Facultad hizo entrega del Diploma Número 0007731 *registrado en el Folio No.* 21 *del Libro* 2

En testimonio de lo anterior se firma la presente Acta de Grado en la ciudad de Bogotá *a los* 22 *días del mes de* Marzo *de 200*2

Luz Amanda Salazar H

Presidente
Consejo de Facultad

Secretario
Consejo de Facultad

LA SECRETARIA SEDE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

C E R T I F I C A :

Que a la fecha de expedición del presente documento, ejerce las funciones de Secretario de la Facultad de Ingeniería el Ingeniero *JAIME GUILLERMO GUERRERO CASADIEGO.*

Bogotá, 22 de Marzo de 2002

BLANCA CECILIA NIEVA REYES
Secretaria de Sede

DILIGENCIA DE AUTENTICACION
El Suscrito Notario Sesenta y Dos del Circulo de Bogotá
Certifica que la(s) firma(s) que autoriza(n) el anterior
documento correspondiente a la(s) registrada(s) en esta
Notaria por Blanca Cecilia
Nieva Reyes
según la confrontación que se ha hecho de la(s)
firma(s) Bogotá D. C. 1 ABR. 2002

CPG

CONSEJO PROFESIONAL
DE GEOLOGIA



MATRICULA PROFESIONAL 641

ASTRID
SANDOVAL M.

C.C. 65.710.285 LIBANO (TOLIMA)

G.S. O +

PRESIDENTE DEL CONSEJO FIRMA DEL GEOLOGO

Este carné es personal e intransferible y se expide de con - formidad con el artículo 2o. de la Ley 9a. de 1974.
El Consejo Profesional de Geología solicita a las autoridades y a la ciudadanía prestar su colaboración al Geólogo porta - dor del presente carné para el cumplimiento de sus labores. En caso de encontrar este carné, agradecemos devolverlo a a la siguiente dirección :

INGEOMINAS. Diagonal 53 No. 34-53 Tel. 2221811
SANTAFE DE BOGOTA, D.C. COLOMBIA.

CONSEJO PROFESIONAL DE GEOLOGÍA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
LEY 9ª de 1974

EL CONSEJO PROFESIONAL DE GEOLOGÍA

CERTIFICA

Que la geóloga **ASTRID SANDOVAL MARTINEZ,** portadora de la Cédula de Ciudadanía No. **65710285** expedida en **Líbano** , egresada de **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - BOGOTÁ**, tiene vigente la Matrícula Profesional Definitiva **No. 641**, expedida mediante Resolución **No. 848** del 27 de Enero de 1989.

Además, no presenta antecedentes disciplinarios.

Se expide en la ciudad de Bogotá, a los 09 días del mes de Junio de 2025, por solicitud de la persona Astrid Sandoval Martínez.

La presente certificación tiene validez por tres (3) meses.

Atentamente,

Ilich Villamizar Solano
PRESIDENTE

8.5 ANEXO INFORME DE HIDROLOGIA

INFORME TÉCNICO – ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO E INFILTRACIÓN – HIDROLOGÍA

1. Introducción

El presente informe tiene en cuenta el relleno sanitario que se ubica en el sector del Criollo en el municipio de Pitalito (Ilustración 1), el cual tiene como objetivo principal presentar un análisis exhaustivo de las condiciones hidrológicas del sector, basado en los datos proporcionados en de la estación Sevilla.

Ilustración 1. Poligono de estudio.



Fuente: Autor

Adicionalmente se describe la metodología aplicada para la delimitación de cuencas contribuyentes, caracterización de precipitación extrema y análisis hidrológico orientado a la evaluación de estabilidad del talud del relleno sanitario. La información fue elaborada mediante procesamiento geoespacial en ArcGIS y análisis hidrológico complementario.

Para luego centrar el análisis en la identificación de las estaciones de monitoreo, la evaluación de las precipitaciones, la verificación estadística y probabilística de los datos, y la determinación de la humedad antecedente (Infiltración) del suelo, dirigiendo el informe para comprender la dinámica hídrica del área y sus implicaciones en el talud existente.

1.1. Objetivos.

1.1.1. Objetivo general.

Analizar los procesos erosivos del talud vecino al relleno sanitario que se ubica en la vereda El Criollo del municipio de Pitalito.

1.1.2. Objetivo especifico

- Verificar las condiciones de suelo de acuerdo con la topografía.
- Evaluar las condiciones de lluvia con la Estación Sevilla.
- Evaluar con diferentes metodologías la humedad antecedente del suelo.
- Identificar las estructuras para el manejo de aguas de acuerdo a las condiciones de precipitación e infiltración.

2. IDENTIFICACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS REALIZADOS

2.1. Delimitación de cuencas contribuyentes

Se realizó la delimitación de todas las cuencas aguas arriba que descargan hacia los siguientes elementos críticos del proyecto (Ilustración 1):

• Borde del relleno sanitario

• Talud de caída

• Zonas de concentración preferencial de escorrentía

2.1.1. Metodología para la identificación de la cobertura del suelo y de la morfología del terreno

Se integraron capas de uso/cobertura del suelo bajo la metodología CORINE Land Cover (Coordination of Information on the Environment), la cual clasifica el territorio en categorías jerárquicas de cobertura. Se utilizó esta clasificación para diferenciar superficies impermeables, áreas naturales, superficies operativas y celdas clausuradas.

En la Ilustración 2 se logra identificar como la identificación a partir de imagen satelital Sentinel 9 se logra identificar las condiciones tal como se presenta en la imagen tipo Imagery, estableciendo un buen esquema para el análisis de infiltración en el sector.

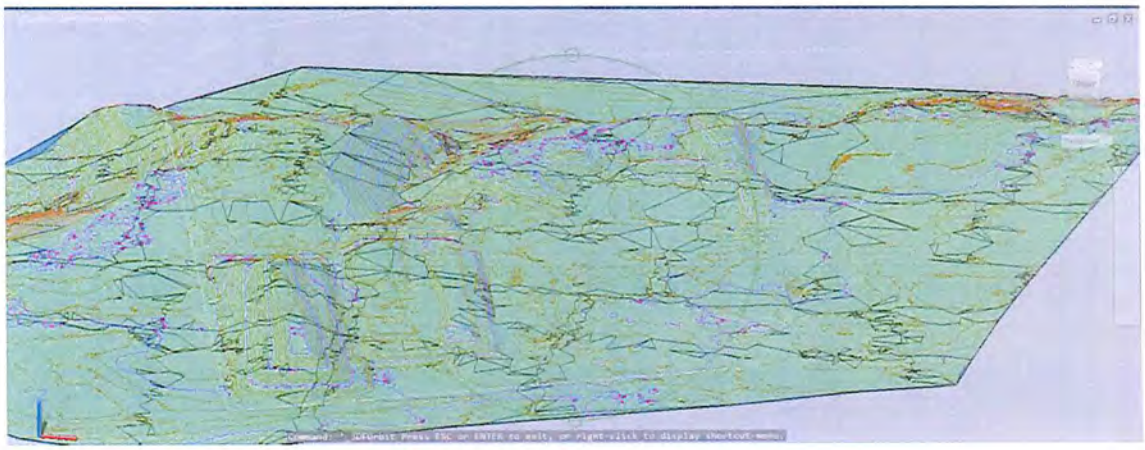
Ilustración 2. En la imagen izquierda se muestra la imagen satelital en formato Raster RGB. La imagen izquierda, se presenta una ortofoto donde se logra identificar la coherencia de la información con la imagen tipo Raster.



Fuente: Autor

Adicionalmente, el sector fue revisado de acuerdo con la topografía del relleno sanitario, encontrando el comportamiento de la escorrentía dentro del sector de estudio con la generación de una superficie (Ilustración 3) en el programa Civil 3D, y encontrando las escorrentías dentro del predio (Ilustración 4Ilustración 4) encontrando que se tienen 3 sectores canalizados en terreno natural que dirigen las aguas hacia el talud natural que se encuentra la costado norte que colinda con el rio Guarapas.

Ilustración 3. Superficie del terreno a partir de topografía



Fuente: Autor

Ilustración 4. Curvas de Nivel e identificación de escorrentias



Fuente: Autor

2.1.2. Consideración de Aportes

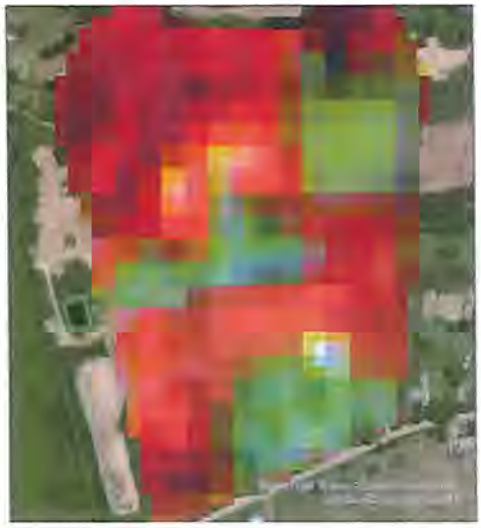
Se consideraron explícitamente:

- Aportes internos: superficies operativas activas (Ilustración 3).
- Celdas clausuradas con coberturas temporales o definitivas (Ilustración 4).
- Superficies compactadas con comportamiento casi impermeable (Ilustración 5).

De acuerdo con la superficie generada en la Ilustración 3, se logra identificar que toda la escorrentía hacia el talud se genera dentro del predio del relleno sanitario, por lo tanto, no se hace necesario la identificación de cuencas externas al predio.

Con el fin de corroborar lo indicado anteriormente, se generó la Ilustración 5 corresponde a una **composición en infrarrojo cercano (NIR)**, donde la vegetación sana se representa en tonos rojos intensos debido a su alta reflectancia en el infrarrojo cercano, mientras que superficies selladas, suelos desnudos o material expuesto presentan tonalidades verdes, marrones o azuladas según la combinación de bandas utilizada. En el contexto de un relleno sanitario, esta representación permite diferenciar claramente entre áreas vegetadas (celdas clausuradas o zonas en recuperación), superficies operativas activas (menor reflectancia NIR) y posibles sectores con estrés hídrico o baja cobertura vegetal.

Ilustración 5. cálculo de índices espectrales como NDVI, con una composición en infrarrojo cercano (NIR)



Fuente: Autor

Desde el punto de vista técnico, esta imagen puede evaluarse mediante el cálculo de índices espectrales como **NDVI**, que permite cuantificar el vigor vegetativo y detectar zonas con vegetación deficiente, erosión superficial o fallas en coberturas finales. También permite identificar contrastes térmico-hídricos indirectos: áreas con baja reflectancia en NIR podrían asociarse a compactación elevada, suelos saturados o exposición de geomembranas.

2.2. Datos Pluviométricos

Se construye un archivo en Excel denominado "Manejo_Datos" que constituye la base del análisis hidrológico realizado. En este archivo se consolidan las series históricas de precipitación provenientes de las estaciones pluviométricas seleccionadas.

Según se observa en la imagen de la derecha de la Ilustración 6, se selecciona la estación de Sevilla, dado que esta estación ejerce una influencia directa sobre la zona de estudio, ya que el polígono de referencia corresponde a dicha estación.

Al escoger dicha estación se realiza la verificación del histograma actualizado de la Estación Sevilla presenta un comportamiento más homogéneo a lo largo del año, con valores promedio mensuales que oscilan entre 20.0 (enero) y 30.3 (mayo), siendo este último el máximo anual. Se observa un incremento progresivo desde enero hasta mayo, seguido de una leve disminución hacia agosto y septiembre (21.6 y 20.5 respectivamente), y una recuperación moderada en octubre y noviembre (25.4 y 27.0). El rango anual es de 10.3 unidades (30.3 – 20.0), lo que indica una variabilidad estacional baja a moderada en comparación con el gráfico anterior.

Ilustración 6. Derecha: ubicación de las estaciones escogidas. Izquierda: polígono de Thiessen para la elección de la o las estaciones.



Fuente: Autor

El patrón observado sugiere un régimen bimodal con tendencia a aumentar en el mes de mayo, característico de regiones con marcada estacionalidad climática. Desde una perspectiva hidrológica y geotécnica, octubre representa el mes de mayor exigencia para sistemas de drenaje y estabilidad de taludes, mientras que los meses de julio a septiembre presentan condiciones relativamente más estables. Este comportamiento debe considerarse en el análisis de eventos críticos y en la modelación de escenarios de saturación del terreno.

Ilustración 7. Histograma de precipitación de la estaciόm Sevilla.



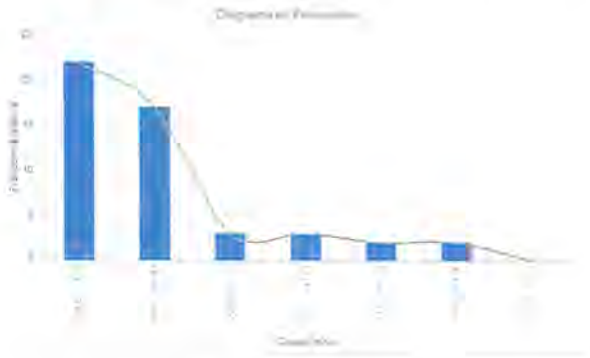
Fuente: Autor

De acuerdo con lo anterior se realizó una organización y depuración de los datos, incluyendo la revisión de valores faltantes, la detección de registros atípicos y la homogeneización de unidades de medida. Posteriormente, se estructuraron las series máximas anuales y parciales, las cuales sirven de insumo para los análisis estadísticos y probabilísticos posteriores.

2.2.1. Revisión Estadística y Probabilística de los datos.

A partir de las series de datos establecida con la estación Sevilla se obtiene los valores máximos anuales, con el cual se desarrolló un análisis probabilístico de las lluvias, encontrando un diagrama de frecuencias que se presenta en la Ilustración 8, donde se logra identificar que la mayoría de los datos se encuentra en los primeros rangos que tienen un valor de 27 a 34.28.

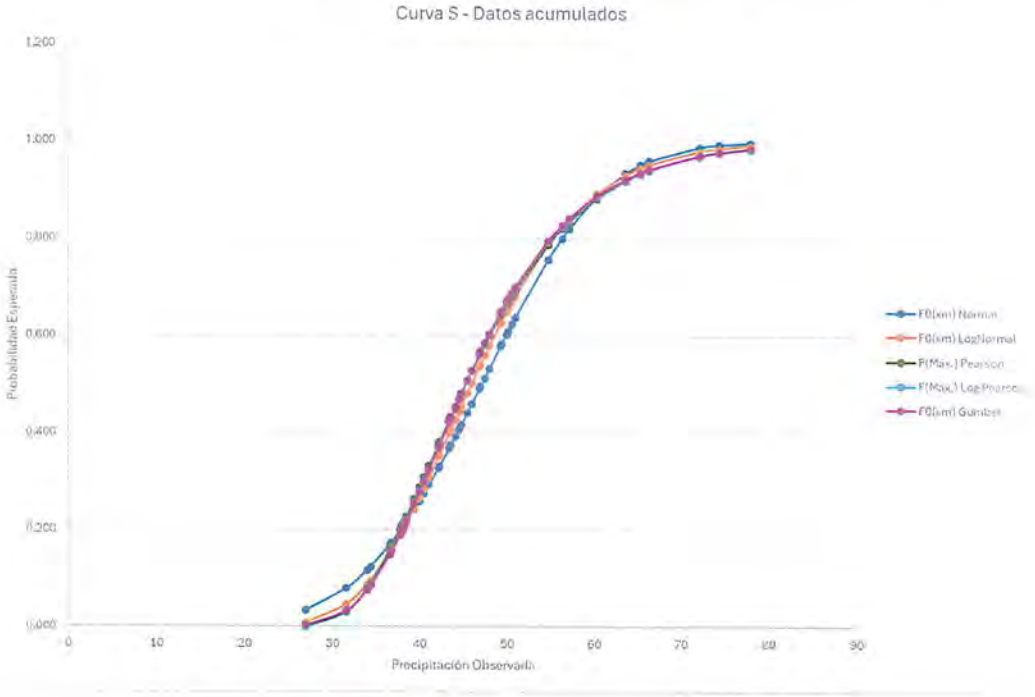
Ilustración 8. Diagrama de frecuencias de las precipitaciones máximas en 24 horas.



Fuente: Autor

Así mismo se logra establecer el comportamiento de los datos para varias metodologías probabilísticas, encontrando la curva S (Ilustración 9), para luego comparar con la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, comparando los valores teóricos con los observados, estableciendo que la mejor metodología de asociación es Gumbel por tener el menor valor, tal como lo muestra la Tabla 1.

Ilustración 9. Curva S – Datos acumulados



Fuente: Autor

Tabla 1

$F0_{(x_m)} - F_{(x_m)}$					
Normal	Log Normal	Pearson III	Log Pearson III	Gumbel	
0.1410	0.0984	0.0855	0.0796	0.0794	
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	
Mejor Distribución		**Gumbel**		0.0794	

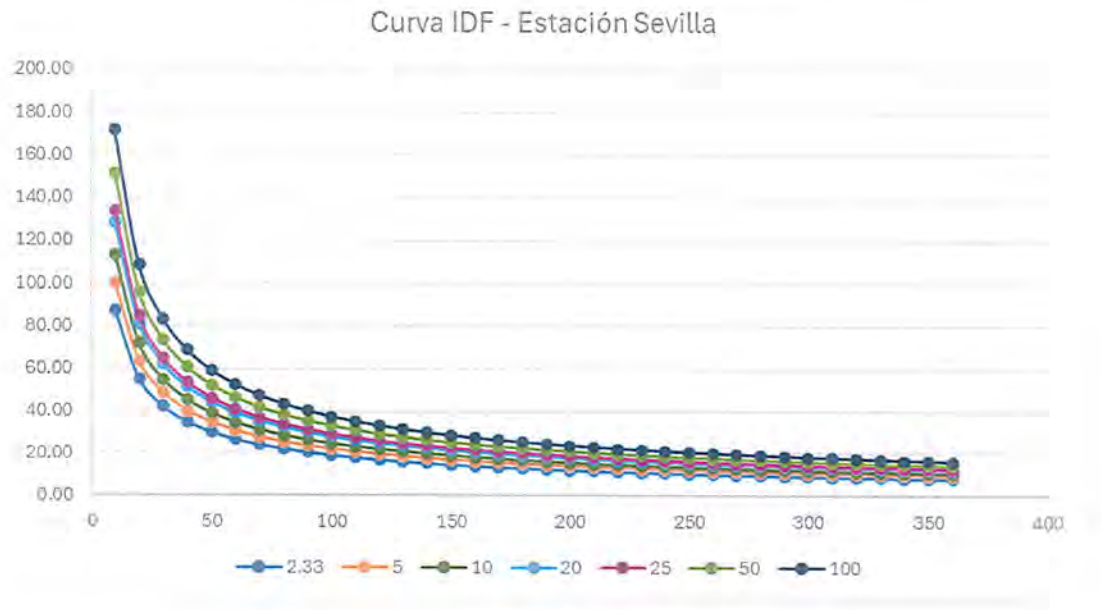
Fuente: Autor

El proceso anterior permitió validar la consistencia estadística de los resultados y definir los eventos de diseño que posteriormente se emplearon en la construcción de curvas IDF.

2.2.2. Evaluación de las Lluvias

En concordancia con el análisis anterior y teniendo en cuenta que el área de estudio es menor de 2.5 km^2 se elaboraron curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) para caracterizar eventos críticos de diseño (Ilustración 10), utilizando la metodología que recomienda el Manual de Drenajes del INVIAS que establece constantes según la región del país donde se encuentre la zona de estudio.

Ilustración 10. Curva IDF de la estación Sevilla.



Fuente: Autor

Con el fin de dar mejor entendimiento a lo realizado, la Ilustración 11 presenta la ecuación que recomienda el Manual de Drenajes del INVIAS, donde el valor de M, es el promedio multianual del promedio anual de los máximos, cuyo valor es de 25.42 mm, para este proyecto, de acuerdo con los datos de la estación Sevilla.

Ilustración 11. Valores a tener en cuenta para la curva IDF.

CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA

$$I = \frac{a.T^b.M^d}{(\frac{t}{60})^c}$$

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquia (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Zona
Andina

M=	25 mm

Fuente: Autor

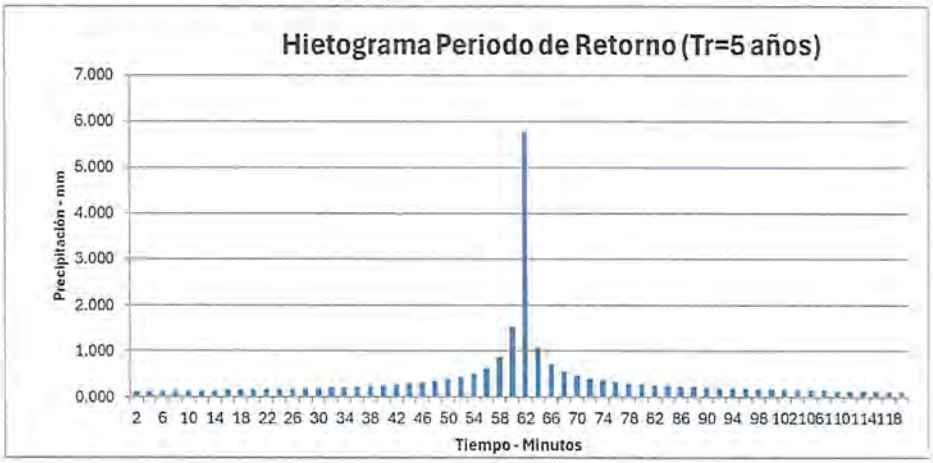
2.2.3. Elaboración del Hietograma

Con base en las precipitaciones de diseño obtenidas del análisis estadístico y la curva IDF, se elaboró el hietograma de lluvia. En el archivo Excel se distribuyó temporalmente la precipitación total en intervalos de tiempo definidos, de acuerdo con metodologías estándar de distribución de tormentas por el método de bloques alterno. Los hietogramas generados representan la variación temporal de la intensidad de lluvia y constituyen el insumo principal para la evaluación de la respuesta hidrológica de la cuenca y los procesos de infiltración.

En este orden de ideas el hietograma (Ilustración 12) corresponde a una tormenta de diseño discretizada cada 2 minutos hasta una duración total de 120 minutos, asociada a un período de retorno de 5 años. La distribución temporal muestra un patrón claramente concentrado, con un incremento progresivo de la intensidad de precipitación desde los primeros minutos hasta alcanzar un pico máximo aproximadamente en el minuto 62. Este pico representa el mayor aporte instantáneo de lluvia dentro del evento, concentrando una proporción significativa del volumen total en un intervalo corto de tiempo.

Posteriormente, la intensidad disminuye de manera gradual hacia el final del evento, manteniendo una cola de decrecimiento relativamente simétrica respecto al ascenso previo. Este comportamiento es característico de hietogramas sintéticos tipo bloque alternado o distribución centralizada, donde el máximo se ubica cerca del centro de la tormenta. Desde el punto de vista hidrológico, esta configuración es crítica para la generación de caudales pico, ya que favorece la sincronización entre la lluvia máxima y el tiempo de concentración de la cuenca, condición relevante para modelaciones con SCS-CN o simulaciones en HEC-HMS.

Ilustración 12. Hietograma de la estación Sevilla para un periodo de retorno de 5 años.



Fuente: Autor

2.3. Metodologías de Infiltración

2.3.1. Metodología de la Curva Número (SCS-CN)

La metodología de la Curva Número (CN), desarrollada por el Soil Conservation Service, se utilizó para estimar la escorrentía directa en función de la precipitación, el tipo de suelo, el uso del suelo y la condición de humedad antecedente.

Se definieron los valores de CN (Tabla 2) para las distintas condiciones del terreno, ajustándolos según los escenarios de humedad antecedente (AMC I, II y III). Este método permitió evaluar de manera integrada la capacidad de infiltración del suelo y la generación de escorrentía superficial.

El método CN: No modela la infiltración como un proceso físico dinámico y calcula las pérdidas mediante:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Lo cual depende del almacenamiento potencial del suelo (S) y de que la infiltración este controlada por el parámetro CN y no por propiedades hidráulicas explícitas.

Tabla 2. Datos para el calculo de la Curva Numero.

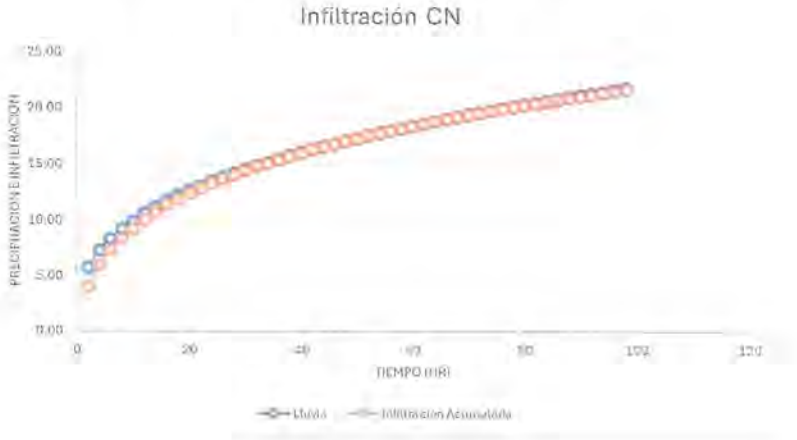
Gridcode	Tipo	Area	CN	CNxArea
0	Bosques	60410.85	73	4409991.85
1	Herbaceos	151631.99	71	10765871.58
2	Cultivos	20163.59	85	1713905.10
3	Desarrollados	17718.24	96	1700951.07
	Totales	249924.67		18590719.61

	Valor CN
24%	
61%	74
8%	
7%	

Fuente: Autor

De acuerdo con la información proporcionada, la Ilustración 13 presenta el análisis de infiltración mediante el método SCS–Curva Numbero (CN), que muestra un comportamiento acumulativo progresivo con pendiente decreciente, sin representar explícitamente la dinámica física del proceso de infiltración. La curva evidencia una aproximación suavizada donde la infiltración depende principalmente del parámetro CN y del almacenamiento potencial del suelo (S), sin considerar efectos como la succión capilar o la variación real de la conductividad hidráulica en el tiempo. Este enfoque es empírico y resulta adecuado para estimaciones hidrológicas globales y modelación de escorrentía en eventos de diseño, aunque su capacidad para representar procesos transitorios es limitada, estableciendo que la infiltración final tiende a estabilizarse cerca de ~21–22 mm.

Ilustración 13. Comportamiento de la inflitración.



Fuente: Autor

2.3.2. Metodología de Green & Ampt

El modelo de Green & Ampt se aplicó como una metodología física para el análisis del proceso de infiltración. Este modelo considera parámetros como la conductividad hidráulica del suelo, la succión capilar y el contenido inicial de humedad. El calculó se estableció a partir del concepto de infiltración acumulada y la tasa de infiltración en función del tiempo, permitiendo identificar el momento en el cual el suelo alcanza la saturación.

La metodología de Green & Ampt modela:

$$f(t) = K_s\left(1+\frac{\psi_f \Delta\theta}{F(t)}\right)$$

Donde:

- K_s: conductividad hidráulica saturada.
- ψ_f: succión en el frente húmedo.
- $\Delta\theta$: cambio en contenido de humedad.
- $F(t)$: infiltración acumulada.

Por lo tanto, este modelo es físicamente basado, teniendo en cuenta las condiciones de balance de masa y momentum, adicionalmente, representa el avance del frente de humedad y captura la transición real hacia la escorrentía.

En consecuencia, es más adecuado para análisis geotécnicos, modelación acoplada infiltración–estabilidad y evaluación de presiones de poros.

Ilustración 14. Comportamiento de la infiltración, por el método de Green % & Ampt.



Fuente: Autor

La Ilustración 14 muestra el resultado del método de Green & Ampt donde se observa una infiltración inicial muy alta asociada a la succión capilar en el frente húmedo, seguida de un descenso rápido hasta estabilizarse cerca de la conductividad hidráulica saturada del suelo. Este comportamiento reproduce de manera más realista la transición entre infiltración y generación de escorrentía, permitiendo evaluar el avance del frente de saturación y su efecto sobre el contenido de humedad del suelo.

3. Análisis de Resultados

El análisis hidrológico y probabilístico realizado con base en la estación Sevilla permitió validar estadísticamente los eventos extremos mediante ajuste a la distribución de Gumbel, la cual presentó el mejor comportamiento según la prueba de Kolmogorov-Smirnov, a partir de ello se definieron eventos de diseño y se construyeron curvas IDF, considerando un valor multianual de máximos anuales M = 25.42 mm. El hietograma (Ilustración 12) elaborado para un período de retorno de 5 años mostró una tormenta concentrada con pico máximo alrededor del minuto 62, condición crítica para la generación de caudales pico y sincronización con el tiempo de concentración de la cuenca. Este comportamiento evidencia una alta susceptibilidad a escorrentías intensas en intervalos cortos de tiempo.

En cuanto a infiltración, el método SCS-CN mostró una aproximación empírica con infiltración acumulada estabilizada alrededor de 21–22 mm, sin modelar explícitamente

los procesos físicos del suelo. Por su parte, el modelo de Green & Ampt representó de manera más realista la infiltración inicial elevada por succión capilar y la posterior estabilización hacia la conductividad hidráulica saturada. El análisis conjunto indica que el suelo presenta rápida pérdida de capacidad de infiltración bajo lluvia intensa, alcanzando saturación en corto tiempo y generando incremento significativo de escorrentía. Esto confirma una capacidad limitada de almacenamiento hídrico y potencial incremento de presiones de poros en el talud.

El análisis conjunto de ambas metodologías muestra un comportamiento consistente del suelo frente a eventos de lluvia intensa. La rápida disminución de la tasa de infiltración y el aumento de la escorrentía indican una capacidad limitada de almacenamiento hídrico. Esto confirma que, bajo eventos de diseño, el terreno alcanza condiciones de saturación en un corto periodo de tiempo.

Comparativamente, el método CN tiende a simplificar la dinámica temporal y puede subestimar la infiltración inicial, mientras que Green & Ampt captura el proceso físico de manera más detallada y realista. Desde el punto de vista de estabilidad de taludes, la metodología de Green & Ampt resulta más apropiada para evaluar incrementos de presión de poros y reducción de resistencia efectiva durante eventos de lluvia, mientras que el método CN es útil para estimaciones preliminares de escorrentía y balance hídrico general.

3.1. Propuesta de Manejo Hidráulico y Estabilización Superficial del Talud

Con base en el análisis hidrológico desarrollado, particularmente en la evaluación de infiltración mediante los métodos SCS-CN y Green & Ampt, se estableció que el suelo presenta una capacidad limitada de almacenamiento hídrico y alcanza condiciones cercanas a la saturación en un periodo aproximado de 30 minutos bajo eventos de diseño. Esta condición, sumada a la concentración de escorrentía generada internamente dentro del predio y conducida hacia el talud natural, favorece el incremento de caudales superficiales con alta capacidad erosiva. La dinámica observada explica el proceso recurrente de socavación en la base y superficie del talud, asociado principalmente a flujos no controlados que descienden con velocidades elevadas.

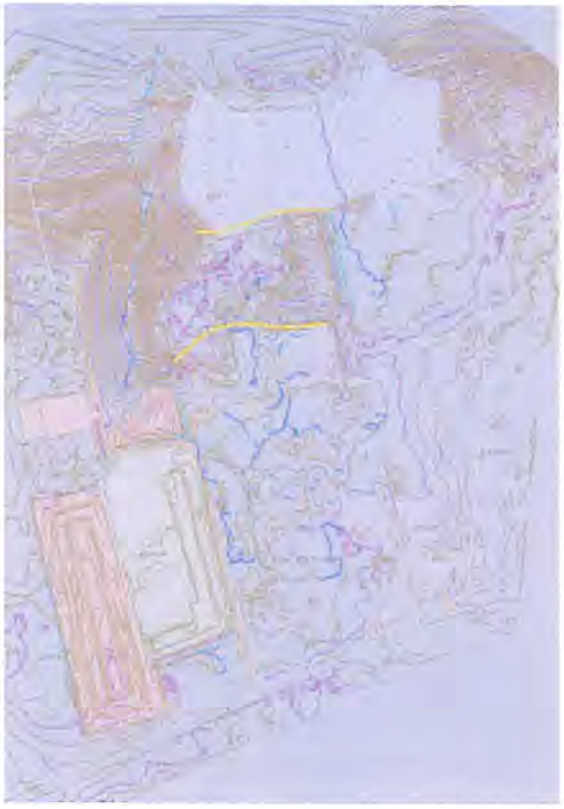
Adicionalmente, el análisis topográfico evidenció la existencia de canales naturales que actualmente direccionan el flujo hacia el borde del talud. Sin embargo, estas trayectorias no cuentan con estructuras hidráulicas que permitan disipar energía ni regular la velocidad del agua, lo que incrementa el potencial de erosión superficial y la pérdida progresiva de material fino. Bajo estas condiciones, el comportamiento hidráulico del sector requiere una intervención que priorice el control de escorrentía antes de que el flujo alcance el plano inclinado del talud.

En este contexto, la solución técnicamente más adecuada consiste en la construcción de canales de coronación o cunetas triangulares (líneas amarillas en la Ilustración 15) ubicadas

en el borde superior del talud. Estas estructuras permitirán interceptar y conducir las aguas superficiales de manera controlada, reduciendo significativamente la energía cinética del flujo antes de su descarga hacia puntos definidos de evacuación. El diseño geométrico triangular o semicircular facilita la autolimpieza hidráulica, optimiza la capacidad de conducción y contribuye a mantener velocidades dentro de rangos no erosivos, garantizando un manejo eficiente del caudal generado durante eventos críticos de precipitación.

De forma complementaria, se recomienda la vegetalización del talud mediante cobertura herbácea y especies de raíz fibrosa adaptadas a las condiciones locales. La incorporación de vegetación incrementa la rugosidad superficial, disminuye la velocidad de escorrentía, mejora la cohesión del suelo y contribuye al control de la erosión laminar. La combinación de cunetas de coronación y estabilización vegetal permitirá consolidar el sector, optimizar el manejo de aguas lluvias y mitigar de manera efectiva el proceso continuo de socavación, asegurando una mejora progresiva en la estabilidad superficial del talud y reduciendo el riesgo de degradación futura.

Ilustración 15. Ubicación de los canales, línea amarilla.



6. Conclusiones

En cumplimiento del objetivo general, orientado a analizar los procesos erosivos del talud vecino al relleno sanitario, se determinó que la dinámica hidrológica interna del predio es el principal factor condicionante de inestabilidad. La delimitación de cuencas evidenció que los aportes provienen exclusivamente de superficies internas (operativas, clausuradas y compactadas), concentrándose hacia el talud norte colindante con el río Guarapas. Esto confirma que el control hidráulico debe enfocarse en el manejo de escorrentía superficial generada dentro del relleno, más que en aportes externos.

Respecto al objetivo específico de evaluar las condiciones de lluvia con la estación Sevilla, el análisis estadístico y probabilístico permitió validar la distribución de Gumbel como la de mejor ajuste y definir eventos de diseño coherentes con la realidad climática local. La construcción del hietograma para Tr = 5 años mostró una tormenta concentrada con pico alrededor del minuto 62, condición crítica para la generación de caudales máximos y aumento súbito de escorrentía, factor determinante en procesos erosivos y solicitaciones hidráulicas sobre el talud.

En cuanto al objetivo de evaluar la humedad antecedente del suelo mediante diferentes metodologías, se estableció que el método SCS-CN ofrece una estimación integrada de escorrentía, mientras que Green & Ampt representa con mayor precisión la infiltración transitoria y el avance del frente húmedo. Ambos resultados convergen en que el suelo, de comportamiento arcillo-limoso y baja permeabilidad, alcanza saturación aproximadamente a los 30 minutos bajo eventos de diseño. Este hallazgo es fundamental para el diseño de estructuras de manejo de aguas y para la evaluación de estabilidad, ya que la rápida saturación incrementa presiones de poros y reduce la resistencia efectiva del talud, cumpliendo así el objetivo de identificar criterios técnicos para el control hidráulico del sitio.

El estudio confirma que el régimen pluviométrico del sector presenta eventos concentrados capaces de inducir condiciones críticas de saturación, especialmente en escenarios de diseño previamente definidos. El suelo, de características arcillo-limosas y baja permeabilidad, alcanza la saturación aproximadamente a los 30 minutos de iniciado el evento lluvioso, lo cual incrementa la probabilidad de escorrentía superficial significativa y procesos erosivos en el talud del relleno sanitario.

Desde el punto de vista metodológico, el modelo Green & Ampt resulta más adecuado para evaluaciones geotécnicas y análisis acoplados infiltración–estabilidad, mientras que el método CN es útil para estimaciones globales de escorrentía. En consecuencia, el diseño hidráulico y las estrategias de manejo de aguas deben considerar la rápida saturación del terreno, la baja permeabilidad del suelo y la necesidad de controlar adecuadamente la escorrentía interna generada dentro del predio del relleno sanitario.

La implementación conjunta de canales de coronación o cunetas triangulares o semicirculares en el borde superior del talud y la estabilización mediante cobertura vegetal constituye una solución integral técnicamente coherente con los resultados del análisis hidrológico e infiltración realizado. Esta estrategia permite interceptar, conducir y disipar la escorrentía superficial con velocidades controladas, reducir la energía erosiva del flujo y minimizar la saturación superficial del terreno, atacando directamente las causas del proceso de socavación identificado. De esta manera, se fortalece el manejo hidráulico del sector, se mejora la estabilidad superficial del talud y se establecen condiciones sostenibles para la conservación y consolidación del área intervenida.

Elaborado por:

HENRY ALBERTO CÓRDOBA ROMERO

INGENIERO CIVIL - MSc



REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA

MATRICULA PROFESIONAL No.

25202167194CND

INGENIERO CIVIL

DE FECHA 26/03/2009

HENRY ALBERTO
CORDOBA ROMERO
C.C. 80041860
CORPORACION UNIVERSIDAD
PILOTO DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

LA CORPORACIÓN

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

PERSONERÍA JURÍDICA RESOLUCIÓN No. 003691 DEL 27 DE NOVIEMBRE DE 1.962, MINISTERIO DE JUSTICIA.

CONFIERE EL TÍTULO DE

Ingeniero Civil

A

Henry Alberto Córdoba Romero

CÉDULA DE C. No. 80.041.860 EXPEDIDA EN Bogotá

QUIEN CUMPLIÓ SATISFACTORIAMENTE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS EXIGIDOS POR LA UNIVERSIDAD, EN TESTIMONIO DE ELLO OTORGA EL PRESENTE DIPLOMA

EN LA CIUDAD DE Bogotá, EL DÍA 18 DEL MES DE Diciembre DEL AÑO 2008

PRESIDENTE DE LA CORPORACIÓN

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD

DECANO DE LA FACULTAD

SECRETARIO GENERAL DE LA CORPORACIÓN

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
ACTA DE GRADO No. IC-404
LIBRO DE REGISTRO No. 13
FOLIO No. 10.520
FECHA 18.12.08

21937

Universidad
Piloto de Colombia
REGISTRO Y CONTROL
ACADÉMICO

RYCA-0777

LA DIRECTORA DE REGISTRO Y CONTROL ACADEMICO

HACE CONSTAR:

Que el (la) señor(a) CORDOBA ROMERO HENRY ALBERTO. con número estudiantil 0224217 Con Cédula de Ciudadanía número 80.041.860 de Bogotá.

Estuvo matriculado(a) en la Facultad de INGENIERIA, en el programa académico de INGENIERIA CIVIL en la jornada Diurna en los siguientes períodos semestrales: SEGUNDO SEMESTRE DE 2002 AL SEGUNDO SEMESTRE DE 2007.

Dicho estudiante obtuvo el título de INGENIERO(A) CIVIL de esta Universidad, según Acta de Grado IC-404 del 18 de diciembre de 2008, Folio 10520 y Libro 13.

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA NIT. 860.022.382-3.

REGISTRO CALIFICADO: Mediante Resolución 3361 del Ministerio de Educación Nacional.

CODIGO SNIES No. 4019

Se expide a solicitud del interesado

Bogotá, 18 de junio de 2013

ARQ. STELLA MEDINA DE BERNAL

Martha G.

LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

PERSONERÍA JURÍDICA: RES. 73-12 DE DICIEMBRE 1.933 - MINGOBIERNO

EN ATENCIÓN A QUE

HENRY ALBERTO CORDOBA ROMERO

CC 80041860

HA CURSADO TODOS LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LA UNIVERSIDAD Y LAS DISPOSICIONES LEGALES PARA UN GRADO UNIVERSITARIO EN LA FACULTAD DE

INGENIERÍA

LE OTORGA
EN NOMBRE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA
Y POR AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL
EL TÍTULO DE

MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

EN FE DE LO CUAL FIRMAMOS Y SELLAMOS ESTE DIPLOMA
NOSOTROS, EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD, LOS DECANOS Y EL SECRETARIO GENERAL
EXPEDIDO EN BOGOTÁ A LOS 08 DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE DEL AÑO 2012

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA · COLOMBIA ·

RECTOR

SECRETARIO GENERAL

DECANO ACADÉMICO

DECANO DEL MEDIO UNIVERSITARIO

Pontificia Universidad JAVERIANA 1845
Secretaría General

Este Diploma está registrado en el folio 161 del libro 42 de Actas de Grado, Acta N° 5515 Bogotá, 08 de septiembre de 2012
Secr. Gen. P.U.J.

No 144299

144404

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE GRADO N° S.G- 5515

En la ciudad de Bogotá el día 8 del mes de septiembre de 2012 se llevó a cabo el acto de graduación en el cual la Pontificia Universidad Javeriana, previo el juramento reglamentario, confirió el título de

MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

A

HENRY ALBERTO CORDOBA ROMERO

identificado(a) con CC N° 80041860 quien cumplió con los requisitos académicos, las exigencias establecidas en los Reglamentos y las normas legales; y le otorgó el Diploma N° 144299 que lo(a) acredita como tal.

La Universidad está autorizada para conferir este título por las normas legales vigentes en Colombia.

Es fiel copia tomada del original, en lo pertinente.

Bogotá, D.C. 2 de octubre de 2013.

Jairo H. Cifuentes Madrid
Secretario General

Pontificia Universidad JAVERIANA
Bogotá
Secretaría General

197607

THOMAS GREG & SONS.

Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

SFI-10- 3304

EL SUSCRITO SECRETARIO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

CERTIFICA:

Que **CORDOBA ROMERO HENRY ALBERTO** identificado con Cédula de ciudadanía número 80041860, fue alumno del programa de la Maestría en Ingeniería Civil.

Obtuvo el título como Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Hidráulica e Hidrología, el día 8 de septiembre de 2012.

Bogotá D.C., 4 de febrero de 2013.

Pontificia Universidad JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA

Firma y Sello
Ing. Jorge Alberto Silva Rueda
Secretario Facultad
C.P

Scanned by CamScanner

8.6 ANEXO GENESIS DEL FENOMENO DE INESTABILIDAD

ANEXO TÉCNICO

ANÁLISIS DE LA GÉNESIS DEL FENÓMENO DE INESTABILIDAD

Sector Río Guarapas – Planta Biorgánicos del Sur del Huila S.A. E.S.P.

INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Anexo Técnico – Análisis de la Génesis del Fenómeno de Inestabilidad, el cual hace parte integral del informe final del estudio de pre-factibilidad desarrollado para la evaluación de la zona de ladera ubicada en el sector del río Guarapas, en inmediaciones de la planta de tratamiento de Biorgánicos del Sur del Huila S.A. E.S.P.

Este anexo se elabora con el propósito de complementar el alcance del informe principal, mediante la profundización en el análisis de las causas y procesos que han dado origen a las condiciones actuales de inestabilidad del terreno, en concordancia con los requerimientos técnicos del contrato.

El análisis presentado integra la evaluación de factores naturales, tales como las condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrológicas y climáticas del área, así como la incidencia de intervenciones antrópicas, permitiendo establecer un entendimiento técnico del fenómeno y su evolución.

En este sentido, el presente anexo constituye un soporte técnico que fortalece los resultados del estudio de pre-factibilidad, aportando elementos clave para la identificación de riesgos, la toma de decisiones y la formulación de posibles medidas de intervención en el área de estudio.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FENÓMENO

El fenómeno corresponde a un proceso de inestabilidad de ladera caracterizado por:

- Presencia de erosión superficial.
- Evidencias de saturación del terreno.
- Desarrollo de movimientos en masa incipientes (reptación y deslizamientos superficiales).
- Influencia directa de la dinámica fluvial del río Guarapas.

Se trata de un fenómeno progresivo, condicionado por la interacción entre el agua, la geometría del talud y las características del suelo.

ANÁLISIS DE LA GÉNESIS DEL FENÓMENO

Factores naturales

Componente geológico y geomorfológico

El área presenta materiales meteorizados y de baja cohesión, ubicados en una ladera con pendientes altas, lo cual genera condiciones favorables para la inestabilidad.

Componente hidrológico

El río Guarapas ejerce procesos de socavación en la base del talud, reduciendo su soporte estructural. A su vez, la escorrentía superficial y la infiltración contribuyen a la pérdida de material y al debilitamiento del suelo.

Componente climático

El régimen de lluvias de la zona, caracterizado por eventos de alta intensidad, favorece la saturación del terreno y actúa como detonante de los procesos de inestabilidad.

Incidencia de factores antrópicos (construcción de la Celda)

Se identifica como elemento relevante en la génesis del fenómeno la intervención antrópica asociada a la construcción de la Celda, la cual generó modificaciones en los cauces naturales de drenaje del área.

Durante su construcción, se alteraron los canales naturales de escorrentía, produciendo desviaciones, obstrucciones y cambios en la dirección del flujo del agua. Esto ha generando acumulación e infiltración en sectores específicos del talud.

Adicionalmente, la ausencia o deficiencia de obras de manejo de aguas (cunetas, drenajes o estructuras de conducción) ha ocasionado que el agua se infiltre directamente en el terreno, especialmente en materiales que se saturan rápidamente.

Como resultado, se presentan las siguientes condiciones críticas:

- Altos niveles freáticos locales.
- Incremento significativo de la presión de poros.
- Elevados grados de saturación del suelo.

Estas condiciones provocan que incluso lluvias de corta duración pero alta intensidad generen una rápida respuesta del terreno, incrementando la presión interna del suelo y reduciendo su resistencia al corte.

En consecuencia, se favorece la ocurrencia de movimientos en masa, debido a la disminución de los esfuerzos efectivos del suelo y la pérdida de estabilidad del talud.

MODELO CONCEPTUAL DEL FENÓMENO

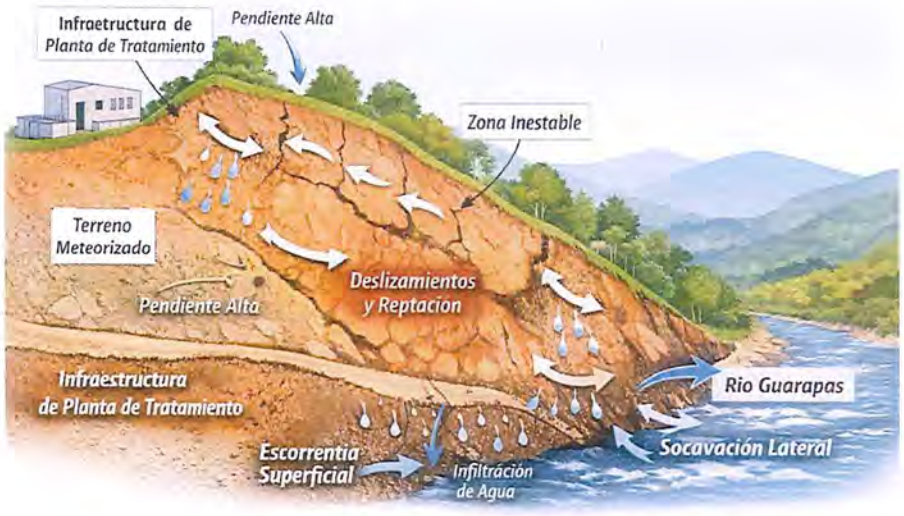


Figura 1. Modelo conceptual de la génesis del fenómeno

Se establece que la génesis del fenómeno responde a la interacción de los siguientes procesos:

- Socavación lateral del río Guarapas.

- Erosión superficial por escorrentía.
- Infiltración y saturación del suelo.
- Alteración de drenajes naturales por intervención antrópica.
- Incremento de niveles freáticos y presión de poros.

EVOLUCIÓN DEL FENÓMENO

El fenómeno presenta un comportamiento:

- Progresivo: aumenta con el tiempo.
- Dependiente del clima: se intensifica con lluvias.
- Dinámico: cambia según condiciones hidráulicas del río.

Existe riesgo de evolución hacia eventos de mayor magnitud si no se interviene.

CONCLUSIONES

- El fenómeno de inestabilidad es de origen multifactorial, con predominio de factores hidrológicos.
- La socavación del río Guarapas y la saturación del suelo son los principales agentes detonantes.
- Las intervenciones antrópicas, particularmente la construcción de la Celda, han modificado los drenajes naturales, actuando como un factor agravante del proceso.
- Se presentan niveles freáticos elevados, incremento de presión de poros y alta saturación, lo que reduce la estabilidad del talud.
- El fenómeno tiene carácter progresivo y puede intensificarse ante eventos de lluvia intensa.

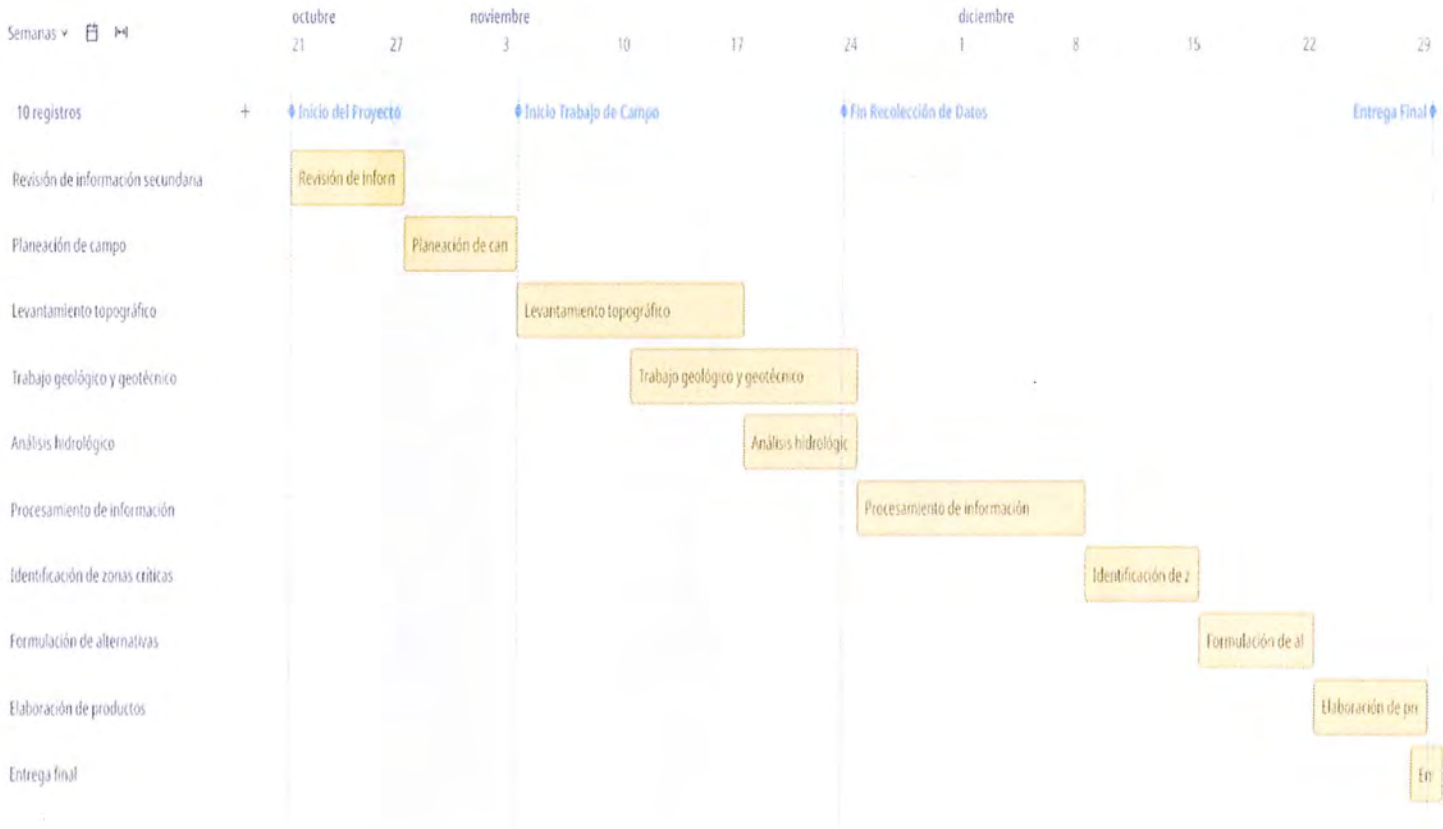
8.7 ANEXO CRONOGRAMA DETALLADO DE TRABAJO

CRONOGRAMA DETALLADO DE TRABAJO PARA DESARROLLAR PARA CUMPLIMIENTO AL OBJETO DEL CONTRATO

Fase	Actividad	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Revisión de información secundaria	Recopilación y análisis de cartografía, estudios IDEAM y antecedentes	1 semana	21-oct	27-oct
2	Planeación de campo	Definición de puntos, logística, equipos y personal	1 semana	28-oct	03-nov
3	Levantamiento topográfico	Toma de información en campo y generación de modelo del terreno	2 semanas	04-nov	17-nov
4	Trabajo de campo geológico y geotécnico	Reconocimiento del terreno y caracterización	2 semanas	11-nov	24-nov
5	Recolección y análisis hidrológico	Procesamiento de caudales y precipitación	1 semana	18-nov	24-nov
6	Procesamiento de información	Integración de información topográfica, geológica e hidrológica	2 semanas	25-nov	08-dic
7	Identificación de zonas críticas	Delimitación de áreas de riesgo	1 semana	09-dic	15-dic
8	Formulación de alternativas	Definición de medidas de intervención	1 semana	16-dic	22-dic
9	Elaboración de productos	Planos, informes técnicos y consolidación	1 semana	23-dic	29-dic
10	Entrega final	Entrega en medio físico y magnético	2 días	29-dic	30-dic

El desarrollo del objeto contractual se estructuró mediante una secuencia de actividades técnicas organizadas en fases, las cuales fueron programadas dentro del plazo contractual comprendido entre el 21 de octubre y el 30 de diciembre, equivalente a dos (2) meses y doce (12) días.

Para garantizar el cumplimiento del plazo, se implementó una programación con ejecución paralela de actividades de campo (levantamiento topográfico, estudios geológicos-geotécnicos y análisis hidrológico), optimizando tiempos sin afectar la calidad técnica de los resultados.



GEOTECNIA & ESTRUCTURAS