

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**“CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LA
SECCIÓN ALTA DEL CAÑO LA POZA UBICADO EN
EL SECTOR LAS PALMAS, PARROQUIA
MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL
ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR”**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES GONZALEZ,
ALEXANDRA Y PINTO,
DUBRASKA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO.**

CIUDAD BOLÍVAR, DICIEMBRE DE 2023



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado:

“CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LA SECCIÓN ALTA DEL CAÑO LA POZA UBICADO EN EL SECTOR LAS PALMAS, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR”,
presentado por los bachilleres Dubraska Pinto, cédula de identidad: V- 26.355.915 y Alexandra González, cédula de identidad: V- 25.932.387, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:	Firma:
Prof. Rivadulla Rosario	
_____ (Asesor)	_____
Prof.	
_____ (Jurado)	_____
Prof.	
_____ (Jurado)	_____
Prof. Francisco Monteverde Jefe del Departamento de Ingeniería Geológica	Prof. Francisco Monteverde Director de Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar, a los ____ días del mes de Noviembre de 2023

DEDICATORIA

Primeramente dedico este Trabajo de Grado a Dios, quien me dio la sabiduría, inteligencia y la fuerza para no rendirme durante mi camino universitario y seguir cumpliendo mis metas.

Con todo mi amor a mis padres José González y Ana María Torrealba, los cuales me han apoyado en cada momento para lograr este objetivo, son mi ejemplo para seguir adelante.

A mi querida Eulalia Montañez(Bella) que me ha brindado su cariño y amor, sus consejos de no darme por vencida y su apoyo en todo momento, a mi hermana Hennaly Bonalde que a pesar de su corta edad me ha ayudado en este camino y a mis amigos por su amor y apoyo.

A mi novio Christian Guerra, por su amor, comprensión y apoyo en este largo camino, por no dejar que me rinda e impulsarme a seguir adelante a pesar de las adversidades. A mami Norvis Salazar por su amor, cariño y apoyo en todo momento.

A mi compañera de tesis Dubraska Pinto por dar su mayor esfuerzo para lograr la realización de este trabajo de grado.

Alexandra González.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Virgen Del Valle por darme fuerzas para no desvanecer, presentarme tantas pruebas como oportunidades, y darme salud y sabiduría para afrontar los retos y obstáculos en mi camino.

A mi madre, Yáskara Fuentes de Pinto, por ser mi pilar, mi amiga, nunca dejar de darme aliento y estar en mis momentos más difíciles, si no fuera por ella no hubiese culminado esta meta.

A mi padre, César Manuel Pinto, porque en su regazo siempre conseguí consuelo y apoyo, y aunque ya no esté conmigo en el camino de la vida, su amor incondicional siempre será mi fuerza para no rendirme frente a los retos de la vida.

A mi hermana mayor, Yáskara, por estar siempre apoyándome y creer en mí.

A mi familia, que siempre han manifestado su orgullo y su apoyo hacia mí.

A todo aquel que leyendo este trabajo consiga una respuesta

Dubraska Pinto.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, que me mantuvo firme en todo momento y por cada una de sus bendiciones para poder culminar con éxito este trabajo de grado

A mis padres José González y Ana María Torrealba, a mi hermana Hennaly, a Eulalia y a mi novio Christian Guerra y su familia por su amor, por sus consejos y su apoyo, por impulsarme a seguir adelante y nunca rendirme, estaré siempre agradecida. A mi amigos Ramses Rodríguez y Maryhelen Zapata por su cariño, sus consejos, su apoyo incondicional y sus palabras de motivación que han sido de mucha ayuda, gracias por todo.

A mis tutores, Profesora Rosario Rivadulla e Ingeniero Angel Mariño por su apoyo en todo momento para la realización de este trabajo de grado.

A mis compañera de tesis Dubraska Pinto y mis amigas Nelenys, Natasha, y en especial a María González que desde el primer día fue mi compañera de clases, amiga y con el tiempo mi hermana, gracias por tu apoyo en todo momento.

Alexandra González.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen Del Valle por estar en las buenas y malas y haberme permitido llegar hasta donde he llegado.

A la ilustre Universidad de Oriente, por permitirme hacer realidad el sueño de formarme tanto a nivel profesional y como personal en sus aulas, y permitirme conocer a personas únicas.

A mi tutora académica, Ing. Rosario Rivadulla por permitirme desarrollar esta investigación y guiarme en la elaboración de la misma con sus conocimientos para así poder cumplir con los requisitos exigidos.

A mi tutor industrial Ángel Mariño, por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo bajo su tutoría, por su paciencia y orientación, por las recomendaciones e ideas, además, por ofrecer una mano amiga en el momento justo.

A mis padres, mis principales pilares de lucha y mi ejemplo a seguir, por apoyarme en todo momento de mi vida, sin ellos no lo hubiese logrado.

A mi familia, por el apoyo moral que siempre me han brindado, cada uno a su manera, pero siempre con la misma fuerza y cariño, a mi primo Cesar Pinto, por su ayuda y compañía en la etapa de campo.

A mí compañera de Trabajo de Grado, Alexandra González por su comprensión y disposición.

Dubraska Pinto.

RESUMEN

El estudio tiene como objetivo general realizar la caracterización sedimentológicamente de la sección alta a media del caño la Poza ubicado en el sector Las Palmas, Parroquia Marhuanta, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar. Esta investigación es descriptiva, ya que consiste en caracterizar, registrar, analizar e interpretar las muestras recolectadas en campo, y exploratoria, ya que es una zona no explorada con anterioridad; el diseño es de campo, debido a que la recolección de datos se hizo directamente en el área de estudio. Para identificar los depósitos sedimentarios se efectuaron aperturas de 8 calicatas con sus respectivas columnas sedimentológicas y 2 muestras de barras, siendo un total de 12 muestras de sedimentos a cada una de las muestras se le realizó el análisis granulométrico y se le aplicó el método de Folk y Ward lo cual indicó que en las muestras predominan arena de grano medio, así como un moderado o mal escogimiento, con una composición mineralógica con predominancia de cuarzo con un valor de 97,08% y 2,92% distribuidos en fragmento de rocas, minerales accesorios y opacos. Los resultados morfoscópicos mostraron que la mayoría de los sedimentos son sub angulosos lo que indica que provienen de zonas cercanas. El método de Visher determinó que se presentan los tres mecanismos de transporte en el 100% de las muestras y que el más frecuente es el saltación con 3 sub-poblaciones con diámetros que van de 0,625mm a 0,125 mm. Mediante el diagrama de Hjulstrom se pudo identificar el estado de movimiento de los sedimentos indicando que se encuentran en estado de erosión y transporte. Aplicando el número de Froude se pudo conocer que el flujo es subcrítico; con la ecuación de Reynolds se pudo identificar un régimen de flujo laminar.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABLAS	xiii
LISTA DE APÉNDICES	xiv
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO I.....	 3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos de la investigación	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.4 Alcances de la investigación	5
1.5 Limitaciones de la investigación	6
 CAPÍTULO II	 7
GENERALIDADES	7
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	7
2.2 Acceso	8
2.3 Características físicas y naturales de la zona de estudio	9
2.3.1 Clima	9
2.3.2 Vegetación.....	13
2.3.3 Suelo.....	13
2.3.4 Geomorfología	14
2.3.5 Geología regional	15
2.3.6 Geología local	16
 CAPÍTULO III	 21
MARCO TEÓRICO.....	21
3.1 Antecedentes o estudios previos	21
3.2 Fundamentos teóricos	24
3.2.1 Transporte y acumulación de sedimentos	24

3.2.2 Caudal	27
3.2.3 Método del flotador.....	28
3.2.4 Diagrama de Hjulstrom	29
3.2.5 Análisis de redondez de las partículas	29
3.2.6 Método de Visher	31
3.3 Definición de términos básicos	33
3.3.1 Sedimentos	33
3.3.2 Clasificación de los sedimentos	33
3.3.3 Estructuras sedimentarias.....	34
3.3.4 Ríos meandriformes	38
3.3.5 Análisis granulométrico	38
3.3.6 Parámetros estadísticos	40
3.3.7 Análisis mineralógico.....	42
3.3.8 Separación de minerales magnéticos	43
3.3.9 Florescencia de Rayos X.....	45
3.3.10 Análisis morfoscóptico.....	46
 CAPÍTULO IV	 48
METODOLOGÍA DE TRABAJO	48
4.1 Tipo de investigación	48
4.2 Diseño de la investigación.....	49
4.3 Población de la investigación.	49
4.4 Muestra de la investigación.....	49
4.5 Flujograma de la investigación.....	50
4.5.1 Etapa I: Trabajo de Pre-Campo.....	52
4.5.2 Etapa II: Trabajo de campo	53
4.5.3 Etapa III: Trabajo de laboratorio.....	61
4.5.4 Etapa IV: Trabajo de oficina	68
 CAPÍTULO V	 75
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	75
5.1 Descripción de columnas sedimentológica.	75
5.1.1 Descripción de la columna sedimentológica E1-C1-M1	77
5.1.2 Descripción de la columna sedimentológica E2-C2-M2	77
5.1.4 Descripción de la columna sedimentológica E3-C3-M4	77
5.1.5 Descripción de la columna sedimentológica E4-C4-M5	78
5.1.6 Descripción de la columna sedimentológica E5-C5-M6	78
5.1.7 Descripción de la columna sedimentológica E6-C6-M7	78
5.1.8 Descripción de la columna sedimentológica E8-C7-M8	78
5.1.9 Descripción de la columna sedimentológica E9-C8-M9	79
5.2 Clasificación de los sedimentos	79
5.2.1 Parámetros estadísticos	82
5.3 Composición mineralógica de los sedimentos	85

5.4	Inferir el grado de transporte y madurez de los sedimentos a partir de análisis morfosκόpico.....	86
5.5	Interpretación de curvas mediante el método de Visher	88
5.6	Los estados de movimiento de las partículas sedimentarias usando el Diagrama de Hjulström	91
5.7	Caudal, dirección, velocidad y tipo de flujo de la corriente del caño La Poza haciendo uso del método del flotador y secciones transversales.	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS		99
APÉNDICES.....		103

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente Google Earth.	7
2.2 Cruce a la urbanización Marhuanta.....	8
2.3 Vías de penetración cercanas al sector Las Palmas.	8
2.4 Variación de la precipitación anual (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).....	10
2.5 Variación de la evaporación anual (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).....	11
2.6 Variación de la temperatura anual (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).	12
2.7 Variación de la insolación anual (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013)	13
2.8 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Sidder y Mendoza, 1.995 en Mendoza, 2005).	16
3.1 Velocidad de corriente necesaria para erosionar sedimentos, según Hjulstrom (1935).	25
3.2 Mecanismos de transporte, tipo de transporte en función de la granulometría. Nótese que los sedimentos menores de 0,1 mm no serán transportados más que por suspensión según Miall, A., (1981). Modificada.	26
3.3. Mecanismos de transporte (Maill, A., 1981).	27
3.4 Forma y redondez de los granos según Pettijohn, F., 1973 (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).	31
3.5 Curva de frecuencia acumulada con las poblaciones asociadas al mecanismo de transporte (modificado de Spalleti, 2007).	32
3.6 Curvas de frecuencia acumulada de arenas de playa (Modificado de Visher, 1969).	32
3.7. Clasificación de las estructuras sedimentarias según Allen (1987).	35
3.8. Morfología asociada a la estratificación oblicua (Corrales, J.1977).	36
3.9 Estructuras de corriente en función de la granulometría (Leeder, M., 1982).	37
3.10 Esquema de separación de muestras con imán de mano (Fuente: Diapositivas de Mineralogía para pasantes, INGEOMIN)	44
3.11 Modelo atómico para el método de Análisis de Fluorescencia de Rayos X. (Fuente: www.wpo-altertechnology.com).	46
3.4 Forma y redondez de los granos según Pettijohn, F., 1973 (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).	47
4.1 Flujograma de trabajo.	51
4.2 Apertura de calicatas.	54
4.3. Muestras recolectadas en el área de estudio.	55
4.4 Toma de muestras.	56

4.5. Simbología de las estructuras sedimentarias.....	57
4.6. Selección y medición del tramo.	58
4.7 Punto de inicio (punto A) y llegada (punto B) de la boya.	59
4.8 Medición del área de la sección transversal del río (Bain, M.B., y Stevenson, N.J., 1999).	60
4.9. Características físico-naturales del área (trabajo de campo).....	61
4.10 Materiales para el análisis granulométrico.....	62
4.11 Tabla y curva granulométrica utilizando el software Microsoft Excel.	64
4.12 Análisis de la forma de las partículas.....	65
4.13 Carta de estimación visual de porcentaje mineralógico. (Terry & Chilingar, 1955).	67
4.14 Máquina Thermo Scientific Metal Analyzer.....	68
4.15 Herramienta PowerPoint 2010.	69
4.16 Mapa de la estación 1 (E1) en papel bond.	71
4.17 Software Qgis 3.22.....	71
4.18. Mapa de la estación 1 digitalizado en el programa Qgis 3.22.	72
4.19 Ubicación del corte transversal A-A' en el mapa de la estación 9 (E9).	73
4.20 Sección transversal A-A' del mapa de la estación 9 (E9).	74
5.1. Mapa de ubicación de las muestras.....	76
5.1 Histograma de E3-B1-M3 para la clasificación de las arenas.....	80
5.2. Histograma E9-C8-M9-Capa1 para la clasificación de las arenas.....	80
5.3. Composición mineralógica de los sedimentos.	85
5.4 Representación gráfica de la composición mineralógica promedio de las muestras analizadas.	86
5.5 Histograma de frecuencia del promedio de las características de redondez de las partículas.	88
5.6 Diagrama de Hjulström donde se muestra el estado de movimiento de las partículas: las velocidades mínimas para que ocurra transporte (línea azul) y para que ocurra erosión (línea morada).	92

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Valores de factor de corrección según el tipo de río o canal y el tipo de material (Inrena-Upsi., 2005).	29
3.2 Clasificación según el tamaño de las partículas de Wenworth (Pettijohn, 1949). 39	39
3.3. Ecuaciones del método gráfico según Folk y Ward (1957).	41
3.4. Rangos de valores que emplea en el método gráfico geométrico para asignar la selección, asimetría y cúrtosis (modificado de Folk y Ward, 1957). La unidad de medida utilizada para los cálculos corresponde a milímetro (mm).....	42
4.1 Muestras de sedimentos recolectadas en el caño La Poza.	55
4.2. Escala de tamaño de Wentworth.	64
5.1. Porcentajes máximos retenidos de las muestras sometidas a análisis granulométrico.	81
5.2 Valores y significado de los datos estadísticos de la mediana de las muestras de sedimentos.....	82
5.3 Interpretación de los datos de escogimiento, asimetría y curtosis según el método de Folk y Ward (1957).	84
5.4 Resultados del análisis morfosκόpico de las muestras de sedimentos del caño La Poza.	87
5.5 Mecanismos de transporte de las muestras recolectadas en el caño La Poza	90

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A MAPAS SEDIMENTOLÓGICOS DEL CAÑO LA POZA	104
A.1 Mapa de ubicación de la estación 1 (E1).....	105
A.2 Mapa de ubicación de la estación 2 (E2).....	105
A.3 Mapa de ubicación de la estación 3 (E3).....	106
A.4 Mapa de ubicación de la estación 4 (E4).....	106
A.5 Mapa de ubicación de la estación 5 (E5).....	107
A.6 Mapa de ubicación de la estación 6 (E6).....	107
A.7 Mapa de ubicación de la estación 7 (E7).....	108
A.8 Mapa de ubicación de la estación 8 (E8).....	108
A.9 Mapa de ubicación de la estación 9 (E9).....	109
A.10 Mapa de ubicación de la estación 10 (E10).....	109
 B COLUMNAS SEDIMENTOLÓGICAS	 110
B.1 Columna sedimentológica E1- C1- M1	111
B.2 Columna Sedimentológica E2-C2-M2 Capa1y Capa2.....	111
B.3 Columna Sedimentológica E3-C3-M4	112
B.4 Columna Sedimentológica E4-C4-M5	112
B.5 Columna Sedimentológica E5-C5-M6	113
B.6 Columna Sedimentológica E6-C6-M7	113
B.7 Columna Sedimentológica E8-C7-M8	114
B.8 Columna Sedimentológica E9-C8-M9 Capa1y Capa2.....	114
 C ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	 115
C.1 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E1-C1-M1.....	116
C.2 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E1-C1-M1	116
C.3 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E2-C2-M2 Capa1	117
C.4 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E2-C2-M2 Capa1	117
C.5 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E2-C2-M2 Capa2	118
C.6 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E2-C2-M2 Capa2	118
C.7 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E3-B1-M3.....	119
C.8 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E3-B1-M3	119
C.9 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E3-C3-M4.....	120
C.10 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E3-C3-M4	120
C.11 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E4-C4-M5.....	121
C.12 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E4-C4-M5	121
C.13 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E5-C5-M6.....	122
C.14 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E5-C5-M6	122
C.15 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E6-C6-M7.....	123

C.16 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E6-C6-M7	123
C.17 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E8-C7-M8.....	124
C.18 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E8-C7-M8	124
C.19 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E9-C8-M9 Capa1	125
C.20 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E9-C8-M9 Capa1	125
C.21 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E9-C8-M9 Capa2	126
C.22 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E9-C8-M9 Capa2	126
C.23 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E10-B2-M10.....	127
C.24 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E10-B2-M10	127

D GRÁFICAS GRANULOMÉTRICAS PARA METODO DE FOLK Y WARD

D.1. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E1-C1-M1	129
D.2. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E2-C2-M2-Capa1.....	130
D.3. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E2-C2-M2-Capa2.....	131
D.4. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E3-B1-M3	132
D.5. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E3-C3-M4.	133
D.6. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E4-C4-M5.	134
D.7. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E5-C5-M6	135
D.8. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E6-C6-M7.	136
D.9 Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E8-C7-M8.	137
D.10 Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E9-C8-M9Capa1.	138
D.11 Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E9-C8-M9Capa2	139
D.12 Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E10-B2-M10	140

E RESULTADOS DE ANÁLISIS MINERALÓGICO

E.1 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E1-C1-M1.....	142
E.2 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E2-C2-M2Capa1.	142
E.3 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E2-C2-M2Capa2.	143
E.4 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E3-B1-M3.....	143
E.5 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E3-C3-M4.....	144
E.6 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E4-C4-M5.....	144
E.7 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E5-C5-M6.....	145
E.8 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E6-C6-M7.....	145
E.9 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E8-C7-M8.....	146
E.10 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E9-C8-M9 Capa1.	146
E.11 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E9-C8-M9 Capa2.	147
E.12 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E10-B2-M10.....	147

F HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA Y MICROFOTOGRAFÍAS DE MUESTRAS EN ENSAYO MORFOSCÓPICO.....

F.1 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E1-C1-M1.	149
F.2 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E1-C1-M1.	149
F.3 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E2-C2-M2 Capa1.	150

F.4 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E2-C2-M2 Capa1.....	150
F.5 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E2-C2-M2 Capa2.	151
F.6 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E2-C2-M2 Capa2.....	151
F.7 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E3-B1-M3.	152
F.8 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E3-B1-M3.	152
F.9 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E3-C3-M4.	153
F.10 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E3-C3-M4.....	153
F.11 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E4-C4-M5	154
F.12 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E4-C4-M5.....	154
F.13 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E5-C5-M6	155
F.14 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E5-C5-M6.....	155
F.15 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E6-C6-M7	156
F.16 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E6-C6-M7.....	156
F.17 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E8-C7-M8	157
F.18 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E8-C7-M8.....	157
F.19 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E9-C8-M9 Capa 1	158
F.20 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E9-C8-M9 Capa1.....	158
F.21 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E9-C8-M9 Capa 2	159
F.22 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E9-C8-M9 Capa2.....	159
F.23 Histograma de análisis morfosκόpico de la muestra E10-B2-M10.	160
F.24 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E10-B2-M10.....	160

G CURVAS ACUMULATIVAS DE FRECUENCIA PARA EL ANÁLISIS DEL MÉTODO DE VISHER

G.1 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E1-C1-M1	162
G.2 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E2-C2-M2 Capa 1	162
G.3 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E2-C2-M2 Capa 2	163
G.4 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E3-B1-M3.....	163
G.5 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E3-C3-M4	164
G.6 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E4-C4-M5	164
G.7 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E5-C5-M6	165
G.8 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E6-C6-M7	165
G.9 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E8-C7-M8.....	166

G.10 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E9-C8-M9 Capa1	166
G.11 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E9-C8-M9 Capa2	167
G.12 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E10-B2-M10	167

H ESTADOS DEL MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS MEDIANTE EL MODELO DE HJULSTRÖM..... 168

H.1 Estado de movimiento de las muestras E1-C1-M1, E2-C2-M2 Capa1, E2-C2-M2 Capa2, E3-B1-M3, E3-C3-M4 y E4-C4-M5 mediante el modelo de Hjulström.	169
H.2 Estado de movimiento de las muestras E5-C5-M6 y E6-C6-M7 mediante el modelo de Hjulström.....	169
H.3 Estado de movimiento de las muestras E8-C7-M8 mediante el modelo de Hjulström.	170
H.4 Estado de movimiento de las muestras E9-C8-M9 Capa1, E9-C8-M9 Capa2 y E10-B2-M10 mediante el modelo de Hjulström.....	170

I DATOS DE VELOCIDADES, CAUDALES, NÚMERO DE REYNOLDS Y NÚMERO DE FROUDE 171

I.1 Cálculos de caudales mediante el método del flotador.....	172
I.2 Cálculos de Número de Froude.	173
I.3 Cálculos de Número de Reynolds.....	173
I.4 Dirección del flujo superficial mediante uso de brújula.	174

J SECCIONES TRANSVERSALES 175

J.1 Sección transversal del tramo A1-1 y A1-2 del caño.	176
J.2 Sección transversal de la E4.	177
J.3 Sección transversal del tramo A2 del caño.....	178
J.4 Sección transversal de la E10.	179
J.5 Sección transversal del tramo A3 del caño.....	180

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo caracterizar sedimentológicamente la sección alta a media del caño La Poza, ubicado en el sector Las Palmas, Municipio Angostura del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

Esto se llevó a cabo mediante una descripción e identificación de los sedimentos a través de columnas sedimentarias, y análisis de laboratorio que permiten conocer las características textuales y la forma de las partículas y con ello inferir el grado de transporte. Se determina el mecanismo de transporte y los estados de movimiento a través del método de Visher y el empleo del diagrama de Hjulstrom. Se realizaron valores de contenido mineralógico y parámetros hidrodinámicos a partir del cálculo del caudal, velocidad, dirección, y el tipo de flujo del caño La Poza.

Este estudio está estructurado en cinco capítulos cuyo contenido se encuentra distribuido de la siguiente manera:

Capítulo I. En este capítulo se explica el planteamiento del problema, así mismo se define el objetivo general y los objetivos específicos.

Capítulo II. Se presentan las generalidades del área de estudio, como la ubicación y las características físico-naturales.

Capítulo III. Se definen las bases teóricas relacionadas con el desarrollo del área de estudio.

Capítulo IV. Corresponde a la metodología empleada a cada uno de los objetivos de esta investigación.

Capítulo V. Se procesan los datos y se dan a conocer los resultados obtenidos para los objetivos planteados en esta investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El problema objeto de la presente investigación está dado por la escasa información registrada y disponible sobre las características sedimentológicas del caño La Poza ubicado en el sector Las Palmas, Parroquia Marhuanta, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar, lo cual hace necesario que en la zona se lleven a cabo dichos análisis que sirvan de base para posteriores estudios académicos y científicos que permitan desarrollar diferentes obras y proyectos ingenieriles en beneficio de las comunidades aledañas al caño.

La presente investigación va enfocada al análisis sedimentológico del caño la Poza, mediante la apertura y descripción de calicatas en cuerpos sedimentarios presentes en el caño para elaborar columnas sedimentológicas, además de determinar los mecanismos de transporte de los sedimentos presentes, utilizando el método gráfico propuesto por Visher en 1969. Se establecerá los estados de movimientos de los sedimentos a través del uso del Diagrama de Hjultrom a partir de la velocidad media y los tamaños de partículas. También a partir de análisis morfoscópicos se inferirá el grado de transporte y la composición mineralógica relevante de los sedimentos presentes.

De igual manera se realizarán mediciones de velocidad, dirección de la corriente, así como el caudal y tipo de flujo con la finalidad de analizar los factores hidrodinámicos que afectan la acumulación y erosión de sedimentos que circulan en

el caño. De esta manera se espera comprender el comportamiento de sedimentación del caño la Poza y sus procesos activos.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Realizar la caracterización sedimentológicamente de la sección alta a media del caño la Poza ubicado en el sector Las Palmas, Parroquia Marhuanta, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar los depósitos sedimentarios presentes en el área a partir de la descripción de columnas sedimentológicas y estructuras sedimentarias.
2. Caracterizar textural y estadísticamente los sedimentos presentes en el caño La Poza utilizando los datos obtenidos de los ensayos granulométricos por tamizado.
3. Determinar la composición mineralógica de los sedimentos de la zona de estudio, a través del empleo de la lupa estereoscópica.
4. Inferir el grado de transporte de los sedimentos presentes en el cauce del caño mediante la aplicación de ensayos morfoscópicos.
5. Determinar los mecanismos de transporte presentes en el caño La Poza a partir del método de Visher.

6. Inferir los estados de movimiento de las partículas sedimentarias usando el Diagrama de Hjulström.

7. Establecer el caudal, dirección, velocidad y tipo de flujo de la corriente del caño La Poza haciendo uso del método del flotador y secciones transversales.

1.3 Justificación de la investigación

Actualmente no existen estudios o investigaciones sobre rasgos sedimentológicos en la zona que puedan aportar un precedente.

El presente proyecto tiene como objetivo caracterizar de forma sedimentológica los depósitos presentes en el caño la Poza, mediante el uso de la información obtenida de la inspección de campo, el trabajo de oficina y laboratorio, lo que permita realizar un análisis exhaustivo y completo del área para así marcar un referente para futuros estudios, así como también se espera que esta investigación sirva de referencia a futuros trabajos ingenieriles en beneficio de las comunidades aledañas al caño.

1.4 Alcances de la investigación

La finalidad de este trabajo es proporcionar una descripción e identificación de los depósitos sedimentarios presentes en el caño La Poza, mediante columnas sedimentológicas; y así, conocer las características texturales con la realización de ensayos granulométricos por medio del método del tamizado, y a través de las curvas granulométricas a aportar datos de los patrones estadísticos.

La investigación permitirá conocer de forma cualitativa y cuantitativa el grado de transporte de las partículas sedimentarias y los mecanismos de transporte, y los

estados de movimiento a partir del método de Visser y el empleo del Diagrama de Hjulström respectivamente.

También con la observación a través de la lupa estereoscópica y registros fotográficos, se definirá los valores porcentuales por campo de visión del contenido mineralógico de los sedimentos, y los parámetros hidrodinámicos que afectan a los sedimentos a partir del cálculo del caudal, velocidad y dirección de la corriente; así como también, el tipo de flujo presente en el caño La Poza.

1.5 Limitaciones de la investigación

Se puede considerar una limitación la carencia de información previa de la zona, ya que es la primera vez que se realiza un estudio en el caño La Poza.

La carencia de laboratorios dotados con instrumentos en la Universidad de Oriente restringe los análisis a realizar y ocasionan gastos económicos asociados. La falta de equipos para análisis geoquímicos, impide prospecciones minerales con alto grado de certidumbre.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El caño La Poza se encuentra ubicado en el sector Las Palmas, Parroquia Marhuanta, del Municipio Angostura del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, como se aprecia en la figura 2.1. Enmarcada en una poligonal cerrada cuyas Coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) son las reflejadas.

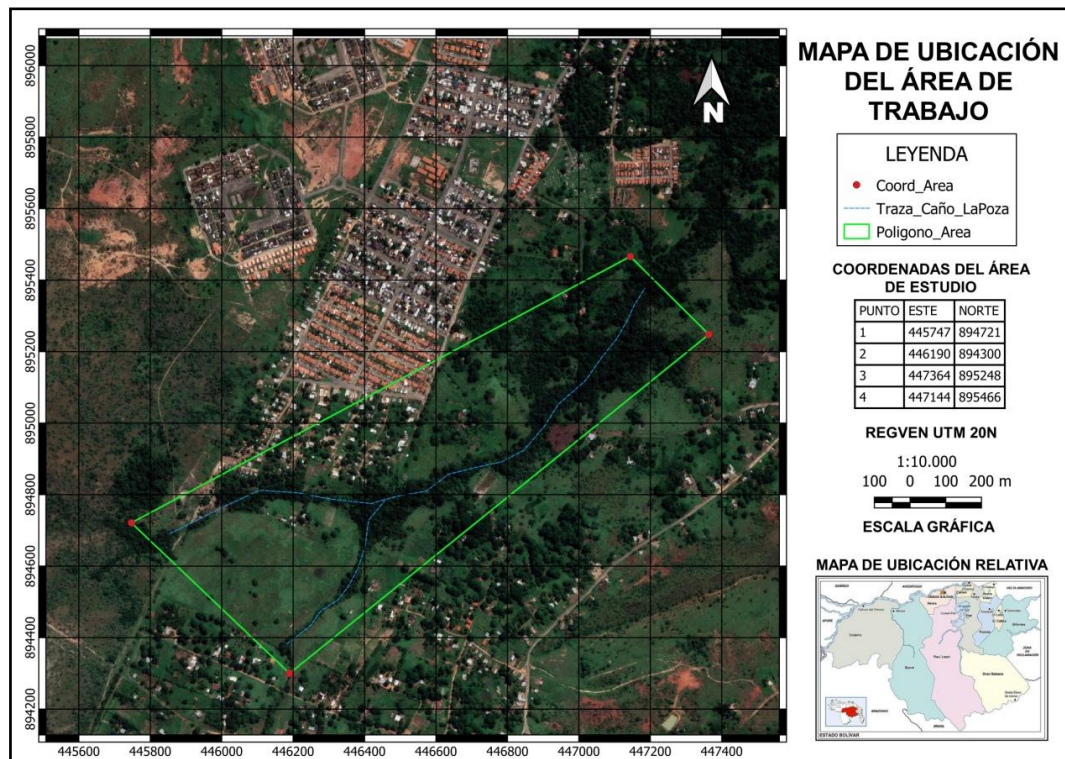


Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente Google Earth.

2.2 Acceso

El área de estudio es de fácil acceso mediante vía terrestre por la avenida Paseo Simón Bolívar, cruce a la urbanización Marhuanta como se aprecia en la figura 2.2. Mediante otras vías de acceso se llega al sector Las Palmas (Figura 2.3).



Figura 2.2 Cruce a la urbanización Marhuanta.



Figura 2.3 Vías de penetración cercanas al sector Las Palmas.

2.3 Características físicas y naturales de la zona de estudio

2.3.1 Clima

Para la caracterización del clima se utilizaron datos de las variables climatológicas registradas en el Servicio de Meteorología de la Fuerzas Armadas Venezolanas con destacamento en el aeropuerto de Ciudad Bolívar. El área de estudio presenta características de un clima tropical de tipo C1, es decir, presenta ciertos factores como precipitación, evaporación, temperatura, radiación solar, humedad relativa, insolación entre otros, que realizándose un estudio de comportamiento desde el año 1994 hasta el año 2007 arrojan las siguientes descripciones temporales para la caracterización climática de la zona (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).

2.3.1.1 Precipitación

Los promedios de precipitaciones se ubicaron para un total anual de 1219 mm aproximadamente, se presentan dos periodos: uno lluvioso que va desde Mayo hasta Noviembre, con Agosto el mes de mayor pluviosidad (270 mm); y otro de sequía que va desde Diciembre hasta Abril siendo los meses de Enero y Febrero los que registran la pluviosidad más baja del año (7 y 6 mm) respectivamente los meses de Mayo y Diciembre se comportan como transicionales entre los periodos de sequía y lluvia y viceversa respectivamente (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).

La figura 2.4 muestra que el comportamiento del régimen pluviométrico es bimodal, es decir, que registra dos máximo de pluviosidad durante el año, el cual sucede en el mes de junio (250 mm) y agosto con (270) aunque los meses de julio (152 mm) y septiembre (68 mm) se registra una ligera variación en las lluvias.

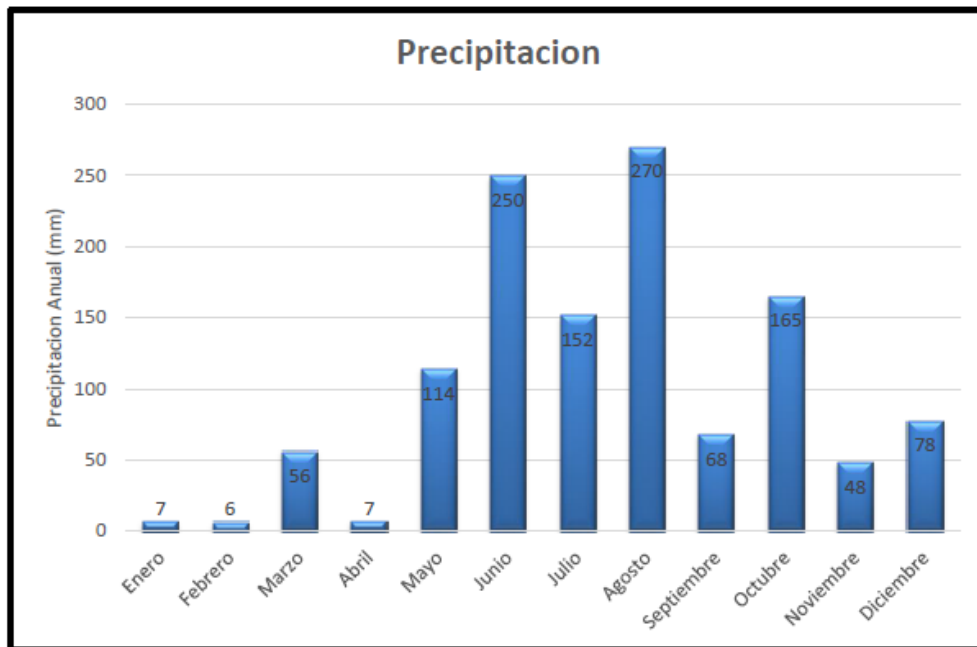


Figura 2.4 Variación de la precipitación anual (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).

2.3.1.2 Evaporación

Según esta variable la media anual de la misma se ubica en los 821 mm, siendo Febrero, Marzo y Abril los meses de mayor evaporación con máximos de 131, 184, 131 mm respectivamente, alcanzando sus mínimos desde Junio, siendo Junio y Julio los meses de menor evaporación con un 76 y 70 mm respectivamente los meses reflejados en cero (0) no hubo lectura (Figura 2.5) (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).

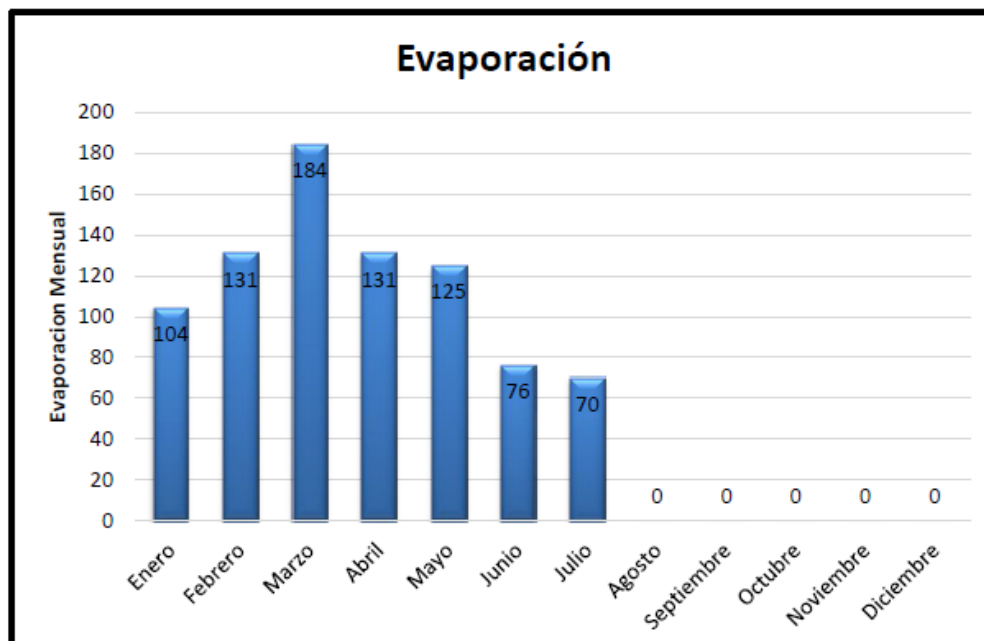


Figura 2.5 Variación de la evaporación anual (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).

2.3.1.3 Temperatura

La temperatura media anual en el área de estudio se ubica en promedio entre los 27,7 – 28 °C siendo los meses de Abril y Mayo los de mayor temperatura y los de menor alcance Enero, Febrero, Junio, Julio y Agosto (Figura 2.6) (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).

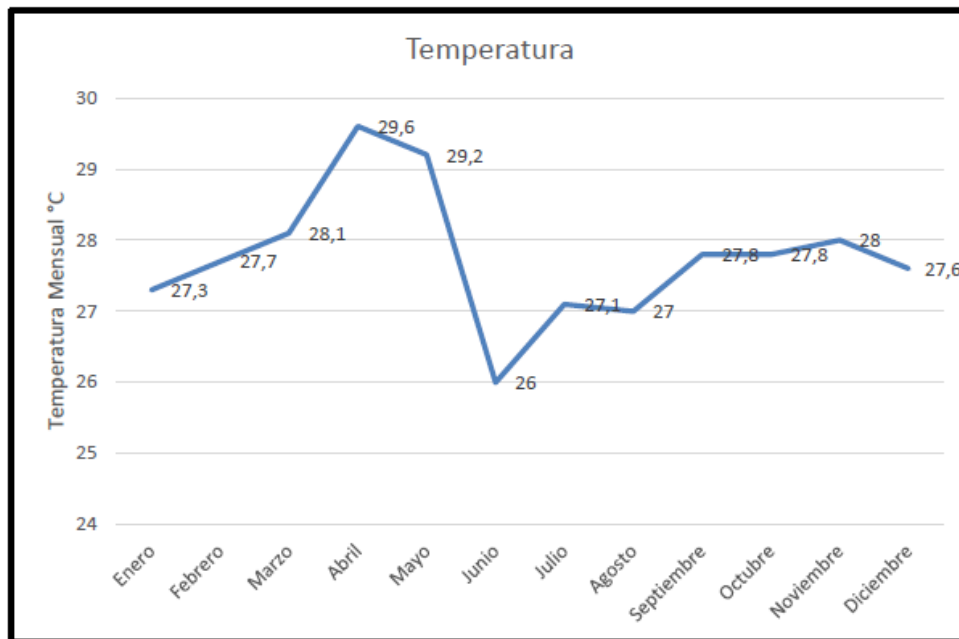


Figura 2.6 Variación de la temperatura anual (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013).

2.3.1.4 Insolación

La insolación promedio anual es de 7,6 horas sol aproximadamente, alcanzándose la máxima media insolación en el mes de febrero con un promedio de 9,8 horas de sol, y la mínima durante el mes de junio (5,6 horas de sol) quedando las demás meses del año con periodos de variación entre (6,5 horas de sol) en diciembre y (8,2 horas de sol) en enero (Figura 2.7).

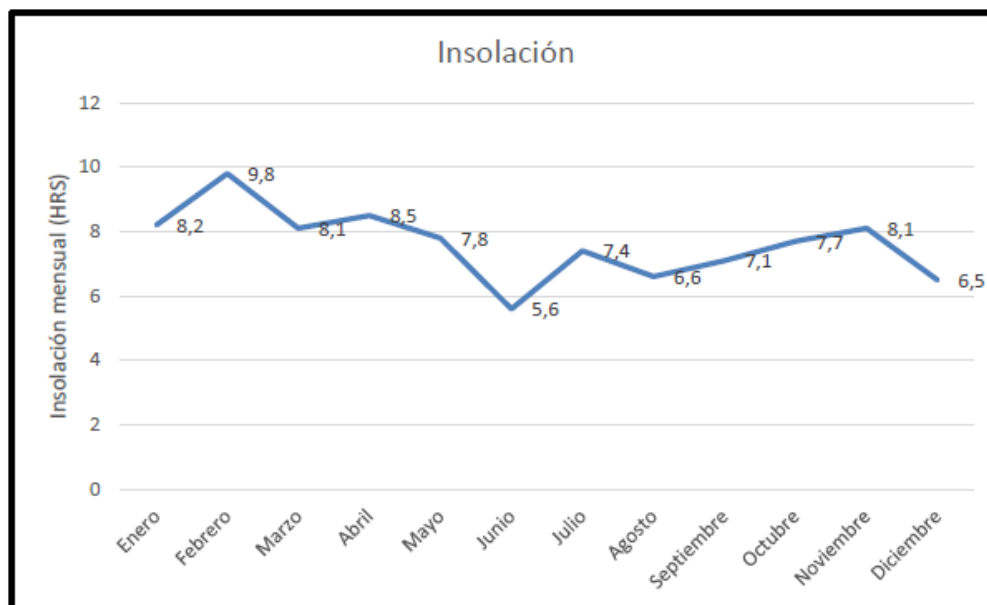


Figura 2.7 Variación de la insolación anual (Servicio de meteorología de las fuerzas armadas F.A.V 2007 en Rendón M. y Riobueno R., 2013)

2.3.2 Vegetación

La vegetación existente en el área de estudio está constituida por herbazales (sabana) gramínea arbustiva y otras de bosques de galería, relacionada a sedimentos de la Formación Mesa, entre las especie vegetales dominantes se encuentran: paja peluda, escobilla, chaparro, guayabita, alcornoque, entre otros. Las características particulares de vegetación de sabana también se observa en menor proporción, en zonas de afloramiento del Complejo de Imataca (Rendón M. y Riobueno R., 2013).

2.3.3 Suelo

El tipo de suelo característico de la zona de estudio, es arenoso en superficie y arcilloso en profundidad, observándose entre lomas que conforman paisajes de planicies, dicho suelo se ha conformado producto de la desintegración, meteorización

y erosión de las rocas constituyentes del basamento ígneo metamórfico del complejo de Imataca y de la Formación Mesa en el área de estudio (Rendón M. y Riobueno R., 2013).

2.3.4 Geomorfología

Ciudad Bolívar y sus adyacencias poseen un relieve particular, el cual se extiende hasta las cercanías de Puerto Ordaz y Ciudad Piar. Esta morfología es producto del agente fluvial, el cual es uno de los factores modificadores del relieve a gran escala.

Geomorfológicamente el área de estudio está formada por paisajes con predominio de planicies, que se caracterizan por presentar una superficie plana, peniplanicies y lomeríos, estos últimos, comprenden múltiples variaciones que van desde lomeríos altos y muy escarpados hasta lomeríos bajos, que constituyen elevaciones estructurales por rocas precámbricas, las cuales presentan una cierta orientación estructural que domina en el área o el diaclasamiento que afecta a algunas rocas. (C.V.G. TECMIN, op.cit).

La superficie de la Formación Mesa ha sido moldeada, en especial las arenas no consolidadas que se ven más afectadas por la acción de las aguas de escorrentías, desarrollando estructuras erosivas como: conos de derrubios, terrazas aluviales y las denominadas cárcavas, estas últimas poseen rasgos particulares de depresiones, que se van haciendo cada vez más extensas. (Franzone y Medina, op.cit).

Las zonas elevadas o positivas pertenecen a estructuras del Complejo de Imataca. Los domos y anticlinales son los más predominantes, donde la acción fluvial es menor. Las zonas altas de estos domos consisten de rocas metamórficas (cuarcitas

ferruginosas) más resistentes a la meteorización, y las partes bajas son gneises félsicos donde la meteorización es muy notoria.

Lomeríos: los desniveles pueden variar entre 10m y 250m, con pendientes de 16% hasta 60%. En la superficie se han desarrollado suelos muy evolucionados (Ultisoles) asociados a afloramientos rocosos. Las Rocas que conforman este paisaje son los granitos, los gneises graníticos y las granulitas. Los tipos de relieve que los caracterizan son lomas, domos, glacialuviales y vegas. Son a su vez, paisajes de los mas ubicuos, aunque se encuentran con mayor predominación y continuidad espacial.

Planicies: son los paisajes más abundantes y de mayor uniformidad, presentando pendientes que varían de 0 a 4%; las hay de origen deposicional, residual y combinación de estos, deposicional - residual. Los más importantes son del tipo deposicional y corresponden a la Formación Mesa, que consisten en sedimentos del Plio-pleistoceno. Estas planicies, en parte han sido muy disectadas a costa del retroceso progresivo del sistema de cárcavas.

2.3.5 Geología regional

El Escudo de Guayana se localiza al sur del Río Orinoco y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de Venezuela, con rocas tan antiguas como 3.41 Ga (granulitas y charnockitas del Complejo de Imataca) y tan jóvenes como 0.711 Ga (kimberlitas eclogíticas de Guaniamo), que registran en buena parte una evolución geotectónica similar a la de otros escudos precámbricos en el mundo, con al menos ruptura de supercontinentes en 2.4-2.3 Ga (Guayanensis), 1.6-1.5 Ga (Alántica-Caura), 0.8-0.7 Ga (Rodinia) y 0.2 Ga (Pangea) (Mendoza, V. 2005).

En particular, el Escudo de Guayana, se compone de cuatro provincias geológicas que son: Imataca (lugar donde se encuentra el área de estudio), Pastora, Cuchivero y Roraima, las cuales forman parte del Cratón Amazónico del Precámbrico de Sur América, que se extiende por el Norte de Brasil, las Guayanas, remanentes precámbricos de Colombia y de Bolivia y estaba unido a África Occidental hasta la ruptura de la Pangea, hacen unos 0,2 Ga (Mendoza, V. 2005), (Figura 2.7)

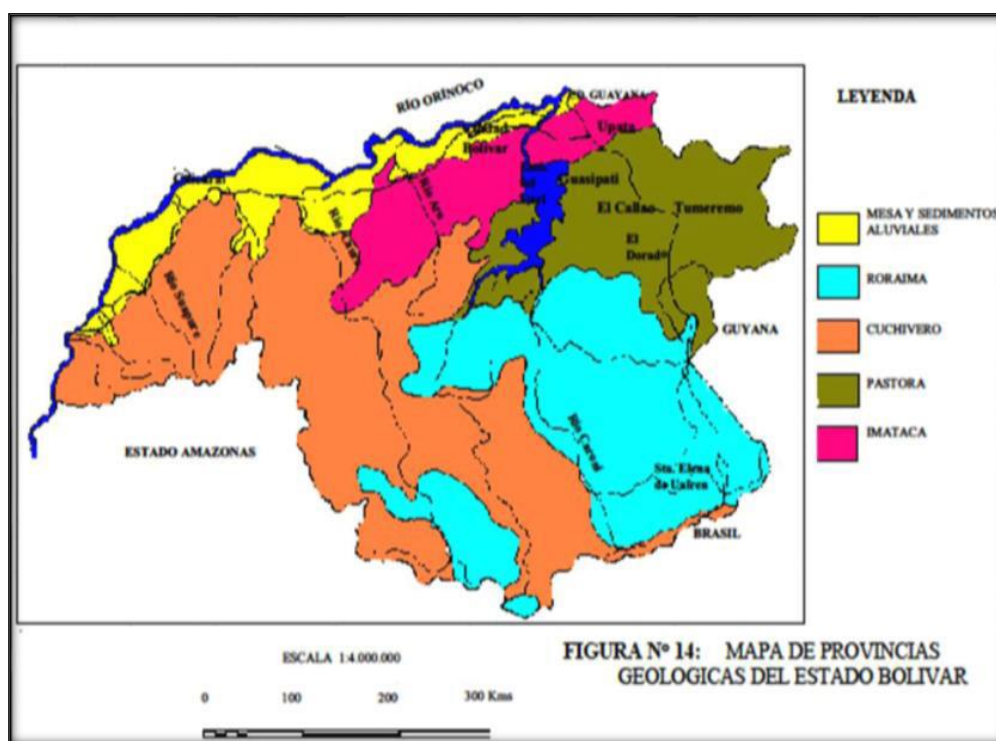


Figura 2.8 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Sidder y Mendoza, 1.995 en Mendoza, 2005).

2.3.6 Geología local

Localmente, el área del estudio se centra en la Provincia Geológica de Imataca, caracterizándose básicamente por la presencia de dos tipos litológicos: sedimentos de la formación mesa y gneises graníticos del Complejo de Imataca. Sin embargo, en las

planicies de desborde de estos ríos se observan sedimentos recientes producto de la actividad fluvial propia de los ríos.

2.3.6.1 Provincia Geológica de Imataca

Ocupa una faja angosta que se extiende por unos 550 Km. De longitud en dirección Suroeste-Noreste desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco donde queda cubierta bajo los sedimentos de éste; y en dirección Noroeste-Sureste aflora por unos 80 Km. De ancho desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Gurí (Menéndez, 1.968 citado en Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera C.A., 1.991; Mendoza, V. 2.000).

Asociaciones litológicas: En la Provincia de Imataca se observan un variado número de asociaciones litológicas que incluyen cinturones de rocas verdes, migmatitas y granulitas (Cordani et al., 2.000 y Tassinari et al., 2.000 citados por Mendoza, 2.000), meta sedimentos y gneises graníticos e intrusiones de granitos posteriores (González de Juana et al., 1.980).

Esta asociación de rocas y la diversidad-complejidad de las estructuras geológicas incluidas dentro de esta provincia es lo que se denomina Complejo de Imataca. En general, la provincia está formada litológicamente por gneises graníticos y granulitas félsicas (cubriendo entre 60 75% de la provincia), anfibolitas y granulitas máficas y ultramáficas (15-20%) y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (*banded iron formation*, BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales poco metamorfizados y más jóvenes de CRV-TTG gnéisicos (El Torno-Real Corona) (Mendoza, 2.000).

Contactos litológicos: El contacto inferior del complejo se desconoce, sin embargo, algunos autores (Kalliskoski, 1.965-a, b y Menéndez, citados en PDVSAIntevep, 1.999-2.001) especulan con la posibilidad de que el complejo formó parte del basamento de la secuencia supra cortical de los cinturones de rocas verdes, tanto de la Provincia Geológica de Pastora como de Imataca, pero no existe evidencia de campo que soporte este hecho. El contacto superior de la provincia es discordante con la Formación Mesa y Sedimentos Recientes (PDVSA-Intevep, 1.997).

Edad: La edad del protolito de Imataca ha sido estimada en 3.500-3.600 m.a. (por Rb/Sr y U/Pb), y que puede corresponder con la edad de las rocas originales previas al metamorfismo (Montgomery et al., 1.977 citado en PDVSA-Intevep, 1.997). Las rocas de Imataca han sufrido rejuvenecimiento y movilización parcial originando emplazamiento de cuerpos intrusivos y desarrollo de zonas migmatíticas (PDVSA-Intevep, 1.997).

Evolución tectónica y petrogénesis: Se cree que al menos una parte del Complejo de Imataca está formada por seis o más dominios o fajas tectónicas que representan micro continentes colisionados por deriva de unos contra otros con obducción, cuyos rasgos delimitadores son grandes fallas de corrimiento (Mendoza, V. 2.000). Estas fajas se conocen como La Encrucijada, Ciudad Bolívar, Santa Rosa, La Naranjita, La Ceiba, Laja Negra y Cerro Bolívar (Ascanio, 1.975 citado por González de Juana et al., 1.980 y Mendoza, V. 2.000). Rodríguez (1.997 en Mendoza, op. Cit.), destacó los tipos de rocas graníticas, charnockíticas y migmatíticas asociadas a cada una de estas fajas tectónicas y su importancia económica en el aprovechamiento para uso ornamental e industrial.

2.3.6.2 Formación Mesa

La Formación Mesa abarca una extensión que comprende los estados Anzoátegui, Guárico, Monagas, parte del estado Sucre y la parte septentrional del estado Bolívar.

Esta formación está constituida litológicamente por areniscas de grano grueso y gravas con cemento ferruginoso cementadas y muy duras; capas lenticulares de conglomerado, areniscas blanco-amarillentas, rojo y púrpura con estratificación cruzada, además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita.

No se ha designado una sección tipo, debido a que la formación aflora en casi todas las mesas, con secciones representativas. En particular, se han mencionado las Mesas de Guanipa y los escarpados de Santa Rosa (Anzoátegui), Tonoro y Santa Bárbara (Monagas) (P.D.V.S.A, 2002).

González de Juana et al. (1980), observó que la Formación Mesa se caracteriza por depósitos horizontales y subhorizontales, fluvio – lacustrino, cuya naturaleza varia de un lugar a otro, los cuales se han derivado posiblemente, de un delta antiguo del río Orinoco que avanzaba hacia el este en la misma forma que se ve avanzar el delta actual. Los sedimentos sufren una gradación inversa de la región central de Monagas hacia el Macizo Guayanés.

El espesor de la Formación Mesa es muy variable pero, en términos generales, disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluviodeltáica y aumenta de Oeste a Este, por el avance de los sedimentos deltáicos. En la Mesa de Maturín, la Formación Mesa tiene un espesor máximo de 275 m,

mientras que en el estado Bolívar rara vez llega a los 20 m, esta formación se considera de edad Plio – Pleistoceno (González de Juana et al, 1980.).

En el área de estudio la Formación Mesa eventualmente tiende a confundirse con los sedimentos residuales producto de la alteración química de las rocas del Complejo de Imataca, presentándose en forma arenosa o arcillosa. (Franzone y Medina, 1998).

2.3.6.3 Sedimentos Recientes

Estos sedimentos provienen de la descomposición de las rocas del complejo de Imataca y de la Formación Mesa. Localmente estos sedimentos están constituidos por materiales como cantos, grava, arena, limo y arcilla provenientes de la meteorización física y química de las rocas del Complejo de Imataca y de la Formación Mesa, los cuales fueron arrastrados por las aguas de escorrentía, viento y ríos de la zona y depositados a partir del Holoceno hasta el presente. Presentan diferentes espesores, que van de algunos metros hasta probablemente unas docenas de metros, generalmente sueltos y porosos, de colores amarillento o blanco y granulometría variable.

Los sedimentos recientes localizados en el área a estudio, se encuentran en las márgenes y el fondo de los morichales, constituidos por arenas, limos y arcillas, productos de la meteorización de las rocas del Complejo de Imataca. Estos sedimentos son transportados por las aguas de los morichales (Franzone y Medina, 1998).

La mineralogía de las arenas que conforman los sedimentos recientes está constituida por 70% de cuarzo, 26% de feldespatos, 3,5% de micas y otros minerales opacos y 0,5% de otros minerales accesorios (Betancourt, O. 1.998).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes o estudios previos

Actualmente no existen estudios realizados en el caño La Poza ubicado en el sector Las Palmas, parroquia Marhuanta, razón por la que este trabajo de investigación puede considerarse como la primera investigación científica de la zona. Sin embargo, se encuentran trabajos en los cuales se ha desarrollado una metodología similar a la que se empleará en este trabajo, que se utilizarán como punto de referencia para la investigación.

Fermín, A., y Taly, H, (2016) “ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO E HIDROLÓGICO DEL RÍO CURRUCAY, UBICADO EN LA PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”. Para la elaboración del análisis sedimentológico se efectuaron aperturas de calicatas y toma de muestras de sedimentos superficiales, y se recolectaron 20 muestras de material arenoso geoposicionadas provenientes del lecho y de las barras presentes en el mismo, posteriormente se realizaron un conjunto de análisis granulométricos y ensayos morfoscópicos que permitieron conocer las características texturales y la forma de las partículas. Mientras que para el análisis hidrológico se efectuaron mediciones de la velocidad de la corriente a partir de los métodos de flotador y correntómetro. Para la delimitación y determinación de los parámetros morfométricos de la cuenca del río Currucay se usó el software ArcGis v. 10.1 a partir de un modelo digital de terreno (MDT). La morfología típica del río Currucay es la de un cauce con profundidades entre 15 y 30 cm, sinuoso o con meandros, conformado por sedimentos del Holoceno los que dan lugar a barras con sedimentos arenosos. Los

resultados granulométricos indicaron que en casi la totalidad de las muestras predominan arenas muy gruesas a gruesas; los resultados del ensayo morfooscópico mostraron que la mayoría de los sedimentos van de sub-angulosos a sub-redondeados lo que indica que provienen de zonas cercanas, y se infiere que la fuente de origen es la erosión de rocas ígneo-metamórficas pertenecientes a la Provincia de Imataca y sedimentos poco consolidados de la Formación Mesa. El análisis de las curvas granulométricas por el método de Visher determinó que se presentan los tres mecanismos de transporte en el 100% de las muestras y que el más frecuente es el de saltación con 3 sub-poblaciones, con diámetros que van desde 0,625 a 0,125 mm. Los resultados obtenidos a partir de los parámetros estadísticos indican que los sedimentos de las muestras estudiadas se encuentran de bien seleccionados a moderadamente seleccionados y los valores de la mediana muestran que se trata de arenas gruesas a muy gruesas. Para el número de Froude se obtuvo un valor promedio de 0,79, indicando esto que el flujo es subcrítico. Para el número de Reynolds se calculó un valor promedio de 0,06, lo que indica un régimen de flujo laminar. Mediante los valores de velocidad obtenidos y el diámetro de los sedimentos, se pudo identificar el estado de movimiento en el que se encuentran mediante el uso del diagrama de Hjulström, en el 100% de los casos se obtuvo que los granos de arena se encuentran en estado de erosión y transporte. El análisis morfométrico permitió conocer que la cuenca del río Currucay tiene un área de 160,06 km² y un Factor Forma de 0,11 correspondiente a cuencas alargadas y la longitud del río es de 23,06 km.

El trabajo de grado citado está relacionado con el estudio a desarrollar, a través del empleo de metodologías como el método de Visher para determinar los mecanismos de transporte de los sedimentos, el uso del diagrama de Hjulström y las velocidades de la corriente para identificar el estado de movimiento en el que se encuentran los sedimentos, y la realización de los análisis morfométricos para inferir el grado de transporte de los sedimentos presentes en el área de estudio.

Flores., L, Romero, I, (2018) “ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS SEDIMENTOLOGICOS DE LOS DEPOSITOS COSTEROS PRESENTES EN LAS ADYACENCIAS DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO UNARE, SECTOR EL HATILLO, MUNICIPIO FERNANDO DE PEÑALVER, ESTADO ANZOATEGUI, VENEZUELA”. Para su estudio se realizó un análisis de los aspectos sedimentológicos de los depósitos costeros presentes en las adyacencias de la desembocadura del río Unare, para ello se empleó una metodología que consto de una investigación preliminar donde se recopiló toda la información cartográfica y bibliográfica sobre el área de estudio, posteriormente se desarrolló una etapa de campo estableciendo zonas de interés de estudio y realizando descripciones geomorfológicas y sedimentológicas, además se efectuó en los cuerpos arenosos la apertura de 9 calicatas con sus respectivas columnas sedimentológicas y tomando un total de 18 muestras de sedimentos, se fotografió el área para tener constancia visual de lo observado; a continuación se procedió al trabajo de laboratorio, sometiendo las muestras a análisis granulométricos para conocer sus características texturales y análisis morfoscópicos para inferir el grado de transporte y madurez de los sedimentos, seguidamente en oficina se descargaron imágenes satelitales de la zona para su interpretación, se digitalizaron las columnas hechas en campo y elaboro el mapa de ambientes sedimentarios para su interpretación. Como resultado tenemos que la zona de estudio presenta 5 tipos de depósitos costeros con características distintivas, en el norte la isla de barrera predomina las arenas de grano medio con formas sub-redondeadas y sedimentos con alto retrabajo, con buen escogimiento en general y tendencia grano decrecientes en la playa baja y alta, la marisma de ambiente reductor, al Sur y Este una planicie de inundación limo-arcillosa con presencia de sal, grietas de desecación y afectada por la influencia de marea que penetra por el canal fluvial central tipo meandriforme representado por el río Unare con depósitos de barras asociados y al oeste la laguna de Unare de agua salobre, poco profunda y vegetación abundante.

Esta investigación permitirá desarrollar metodologías para definir cuerpos sedimentarios en función a sus características físicas y secuencia sedimentaria observadas en calicatas, así como también servirá de apoyo para comprender los resultados estadísticos y texturales de los sedimentos arrojados de los análisis granulométricos.

3.2 Fundamentos teóricos

3.2.1 Transporte y acumulación de sedimentos

El mecanismo fundamental que rige el transporte de sedimentos es el movimiento de un fluido, el aire o el agua, provocando una puesta en movimiento (erosión), un transporte y finalmente, la sedimentación de partículas. La puesta en movimiento es provocada por la tracción que origina una corriente al actuar sobre una superficie sedimentaria. Cuando esta fuerza es superior a la resistencia de fricción e inercia de las partículas, éstas se pondrán en movimiento. Esta fuerza que actúa sobre el fondo es proporcional a la velocidad de escorrentía del fluido (Hjulstrom, F. 1935).

La velocidad necesaria para erosionar un sedimento es función de la dimensión de los granos y de su cohesión. Para los sedimentos arenosos la cohesión intergranular es relativamente débil, mientras que para los sedimentos limosos y arcillosos la cohesión es más importante. Numerosos estudios han permitido trazar curvas que relacionan la velocidad necesaria para erosionar y la granulometría.

Según Hjulstrom (1935) presento el análisis de erosión, transporte y sedimentación con base en la velocidad media del flujo. La velocidad en el fondo de un canal, la cual es directamente responsable del movimiento de los sedimentos la cual es difícil de determinar, él asumió que para profundidades mayores que 1.0 m, la velocidad en el fondo es 40% menos que la velocidad media del flujo ($V_b < 0.4 V$). El

diagrama indica que los granos más sueltos (arenas) son las más fáciles de erosionar; la gran resistencia a la erosión de las partículas más pequeñas depende de las fuerzas de adhesión y cohesión (Figura 3.1).

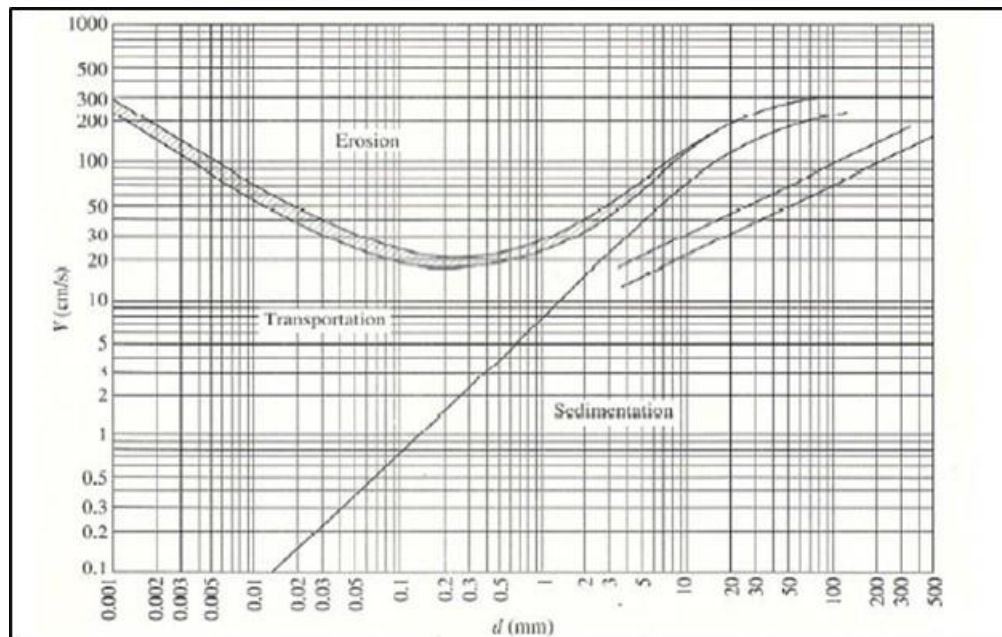


Figura 3.1 Velocidad de corriente necesaria para erosionar sedimentos, según Hjultrom (1935).

Generalmente en la naturaleza, las velocidades de las corrientes raramente superan los 2-3 metros por segundo, lo que limita la dimensión de las partículas transportadas a algunas decenas de centímetros. Al contrario, cuando una corriente es muy viscosa (turbiditas y colados fangosos), la dimensión de las partículas transportadas puede ser mucho mayor (Miall, A., 1978).

Una vez puesto en movimiento, el sedimento puede ser transportado por dos mecanismos diferentes: sobre el fondo, por tracción ("bed load") o en la misma corriente, en suspensión ("suspended load") (Miall, A., 1981).

Cuando la turbulencia de la corriente es insuficiente para elevar y mantener las partículas a cierta distancia del fondo el sedimento es transportado sobre el fondo por tracción. En esta modalidad de transporte, los granos se mueven entre pocos milímetros y algunos centímetros del fondo y la fuerte densidad de los granos por unidad de volumen provoca numerosos choques entre las partículas, el cual da lugar a la "saltación".

En general, las arenas y gravas son transportadas por, tracción sobre el fondo, mientras que los sedimentos finos son transportados en suspensión. Existen curvas experimentales para prever la modalidad de transporte en función de la granulometría del sedimento y la magnitud de la corriente (Figura 3.2 y 3.3).

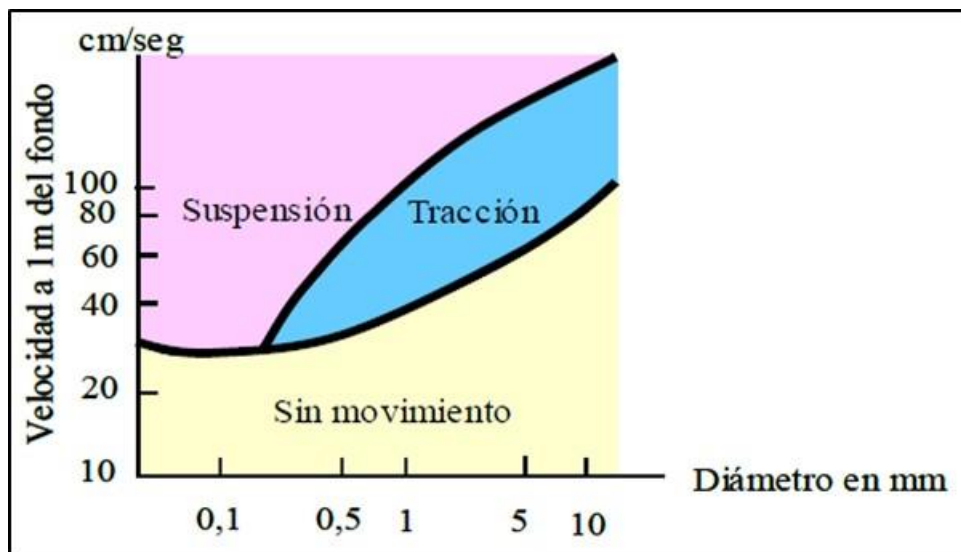


Figura 3.2 Mecanismos de transporte, tipo de transporte en función de la granulometría. Nótese que los sedimentos menores de 0,1 mm no serán transportados más que por suspensión según Miall, A., (1981). Modificada.

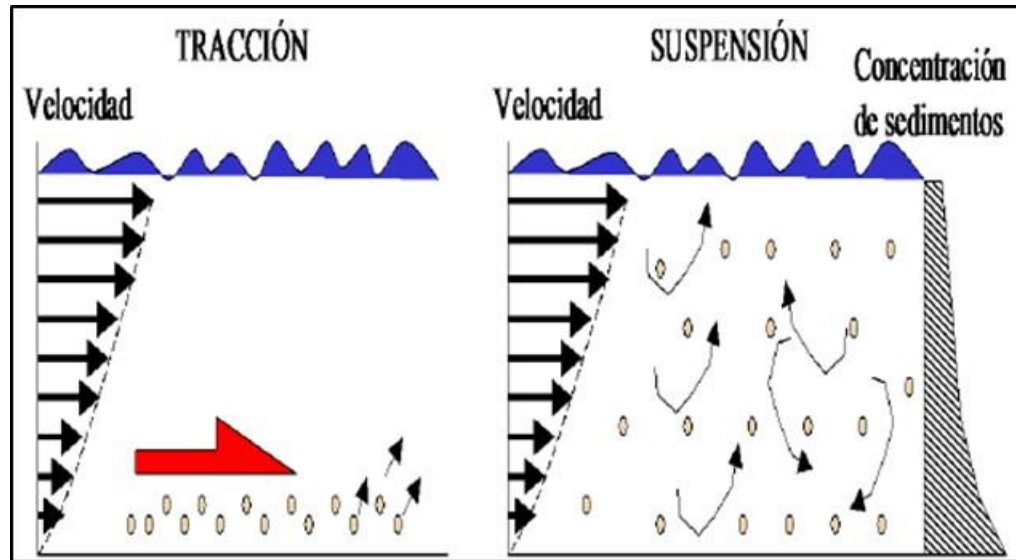


Figura 3.3. Mecanismos de transporte (Maill, A., 1981).

3.2.2 Caudal

El caudal corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería, entre otros) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (Litros, Metros Cúbicos, etc.), por unidad de tiempo (Segundos, Minutos, Horas, etc.). Es la cuantificación del caudal de agua que pasa por la sección transversal de un conducto (río, riachuelo, canal, tubería) de agua; también se le conoce como aforo caudal de agua. Para cuantificar el caudal de agua se puede utilizar la siguiente fórmula (Inrena-Ucpsi, 2005):

:

$$Q = A \times V \quad (3.1)$$

Dónde:

Q = Caudal o Gasto (m³/s)

A = Área de la sección transversal (m²)

V = Velocidad media del agua en la sección hidráulica (m/s)

3.2.3 Método del flotador

El método del flotador se utiliza en los canales y acequias y da solo una medida aproximada de los caudales. Su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son los estimados de caudal siendo necesario el uso de otros métodos cuando se requiere una mayor precisión. En este método, de igual manera, se utilizan los valores promedio de las variables determinadas.

Para el cálculo del caudal se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = C \times A \times v \quad (3.2)$$

$$v = e / t \quad (3.3)$$

Dónde:

C: Factor de corrección

v: Velocidad (m / s)

e: Espacio recorrido por el flotador (m)

t: Tiempo de recorrido del espacio «e» por el flotador (s)

A: Área de la sección transversal

Q: Caudal

Los valores de caudal obtenidos por medio de este método son aproximados, por lo tanto requieren ser reajustados por medio de factores empíricos de corrección (C) (Tabla 3.1). (Inrena-Ucpsi, 2005)

Tabla 3.1 Valores de factor de corrección según el tipo de río o canal y el tipo de material (Inrena-Upsi., 2005).

Tipo de Arroyo	Factor de corrección (C)	Precisión
Canal rectangular con lados y lechos lisos	0,85	Buena
Río profundo y lento	0,75	Razonable
Arroyo pequeño de lecho parejo y liso	0,65	Mala
Arroyo rápido y turbulento	0,45	Muy mala
Arroyo muy poco profundo de lecho rocoso	0,25	Muy mala

3.2.4 Diagrama de Hjulstrom

El diagrama de Hjulstrom es una representación gráfica de la velocidad de un flujo acuoso y el diámetro de las partículas que transporta, de tal modo que se limitan campos (el campo de erosión, transporte y sedimentación), que nos relacionan ambos parámetros. Emplea una doble escala logarítmica. Hay un valor crítico de diámetro, en torno a 0,2 mm. que nos divide el diagrama en dos regiones. Una de grano muy fino (arcillas, limos, arenas muy finas) y otra que supera los 0,2 mm. De diámetro (el resto de las arenas, cantos, grabas y bloques). De forma general, vemos que está dividido en 3 campos, deposito, transporte y erosión. Limitados por curvas límite (Dabrio, C. 2003).

3.2.5 Análisis de redondez de las partículas

La redondez, es la propiedad geométrica de las partículas que nos ayuda a interpretar por medio de un análisis morfológico, la historia geológica de los sedimentos (Figura 3.4), basándonos en la clasificación comúnmente usada como lo es la clasificación de Pettijohn (1973), los vértices agudos. Podemos resumir esta clasificación en lo siguiente:

1. Angulosos (0-0,15 mm.): el desgaste se presenta muy poco o ninguno, siendo sus aristas y vértices agudos (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).

2. Sub-angulosos (0,15 - 0,25 mm.): muestran los efectos típicos del desgaste. Los fragmentos mantienen todavía su forma primitiva (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).

3. Sub-redondeados (0,25 - 0,40 mm.): muestran considerable desgaste, las aristas y los vértices están redondeados en curvas suaves y la superficie de las caras primitivas se encuentran bastante reducidas, pero se mantiene todavía la forma primitiva del grano (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).

4. Redondeados (0,40 - 0,60. mm.): caras originales completamente destruidas, pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes. Todas las aristas y los vértices originales han sido pulidos hasta curvas suaves y amplias (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).

5. Bien redondeados (0,60 - 1,00 mm.): sin caras originales, sin aristas ni vértices, la superficie consta totalmente de curvas amplias, carece de áreas planas y de aristas secundarias. La forma original se reconoce por la forma actual del grano (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).

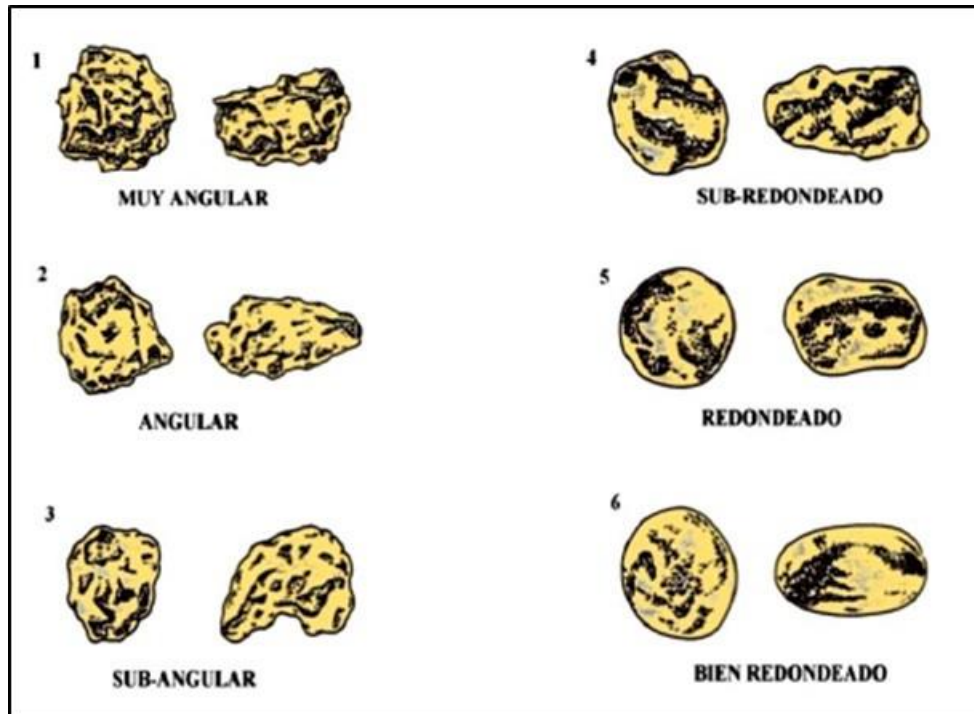


Figura 3.4 Forma y redondez de los granos segun Pettijohn, F., 1973 (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).

3.2.6 Método de Visser

En la curva granulométrica de la distribución acumulada se vinculan las subpoblaciones con los mecanismos de transporte así los sedimentos más gruesos se asignan a la tracción, los intermedios a la saltación y los finos a la suspensión, esto se realiza trazando rectas tangentes a la curva (Figura 3.5) (Figura 3.6).

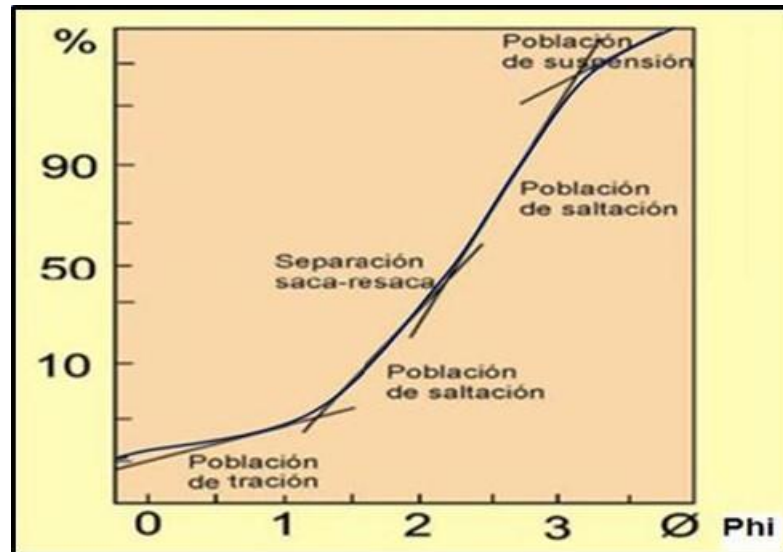


Figura 3.5 Curva de frecuencia acumulada con las poblaciones asociadas al mecanismo de transporte (modificado de Spalleti, 2007).

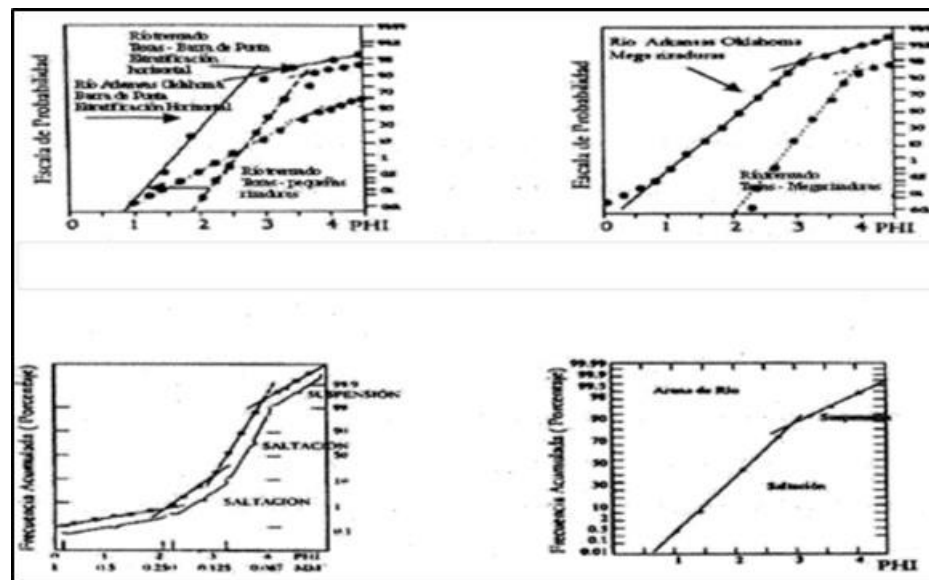


Figura 3.6 Curvas de frecuencia acumulada de arenas de playa (Modificado de Visher, 1969).

3.3 Definición de términos básicos

3.3.1 Sedimentos

Se entiende por sedimentos a todas las partículas de suelo y roca de una cuenca que son arrastradas y transportadas por una corriente de agua.

Los sedimentos después de cierto acarreo, finalmente son depositados a lo largo de los propios cauces, en lagos o lagunas y en las partes bajas de la cuenca, principalmente en la planicie, lo que da origen a la formación de ésta y a su levantamiento. El sedimento que se deposita en un gran cuerpo de agua recibe de ésta su estructura y carácter finales (García, M y Maza J., 1998).

3.3.2 Clasificación de los sedimentos

3.3.2.1 Sedimento no cohesivo

También denominado material granular, es el formado por granos gruesos o partículas sueltas, como las arenas y gravas. En los granos gruesos de los sedimentos o suelos, la fuerza de gravedad predomina fuertemente sobre cualquier otra fuerza, por ello todas las partículas gruesas tiene un comportamiento similar. Además, esto significa que el peso de las partículas es la fuerza principal que resiste las fuerzas de arrastre y sustentación, es decir el empuje de la corriente y dado que la fuerza de gravedad siempre está presente, al disminuir o cesar la acción del agua, las partículas se detienen, caen y se depositan (García, M. y Maza J., 1998).

3.3.2.2 Sedimento cohesivo

Es el formado por partículas de grano muy fino, constituidas por minerales de arcilla, que se mantienen unidas entre sí por la fuerza de cohesión, la cual se opone a que las partículas individuales sean separadas o arrancadas del conjunto del que forman parte. Esa fuerza de unión es considerablemente mayor que el peso de cada grano y es la que resiste a las fuerzas de arrastre y sustentación, causadas por el flujo de agua (García, M. J. A. Maza. (1998).

3.3.3 Estructuras sedimentarias

Las estructuras sedimentarias representan características distintivas en los sedimentos y rocas sedimentarias que son estudiadas y analizadas en los afloramientos, más que en las muestras de mano o en secciones finas. Nos permiten evaluar la dirección de las corrientes, paleoprofundidades, acción biológica de los organismos, cambios y desarrollos de formas por procesos diagenéticos, etc.

Son estructuras formadas por medios físicos, químicos o biológicos en los sedimentos y rocas sedimentarias durante y después de los depósitos. (Baamonde, J., 2006).

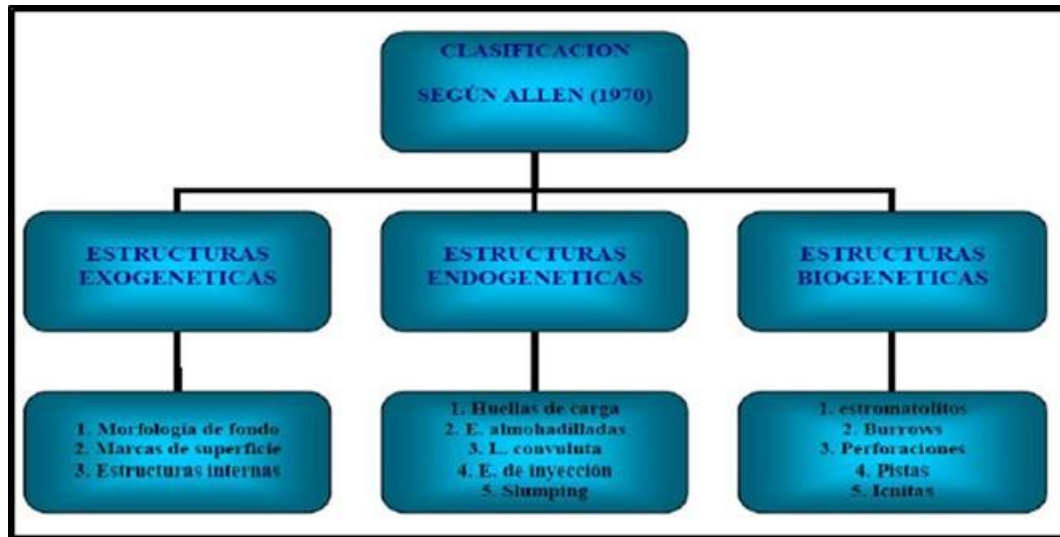


Figura 3.7. Clasificación de las estructuras sedimentarias según Allen (1987).

Debido a la gran variedad de estructuras sedimentarias se utilizó la clasificación propuesta por Allen (1987), la cual los agrupa según los procesos físicos que actúan para que estas se formen, tales como:

3.3.3.1 Laminación de rizaduras

En un ambiente poco energético, con corrientes relativamente débiles, dominan las estructuras del tipo rizadura. Estas se manifiestan por una estratificación oblicua a pequeña escala (Corrales, J., 1977).

La altura de las rizaduras puede evaluarse midiendo el espesor de los grupos individuales (“sets”) de láminas oblicuas (Figura 3.8) (Corrales, J., 1977).

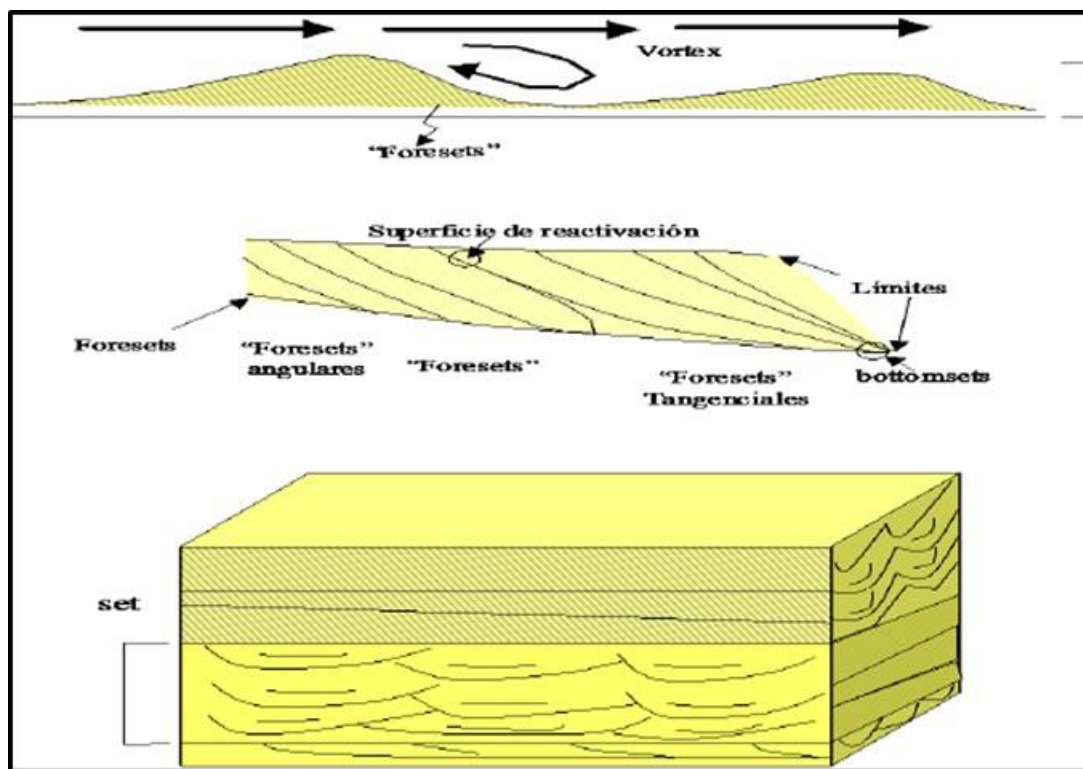


Figura 3.8. Morfología asociada a la estratificación oblicua (Corrales, J.1977).

Las rizaduras con cresta rectilínea forman láminas paralelas en la parte lateral y láminas oblicuas, limitadas a grupos por superficies de erosión longitudinal. Este tipo de laminación se llama laminación cruzada tabular a pequeña escala (*"smallscale tabular crossbeds"*); el conjunto individual de lámina oblicua varía de 1 cm a 5 cm de espesor.

Las rizaduras linguoides forman una laminación más irregular, pues las ondulaciones de las crestas originan depresiones (*"troughs"*) corriente abajo. La acumulación de láminas en dirección de la corriente (sotavento) que tapizan las superficies irregulares de estas depresiones produce una laminación oblicua denominada laminación festoneada (*"festoons"*; *"troughcrossbeds"*) (Allen, J., 1987).

3.3.3.2 Láminas paralelas

Este tipo de laminaciones consiste en una superposición de láminas tabulares paralelas, horizontales o ligeramente inclinadas. Esta forma de estratificación representa el régimen de transporte de fondo plano, producto de una corriente de régimen torrencial (Allen, J., 1987).

Esta estructura es característica de los ambientes de playa y corresponde a laminaciones paralelas sedimentarias en el frente de la playa ("*shoreface*") con una, débil pendiente hacia el mar (Allen, J., 1987).

El análisis de las estructuras de corriente permite determinar la intensidad y la dirección de las corrientes (salvo el caso de la estratificación paralela). Los detalles y las particularidades de estas estructuras permiten también determinar la naturaleza de los mecanismos de transporte, el cual, junto a otros datos, principalmente paleontológicos, permitirá evaluar y reconstruir el ambiente de sedimentación del depósito (Figura 3.9) (Leeder, M., 1982).

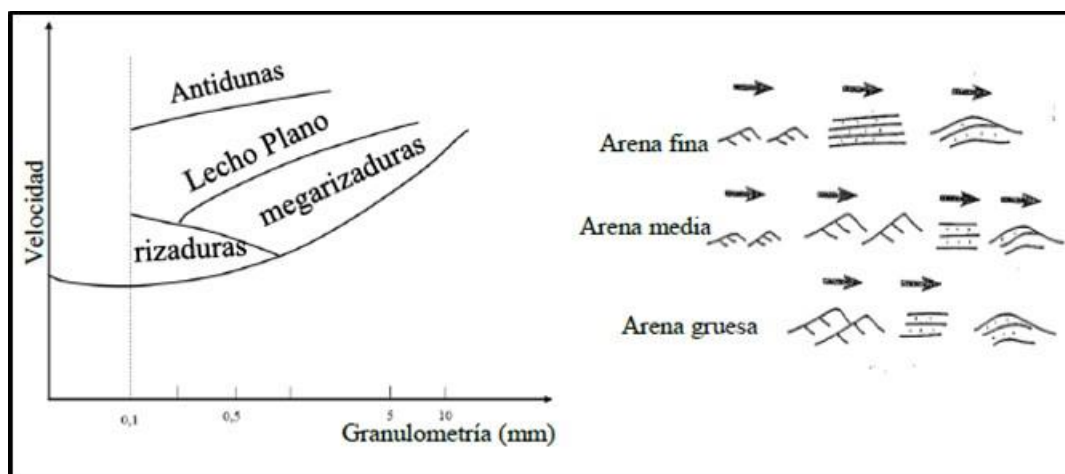


Figura 3.9 Estructuras de corriente en función de la granulometría (Leeder, M., 1982).

3.3.4 Ríos meandriformes

Son aquellos en que la sinuosidad es mayor que 1.5. Los cauces presentan curvas alternadas unidas por tramos rectos y cortos. Normalmente la pendiente es baja. Estos cauces pueden presentar erosión en las márgenes exteriores de las curvas, principalmente en los tramos de aguas abajo. Existen profundas depresiones del fondo en las curvas y altas velocidades en la cercanía de las márgenes cóncavas. Los tirantes en las transiciones son menos profundos si se comparan con los que ocurren en las curvas (García, M y Maza J., 1998).

Los cauces con meandros pueden a su vez clasificarse como: a) con curvas “superficiales” y b) con curvas en “trinchera”. Los primeros cambian su curso en el transcurso del tiempo, y los segundos permanecen fijos ya que generalmente son cavados en materiales resistentes (García, M y Maza J., 1998).

Los meandros según su movimiento hacia aguas abajo, y si los cortes ocurren en una misma zona, pueden clasificarse en estables o muy estables (García, M y Maza J., 1998).

3.3.5 Análisis granulométrico

En este análisis se intenta determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presentes en una masa de suelo. Para obtener un resultado significativo la muestra debe ser estadísticamente representativa, como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaños. Para lograr esto se obtiene la cantidad de materiales que pasa a través de un tamiz con una malla

dada pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores al anterior (Tabla 3.2) (Bowles, J. 1981).

Tabla 3.2 Clasificación según el tamaño de las partículas de Wenworth (Pettijohn, 1949).

	CLASTO	SEDIMENTO	mm	SEDIMENTITA ó ROCA SEDIMENTARIA
PSEFITA	Bloque	Aglomerado		Aglomerado (Conglomerado de bloques)
	Guijón	Grava	256	Conglomerado o brecha
	Guijarro		128	
	Guja		64	
PSAMITA	Grano	Arena	32	Arenisca
			16	
			8	
			4	
			2	
	Partícula	Limo	1	Limolita
			0,5	
			0,25	
			0,125	
			0,062	
PELITA	Grano	Arenisca	0,031	Arenisca
			0,016	
			0,008	
			0,004	
	Partícula	Limo	0,002	Limolita
			0,001	
			0,0006	
			0,0003	

Los tamices son mallas hechas de alambre forjado con aberturas rectangulares que varían desde 101,6 mm (4") en la serie más gruesa hasta el número 400 (0,038 mm) en la serie más fina. El tamiz N° 200 (0,075) es el tamiz más pequeño en la

práctica. Todos los sistemas de clasificación utilizan este tamiz como un punto divisorio, ya que las clasificaciones se basan generalmente en términos de la cantidad retenida o la cantidad que pasa a través del mismo tamiz. (Bowles, J. 1981).

3.3.6 Parámetros estadísticos

En el análisis estadístico simple existen una serie de parámetros que permiten comparar diversos análisis entre sí. Los parámetros empleados se estiman gráficamente a partir de los llamados genéricamente cuartiles que expresan el tamaño de clastos correspondiente a una proporción concreta de individuos de tamaño superior a él. Normalmente la curva de frecuencias se divide en cien partes de ahí que normalmente se utilicen percentiles. Los percentiles se expresen con el signo ϕ_i , indicando el subíndice "i" el porcentaje utilizado. Así ϕ_5 corresponderá a aquél tamaño que tiene un 5% de individuos superiores a él. Estos percentiles se pueden calcular gráficamente a partir de la curva de frecuencias relativas acumuladas. Otros percentiles (5, 16, 15, 50, 84, 95) son también muy útiles para calcular los distintos parámetros estadísticos de las distribuciones (Alonso, A., 2010).

3.3.6.1 Parámetros estadísticos propuestos por Folk y Ward

- ❖ Mediana (M_d): es el tamaño de grano para el cual la frecuencia acumulada es del 50% (Tabla 3.3) (Alonso, A., 2010).
- ❖ Media($\bar{x}$): es el parámetro más representativo (Tabla 3.3) (Alonso, A., 2010).

- ❖ Selección (σ): es una medida de cómo se distribuyen los clastos en todas las clases y no sólo en la clase modal o en las proximales, por ello debería hablarse más de clasificación que de selección (Tabla 3.3) (Alonso, A., 2010).
- ❖ Simetría o sesgo (SK): es el grado de asimetría de una distribución, por lo tanto establece la relación entre las mezclas gruesas y las finas (Tabla 3.3) (Alonso, A., 2010).
- ❖ Cúrtosis (KG): representa un índice de dispersión que relaciona las clases proximales con las distales, es un auténtico índice de la selección (Tabla 3.3) (Alonso, A., 2010).

Tabla 3.3. Ecuaciones del método gráfico según Folk y Ward (1957).

Parámetros estadísticos	Fórmulas
Media ($\bar{x}$)	$\frac{(016 + 050 + 08)}{3}$
Selección (σ)	$\frac{(084 - 016)}{4} + \frac{(095 - 05)}{6,6}$
Asimetría (SK)	$\frac{(016 + 084 - 2 * 050)}{2 * (084 - 016)} + \frac{(05 + 095 - 2 * 050)}{2 * (095 - 05)}$
Mediana (M_d)	050
Cúrtosis (KG)	$\frac{(095 - 05)}{2,44 * (075 - 025)}$

Tabla 3.4. Rangos de valores que emplea en el método gráfico geométrico para asignar la selección, asimetría y córtosis (modificado de Folk y Ward, 1957). La unidad de medida utilizada para los cálculos corresponde a milímetro (mm)

Selección (σ)	Muy bien clasificado: $<0.35 \phi$ Bien clasificado: 0.35ϕ a 0.50ϕ Moderadamente bien clasificado: 0.51ϕ a 0.71ϕ Moderadamente clasificado: 0.72ϕ a 1.0ϕ Mal clasificado: 1.1ϕ a 2.0ϕ Muy mal clasificado: 2.1ϕ a 4.0ϕ Extremadamente mal clasificado: $>4.0 \phi$
Asimetría (SK)	Muy asimétrico hacia finos: $+1.0$ a $+0.30$ Asimétrico hacia finos: $+0.31$ a $+0.10$ Casi simétrico: $+0.11$ a -0.10 Asimétrico hacia gruesos: -0.11 a -0.30 Muy asimétricos hacia gruesos: -0.31 a -1.0
Córtosis (KG)	Muy platicúrtico: < 0.67 Platicúrtico: 0.68 a 0.90 Mesocúrtico: 0.91 a 1.11 Leptocúrtico: 1.12 a 1.50 Muy leptocúrtico: 1.51 a 3.0 Extremadamente leptocúrtico: > 3.0

3.3.7 Análisis mineralógico

Identificación de minerales a través de la determinación de sus características físicas, utilizando patrones de minerales como referencia; en este análisis se cuantifica e identifican los minerales presentes en una muestra de sedimentos.

Este procedimiento que abarca la elaboración de análisis mineralógico de muestras recibidas en el área de microscopía, aplica a todo tipo de material de concentrados naturales y artificiales, ya sea aluvión, coluvión y suelos residuales, para ser analizados con la lupa estereoscópica.

3.3.8 Separación de minerales magnéticos

Para la separación de los minerales se utiliza el imán de mano y de acuerdo a sus propiedades magnéticas, se clasifican en tres fracciones: magnéticas, electromagnéticas y diamagnéticas, cada una de las cuales contiene minerales de las mallas 35, 70 y 100. Con las fracciones obtenidas se realiza el análisis mineralógico, el cual consiste en la identificación de minerales presentes, a través del uso de la lupa estereoscópica binocular.

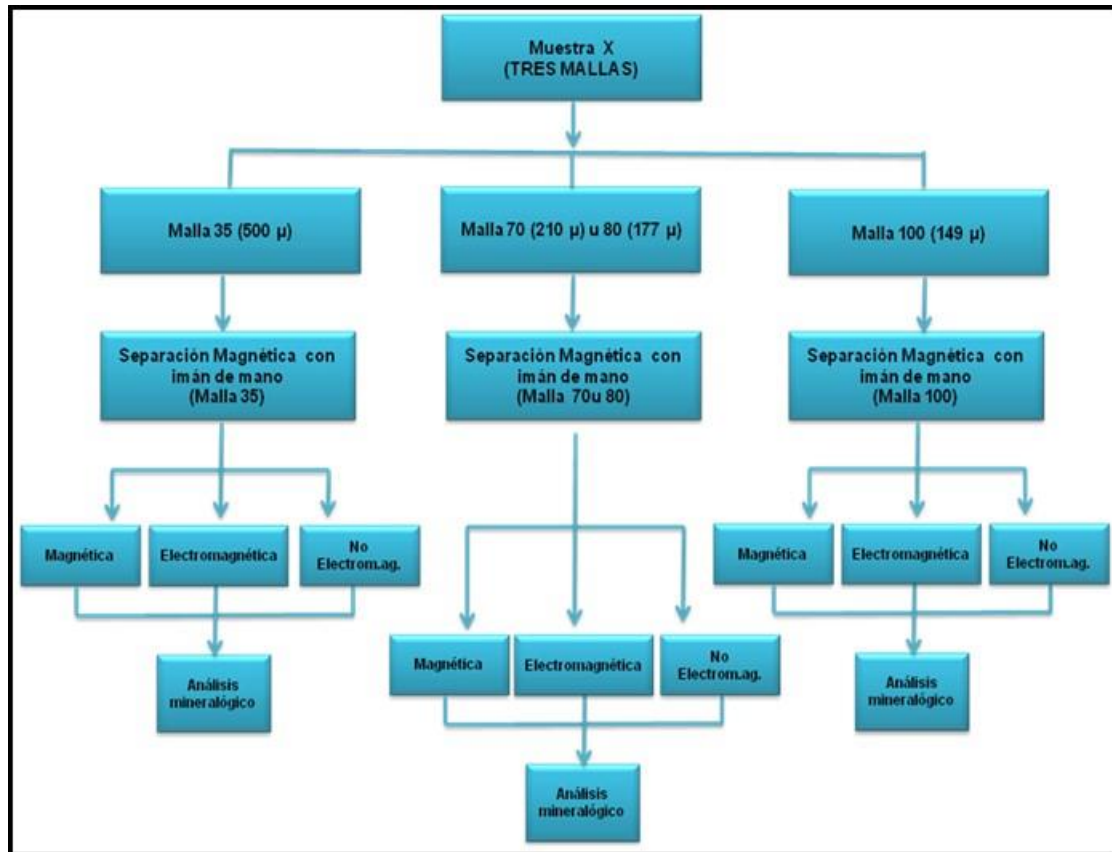


Figura 3.10 Esquema de separación de muestras con imán de mano (Fuente: Diapositivas de Mineralogía para pasantes, INGEOMIN)

De acuerdo con su susceptibilidad magnética los minerales pueden ser clasificados en 3 tipos:

1. Ferromagnéticos o magnéticos: cuando los minerales con un magnetismo fuerte son atraídos por un imán (magnetita, pirrotina).

2. Paramagnéticos o Electromagnéticos: cuando los minerales tienen un magnetismo débil y son atraídos por el campo de un potente electroimán (hematita, ilmenita, goethita).

3. Diamagnéticos o no electromagnéticos: cuando los minerales repelen el campo magnético (cuarzo, circón, corindón).

3.3.9 Florescencia de Rayos X

La finalidad de este análisis es obtener datos de abundancia y de composición química, expresada de manera elemental y en óxidos. FRX posee los mismos principios que DRX. Los rayos utilizados en esta técnica, al interactuar con una muestra, pueden ser absorbidos, difractados o dispersados (difracción), o bien, pueden emitir rayos X característicos (fluorescencia).

El funcionamiento de este método, consiste en impactar la muestra con un haz de rayos X policromático, previamente canalizados evitando así su dispersión y posteriormente dirigidos a la muestra, incidiendo en la red cristalina, específicamente en un electrón de los niveles más cercanos al núcleo, removiéndolo de su órbita, para luego, ese espacio ser ocupado por otro electrón de un nivel más externo y de menor energía. Como se ilustra (Figura 3.11), la vacante interior generada se llena con un electrón externo enlazado y se libera el exceso de energía siendo liberado en forma de radiación (fluorescencia de rayos X) generando longitudes de onda ($K\alpha$ y $K\beta$ en la figura) que pueden ser correlacionadas a un elemento específico. Estos rayos característicos emitidos son luego reconocidos por el detector del equipo analítico y cada elemento es identificado (Beckhoff et al., 2006).

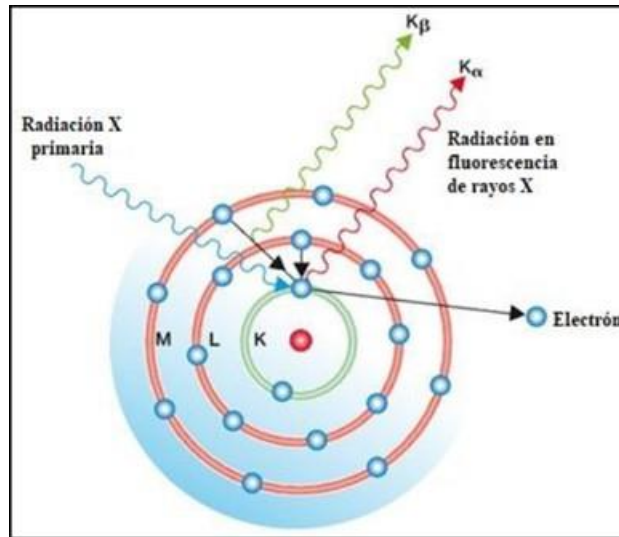


Figura 3.11 Modelo atómico para el método de Análisis de Fluorescencia de Rayos X. (Fuente: www.wpo-altertechnology.com).

3.3.10 Análisis morfoscópico

Consiste en la medición y el análisis de la forma externa de una partícula sedimentaria. La forma de las partículas se ha asociado con procesos de erosión y transporte sedimentario e influye en los análisis granulométricos. Es un medio para diferenciar el origen y ambiente de deposición de los minerales.

La morfoscopía trata de definir con distintos parámetros la forma que pueda tener un grano y clasificarla para llegar a los fines buscados (Figura 3.12).

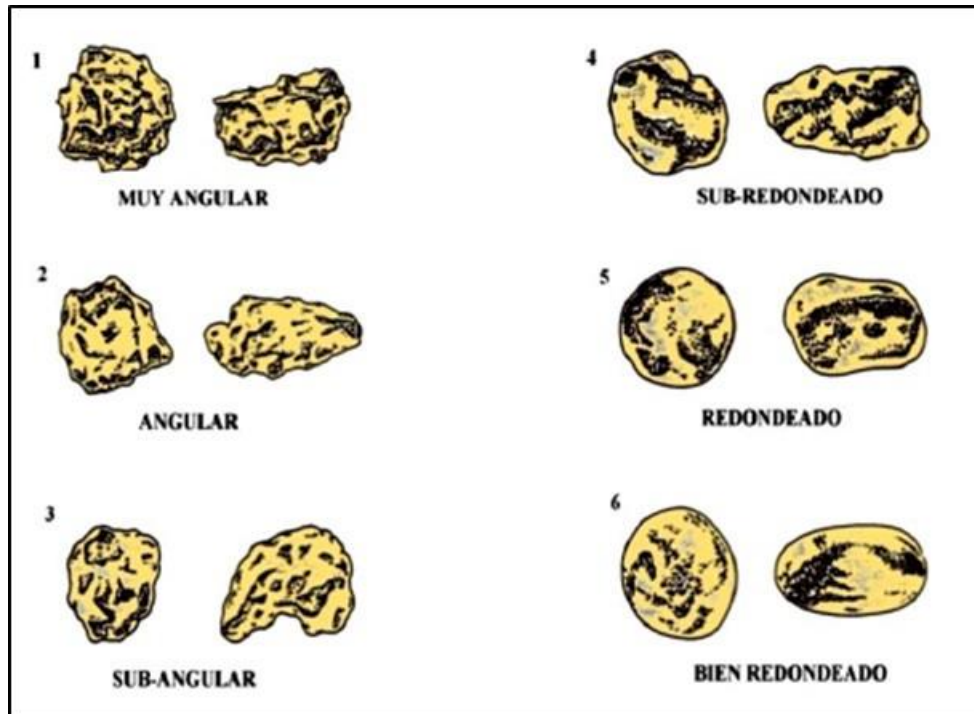


Figura 3.12 Forma y redondez de los granos según Pettijohn, F., 1973 (Higueras, P., y Oyarzun, R., 2010).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Según Arias, F. (2006, p 23) el tipo o nivel de investigación “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. La investigación que se llevara a cabo en el presente trabajo será de tipo descriptiva y exploratoria.

Para Bernal (2006), en la investigación descriptiva, se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos prototipos, guías, etcétera, pero no se dan explicaciones o razones del porqué de las situaciones, hechos, fenómenos, etcétera; la investigación descriptiva se guía por las preguntas de investigación que se formula el investigador.

De acuerdo con el autor anterior la investigación será de tipo descriptiva, ya que debido a lo expuesto tiene como objetivo el análisis sedimentológico de los sedimentos presentes en el caño La Poza, lo cual consiste en describir, caracterizar, registrar, analizar e interpretar los resultados obtenidos en campo y de los ensayos de laboratorio a las muestras recolectadas en el campo.

Según Arias (2006) la investigación exploratoria “Es aquella que se emplea en un tema u objetivo poco conocido o estudiado, por lo que sus resultados constituyen una versión aproximada de dicho objetivo”. Por lo que también consideraremos esta investigación como de tipo exploratoria, ya que es una zona no explorada con anterioridad, por lo que la información obtenida en este trabajo marcará un referente a futuros estudios en el área.

4.2 Diseño de la investigación

Según Arias (2006) “la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna”.

Por lo que el diseño de esta investigación se considera de campo, porque se realizará la recolección y muestreo de depósitos de sedimentos en puntos que reúnen condiciones de representatividad del caño La Poza.

4.3 Población de la investigación.

Arias (2006) explica “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”.

Con lo anterior descrito podemos decir que la población de este trabajo son los sedimentos presentes en el caño La Poza.

4.4 Muestra de la investigación

La muestra es un “subconjunto representativo de un universo o población” (Arias, F., 2006).

En concordancia a lo descrito anteriormente, la muestra de esta investigación son las muestras de sedimentos que recolectadas en el caño La Pozo, en el sector Las Palmas. Se recolectaron 10 muestras de sedimentos, y se hicieron 8 descripciones de columnas sedimentarias mediante la realización de calicatas.

4.5 Flujograma de la investigación

En la Figura 4.1 se presenta el flujograma, donde están representadas las 4 etapas en las cuales se desarrollará la investigación, que son: etapa 1 de Pre-campo, etapa 2 trabajo de campo, etapa 3 trabajo de laboratorio y etapa 4 trabajo de oficina, para culminar el análisis de toda la información y la redacción del informe final.

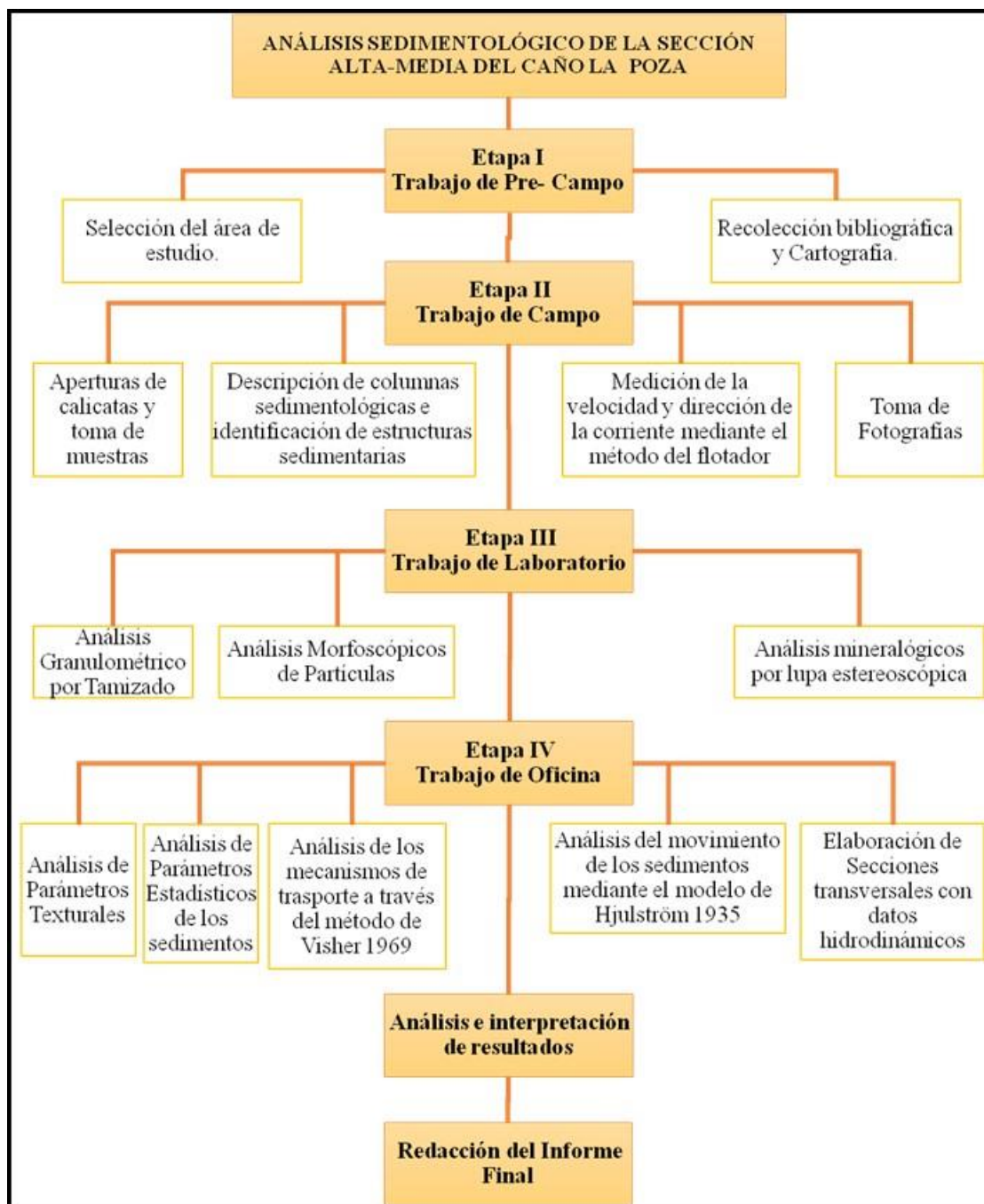


Figura 4.1 Flujograma de trabajo.

4.5.1 Etapa I: Trabajo de Pre-Campo

Durante esta etapa se realizó una búsqueda exhaustiva de toda la información relacionada con la investigación, incluyendo las bases teóricas y los datos sedimentológicos e hidrológicos de la zona de estudio que pudiesen servir de apoyo en el desarrollo del trabajo.

4.5.1.1 Selección del área de estudio

Las razones que justifican la selección de la zona de estudio obedecen a los criterio de: factibilidad, ya que el lugar es de fácil acceso por vía terrestre desde la avenida Paseo Simón Bolívar, así como también a través de vías de penetración y caminos, lo que facilita el traslado hasta la misma; desde el punto de vista sedimentológico e hidrológico el lugar cumple con las condiciones necesarias para llevar a cabo la investigación, el caño La Poza presenta una corriente de agua continua con profundidades aptas para utilizar los equipos necesarios para llevar a cabo dicha investigación, permitiendo también la recolección de muestras de sedimentos. De ese mismo modo el área no cuenta con registros de estudios previos lo que permitirá un aporte cognitivo a partir de esta investigación, pudiendo servir como base teórica a futuros trabajos desde el punto de vista académico así como también para futuras obras civiles cercanas al área de estudio.

4.5.1.2 Recopilación bibliográfica y cartográfica

Antes de realizar las actividades de campo se hizo una revisión y recopilación bibliográfica de toda la información significativa disponible de la zona de estudio con el objetivo de adecuar una metodología para el desarrollo de la investigación, así

como también se recopiló información de estudios de otras zonas relacionados con la investigación a efectuar.

Se utilizó imágenes obtenidas de Google Earth correspondientes al área de estudio, pudiendo analizar no solo las características de la zona, sino también de sus áreas limítrofes.

4.5.2 Etapa II: Trabajo de campo

Para llevar a cabo la etapa de campo se dividió la zona de estudio en diez (10) estaciones de trabajo, las cuales se programaron de tal manera que cubrieran toda el área a ser estudiada, en ellas se realizaron las diferentes actividades planteadas para lograr los objetivos propuestos.

4.5.2.1 Apertura de calicatas y toma de muestras

En 8 de las estaciones de trabajo se efectuaron excavaciones de calicatas y recolección de muestras de sedimentos superficiales, éstas se realizaron en las barras de meandros, barras transversales y longitudinales presentes en el caño.

La profundidad de las calicatas fueron menores a 1 metro debido a la presencia del nivel freático cercana a la superficie (Figura 4.2).



Figura 4.2 Apertura de calicatas.

En total se recolectaron doce (12) muestras de sedimentos con un peso aproximado de 1 kilogramo cada una, que fueron debidamente identificadas con etiquetas (Figura 4.3) de la siguiente manera:

Las muestras llevan antes de su nomenclatura (M) el número de estación a la que pertenece y el tipo de extracción de la que se obtuvo la muestra (calicata o barra sedimentaria), ejemplo: E1-C1-MX o E1-B1-MX, enumeradas a partir del número uno (1) y de forma consecutiva. La secuencia numérica de la muestra será definida de base a tope de acuerdo a la posición en la pared descubierta de la calicata de donde se tomó, es decir del más antiguo al más joven, ejemplo: E1-C1-M1-Capa 1, E1-C1-M1-Capa 2.

Cada punto de muestreo fue geo-posicionado usando GPS. Las coordenadas UTM de los sitios de muestreos se reflejan en la Tabla 4.1.



Figura 4.3. Muestras recolectadas en el área de estudio.

Tabla 4.1 Muestras de sedimentos recolectadas en el caño La Poza.

Estación	Nombre de la muestra	Coordenadas
E1	C1-M1	E: 446599 N: 894835
E2	C2-M2-Capa1 C2-M2-Capa2	E: 446592 N: 894865
E3	B1-M3	E: 446602 N: 894851
E3	C3-M4	E: 446610 N: 894859
E4	C4-M5	E: 446646 N: 894860
E5	C5-M6	E: 446928 N: 894994
E6	C6-M7	E: 446952 N: 895040
E8	C7-M8	E: 447006 N: 895116
E9	C8-M9-Capa1 C8-M9-Capa2	E: 447076 N: 895141
E10	B2-M10	E: 447102 N: 895147

La apertura de calicatas y toma de muestras se han registrado debidamente, mediante una descripción visual de cada calicata, y el análisis general de las características físicas de todas las muestras tales como el color y textura al tacto, fueron realizados in situ y para ilustrar, se han insertado las fotografías de las mismas (Figura 4.4) con la finalidad de evidenciar tanto las condiciones como su ubicación en el área del estudio y obtener una constancia visual de la zona y de las estaciones de trabajo como un apoyo en la integración de los datos obtenidos en campo.



Figura 4.4 Toma de muestras.

De esa misma manera se utilizaron objetos de referencias como cinta métrica e instrumentos de trabajos (lápices, marcadores, machete, piqueta) para tomar fotografías e ilustrar las diferentes estructuras sedimentarias observadas en cada estación y las características geológicas.

4.5.2.2 Descripción de columnas sedimentarias e identificación de estructuras sedimentarias

Se elaboraron 8 columnas sedimentológicas con la información que se obtuvo de aperturas de calicatas realizadas en campo. A cada calicata se le realizó una descripción visual de los sedimentos y de las estructuras sedimentarias y en general el análisis de las características físicas de todas las muestras tales como el color y textura al tacto, así como la presencia de materia orgánica, fueron realizados in situ.

Una vez realizadas las columnas en campo se procedió en oficina a digitalizarla.

La simbología utilizada en las columnas será la manejada en los trabajos de campo de Geología de la Universidad de Oriente, la cual se observa en la Figura 4.5.

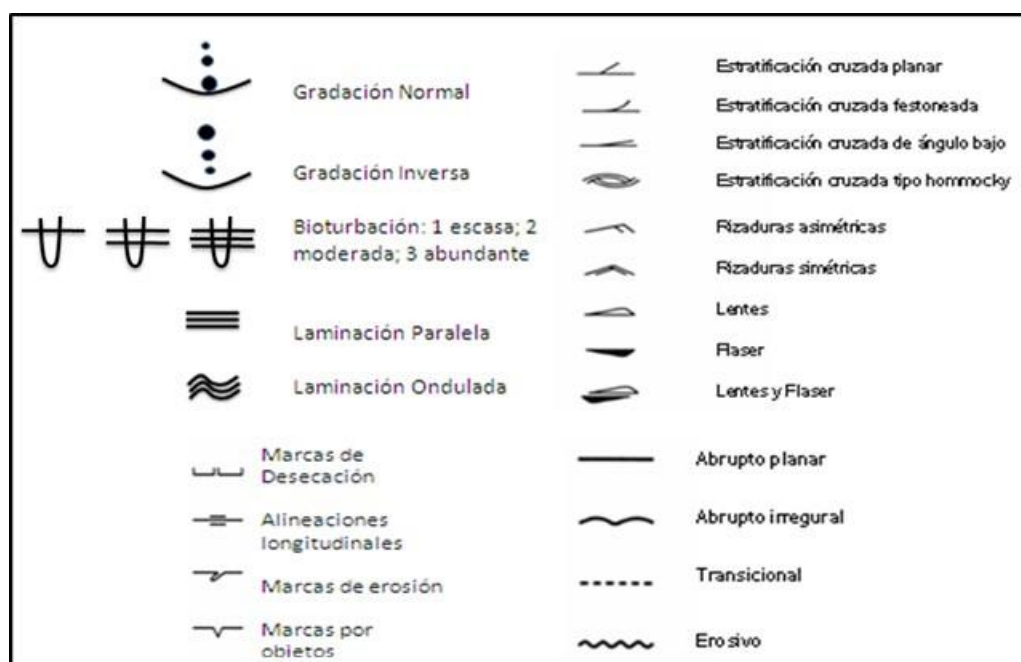


Figura 4.5. Simbología de las estructuras sedimentarias.

4.5.2.3 Medición de la velocidad y dirección de la corriente mediante el método de flotador

Con la finalidad de medir la velocidad de la corriente que posteriormente permite calcular el caudal, se utilizó el método del flotador.

Para efectuar el método del flotador se seleccionó en el río tramos uniformes, sin rocas de gran tamaño, ni troncos de árboles, en el que el agua fluyera libremente, sin turbulencias, ni impedimentos, que fuese recto y de sección transversal uniforme (Figura 4.6).



Figura 4.6. Selección y medición del tramo.

En el tramo seleccionado se ubicaron dos puntos, A (de inicio) y B (de llegada) y se midió la distancia, una persona se ubicó en el punto A con el flotador y otra en el punto B (Figura 4.7). Se realizaron un mínimo de 3 mediciones del tiempo que tardó el flotador en recorrer la distancia del tramo seleccionado: en el margen derecho, centro y en el margen izquierdo, y se calculó un promedio. Por otra parte con ayuda

de la brújula, siguiendo el trayecto de la boya se pudo tener una noción sobre la dirección del flujo de la corriente.

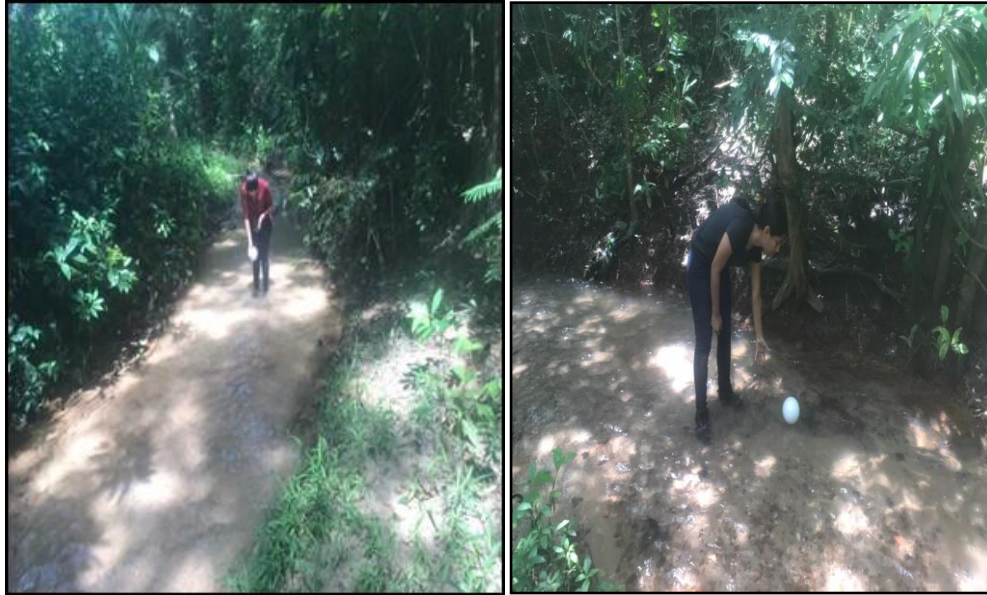


Figura 4.7 Punto de inicio (punto A) y llegada (punto B) de la boya.

Para la medición del área transversal del río se ubicó en el tramo seleccionado la sección o el ancho del río que presentó las condiciones promedio y en la que se facilitó la medición del área transversal. El método para calcular el área transversal fue tomar la profundidad promedio (Figura 4.8). Esto consiste en dividir el ancho del río, en por lo menos, cuatro partes y medir la profundidad en cada punto para luego calcular el promedio. Luego de haber calculado la profundidad del río se hizo el cálculo del área transversal.

En total se realizaron mediciones en cuatro (4) áreas del tramo del caño. Las cuales fueron por medio del método del flotador indicado como sección A1-1, sección A1-2, sección A2, y sección A3.

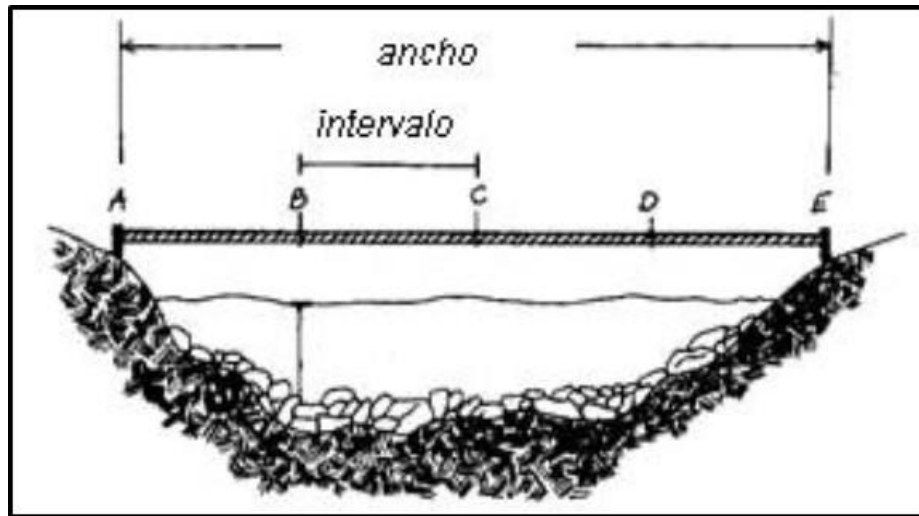


Figura 4.8 Medición del área de la sección transversal del río (Bain, M.B., y Stevenson, N.J., 1999).

4.5.2.4 Toma de fotografía

Se tomaron fotografías con el propósito de obtener imágenes que permitan la constancia visual de las características físico-naturales del área de estudio (Figura 4.9). Esta actividad es parte fundamental de la interpretación para señalar los procesos que actúan sobre el terreno y la vegetación observada en cada una de las estaciones de trabajo, permitiendo tener un apoyo visual en la integración de los datos obtenidos en campo con el desarrollo de la investigación en oficina.



Figura 4.9. Características físico-naturales del área (trabajo de campo).

4.5.3 Etapa III: Trabajo de laboratorio

Esta etapa de la investigación se basó en la aplicación de ensayos técnicos de laboratorio a las muestras de sedimentos. Las muestras fueron sometidas a análisis granulométrico a través del método de tamizado en seco. El análisis morfosκόpicó de los sedimentos se utilizó para determinar el nivel de desgaste de los granos de arenas. El análisis mineralógico permitió determinar la composición mineralógica presente en los sedimentos.

4.5.3.1 Análisis granulométrico por tamizado en seco

Este método se aplicó a doce (12) muestras tomadas en campo, por medio del tamizado se comprueba el tamaño de las partículas. Para tal efecto se utilizaron

tamices de diferentes diámetros tales como: 10, 18, 35, 60, 120, 200, de diámetros: 2.00, 0.84, 0.50, 0.25, 0.125 y 0.074 mm respectivamente.



Figura 4.10 Materiales para el análisis granulométrico.

El tamizado de las doce (12) muestras, se realizó aplicando los siguientes pasos:

1. Selección y secado al sol de las muestras.
2. Se tomó un promedio de 500 gramos de sedimentos de cada muestra para ser tamizada.
3. Pesado de la muestra.

4. Se colocaron las muestras en los tamices, éstos se arreglaron de tope a base de mayor diámetro a menor diámetro del mallado y el pan en la base, en el cual se deposita la fracción más fina de la muestra

5. Se tamizó de manera manual por espacios de tiempo de 15 a 20 minutos por muestra, luego se pesó con una balanza electrónica la fracción de sedimento retenido en cada tamiz.

6. Elaboración de tablas y base de datos del análisis granulométrico.

El método del tamizado permite determinar el tamaño de las partículas, ya que en cada tamiz queda retenido el diámetro máximo en milímetros de las partículas, dependiendo de la abertura de la malla y usando la escala de tamaño de Wentworth (Tabla 4.2). Posteriormente los datos obtenidos fueron llevados a tablas granulométricas utilizando el software Microsoft Excel donde se expresan de forma porcentual para luego ser graficados en forma de histogramas de frecuencia y curvas acumulativas de frecuencia (Figura 4.11).

Tabla 4.2. Escala de tamaño de Wentworth.

U.S. Standard Malla del Tamiz		Milímetros	Phi (φ) Unidades	Escala de Wentworth			
GRAVA		4096	-12	Bloques (Cantos)	Gravas		
		1024	-10				
		256	-8				
		64	-6	Cantos (Gujarros)			
		16	-4	Gujarros			
	5	4	-2	Gránulos			
	6	3.36	-1.75				
	7	2.83	-1.5				
	8	2.38	-1.25				
	10	2.00	-1.0	Arena muy gruesa			
ARENA	12	1.68	-0.75	Arena muy gruesa	Arenas		
	14	1.41	-0.5				
	16	1.19	-0.25				
	18	1.00	0.0				
	20	0.84	0.25	Arena gruesa			
	25	0.71	0.5				
	30	0.59	0.75				
	35	0.50	1.0				
	40	0.42	1.25	Arena Media			
	45	0.35	1.5				
	50	0.30	1.75				
	60	0.25	2.0				
	70	0.210	2.25	Arena fina			
	80	0.177	2.5				
	100	0.149	2.75				
	120	0.125	3.0				
	140	0.105	3.25	Arena muy fina			
	170	0.088	3.5				
	200	0.074	3.75				
	230	0.0625	4.0				
LODO	LIMO	270	0.053	4.25	Limo Grueso	Limos	
		325	0.044	4.5			
			0.037	4.75			
			0.031	5.0			
			0.0156	5.25	Limo medio		
			0.0078	5.5			
			0.0039	5.75			
			0.0020	6.0			
		ARCILLA		0.00098	10.0		Arcilla
				0.00049	11.0		
				0.00024	12.0		
				0.00012	13.0		
				0.00006	14.0		

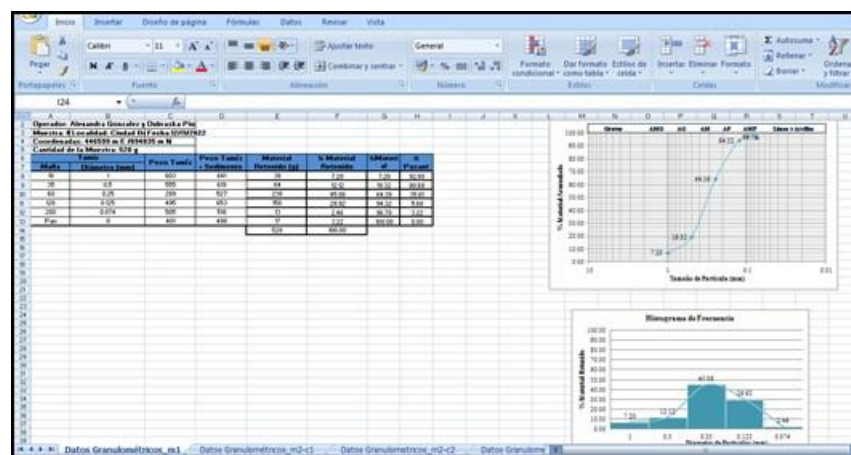


Figura 4.11 Tabla y curva granulométrica utilizando el software Microsoft Excel.

Por medio del análisis granulométrico se determinan los porcentajes en peso de las fracciones de tamaño de arena presentes en cada muestra. Así mismo, a estos datos granulométricos se le determinaron las medidas de dispersión estadística como: la media, la mediana, la moda, asimetría, cúrtosis y selección. En función de los valores estadísticos obtenidos se puede estimar fluctuaciones del nivel de energía, y la distribución en la población de las partículas en la muestra.

4.5.3.2 Análisis morfoscópico

Se le practicó a las 12 muestras tomadas en campo, empleando el material retenido en el tamiz N° 35; primero se lavaron con ácido clorhídrico para eliminar cualquier impureza de cada partícula de arena, luego se procedió a secar las muestras. Para tal fin, se observaron 300 partículas bajo una lupa estereoscópica, tomando en cuenta la forma de cada una, y para clasificarlas en angulosa, sub-angulosa, sub-redondeada y redondeada. Este análisis permitió inferir la redondez de los sedimentos. Que permitió estimar el grado de transporte que han sufrido; así como, si su fuente es lejana o cercana a la zona de su ubicación (Figura 4.12).



Figura 4.12 Análisis de la forma de las partículas.

4.5.3.3 Análisis mineralógico de las muestras de sedimentos

El objetivo de esta fase consiste en identificar los minerales que componen cada una de las muestras y determinar la cantidad porcentual en la que se encuentran mediante el uso de la lupa binocular. Durante el análisis, se empleó ácido clorhídrico (HCl) para limpiar los minerales de las impurezas que dificulten su identificación, un imán para determinar sus propiedades magnéticas y la carta de estimación visual de porcentaje mineralógico.

Para este análisis se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. Verificar la identificación de la muestra
2. Se utilizó el material retenido de cada muestra en la malla #35, del cual se pesaron 5 gr de cada una de las muestras.
3. Se separaron por muestra los minerales mediante el uso del imán de mano y de acuerdo a sus propiedades magnéticas se clasificaron en metálicos y no metálicos.
4. La fracción analizada se colocó bajo la lupa para su observación y descripción de los minerales presentes.
5. Se estableció el porcentaje mineralógico por muestra con ayuda de la carta de estimación visual (Figura 4.13).

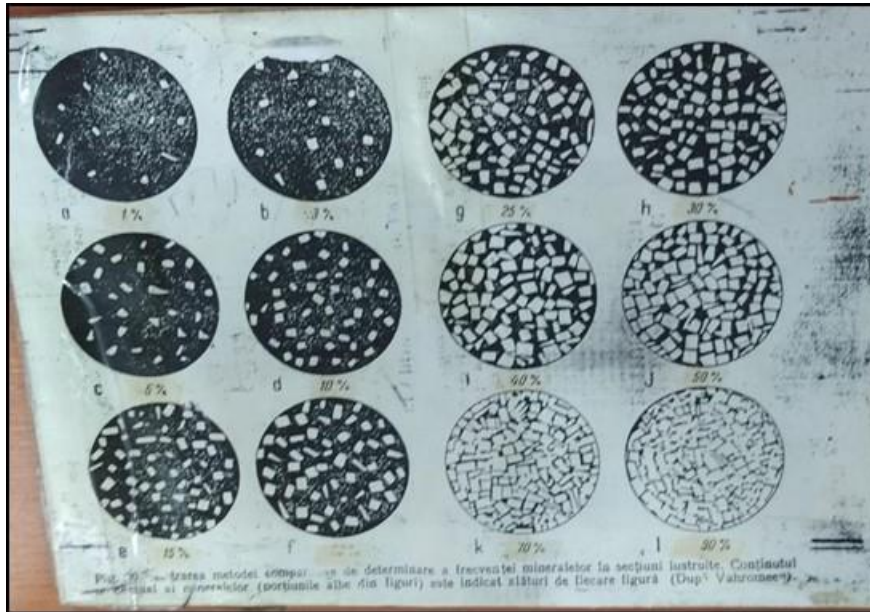


Figura 4.13 Carta de estimación visual de porcentaje mineralógico. (Terry & Chilingar, 1955).

Las partículas minerales de los sedimentos de las muestras, también fueron analizadas por fluorescencia de rayos X (FRX), para determinar los elementos químicos metálicos presentes en cada muestra, realizando disparos mediante el uso de la máquina Thermo Scientific Metal Analyzer (Figura 4.14), y se siguió el siguiente procedimiento:

1. En una plaquita se agregó 5 gr de la muestra retenido en la malla #35, se empareja la superficie con las partículas.
2. Se identifica cada plaquita con la nomenclatura de la muestra analizada.
3. Posteriormente la muestra se introdujo al equipo y se generaron los resultados.



Figura 4.14 Máquina Thermo Scientific Metal Analyzer.

4.5.4 Etapa IV: Trabajo de oficina

En esta etapa se interpretaron los resultados de los datos obtenidos en campo y en laboratorio, para proceder a la redacción del informe final.

4.5.4.1 Digitalización de las columnas sedimentológicas

Mediante el uso del programa PowerPoint del paquete de Microsoft office (Figura 4.15) se digitalizó la información obtenida en campo de las calicatas realizadas con la información sedimentológica ya adquirida para su representación y análisis en el informe final.



Figura 4.15 Herramienta PowerPoint 2010.

4.5.4.2 Análisis de los parámetros texturales

Una vez realizados los análisis granulométricos de las muestras, se usaron las gráficas tanto acumulativas aritméticas como la acumulativa probabilística para obtener los diferentes valores de los cuartiles y pencentiles correspondientes, posteriormente se procedió a insertar estos datos en las fórmulas de los distintos parámetros estadísticos según el método de Folk-Walk, para sus respectivas comparaciones e interpretaciones geológicas.

4.5.4.3 Análisis de los mecanismos de transporte a través del método de Visher (1969)

El método de Visher utiliza tangentes trazadas en las curvas granulométricas las cuales nos darán información acerca del tipo de transporte con el que viajan las partículas ya sea de tracción, saltación o suspensión. Este método se utilizó para curvas de todas las muestras recolectadas en campo.

Tanto la litología como la granulometría van a depender de la distribución de los granos. La mayoría de las arenas que van a ser depositadas por corrientes unidireccionales, en particular de canales meandriformes van a mostrar dos

poblaciones fundamentales: la saltación desde 1.75 a 3 phi (0.313 a 0.125 mm), con quiebre a suspensión de 2.75 a 3.50 phi (0.063 a 0.096 mm) (Visher, 1969). La fracción por tracción ocurre en tamaño más grueso a 1.75 phi (0.313 mm).

4.5.4.4 Análisis del movimiento de los sedimentos mediante el modelo de Hjulström (1935)

Para llevar a cabo este objetivo se utilizó el modelo de Hjulström, el cual se basa en el conocimiento del diámetro medio de las partículas y la velocidad media del flujo, esto permite determinar el estado de movimiento de los sedimentos (erosión, transporte y sedimentación).

4.5.4.5 Elaboración de mapas del ambiente sedimentario

Se procedió a la elaboración de mapas ambientales del área de estudio, los cuales se realizaron de acuerdo a cada estación estudiada a lo largo del caño, se realizaron en total 10 mapas de ambiente sedimentario. Primeramente, se elaboraron los mapas en papel bond de acuerdo a las coordenadas tomadas en la etapa de campo (Figura 4.16); luego se digitalizaron mediante el software Qgis 3.22 (Figura 4.17), donde se capturo información de los cuerpos sedimentológicos identificados, además se integró la información arrojada de las columnas sedimentológicas realizadas en campo, así como también la descripción de las estructuras sedimentarias y los rasgos visuales observados en campo.



Figura 4.16 Mapa de la estación 1 (E1) en papel bond.



Figura 4.17 Software Qgis 3.22.

Para digitalizar se tomaron fotos de los mapas elaborados en papel bond, posteriormente se importó la foto del mapa a una capa ráster correspondiente a coordenadas UTM datum REGVEN zona 20. Luego se incorporaron capas de los polígonos y de los datos estructurales.

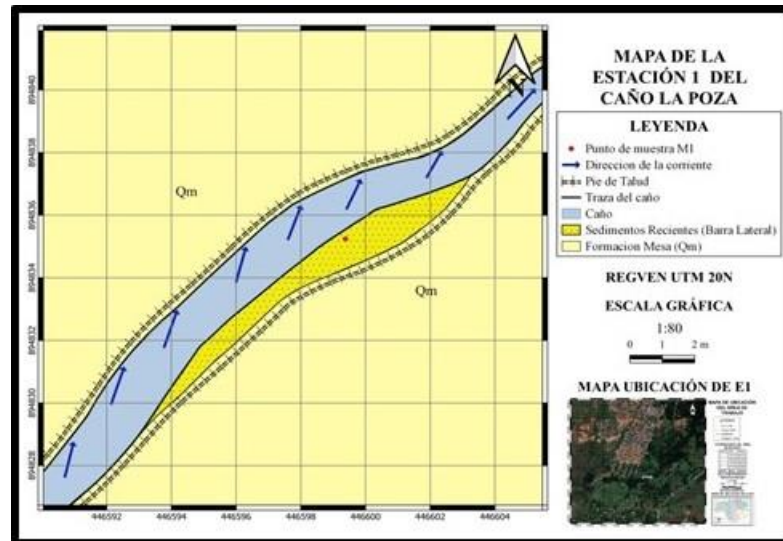


Figura 4.18. Mapa de la estación 1 digitalizado en el programa Qgis 3.22.

4.5.4.6 Elaboración de secciones transversales con datos hidrodinámicos

Se elaboraron secciones transversales en cinco (5) estaciones, de las cuales se seleccionaron dos para representar la sedimentología, y tres para representar las estaciones donde se realizó el método del flotador y así representar dirección, velocidad y tipo de flujo de la corriente del caño La Poza.

Para la elaboración de las secciones se realizaron los siguientes pasos:

1. En el software Power Point 2010 se modifica la hoja de trabajo a tamaño doble carta y se pega el mapa.
2. En el mapa se realiza un corte transversal de una sección del caño, de un punto A al punto A' (Figura 4.19), de un punto B al punto B', de un punto C al punto C', de un punto D al punto D', y de un punto E al punto E'.
3. De acuerdo a la medida del corte se determina la escala vertical y horizontal en la que se va a trabajar la sección.

4. Posteriormente, se realizó la representación de los depósitos sedimentarios presentes en la estación (Figura 4.20).

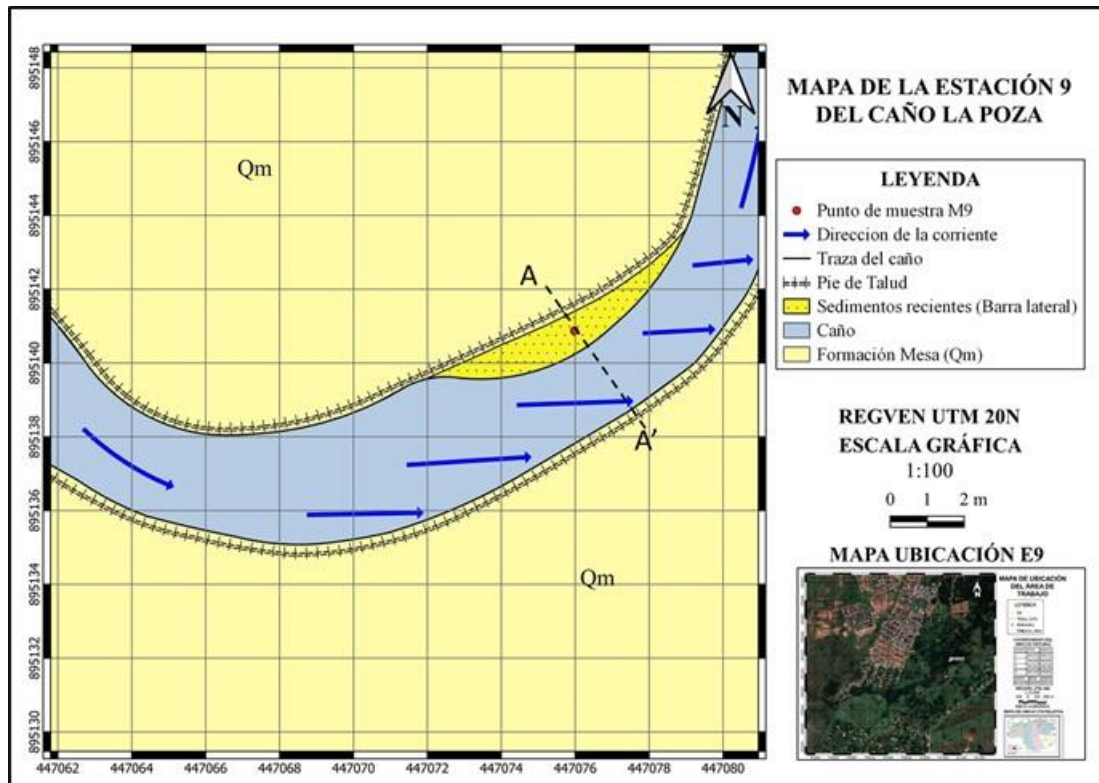


Figura 4.19 Ubicación del corte transversal A-A' en el mapa de la estación 9 (E9).

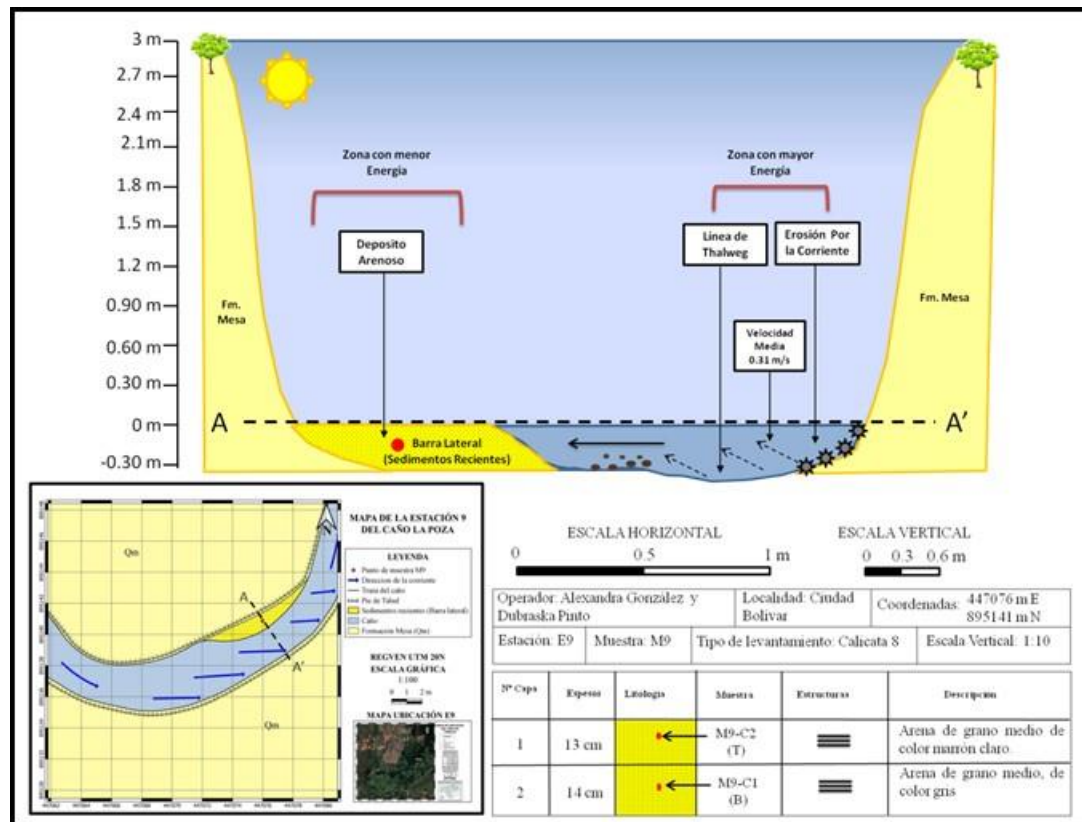


Figura 4.20 Sección transversal A-A' del mapa de la estación 9 (E9).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Descripción de columnas sedimentológica.

En la figura 5.1 se encuentran representadas las estaciones estudiadas a lo largo del caño. En las estaciones E1, E2, E3, E4, E5, E6, E8 y E9 se realizaron columnas sedimentarias, donde se describieron las características físicas de cada una mediante observación directa, las cuales arrojaron resultados sedimentológicos como tipo de estructuras presentes, tamaño de los granos de arenas y color.

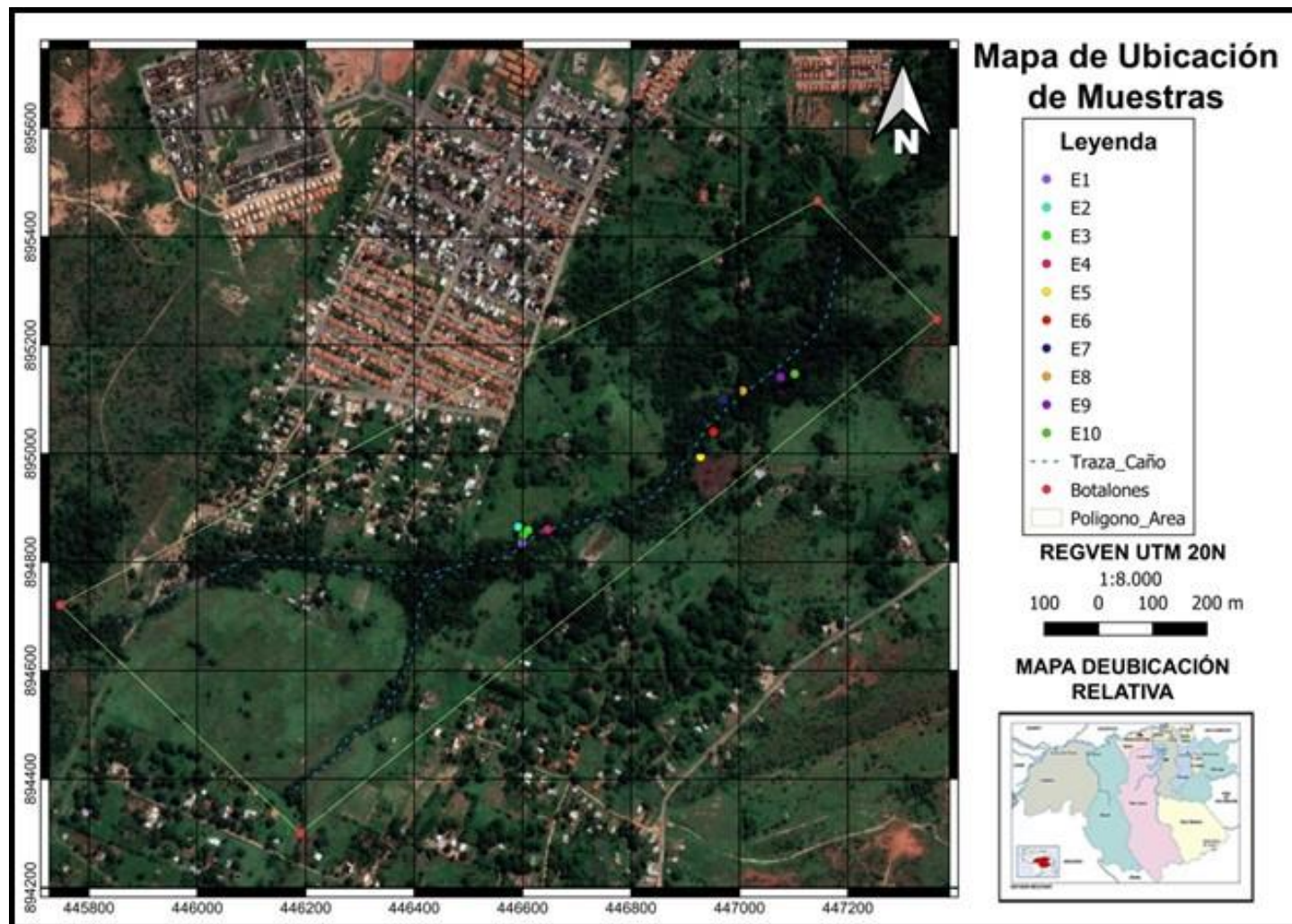


Figura 5.1. Mapa de ubicación de las muestras.

5.1.1 Descripción de la columna sedimentológica E1-C1-M1

En la Figura B.1 se observa la columna número 1 con coordenadas UTM 446599 E y 894835 N, de base a tope presenta 25 cm de espesor. Consta de una capa de arena media, con moderado encogimiento, un grado de redondez sub anguloso, sin estructuras sedimentarias visible de color marrón rojizo.

5.1.2 Descripción de la columna sedimentológica E2-C2-M2

La columna número 2 de coordenadas UTM 446592 E y 894865 N, como muestra la Figura B2 se aprecia de base a tope con un espesor de 30 cm de profundidad, presenta dos capas, la base es una capa de 9 cm de espesor de arena gruesa, de color marrón oscuro, el tope con un espesor de 21 cm se observó arena media de color marrón claro con presencias de fragmentos de roca. Las capas presentan mal escogimiento, con un grado de redondez anguloso. Se tiene una gradación normal de base a tope con laminación paralela.

5.1.4 Descripción de la columna sedimentológica E3-C3-M4

La columna número 3 (Figura B.3) con coordenadas UTM 446610 E y 894859 N, con espesor de base a tope de 21 cm, de arena fina, con un moderadamente bien escogimiento, de partículas sub angulosas, sin estructura sedimentaria presente, de color gris moteado con marrón rojizo.

5.1.5 Descripción de la columna sedimentológica E4-C4-M5

La columna número 4 (Figura B.4) con coordenadas UTM 446646 E y 894860 N, de base a tope presenta una capa de 20 cm de espesor, de orden de arena de grano medio, moderado escogimiento, de partículas sub angulosas, sin estructura sedimentaria visible, de color marrón rojizo.

5.1.6 Descripción de la columna sedimentológica E5-C5-M6

La columna número 5 (Figura B.5) con coordenadas UTM: E: 446928 y N: 894994, de base a tope presenta una capa de 15 cm de espesor, de arena de grano medio, con moderado escogimiento, de partículas sub redondeadas, sin estructuras sedimentarias visibles, de color marrón.

5.1.7 Descripción de la columna sedimentológica E6-C6-M7

La columna número 6 con coordenadas UTM: E: 446952 y N: 895040, como muestra la Figura B.6 se aprecia de base a tope presenta una capa de 34 cm de espesor, de arena de grano medio, con moderado escogimiento, de partículas sub redondeadas, sin estructura sedimentaria visible, de color gris.

5.1.8 Descripción de la columna sedimentológica E8-C7-M8

La columna número 7 (Figura B.7) con coordenadas UTM: E: 447006 y N: 895116, de base a tope presenta una capa de 29 cm de espesor, de arena de grano medio, con mal escogimiento, de partículas redondeadas, sin estructuras sedimentarias, de color gris moteado de rojo.

5.1.9 Descripción de la columna sedimentológica E9-C8-M9

La columna número 8 (Figura B.8) con coordenadas UTM 447076 E y 895141 N, de base a tope presenta una capa de 27 cm de espesor, consta de dos capas, la base de 14 cm de espesor presenta arena media, de mal escogimiento y de color gris, en la capa superior con espesor de 13 cm posee arena de grano medio de mal escogimiento, de color marrón claro. Posee de base a tope partículas redondeadas, con una laminación paralela.

Los depósitos sedimentarios identificados en el caño La Poza fueron barras de meandro, barras laterales y barras centrales. En total se contabilizo con ayuda de los mapas de ambiente sedimentario de cada estación (Apéndice A) cinco barras de laterales, cuatro barras de meandro y tres barras centrales.

5.2 Clasificación de los sedimentos

De acuerdo a los análisis de granulometría realizados a cada una de las muestras tomadas en el caño La Poza y tomando como referencia la clasificación de las partículas de la escala de Wentworth y los histogramas y las curvas de frecuencia realizados (Apéndice C) se determinó que las arenas predominantes son de grano medio, debido a que de las 12 muestras tamizadas, ocho (8) corresponden a este tipo de sedimento representando un 66.67%. Dos (2) corresponden a grano fino representando un 16.67%, una (1) de grano grueso representando 8.33%, y una (1) de grano muy grueso representando 8.33% (Figura 5.1 y 5.2) (Tabla 5.1).

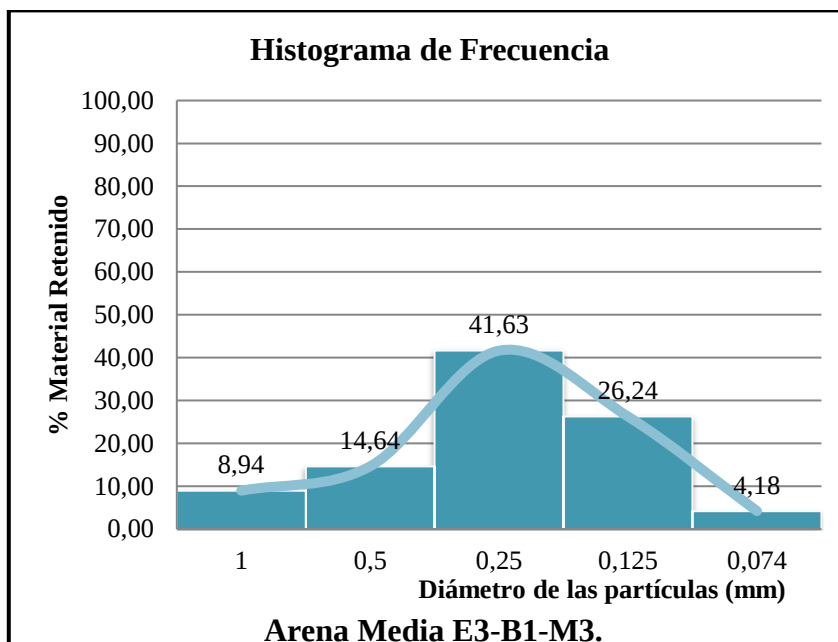


Figura 5.1 Histograma de E3-B1-M3 para la clasificación de las arenas.

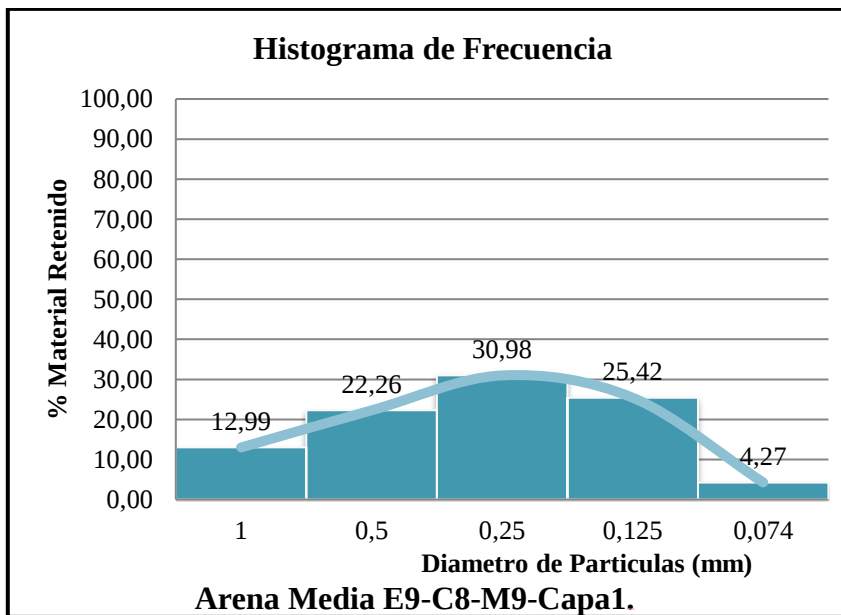


Figura 5.2. Histograma E9-C8-M9-Capa1 para la clasificación de las arenas.

Tabla 5.1. Porcentajes máximos retenidos de las muestras sometidas a análisis granulométrico.

MUESTRA	DIÁMETRO DE LAS PARTÍCULAS (mm)				
	Arena muy gruesa 2-1 mm	Arena gruesa 1-0.5 mm	Arena media 0.5-0.25 mm	Arena fina 0.25-0.125 mm	Arena muy fina 0.125-0.074 mm
E1-C1-M1			45.08%		
E2-C2-M2-Capa1	28.73%				
E2-C2-M2-Capa2			24.36%		
E3-B1-M3			41.63%		
E3-C3-M4				61.30%	
E4-C4-M5			45.61%		
E5-C5-M6			33.14%		
E6-C6-M7			44.82%		
E8-C7-M8				42.94%	
E9-C8-M9-Capa1			30.98%		
E9-C8-M9-Capa2		26.25%			
E10-B2-M10			37.31%		
% de muestras por tamaño de partículas predominante	8.33%	8.33%	66.67%	16.67%	

5.2.1 Parámetros estadísticos

La determinación de los parámetros estadísticos propuestos por Folk y Ward (1957) en los valores granulométricos facilita la interpretación de los datos obtenidos de manera cuantitativa y permite comprobar el análisis cualitativo realizado a los histogramas y curvas granulométricas, en este sentido se presentan en las tablas 5.2 y 5.3 los resultados alcanzados.

En la Tabla 5.2 se muestran los valores asociados a la mediana de las 12 muestras recolectadas en campo, la mediana representa el 50% de la distribución de las partículas, con lo cual, la mitad de los granos (por peso) son más gruesos y la otra mitad más finos que este valor. La granulometría de las muestras presenta un rango de phi entre 2,35 a 0,65 ϕ (según la escala de Wentworth) lo que indica que los sedimentos que conforman el caño La Poza están constituidos de arenas de grano medio.

Tabla. 5.2 Valores y significado de los datos estadísticos de la mediana de las muestras de sedimentos.

DATOS ESTADÍSTICOS DE LA MEDIANA		
Muestra	Mediana (Md) Phi (ϕ)	Significado
E1-C1-M1	1.75	Arena Media
E2-C2-M2-Capa1	0.65	Arena Gruesa
E2-C2-M2-Capa2	1.20	Arena Media
E3-B1-M3	1.70	Arena Media
E3-C3-M4	2.35	Arena Fina
E4-C4-M5	1.10	Arena Media
E5-C5-M6	1.20	Arena Media
E6-C6-M7	1.80	Arena Media
E8-C7-M8	2.00	Arena Fina
E9-C8-M9-Capa1	1.45	Arena Media
E9-C8-M9-Capa2	1.20	Arena Media
E10-B2-M10	1.25	Arena Media

De acuerdo a la tabla 5.3 se constató que la selección o escogimiento de los sedimentos de las muestras recolectadas en el caño La Poza se encuentran en rangos que van desde moderadamente seleccionados a mal seleccionados, indicando que en su mayoría estas poseen un moderado escogimiento. De esa misma manera se aprecia que los valores de asimetría obtenidos a través del método de Folk y Ward están comprendidos en un rango de 0.39 a -0.28 lo cual indica que los sedimentos que conforman la mayoría de las muestras están sesgados hacia los granos finos, a excepción de las muestras E3-B1-M3, E6-C6-M7, E9-C8-M9-Capa1 que se muestran simétricos y las muestras E1-C1-M1, E3-C3-M4, E8-C7-M8 que son asimétricos hacia los gruesos. Los valores de córtosis presentados en la Tabla 5.3 muestran un coeficiente de variación homogéneo, es decir, las muestras en promedio poseen un 25% de muy platicúrtica, 25% platicúrtica, 25% mesocúrtica y un 25% leptocúrtica. La córtosis representa qué tan aplanada o alargada es una curva de frecuencia unimodal, Esta medida refleja, en cierto modo, el número de tamaños de grano que hay en la muestra y su distribución.

Tabla 5.3 Interpretación de los datos de escogimiento, asimetría y curtosis según el método de Folk y Ward (1957).

Muestra	Media	σ	Escogimiento	SK	Asimetría	KG	Curtosis
E1-C1-M1	1.683	0.89	Moderadamente clasificado	-0.12	Asimétrico hacia las partículas gruesas	1.15	Leptocúrtica
E2-C2-M2-Capa1	0.817	1.27	Mal Clasificado	0.39	Muy asimétrico hacia las partículas finas	0.66	Muy platicúrtica
E2-C2-M2-Capa2	1.283	1.15	Mal Clasificado	0.17	Asimétrico hacia las partículas finas	0.64	Muy platicúrtica
E3-B1-M3	1.637	1.00	Moderadamente Clasificado	-0.02	Simétrico	1.28	Leptocúrtica
E3-C3-M4	2.3	0.62	Moderadamente Bien Clasificado	-0.11	Asimétrico hacia las partículas gruesas	1.13	Leptocúrtica
E4-C4-M5	1.15	0.91	Moderadamente clasificado	0.15	Asimétrico hacia las partículas finas	0.88	Platicúrtica
E5-C5-M6	0.943	1.13	Mal clasificado	-0.07	Simétrico	0.41	Muy platicúrtica
E6-C6-M7	1.833	0.80	Moderadamente clasificado	0.03	Simétrico	1.09	Mesocúrtica
E8-C7-M8	1.700	1.00	Moderadamente Clasificado	-0.28	Asimétrico hacia las partículas gruesas	0.93	Mesocúrtica
E9-C8-M9-Capa1	1.417	1.13	Mal Clasificado	0.06	Simétrico	0.84	Platicúrtica
E9-C8-M9-Capa2	1.267	1.18	Mal Clasificado	0.20	Asimétrico hacia las partículas finas	0.72	Platicúrtica
E10-B2-M10	1.267	0.93	Moderadamente clasificado	0.10	Asimétrico hacia las partículas finas	0.91	Mesocúrtica

5.3 Composición mineralógica de los sedimentos

Las mineralogías presentes en las muestras mostraron nula variabilidad composicional (Figura 5.3), encontrándose en las 12 muestras analizadas los mismos minerales, lo que denota una misma fuente de roca siendo meteorizada, transportada y depositada por los distintos agentes erosivos que intervienen en el caño La Poza. De acuerdo a la ubicación del área de estudio, los sedimentos son del Reciente, y los minerales presentes, en mayor proporción, provienen de la erosión de areniscas de la Formación Mesa y rocas de composición cuarzo feldespáticas del Complejo de Imataca.

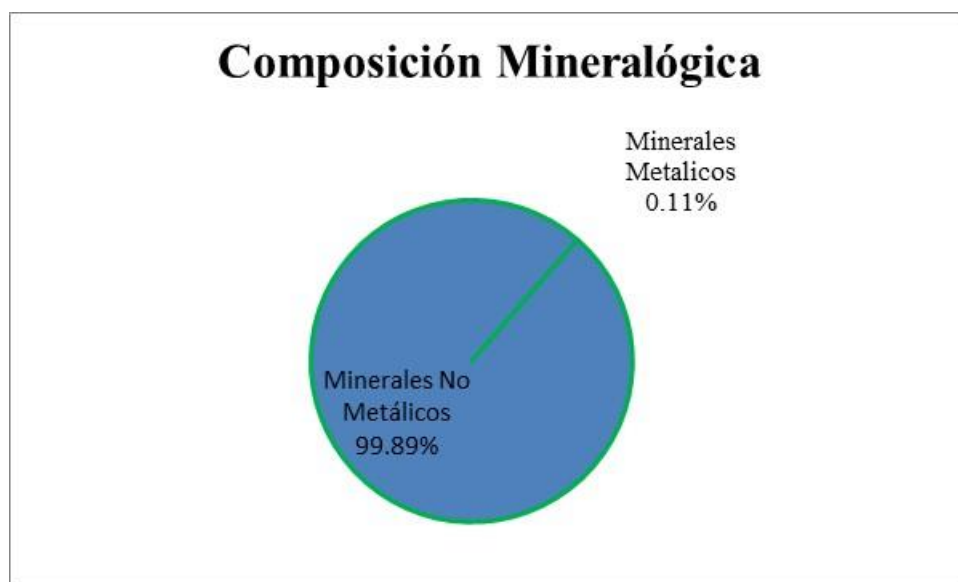


Figura 5.3. Composición mineralógica de los sedimentos.

El componente principal en la totalidad de las muestras analizadas es de minerales no metálicos, donde predomina el cuarzo con un 97,08% aproximadamente de abundancia, luego se encuentran minerales accesorios como el circón y la epidota con un 1,48% respectivamente, y en menor abundancia con valores promedio,

fragmentos de rocas con un 1,33%. Los minerales opacos y óxidos de hierro representan en promedio solo el 0.11% de las muestras (Figura 5.4).

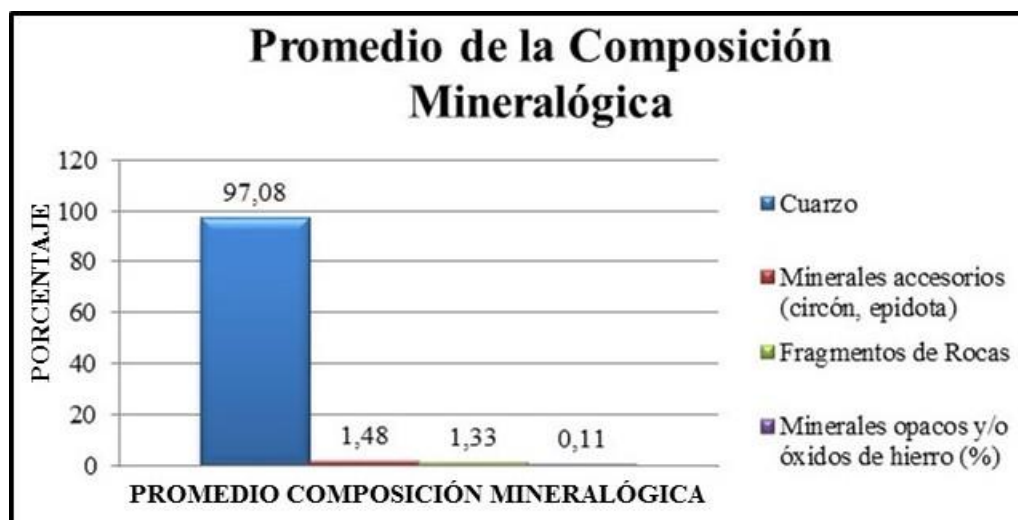


Figura 5.4 Representación gráfica de la composición mineralógica promedio de las muestras analizadas.

Con los datos de composición obtenidos en FRX fue posible ubicar en muy bajas concentraciones, minerales ricos en Fe (Apéndice E). Es probable la presencia de óxidos como rutilo, magnetita y hematita debido a la afinidad de estos metales con las rocas graníticas del Complejo de Imataca.

5.4 Inferir el grado de transporte y madurez de los sedimentos a partir de análisis morfooscópico

En el 100% de las muestras estudiadas pertenecientes al caño La Poza, predominan los sedimentos que presentan la forma sub-angulosa, con promedios de las partículas de 20.78% angulosa, 31.39% sub-angulosa, 26.08% sub-redondeada y 21.75% redondeada. De manera general las muestras presentan rangos máximos y

mínimos de partículas angulosas, sub-angulosas, sub-redondeadas y redondeadas de 51%-2%, 54.33%-18.67%, 44.33%-11,33% y 36%-5.67% respectivamente (Tabla 5.4). Los resultados de los análisis están representados en histogramas (Apéndice F).

Tabla 5.4 Resultados del análisis morfosκόpico de las muestras de sedimentos del caño La Poza.

MUESTRA	ANGULOSO (%)	SUB- ANGULOSO (%)	SUB- REDONDEADO (%)	REDONDEADO (%)
E1-C1-M1	35.67	42.33	13	9
E2-C2-M2- Capa1	48.33	26.67	15	10
E2-C2-M2- Capa2	51	28.33	11.33	9.33
E3-B1-M3	23.33	54.33	16.67	5.67
E3-C3-M4	20	42	24.67	13.33
E4-C4-M5	29.33	30.67	26.33	13.67
E5-C5-M6	3	25	44.33	27.67
E6-C6-M7	4	28	35.33	32.67
E8-C7-M8	2	30.33	32	35.67
E9-C8-M9- Capa1	14.33	18.67	31	36
E9-C8-M9- Capa2	9	25.33	32	33.67
E10-B2-M10	9.33	25	31.33	34.33
PROMEDIO	20.78	31.39	26.08	21.75

El caño La Poza presenta comportamiento intermitente en sus niveles de energía, por lo tanto, las partículas que transporta no sufren un desplazamiento constante sino puntual, lo que dificulta el desgaste continuo de sus aristas y vértices,

razón por la cual, la mayoría de las partículas presentan formas de sub-angulosas a sub-redondeadas.

El estudio detallado de las fracciones de arena, señala que el 100% de las muestras de sedimentos, recolectadas, poseen un alto contenido de partículas sub-angulosas y en menor medida angulosas, esto indica que un alto porcentaje de los sedimentos que forman el caño La Poza son jóvenes, es decir, el intemperismo o los agentes externos, el transporte y la diagénesis, no han afectado en gran manera la superficie de las mismas, de igual manera se puede inferir a través de esto que la fuente de los sedimentos es cercana (Figura 5.5).

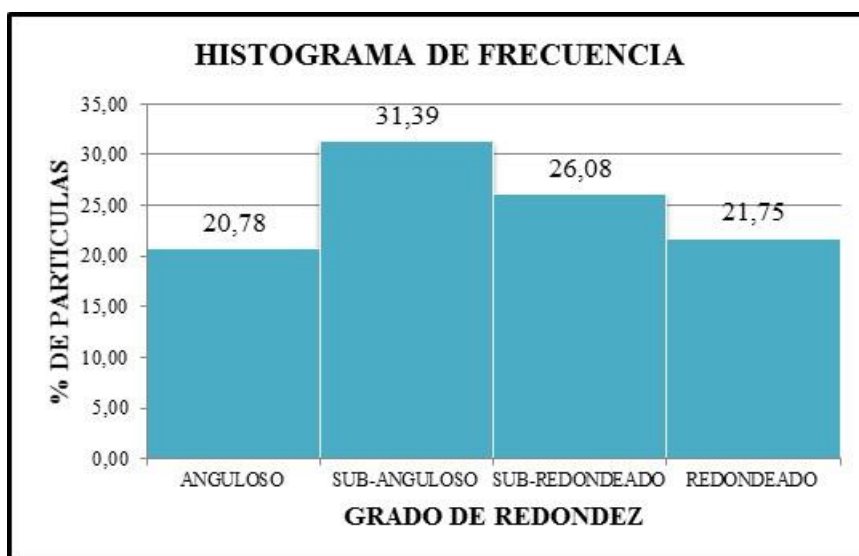


Figura 5.5 Histograma de frecuencia del promedio de las características de redondez de las partículas.

5.5 Interpretación de curvas mediante el método de Visser

De acuerdo a las gráficas obtenidas a partir de las curvas de frecuencia acumulada (Apéndice G), se pudo determinar por el método de Visser que el 100% de las muestras presentan mecanismo de transporte de suspensión, saltación y

tracción, de los cuales el mecanismo de transporte que predomina en los sedimentos del caño La Poza es la saltación, con variantes en el número de sub-poblaciones, como es el caso del análisis de las curvas correspondientes a las muestras E3-B1-M3, E3-C3-M4, E8-C7-M8 y E9-C8-M9-Capa1 para cada una de ellas se establecieron tres (3) sub-poblaciones de saltación, el diámetro de las partículas para este proceso va desde 0,625 a 0,125 mm correspondientes al rango de arenas gruesas a arenas finas. Así como también para las muestras E1-C1-M1, E2-C2-M2-Capa1, E2-C2-M2-Capa2, E4-C4-M5, E5-C5-M6, E6-C6-M7 se establecieron dos (2) sub-poblaciones de saltación cuyos diámetros corresponden también a las arenas mencionas anteriormente. Para las muestras: E9-C8-M9 Capa2 y E10-B2-M10 se interpretó solo una (1) sub-población con las mismas características de las arenas anteriores.

El segundo mecanismo en orden de importancia determinado en el 100% de las muestras, por el método de Visser, fue la tracción, con diámetros de las partículas entre 2 - 0,625 mm para la mayoría de las muestras, correspondientes a las arenas muy gruesas a gruesas.

Y por último tenemos el mecanismo de suspensión, con diámetros de partículas entre los rangos de 0,125 - 0,085 mm correspondientes a las arenas muy finas, que se determinó en el 100% de las muestras.

Tabla 5.5 Mecanismos de transporte de las muestras recolectadas en el caño La Poza

Estación	Nombre de la muestra	Poblaciones de transporte por tracción (mm)	Poblaciones de transporte por saltación (mm)	Poblaciones de transporte por suspensión (mm)
E1	C1-M1	1-0,625	0,625-0,450	0,125-0,089
			0,450-0,125	
E2	C2-M2-Capa1	1,15-0,625	0,625-0,150	0,150-0,075
	C2-M2-Capa2	1-0,625	0,625-0,400	0,125-0,080
			0,400-0,125	
E3	B1-M3	1-0,625	0,625-0,450	0,135-0,075
			0,450-0,270	
			0,270-0,135	
	C3-M4	1-0,625	0,625-0,490	0,130-0,095
			0,490-0,250	
			0,250-0,130	
E4	C4-M5	1-0,625	0,625-0,495	0,125-0,090
			0,495-0,125	
E5	C5-M6	2-0,625	0,625-0,475	
			0,475-0,150	
E6	C6-M7	0,850-0,625	0,625-0,480	0,125-0,095
			0,480-0,125	
E8	C7-M8	0,850-0,625	0,625-0,410	0,125-0,095
			0,410-0,250	
			0,250-0,140	
E9	C8-M9-Capa 1	1-0,625	0,625-0,510	0,135-0,095
			0,510-0,285	
			0,285-0,135	
	C8-M9-Capa 2	1-0,625	0,625-0,145	0,145-0,100
E10	M10	1-0,625	0,625-0,150	0,150-0,075

5.6 Los estados de movimiento de las partículas sedimentarias usando el Diagrama de Hjulström

Mediante el diagrama de Hjulström el cual relaciona el diámetro del sedimento con la velocidad media para condiciones de erosión, transporte y sedimentación, se pudo determinar el estado de movimiento de las doce (12) muestras estudiadas.

Para las muestras E1-C1-M1, E2-C2-M2-Capa1, E2-C2-M2-Capa2, E3-B1-M3, E3-C3-M4 y E4-C4-M5, con un diámetro promedio de 0.25 mm correspondiente a Arena media, las cuales se agruparon basándose en la cercanía que existe entre ellas, viajan a una velocidad media de 47cm/s de acuerdo a los ensayos realizados en campo (método del flotador), por lo tanto las partículas se encuentran en un estado de erosión y transporte. Así mismo el gráfico de Hjulström muestra que la velocidad mínima para que se produzca el transporte es de 10cm/s y la velocidad mínima para que las partículas erosionen es de 35 cm/s (Figura 5.6). De esta misma manera se determinó el estado de movimiento para las muestras restantes (Apéndice H).

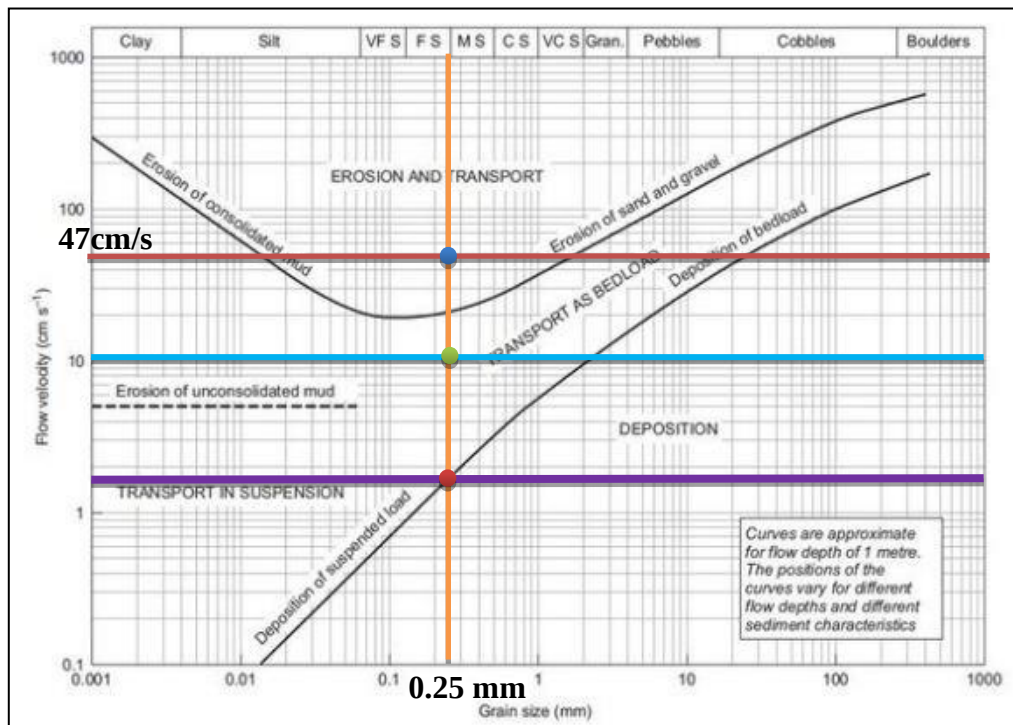


Figura 5.6 Diagrama de Hjulström donde se muestra el estado de movimiento de las partículas: las velocidades mínimas para que ocurra transporte (línea azul) y para que ocurra depositación (línea morada).

De este modo para las muestras E5-C5-M6 y E6-C6-M7, con un diámetro promedio de 0.25 mm correspondiente a arena media, que viajan a una velocidad media de 28 cm/s, se determinó que las partículas se encuentran en erosión y transporte. La velocidad mínima para que se produzca el transporte es de 10cm/s y la velocidad mínima para que las partículas erosionen es de 35 cm/s.

Por último, para las muestras E8-C7-M8, E9-C8-M9-Capa1, E9-C8-M9-Capa2, y E10-B2-M10, con un diámetro promedio de 0.25 mm correspondiente a arena media, que viajan a una velocidad media de 31 cm/s, las partículas se encuentran en erosión y transporte de igual manera que las anteriores. La velocidad mínima para que se produzca el transporte es de 10cm/s y la velocidad mínima para que las partículas erosionen es de 35 cm/s.

La velocidad requerida para alterar el estado de movimiento de los sedimentos se encuentra estrechamente relacionada con las fuerzas de cohesión entre ellos. Sedimentos muy finos (limos y arcillas) son transportados a velocidades relativamente bajas a medias, mientras que para poder erosionar dichas partículas se requiere de una velocidad mucho mayor debido a que la fuerza de cohesión intergranular es relativamente alta. A su vez, los sedimentos del orden de las arenas no son resistentes al cizallamiento y su cohesión intergranular es relativamente baja, por lo cual, son fáciles de erosionar pero difíciles de transportar, habiendo total reciprocidad con los resultados obtenidos en los ensayos morfoscópicos que indicaron que la mayoría de los sedimentos presentaban forma sub-angulosa debido a un transporte intermitente.

5.7 Caudal, dirección, velocidad y tipo de flujo de la corriente del caño La Poza haciendo uso del método del flotador y secciones transversales.

En las corrientes naturales las variaciones del gasto o caudal pueden ser muy amplias. Para conocer dichas variaciones y regímenes en el caño La Poza se realizaron en 4 secciones de tramo del caño el método del flotador, cumpliendo los requisitos para la aplicación de dicho método.

Se establecieron las secciones A1-1 a A3 para el método del flotador, se aplicó un factor de corrección de 0,65, obteniéndose los siguientes resultados:

En la sección A1-1 se obtuvo un tiempo promedio de 21,18 segundos después de haber realizado el ensayo del flotador en 3 puntos diferentes en la sección, en un espaciamiento de 2,2 metros, lo cual representó una velocidad de 0,31 m/s en un área de 0,24 m². El caudal para esta sección fue de 0,074 m³/s.

En la sección A1-2 se midió un tiempo promedio de 21,30 segundos, con una velocidad de 0,31 m/s en un área de 0,24 m² para un caudal de 0,074 m³/s.

En la sección A2 se midió un tiempo promedio de 42,16 segundos, con una velocidad de 0,28 m/s en un área de 0,26 m² para un caudal de 0,072 m³/s.

En la sección A3 se midió un tiempo promedio de 19,48 segundos, con una velocidad de 0,47 m/s en un área de 0,30 m² para un caudal de 0,140 m³/s.

El valor máximo de caudal cuantificado por este método fue de 0,140 m³/s para la sección A3, mientras que el valor mínimo fue de 0,072 m³/s, correspondiente a la sección A2. La variación que presentan los valores de caudal para el método de flotador, pueden estar influenciadas por las características morfológicas y de vegetación de los tramos seleccionados, es decir, éstos tramos se encontraban libres de vegetación y con taludes de poca elevación, lo cual era propicio para la entrada de ráfagas de viento, que presentaron influencia en el desplazamiento del flotador, donde en algunas ocasiones éste llegó a presentar altas velocidades o detenerse parcialmente.

Con respecto a la dirección de la corriente del caño La Poza en la sección A1-1 se midió una dirección de flujo superficial SE. En la sección A1-2 el flujo superficial tuvo dirección EF coincidiendo con la margen del meandro donde está ocurriendo la erosión.

Por último, en las secciones de flotador A2 y A3 se midió la dirección del flujo superficial en dos tramos rectos obteniéndose como resultado direcciones NE para ambas secciones.

Aplicando el método de Froude para conocer las condiciones hidrodinámicas del flujo en el río, se pudo conocer que el flujo es subcrítico en el 100% de las secciones donde se aplicó el método del flotador, con un valor máximo de 0,42 para la sección A3 y un valor mínimo de 0,30 para la sección A1-1 y A1-2. Con un promedio general para todas las secciones de 0,33.

En la aplicación de la ecuación de Reynolds para conocer los regímenes de flujo, se pudo constatar que en un 100% de las secciones se obtuvieron valores representativos de flujo laminar, con un valor máximo de 0,07 en la sección A3 y un valor mínimo de 0,02 para la sección A2. Se obtuvo un promedio general de 0,04 para todas las secciones. Los valores antes mencionados se encuentran de manera resumida y ordena en tablas de datos en el Apéndice I.

Según los resultados obtenidos en el estudio sedimentológico en esta investigación, se observa un comportamiento normal de un río tranquilo, de régimen laminar y subcrítico, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la granulometría de los sedimentos, los cuales presentan arenas de grano medio, es decir, la velocidad de la corriente es suficientemente alta para provocar la movilización de las partículas depositadas en el fondo (erosión) y mantenerlas en movimiento (transporte).

Las secciones transversales se construyeron con ayuda de los resultados presentados a lo largo de la investigación, las secciones que representan los tramos de A1-1 a A3 del método del flotador (Apéndice J) permiten visualizar la cantidad de agua (caudal) y distribución de velocidades del flujo de agua, así como también la estructura coherente del flujo, y estimar el transporte de suspensión de fondo. Se realizaron dos secciones transversales adicionales para una mejor representación de la sedimentología de la zona y ayudar a definir los puntos de muestreo de sedimentos suspendidos y de fondo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El caño La Poza está conformado por rocas del Complejo Imataca, sedimentos de la Formación Mesa y sedimentos recientes. La secuencia de barras a lo largo del cauce y márgenes del río, están conformados básicamente por materiales productos del intemperismo de la Formación Mesa y de las rocas del Complejo de Imataca.

2. En las columnas sedimentológicas levantadas se observó que el caño está conformado por sedimentos del orden de las arenas, con presencia escasa de estructuras sedimentarias, laminaciones paralelas y patrón de sedimentación grano decreciente las encontradas, indicativo de un flujo laminar.

3. Los sedimentos presentes en el caño La Poza según los resultados del análisis granulométrico por tamizado corresponde a arenas de grano medio en un 66,67%, repartiendo un 33,33% en arenas finas a gruesas.

4. Mediante el método de Folk y Ward se determinó que en las muestras estudiadas los sedimentos se encontraron de moderadamente clasificados a mal clasificados, los valores de la mediana indicaron que los sedimentos que conforman el caño La Poza están constituido de arena de grano medio.

5. En el análisis mineralógico se determinó que el cuarzo se encuentra entre 96-98%, los minerales accesorios entre 1-2% y los minerales opacos entre 0,1-0,2%. Siendo estos minerales constituyentes de las rocas del Complejo de Imataca y de los sedimentos de la Formación Mesa.

6. En las muestras estudiadas predominan los sedimentos que presentan las formas sub-angulosa con un porcentaje de 31,39%, angulosa 20,78%, sub-redondeada 26,08% y redondeada 21,75%. Textualmente los sedimentos del caño La Poza se consideran inmaduros por el predominio de partículas sub-angulosas, por lo que su transporte fue poco a moderado.

7. En las 12 muestras estudiadas se determinó la presencia de tres mecanismos de transporte, pero en su mayoría las partículas fueron transportadas por saltación con tres sub poblaciones para cuatro (4) muestras; seis (6) muestras con dos sub poblaciones y dos (2) muestras con una sola sub población. El segundo mecanismo fue por tracción con diámetros de las partículas entre 1 – 0,625 mm para la mayoría de las muestras correspondientes a las arenas muy gruesas a gruesas y por último se determinó el mecanismo de suspensión.

8. A través del método de Hjulstrom se determinó que las muestras estudiadas se encuentran en un estado de erosión y transporte para partículas en el orden de arena media, con velocidades correspondientes entre 28 cm/s y 47 cm/s. Se determinó que en el caño La Poza la velocidad mínima para que se produzca el transporte en este diámetro de partículas en específico esta en un rango de 10 cm/s. Por otra parte la velocidad mínima para que las partículas erosionen es de 35 cm/s. Mientras que la velocidad del río que producirá depositación es de 1,8 cm/s.

9. El valor máximo de caudal calculado por el método del flotador fue de 0,140 m³ /s debido a su proximidad a la fuente que le proporciona agua al caño La Poza, mientras que el valor mínimo por este mismo método fue de 0,072 m³ /s debido a estar más alejado de la fuente de origen del agua.

10. Las velocidades del flujo superficial en las secciones estudiadas presentan una tendencia con dirección EF a NE, dichas velocidades tienen una mayor influencia en los procesos de erosión de los meandros.

11. Para el número de Froude se obtuvo un valor promedio de 0,33, indicando esto que el flujo es subcrítico. Para el número de Reynolds se calculó un valor promedio de 0,04, lo que indica un régimen de flujo laminar.

Recomendaciones

1. Efectuar estudios sedimentológicos e hidrológicos en la parte media y parte baja del caño La Poza, para obtener un registro completo de las características granulométricas y redondez de los sedimentos, así como también el comportamiento hidrológico del mismo.

2. Profundizar las mediciones de la velocidad de la corriente con el método del correntómetro para obtener resultados más exactos.

3. Emplear este trabajo como un punto de partida para cualquier actividad de interés económico relacionada con la geología de esta zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

Allen, J. (1987) **SEDIMENTOLOGIA DE LOS DEPOSITOS CLASTICOS**.

Arias, F., (2006) **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Episteme, 5ª Edición, Caracas, Venezuela, pp 21 - 87.

Beckhoff, B.; Kanngießer, B.; Langhoff, N.; Wedell, R. & Wolff, H. 2006. **HANDBOOK OF PRACTICAL X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Chemistry and Materials Science Collection. Berlin, p. 878.

Bowles, J. (1981) **MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA CIVIL**. Segunda Edición. Editorial Mc Graw-Hill Latinoamérica S.A. Bogotá, Colombia, pp 35-37

Corrales, J., (1977). **ESTRATIGRAFÍA**. Editorial Ruedo. Madrid-España. pp 717.

Dabrio, C., y Hernando, S. (2003). **ESTRATIGRAFÍA**. Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid. pp. 80.

Franzone, Aura y Medina, Arquímedes. (1998). **CONTAMINACIÓN DE LOS MORICHALES LOS CARIBES-GUARICONGO Y SUS ALREDEDORES EN EL**

ESTADO BOLÍVAR. Tesis de Grado. U.D.O., Núcleo Bolívar Escuela de Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar. pp. 4

Fermín, A., y Taly, H, (2016) **“ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO E HIDROLÓGICO DEL RÍO CURRUCAY, UBICADO EN LA PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA”**. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. Trabajo de grado no publicado.

Flores., L, Romero, I, (2018) **“ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS SEDIMENTOLOGICOS DE LOS DEPOSITOS COSTEROS PRESENTES EN LAS ADYACENCIAS DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO UNARE, SECTOR EL HATILLO, MUNICIPIO FERNANDO DE PEÑALVER, ESTADO ANZOATEGUI, VENEZUELA”**.Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. Trabajo de grado no publicado.

García, M., J.A. Maza. (1998). **TRANSPORTE DE SEDIMENTOS. CAPÍTULO 7 DEL MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS**. México. pp. 111.

García, M., J.A, Maza. (1998). **ORIGEN Y PROPIEDADES DE LOS SEDIMENTOS. CAPÍTULO 6 DEL MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS**. México. pp. 258.

González de Juana, Clemente, Iturralde de Arozena, Juana y Picard Cadillat, Xavier (1980) **GEOLOGIA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLIFERAS**. Caracas, Venezuela, Tomo 1. PP. 712-713.

Higueras, P., y Oyarzun, R., (2010). **MANUAL ON-LINE DE RECURSOS MINERALES**. Publicado por la Universidad de Castilla-La Mancha y Universidad

Complutense de Madrid – España. 20 de Abril de 2014. [<http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/YM6.html#T06>].

Hjulström, F., (1935). **LA ACTIVIDAD MORFOLÓGICA DE LOS RÍOS ILUSTRADO POR RIVER FYRIS**. Boletín del Instituto Geológico, Uppsala, vol. 25, cap. 3.

Inrena-Ucpsi (2005). **MANUAL DE HIDROMETRÍA**. Convenio Marco De Cooperación Interinstitucional. Ministerio de Ambiente. Perú. pp. 2,7.

Kalliokoski, J. (1965) GEOLOGY OF NORTH-CENTRAL GUAYANA SHIELD, VENEZUELA. En: Geol. Soc. Of América. Bull., Vol. 76, Núm. 9, pp. 1.027-1.050.

Leeder, M., (1982). **SEDIMENTOLOGY. PROCESS AND PRODUCT**. London George Allen and Unwin. Boston Sydney. pp 60-620.

Mendoza, Vicente (2005). GEOLOGÍA DE VENEZUELA - TOMO I: ESCUDO DE GUAYANA, ANDES VENEZOLANOS Y SISTEMA MONTAÑOSO DEL CARIBE. Universidad de Oriente, Venezuela, PP. 21, 45-58.

Méndez Baamonde, J. (2006). **PETROLOGIA AMBIENTE SEDIMENTARIO**. PDVSA, Intervep, Caracas, Venezuela, pp 164-266.

Miall, A., (1978) Tectonic setting and syndepositional setting of molasse and other nonmarine-paralic sedimentary basins; Can. J. Earth. Sci., v. 15.

Miall, A. (1981). **ANALYSIS OF FLUVIAL DEPOSITIONAL SYSTEMS**. Am. Ass. Petrol. Geol. Conference. (Inédite). pp. 68.

Pettijhon, F. (1949). **SEDIMENTARY ROCKS**. Editorial Harper y Brothers. New York.

Rendón, Marcos y Riobueno, Renny (2013). ESTUDIO GEOLOGICO DEL RIO LOS MAJOMOS Y DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE EL KILOMETRO 48 Y 49 DE LA AUTOPISTA CIUDAD BOLIVAR – PUERTO ORDAZ, ESTADO BOLIVAR. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, trabajo de grado.

Sabino, C. (2002). **El proceso de la investigación**. Editorial Panapo: última edición, Caracas, Venezuela.

Visher, G. (1969). **GRAIN SIZE DISTRIBUTIONS AND DEPOSITIONAL PROCESSES YOUR**. Sed. Petro. Boll. 39, Number 3. pp 1074-1106.

APÉNDICES

APÉNDICE A
MAPAS SEDIMENTOLÓGICOS DEL CAÑO LA POZA

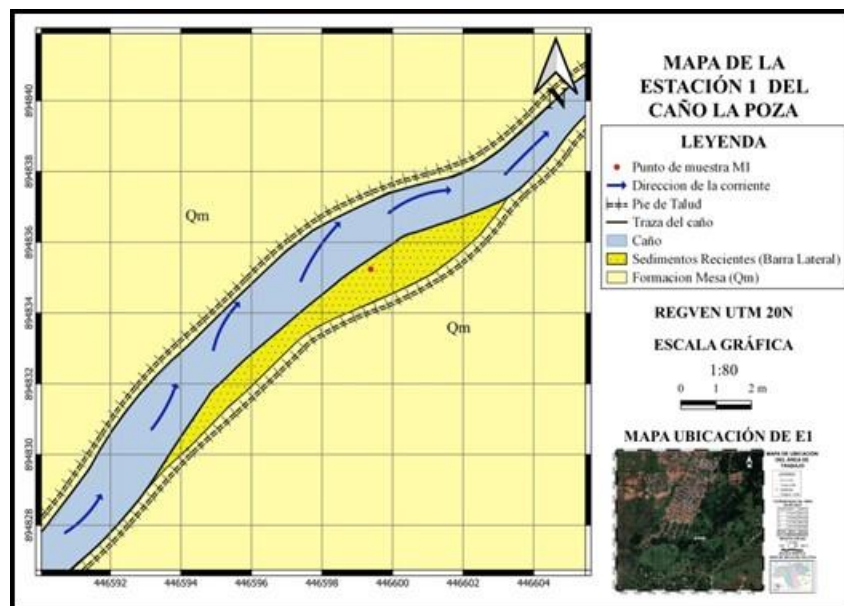


Figura A.1 Mapa de ubicación de la estación 1 (E1).

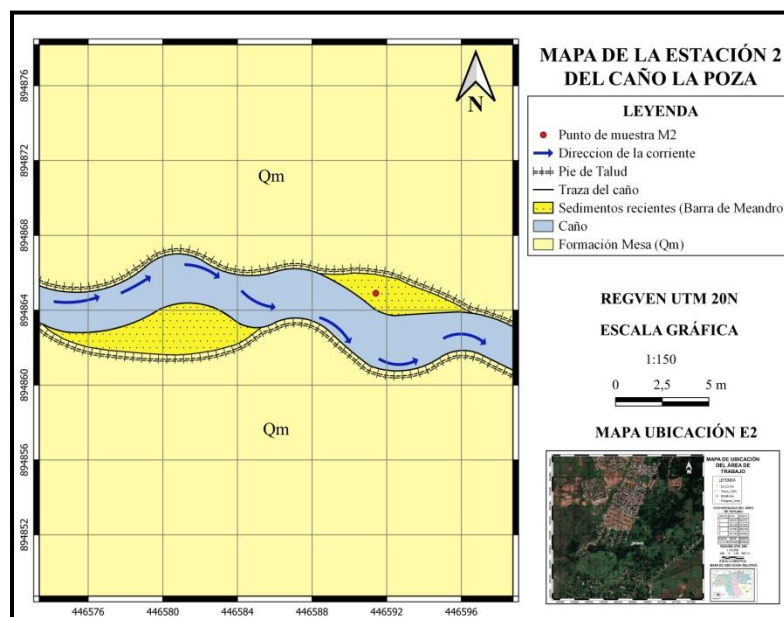


Figura A.2 Mapa de ubicación de la estación 2 (E2).

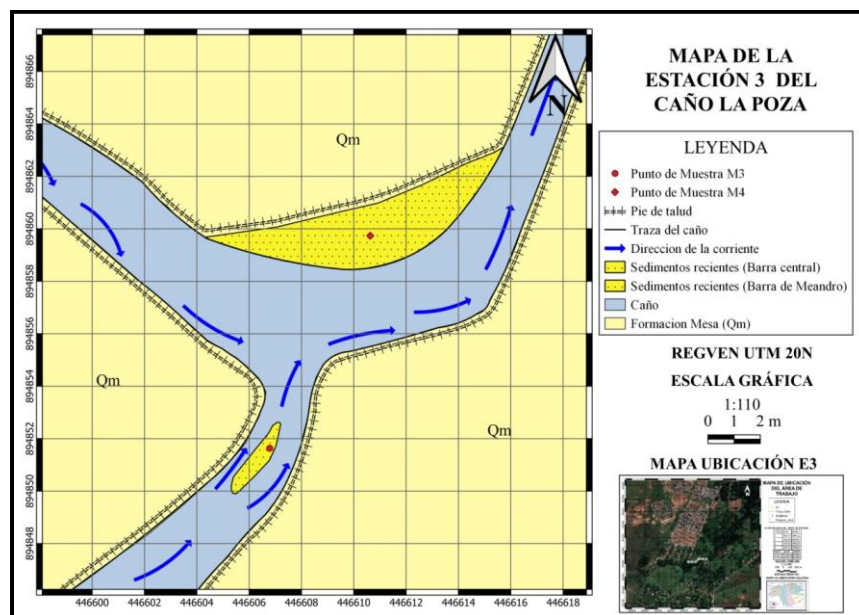


Figura A.3 Mapa de ubicación de la estación 3 (E3).

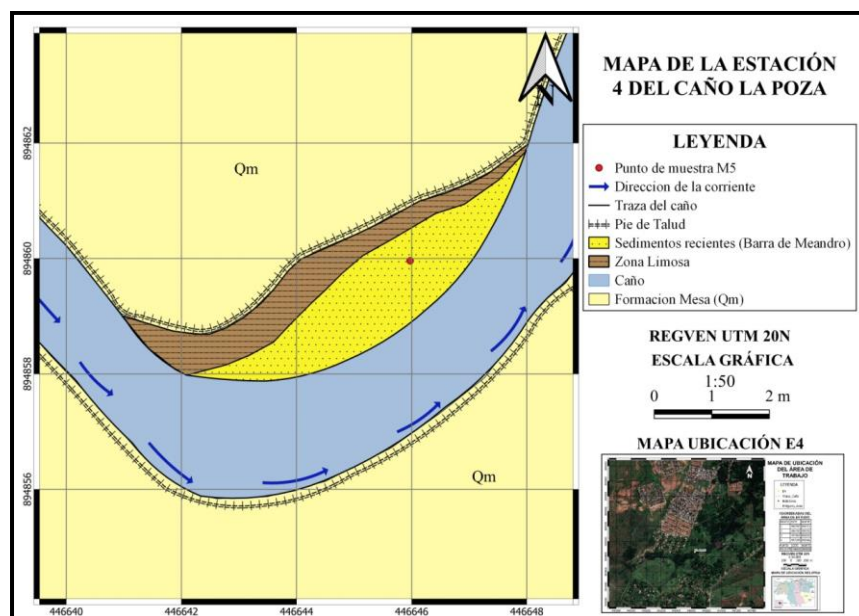


Figura A.4 Mapa de ubicación de la estación 4 (E4).

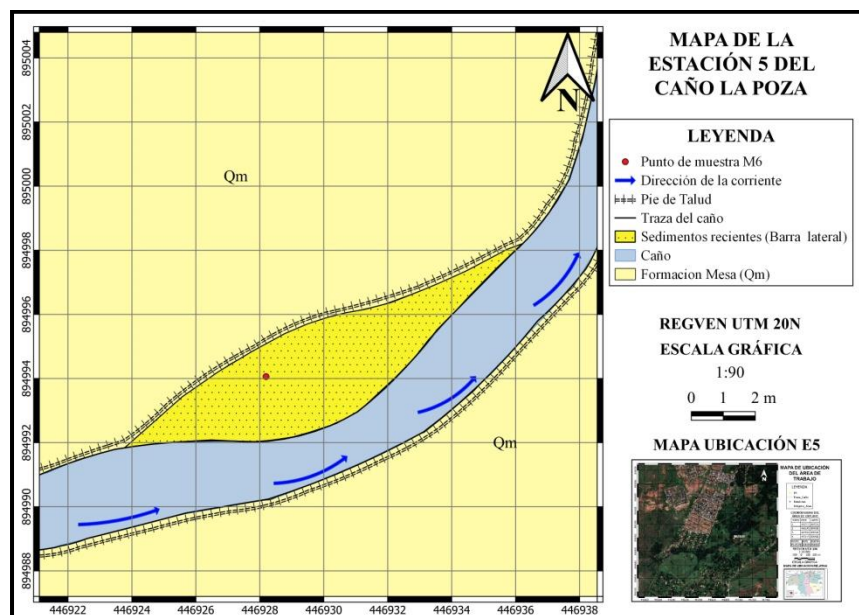


Figura A.5 Mapa de ubicación de la estación 5 (E5).

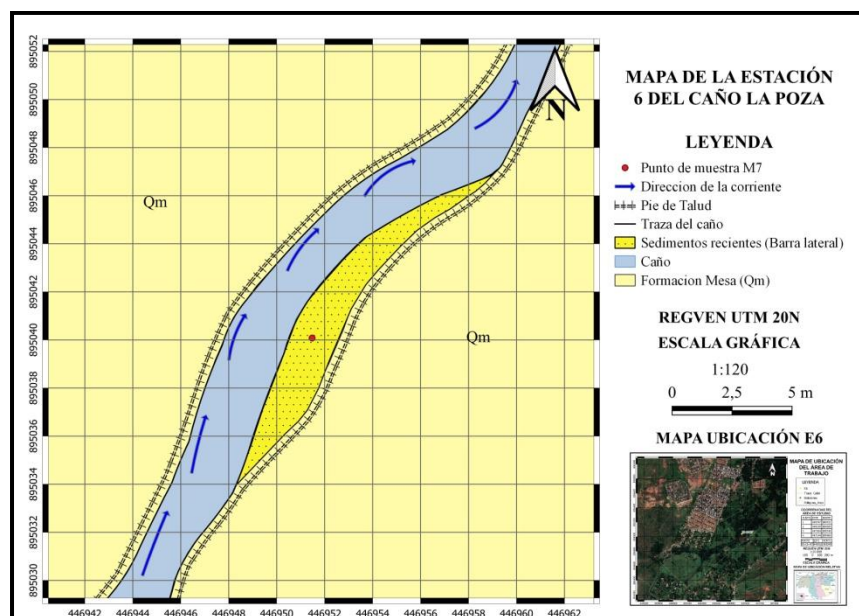


Figura A.6 Mapa de ubicación de la estación 6 (E6).

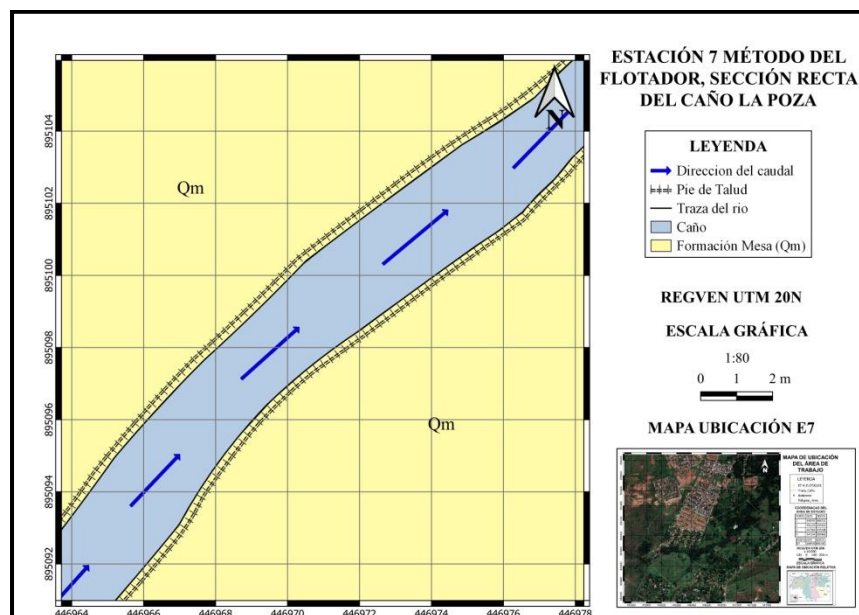


Figura A.7 Mapa de ubicación de la estación 7 (E7).

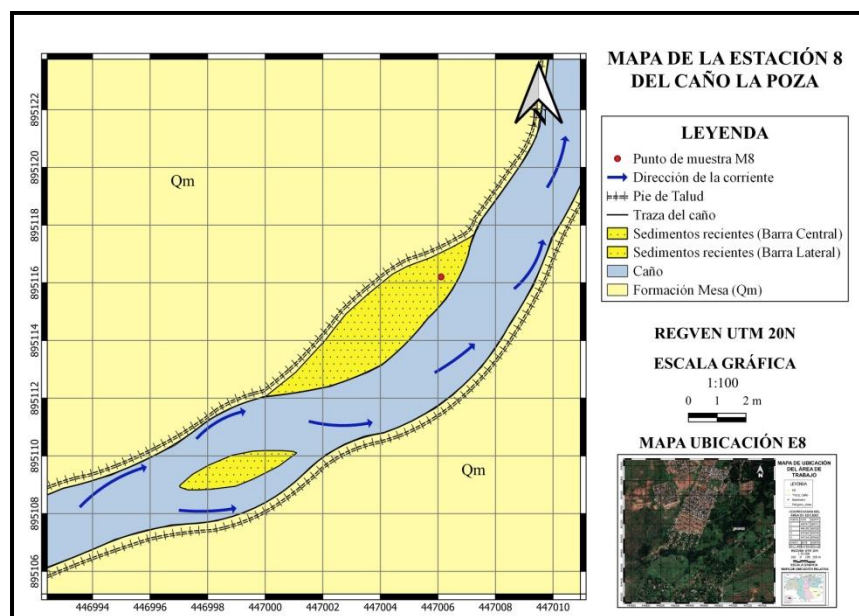


Figura A.8 Mapa de ubicación de la estación 8 (E8).

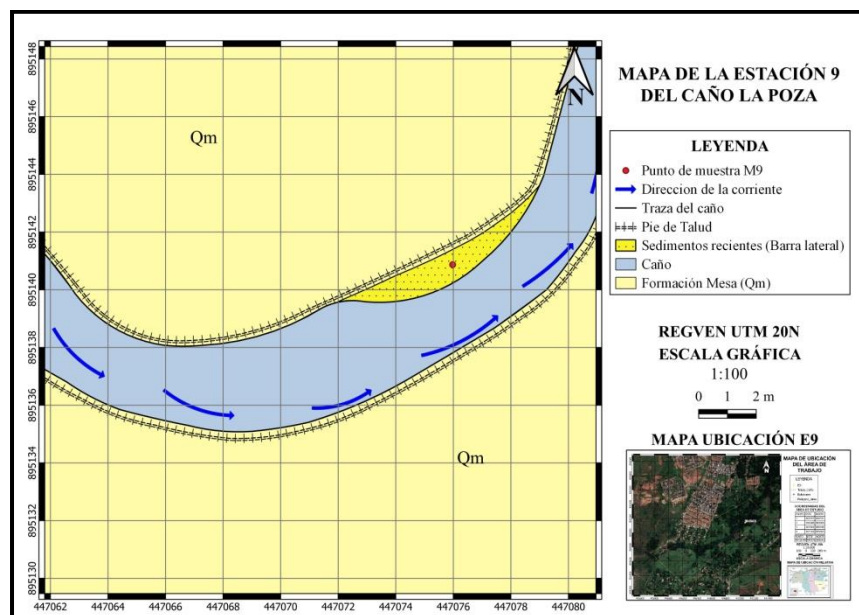


Figura A.9 Mapa de ubicación de la estación 9 (E9).

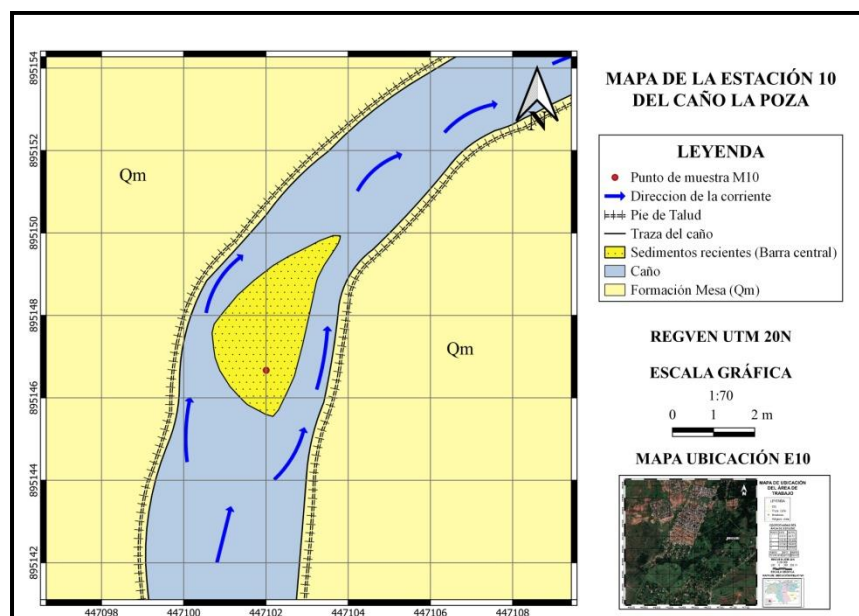


Figura A.10 Mapa de ubicación de la estación 10 (E10).

APÉNDICE B
COLUMNAS SEDIMENTÓLOGICAS

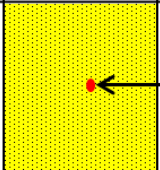
 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA					
Operador: Alexandra González y Dubraska Pinto		Localidad: Ciudad Bolívar		Coordenadas: 446599 m E 894835 m N	
Estación: E1	Muestra: M1	Tipo de levantamiento: Calicata 1		Escala Vertical: 1:10	
Nº Capa	Espesor	Litología	Muestra	Estructuras	Descripción
1	25 cm		M1	No presenta	Arena de grano medio, de color marrón rojizo.

Figura B.1 Columna sedimentológica E1- C1- M1

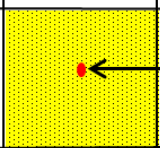
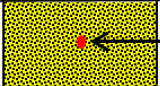
 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA					
Operador: Alexandra González y Dubraska Pinto		Localidad: Ciudad Bolívar		Coordenadas: 446592 m E 894865 m N	
Estación: E2	Muestra: M2	Tipo de levantamiento: Calicata 2		Escala Vertical: 1:10	
Nº Capa	Espesor	Litología	Muestra	Estructuras	Descripción
1	21 cm		M2-C2 (T)	 	Arena de grano medio, de color marrón claro con presencias de fragmentos de roca.
2	9 cm		M2-C1 (B)	 	Arena de grano grueso, de color marrón oscuro.

Figura B.2 Columna Sedimentológica E2-C2-M2 Capa1y Capa2

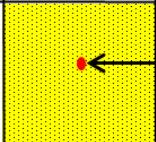
 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA					
Operador: Alexandra González y Dubraska Pinto		Localidad: Ciudad Bolívar		Coordenadas: 446610 m E 894859 m N	
Estación: E3	Muestra: M4	Tipo de levantamiento: Calicata 3		Escala Vertical: 1:10	
Nº Capa	Espesor	Litología	Muestra	Estructuras	Descripción
1	21 cm		M4	No presenta	Arena de grano fino de color gris moteado con marrón rojizo.

Figura B.3 Columna Sedimentológica E3-C3-M4

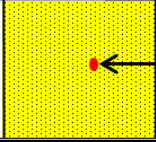
 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA					
Operador: Alexandra González y Dubraska Pinto		Localidad: Ciudad Bolívar		Coordenadas: 446646 m E 894860 m N	
Estación: E4	Muestra: M5	Tipo de levantamiento: Calicata 4		Escala Vertical: 1:10	
Nº Capa	Espesor	Litología	Muestra	Estructuras	Descripción
1	20 cm		M5	No presenta	Arena de grano medio, de color marrón rojizo.

Figura B.4 Columna Sedimentológica E4-C4-M5

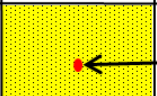
 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA					
Operador: Alexandra González y Dubraska Pinto		Localidad: Ciudad Bolívar		Coordenadas: 446928 m E 894994 m N	
Estación: E5	Muestra: M6	Tipo de levantamiento: Calicata 5		Escala Vertical: 1:10	
Nº Capa	Espesor	Litología	Muestra	Estructuras	Descripción
1	15 cm	 ←	M6	No presenta	Arena de grano medio, de color marrón.

Figura B.5 Columna Sedimentológica E5-C5-M6

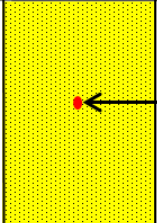
 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA					
Operador: Alexandra González y Dubraska Pinto		Localidad: Ciudad Bolívar		Coordenadas: 446952 m E 895040 m N	
Estación: E6	Muestra: M7	Tipo de levantamiento: Calicata 6		Escala Vertical: 1:10	
Nº Capa	Espesor	Litología	Muestra	Estructuras	Descripción
1	34 cm	 ←	M7	No presenta	Arena de grano medio masivo, de color gris

Figura B.6 Columna Sedimentológica E6-C6-M7

 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA					
Operador: Alexandra González y Dubraska Pinto		Localidad: Ciudad Bolívar		Coordenadas: 447006 m E 895116 m N	
Estación: E8	Muestra: M8	Tipo de levantamiento: Calicata 7		Escala Vertical: 1:10	
Nº Capa	Espesor	Litología	Muestra	Estructuras	Descripción
1	29 cm		M8	No presenta	Arena de grano medio, de color gris moteado de rojo.

Figura B.7 Columna Sedimentológica E8-C7-M8

 UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA					
Operador: Alexandra González y Dubraska Pinto		Localidad: Ciudad Bolívar		Coordenadas: 447076 m E 895141 m N	
Estación: E9	Muestra: M9	Tipo de levantamiento: Calicata 8		Escala Vertical: 1:10	
Nº Capa	Espesor	Litología	Muestra	Estructuras	Descripción
1	13 cm		M9-C2 (T)		Arena de grano medio de color marrón claro.
2	14 cm		M9-C1 (B)		Arena de grano medio, de color gris

Figura B.8 Columna Sedimentológica E9-C8-M9 Capa1y Capa2

APÉNDICE C
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

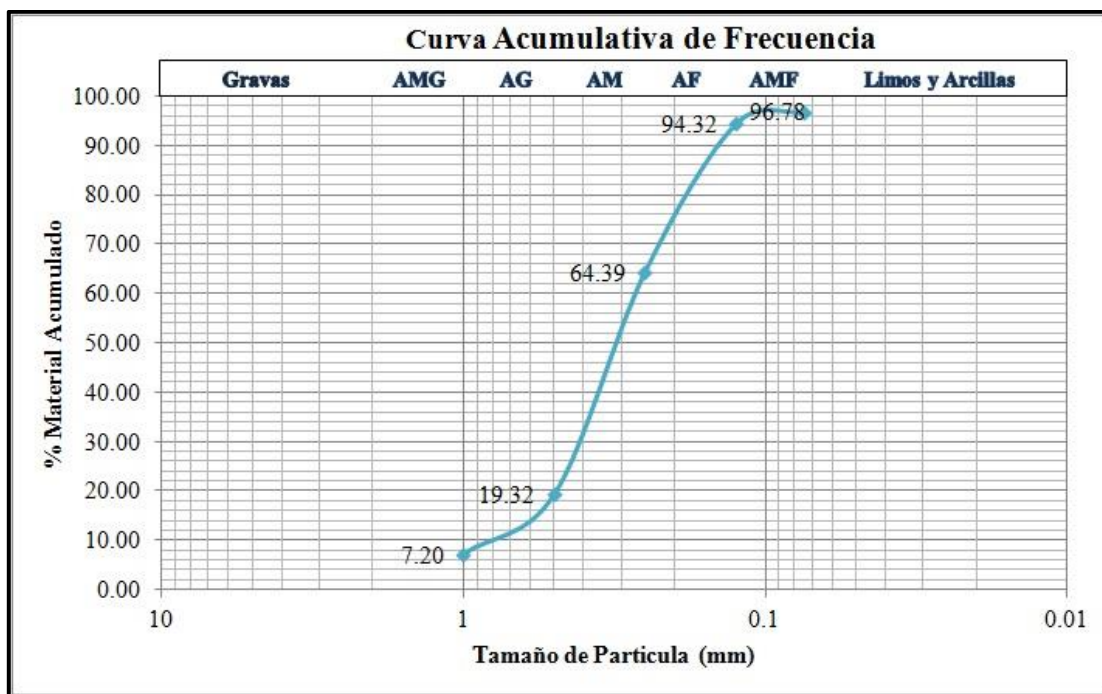


Figura C.1 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E1-C1-M1

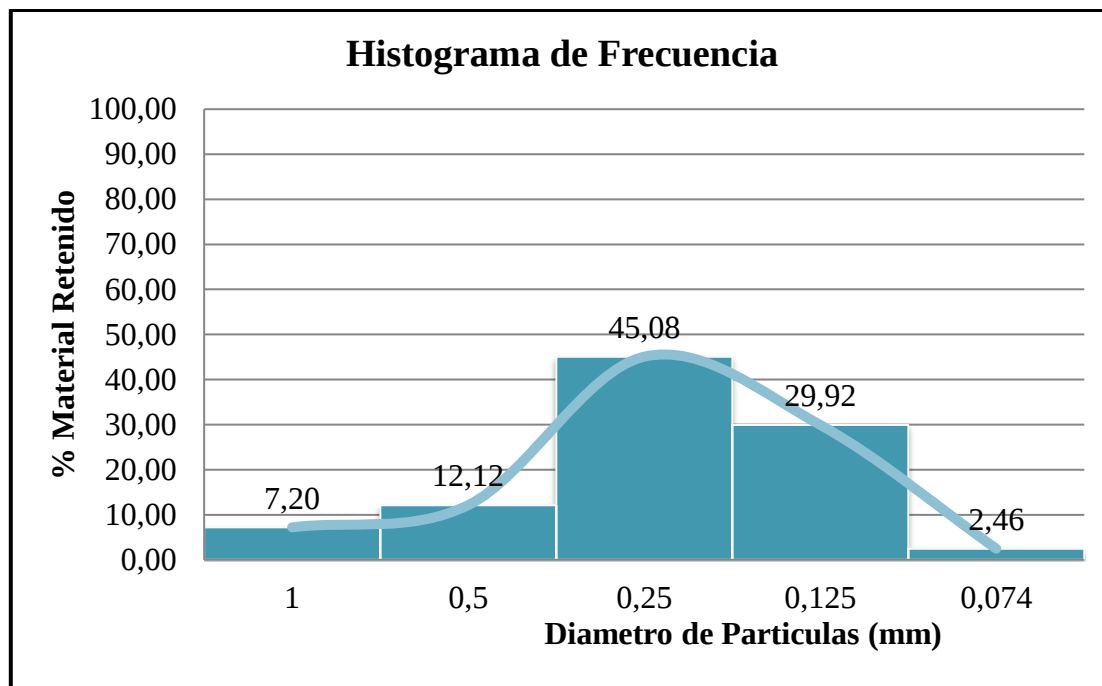


Figura C.2 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E1-C1-M1

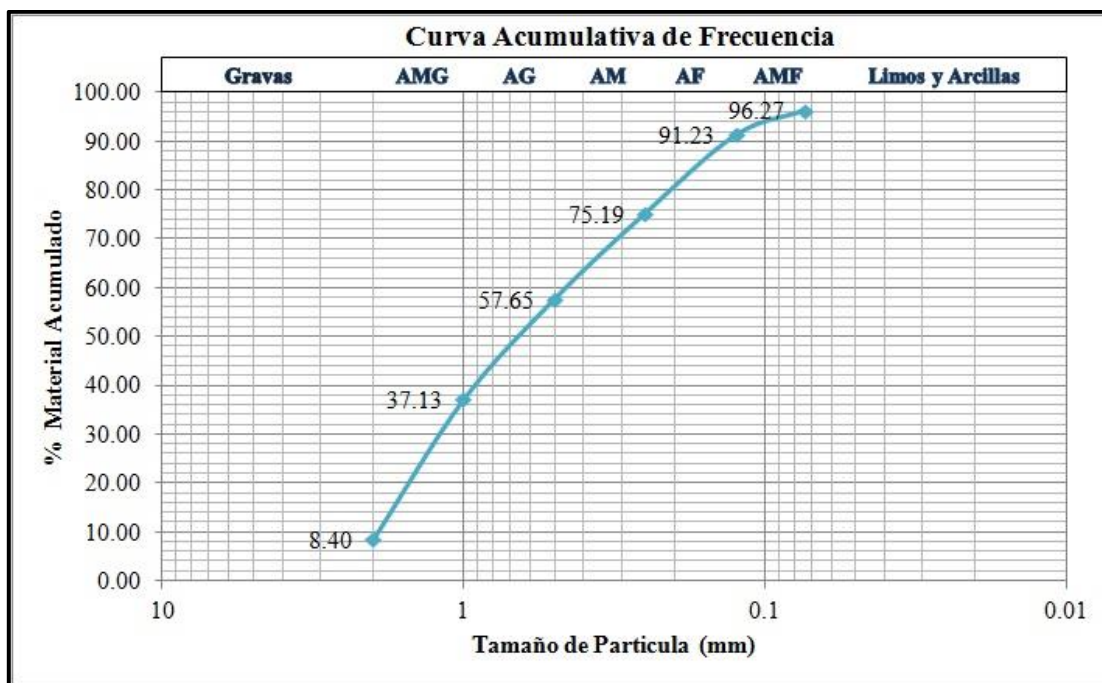


Figura C.3 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E2-C2-M2 Capa1

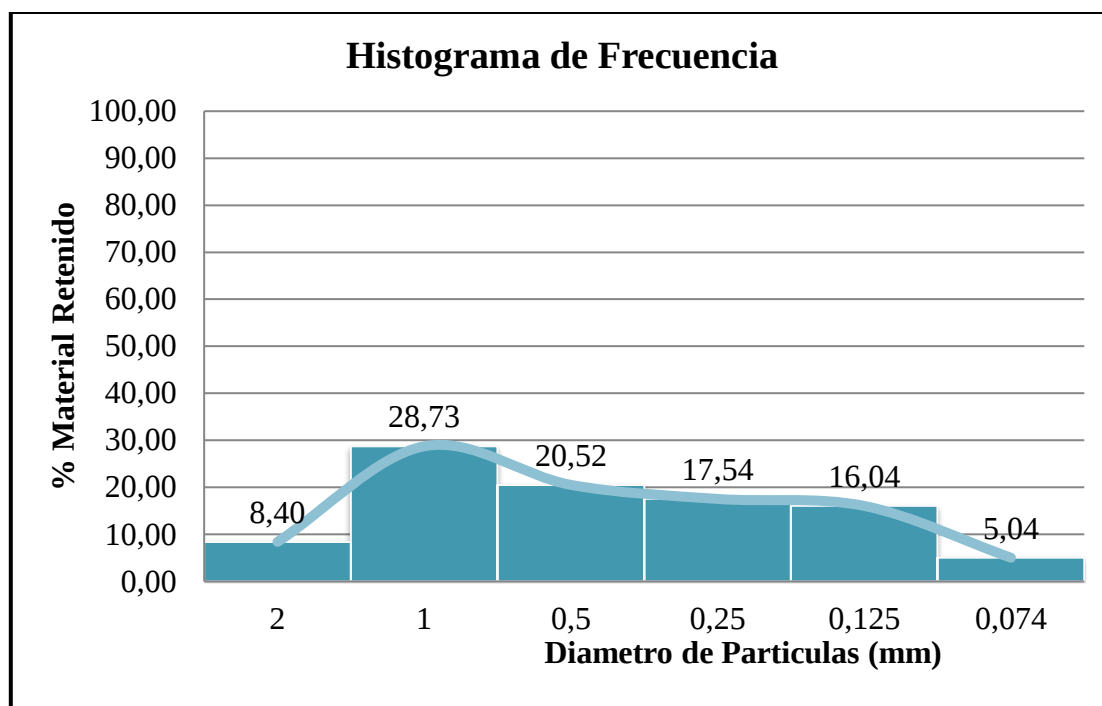


Figura C.4 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E2-C2-M2 Capa1

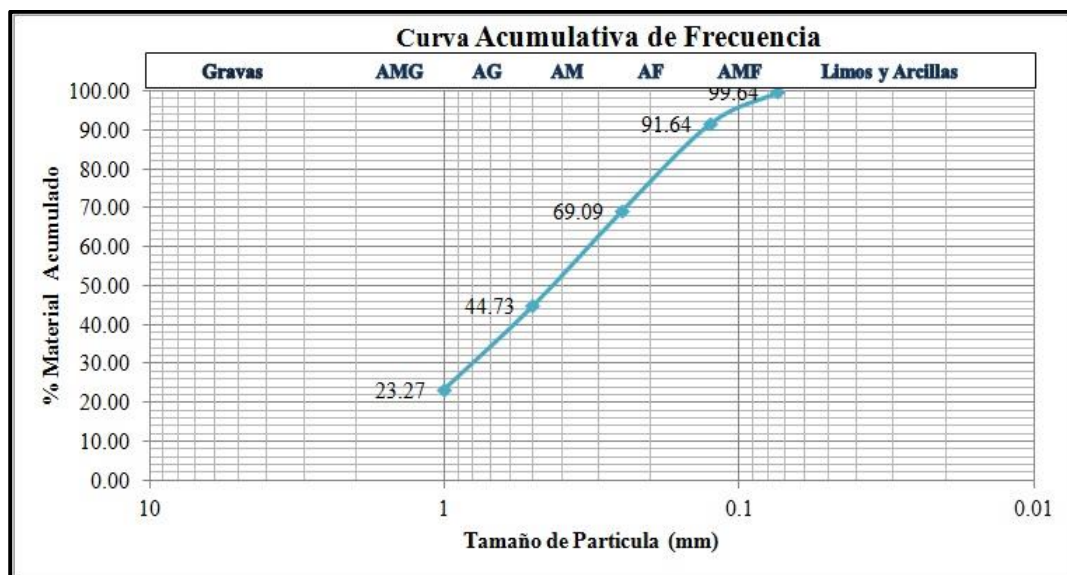


Figura C.5 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E2-C2-M2 Capa2

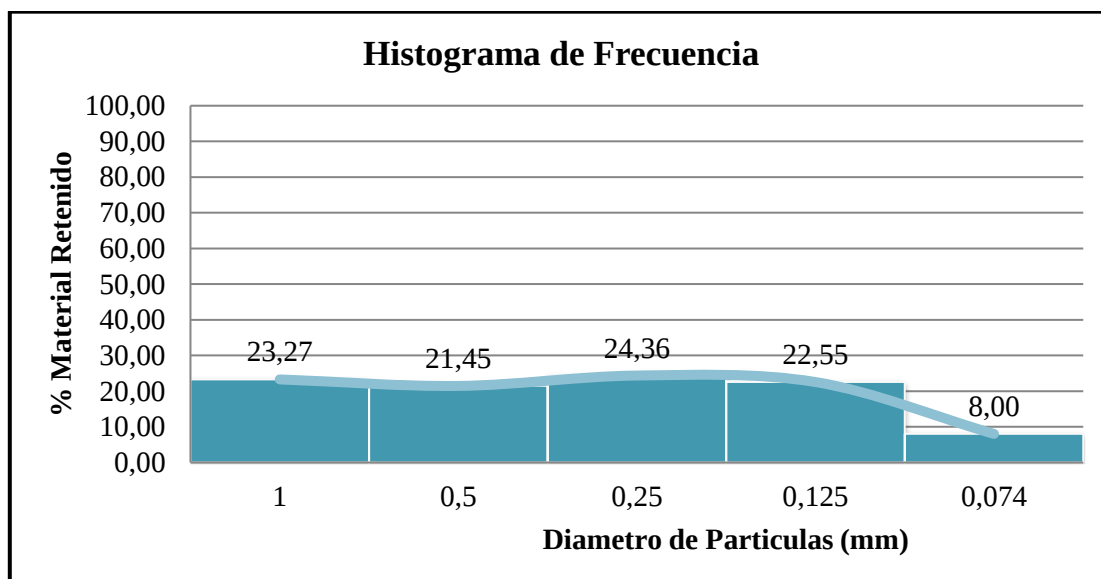


Figura C.6 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E2-C2-M2 Capa2

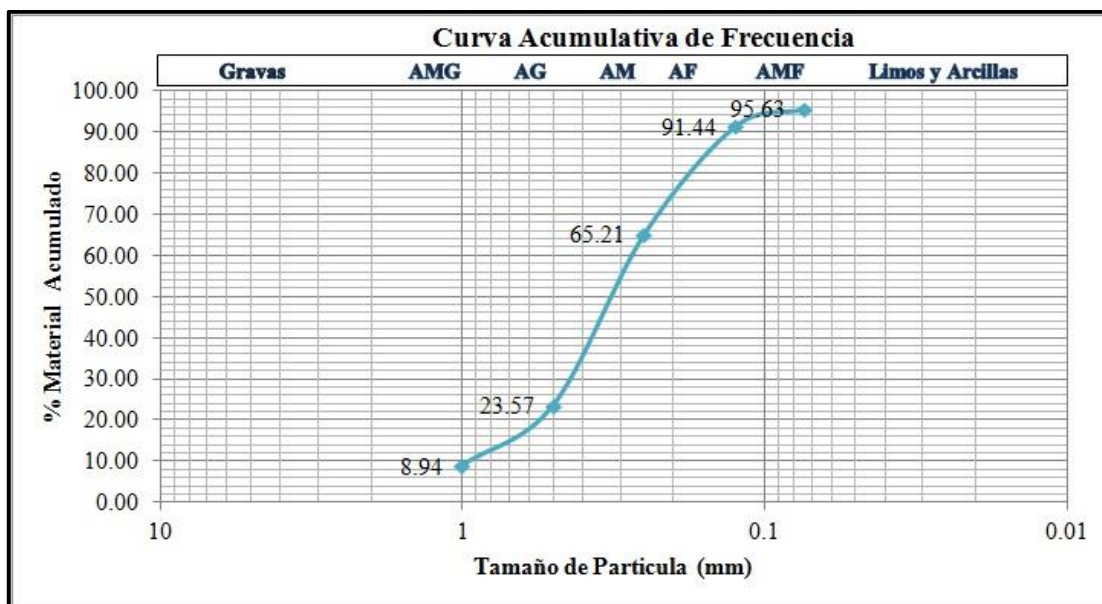


Figura C.7 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E3-B1-M3

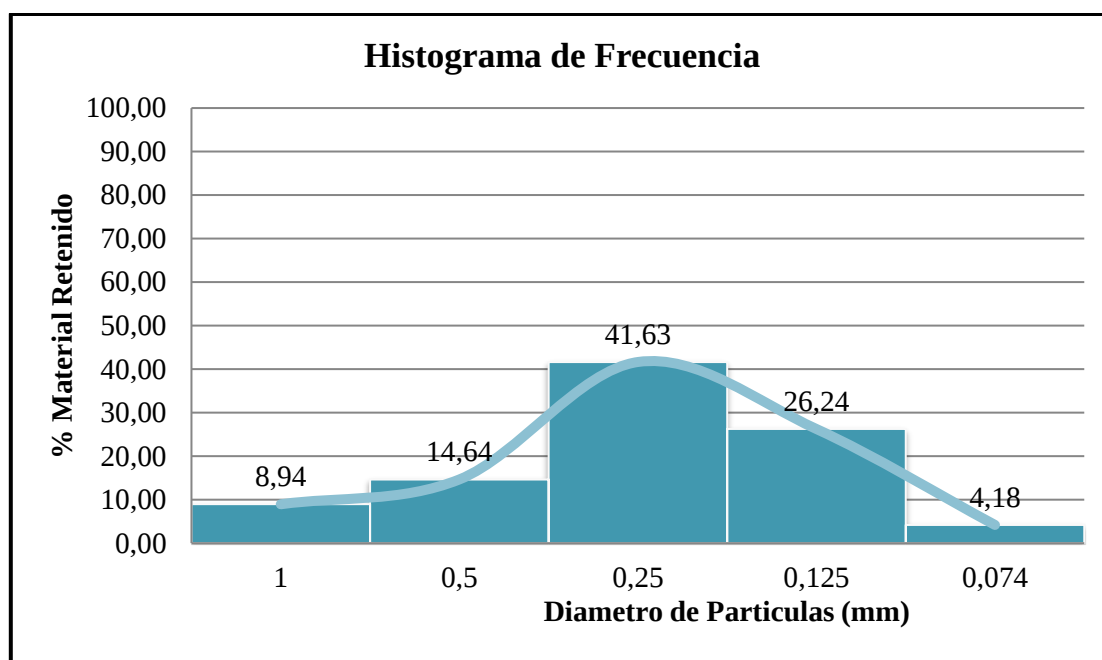


Figura C.8 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E3-B1-M3

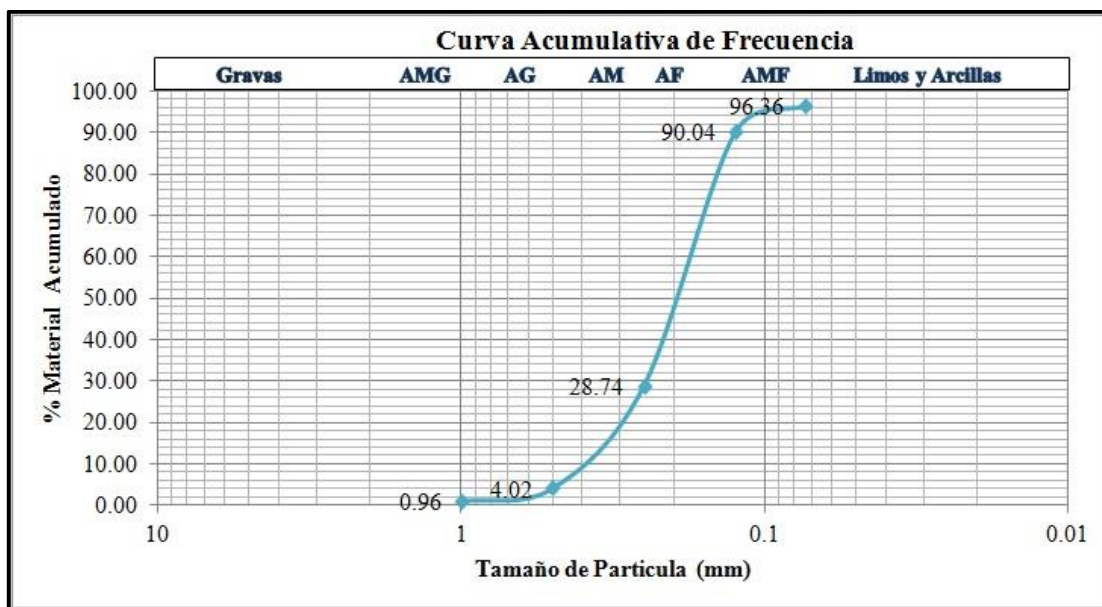


Figura C.9 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E3-C3-M4

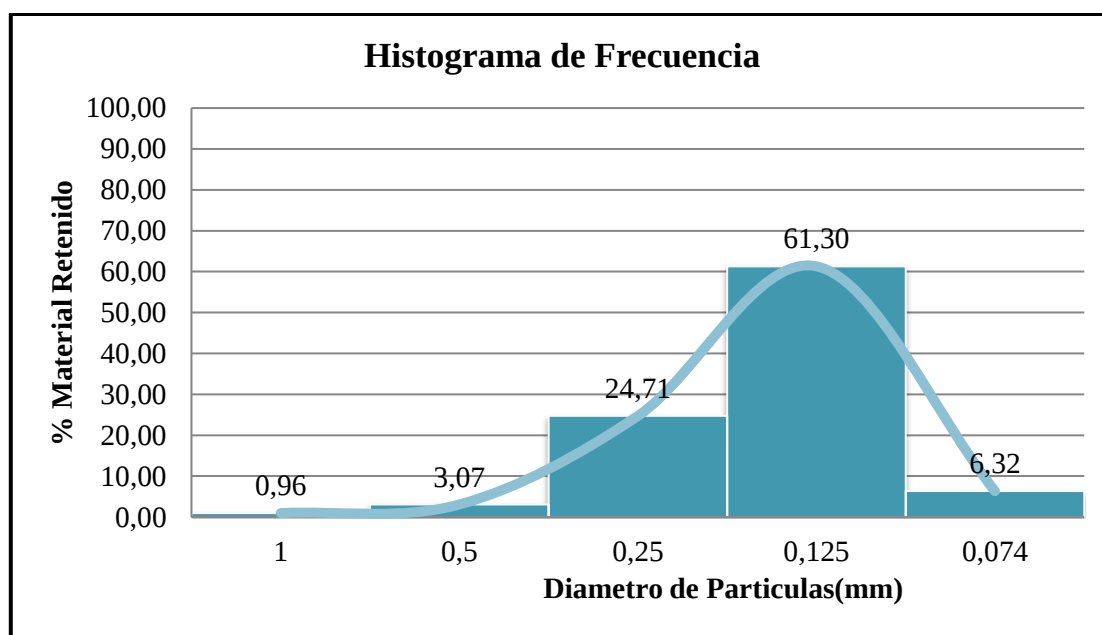


Figura C.10 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E3-C3-M4

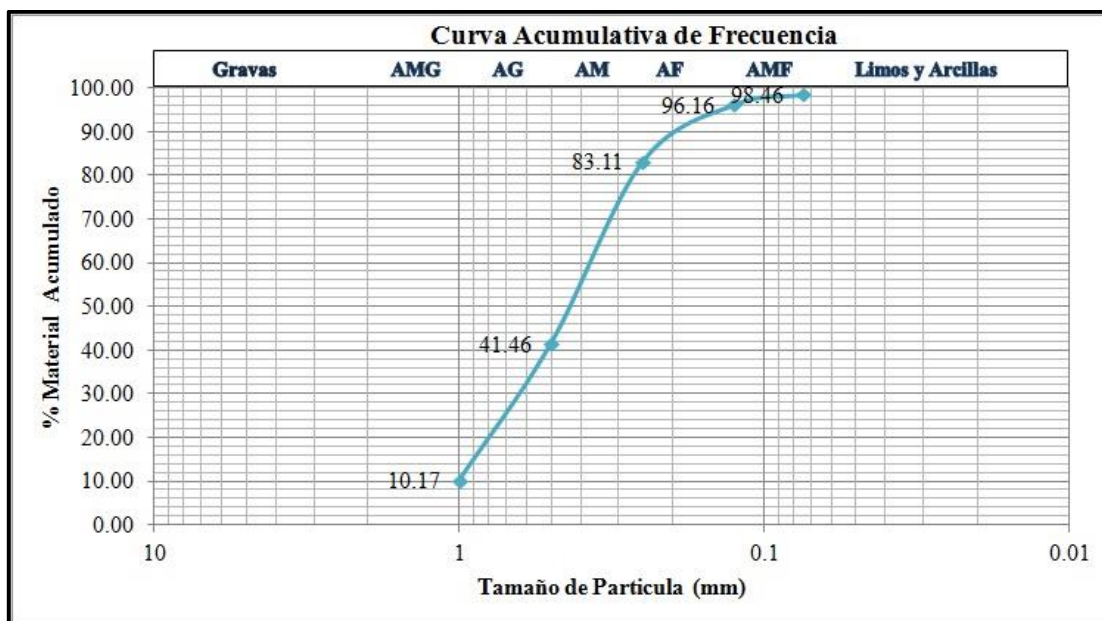


Figura C.11 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E4-C4-M5

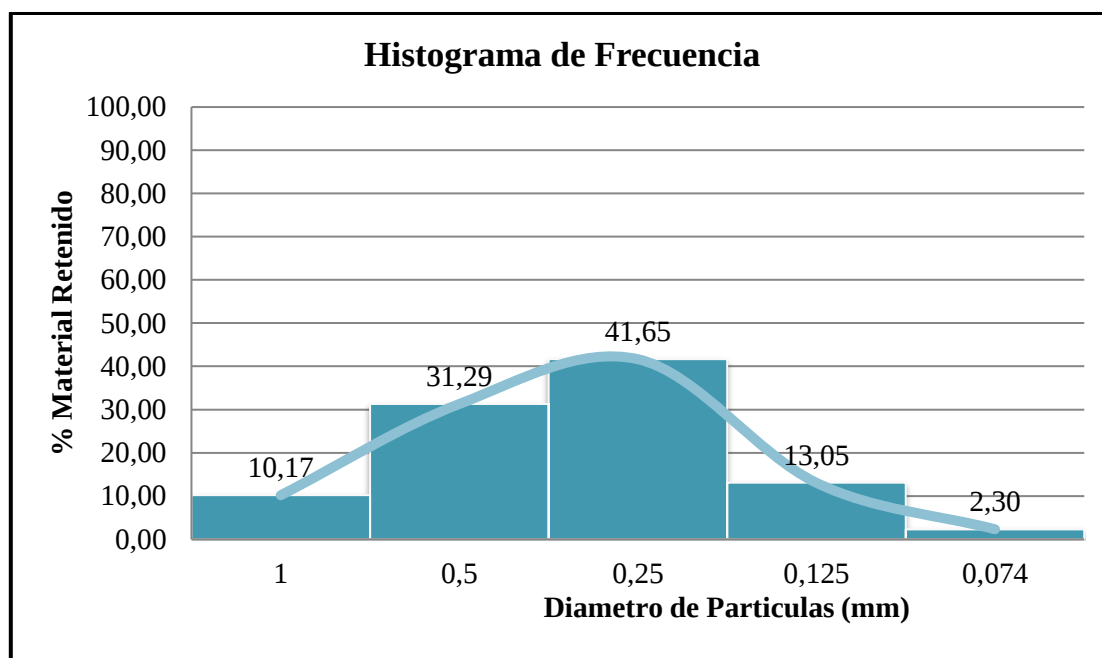


Figura C.12 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E4-C4-M5

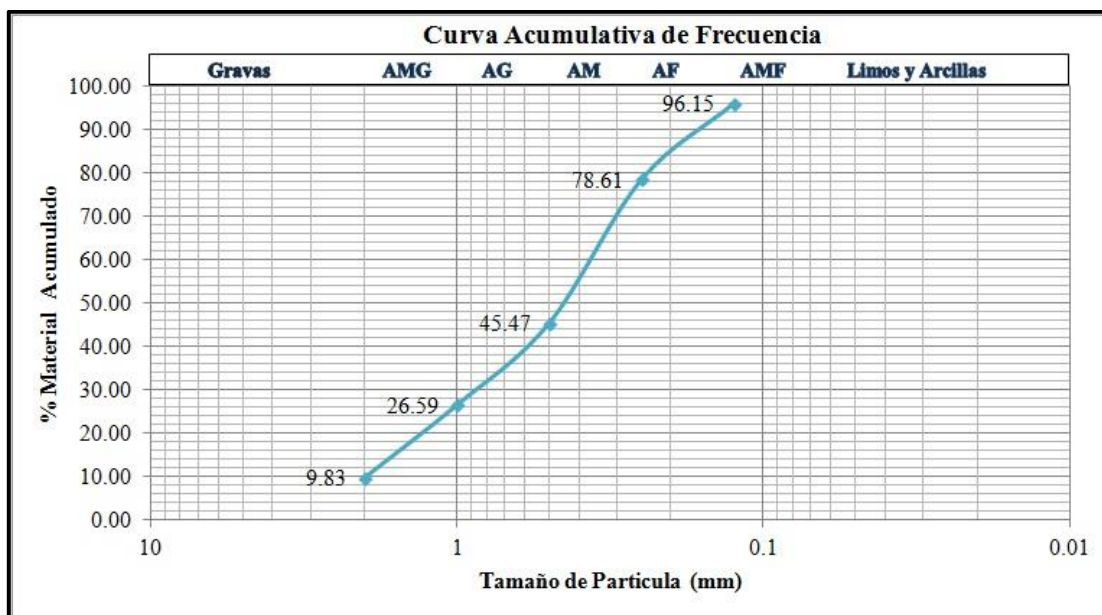


Figura C.13 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E5-C5-M6

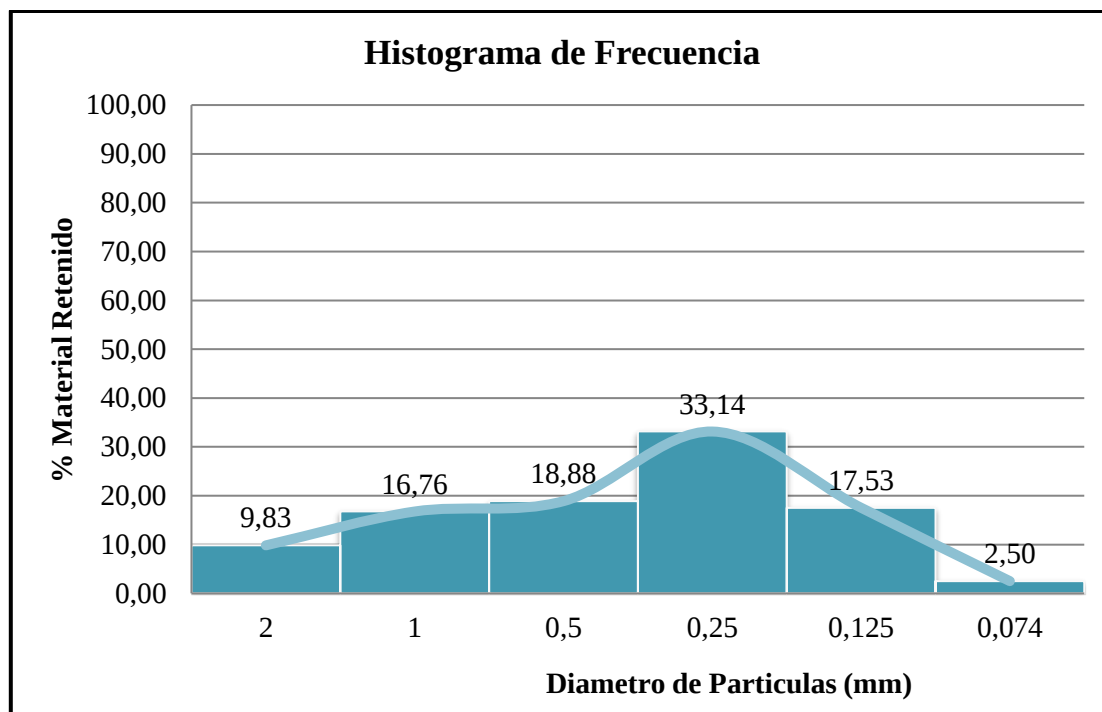


Figura C.14 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E5-C5-M6

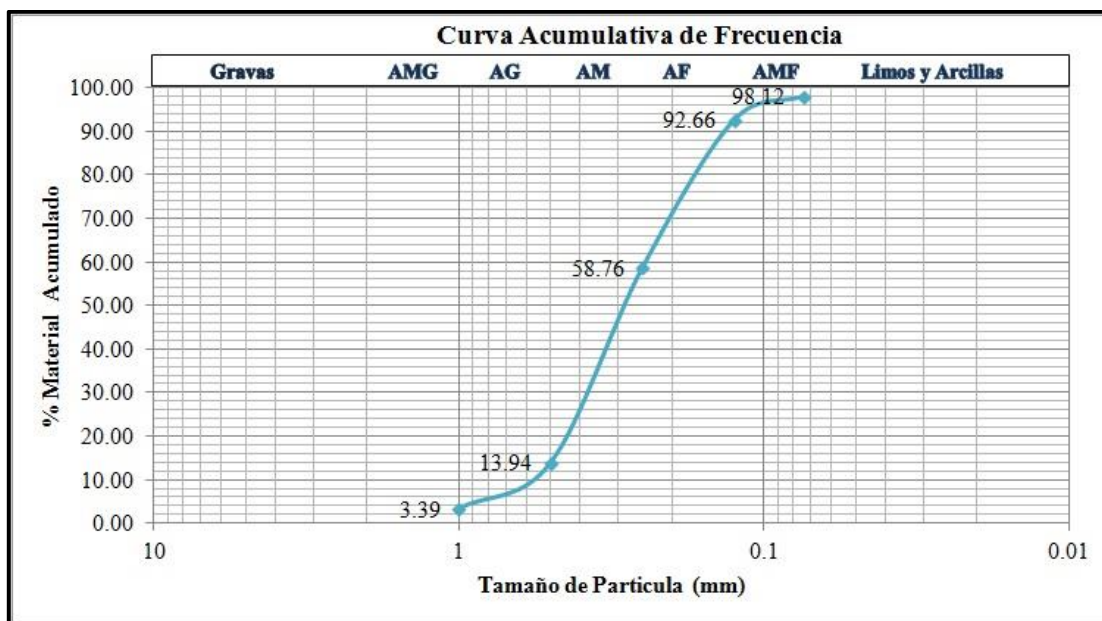


Figura C.15 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E6-C6-M7

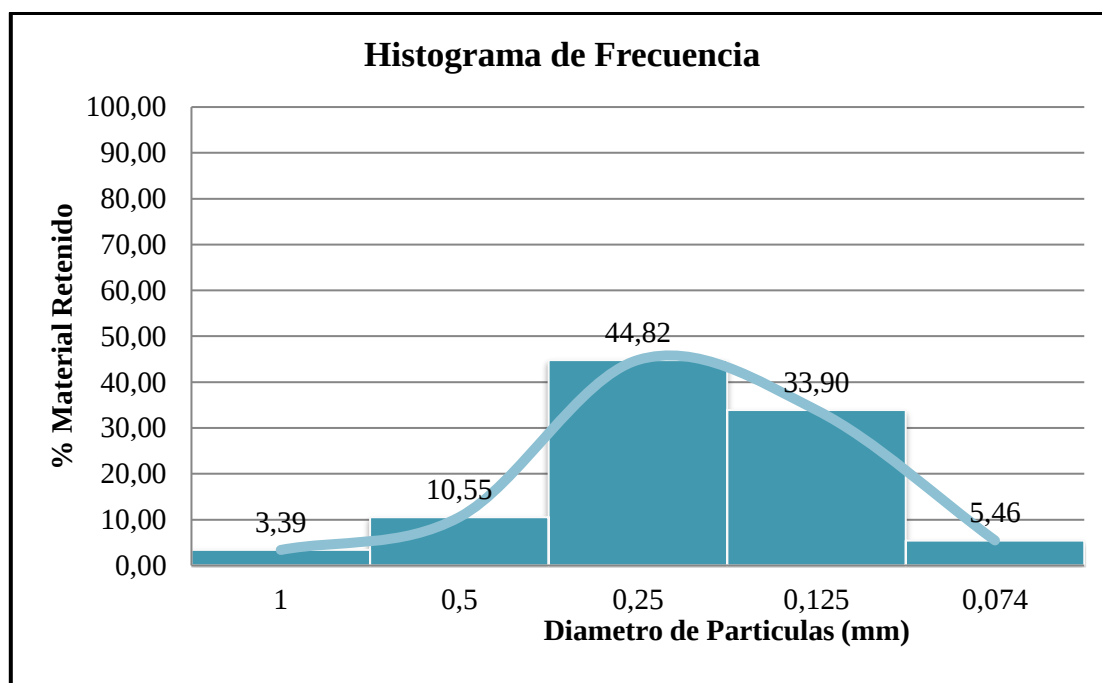


Figura C.16 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E6-C6-M7

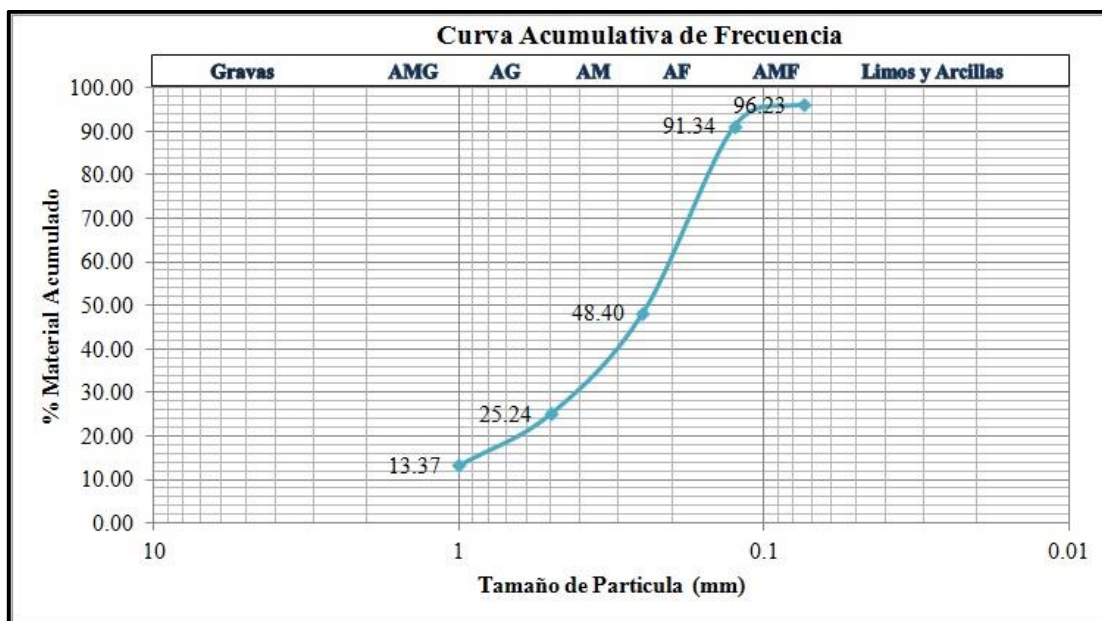


Figura C.17 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E8-C7-M8

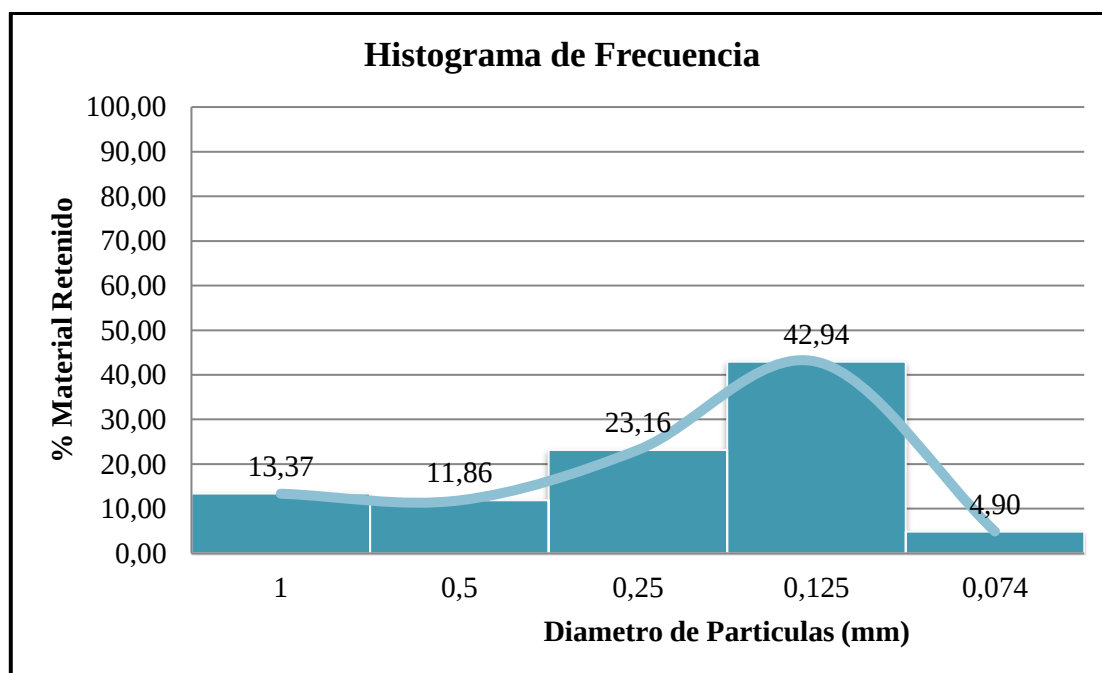


Figura C.18 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E8-C7-M8

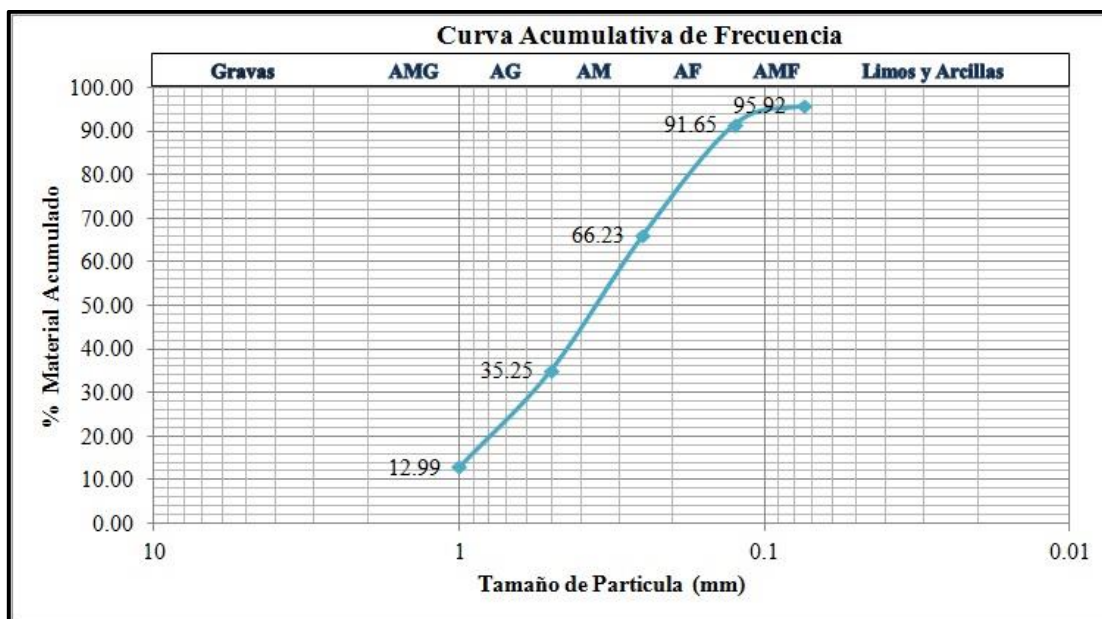


Figura C.19 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E9-C8-M9 Capa1

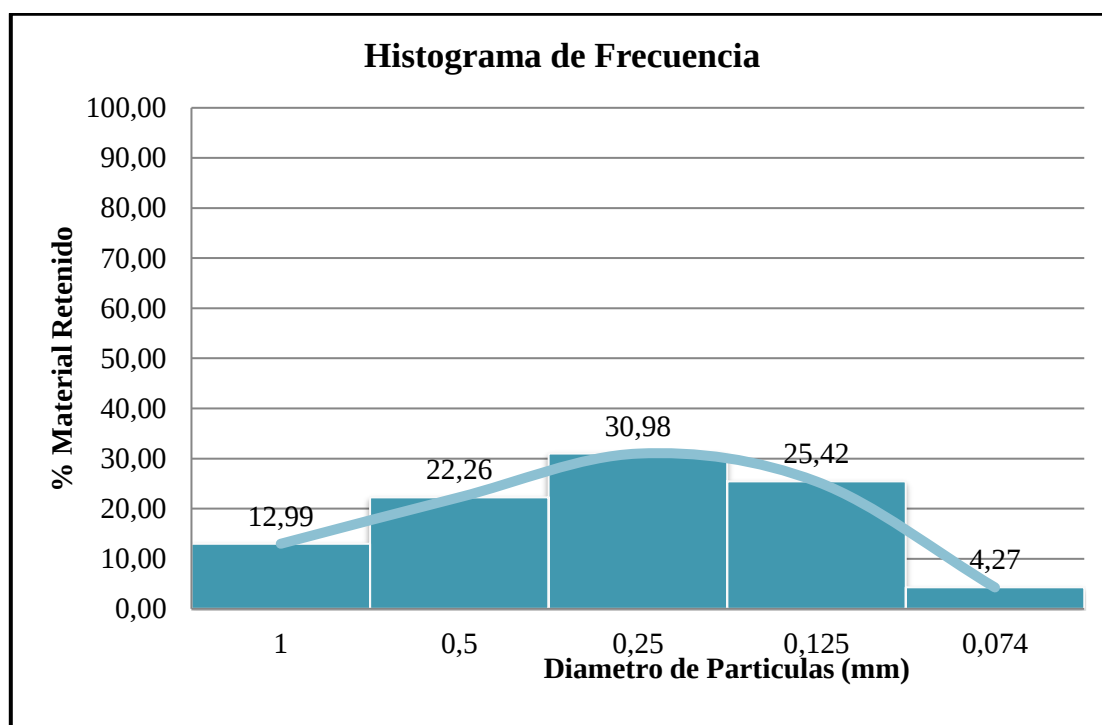


Figura C.20 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E9-C8-M9 Capa1

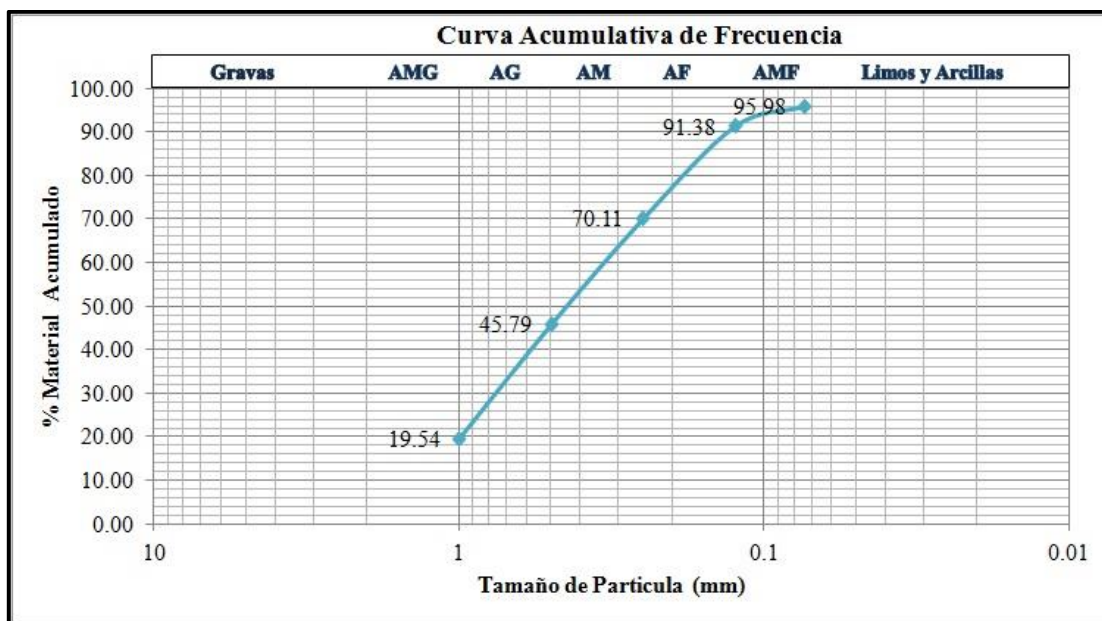


Figura C.21 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E9-C8-M9 Capa2

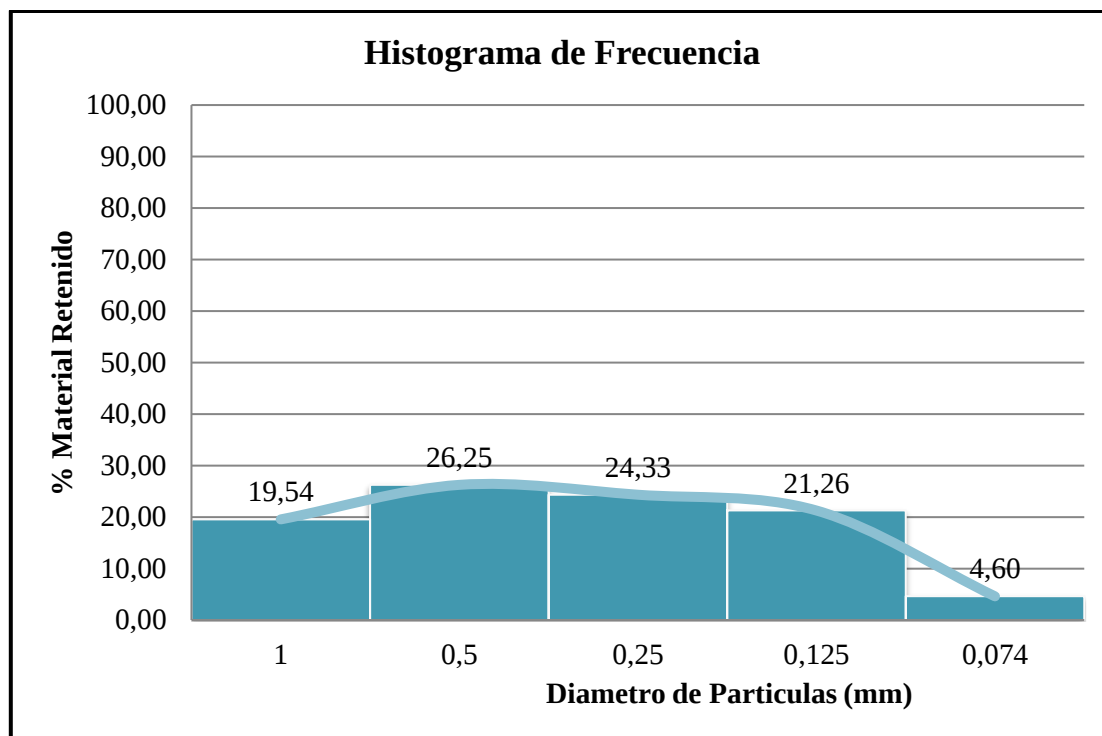


Figura C.22 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E9-C8-M9 Capa2

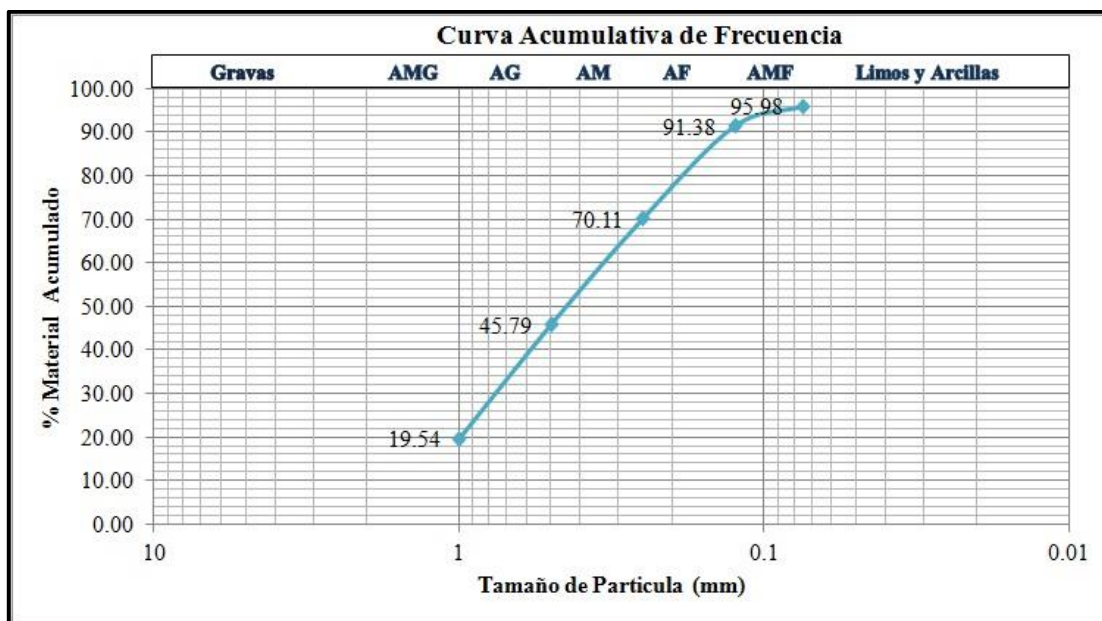


Figura C.23 Curva acumulativa de frecuencia de la muestra E10-B2-M10

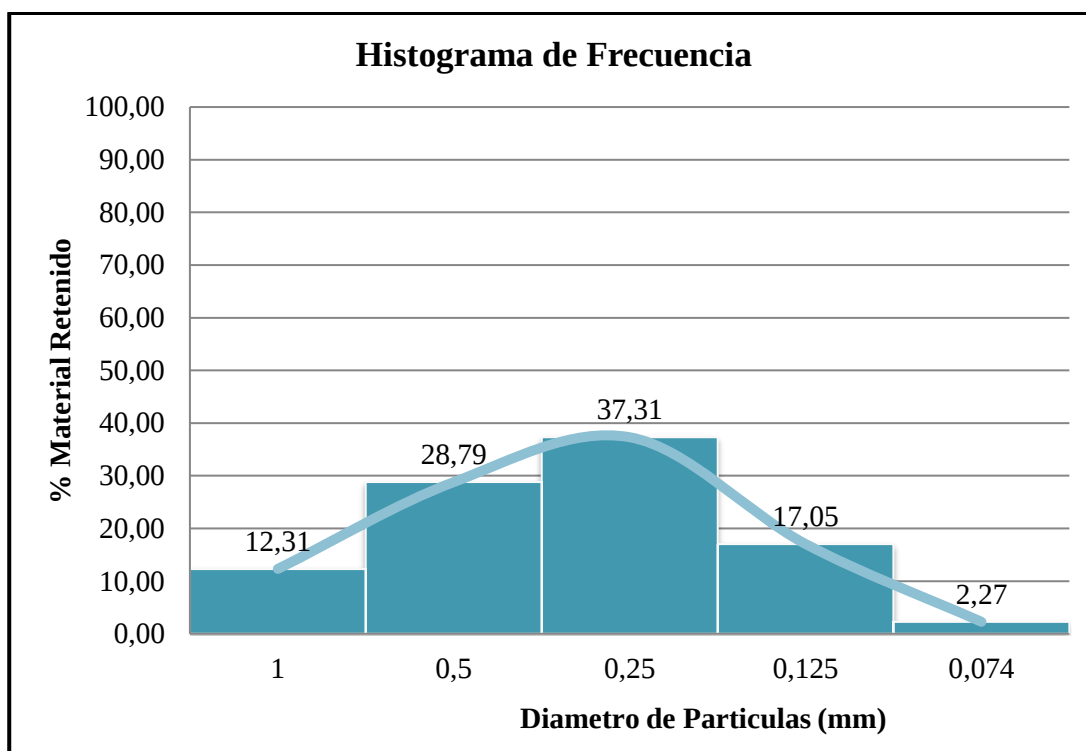


Figura C.24 Histograma de porcentaje retenido de la muestra E10-B2-M10

APÉNDICE D
GRÁFICAS GRANULOMÉTRICAS PARA METODO DE FOLK
Y WARD

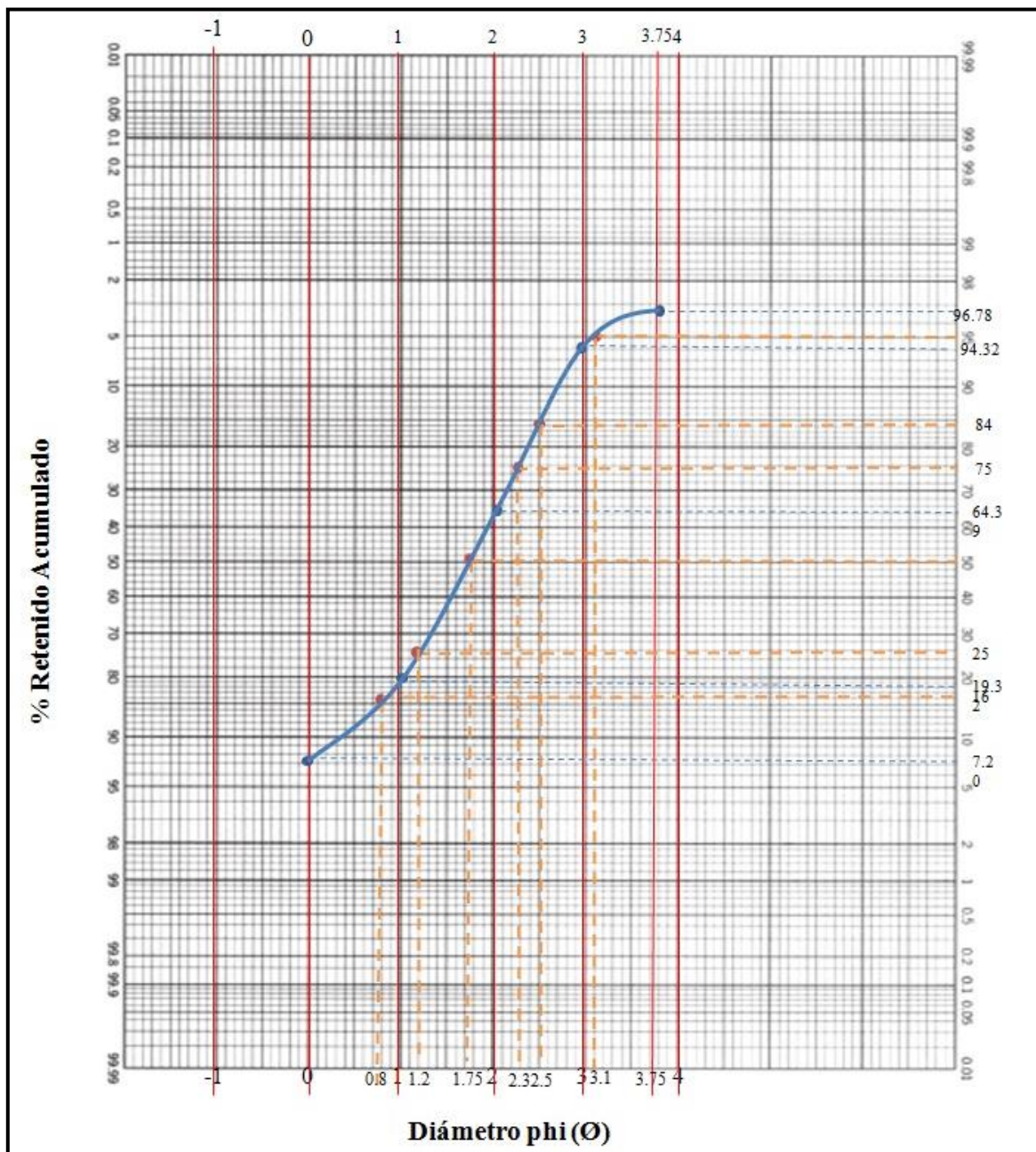


Figura D.1. Gráficas granulométricas para método de Folk y Ward E1-C1-M1

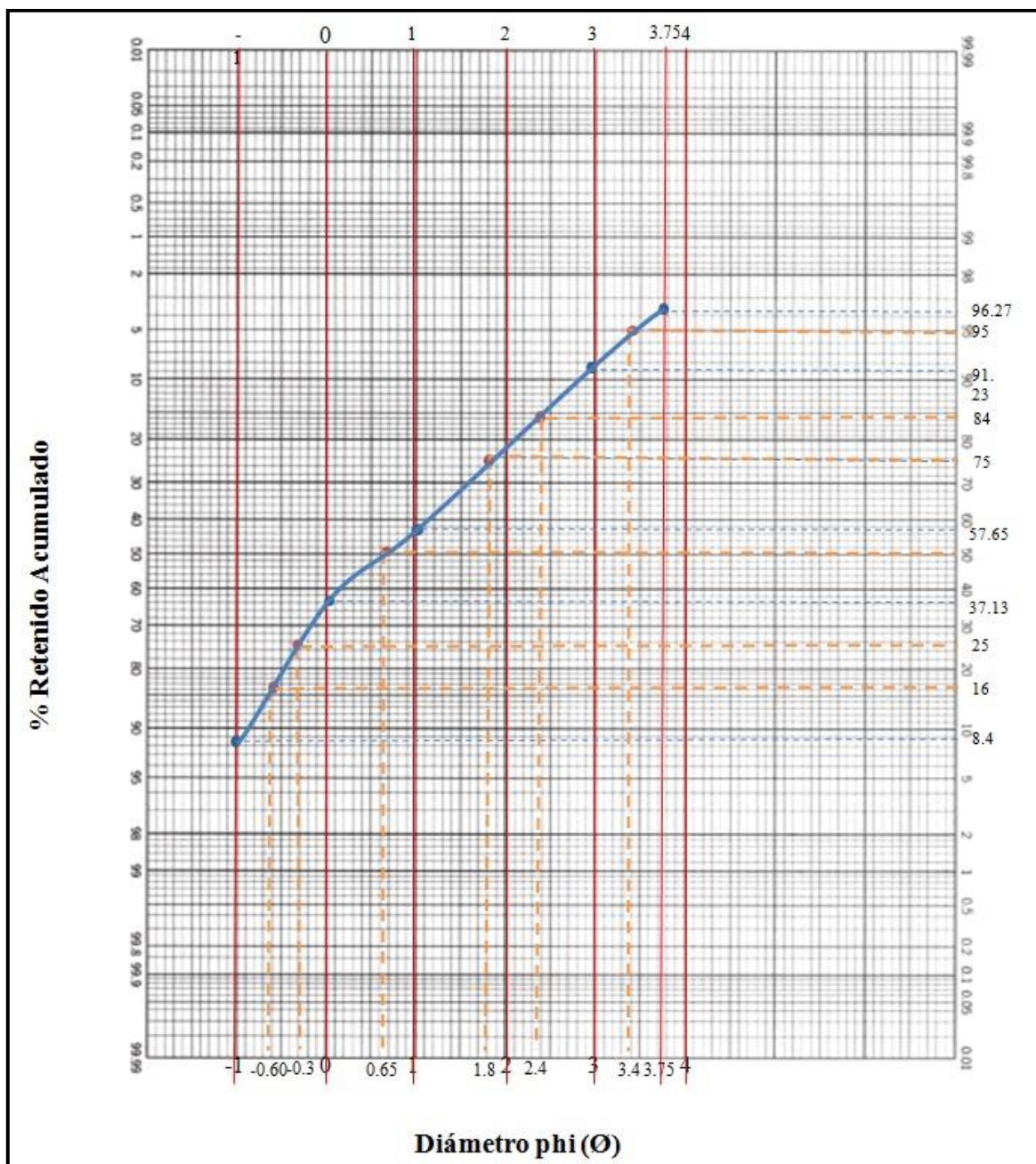


Figura D.2. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E2-C2-M2-Capa1

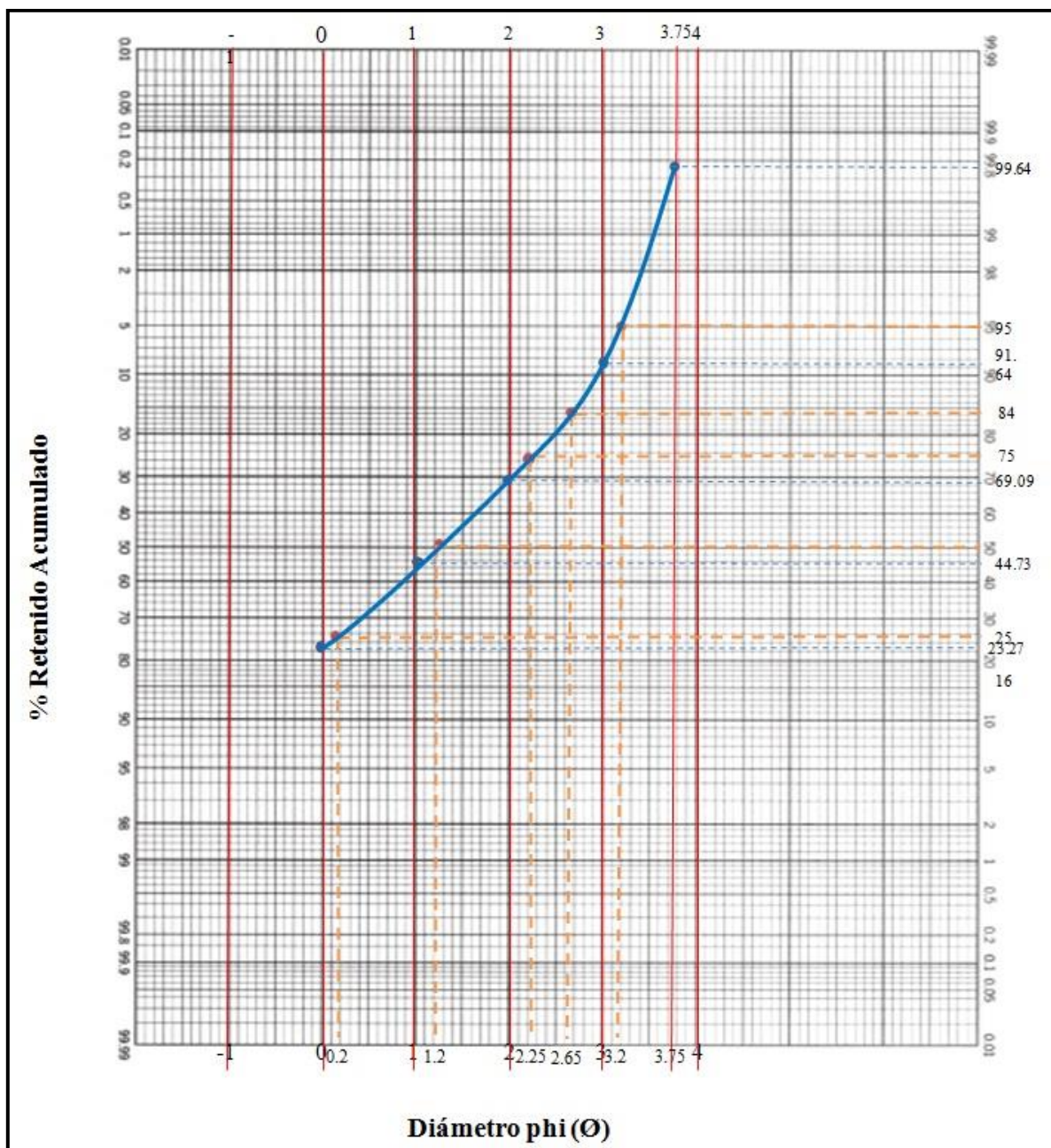


Figura D.3. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E2-C2-M2-Capa2

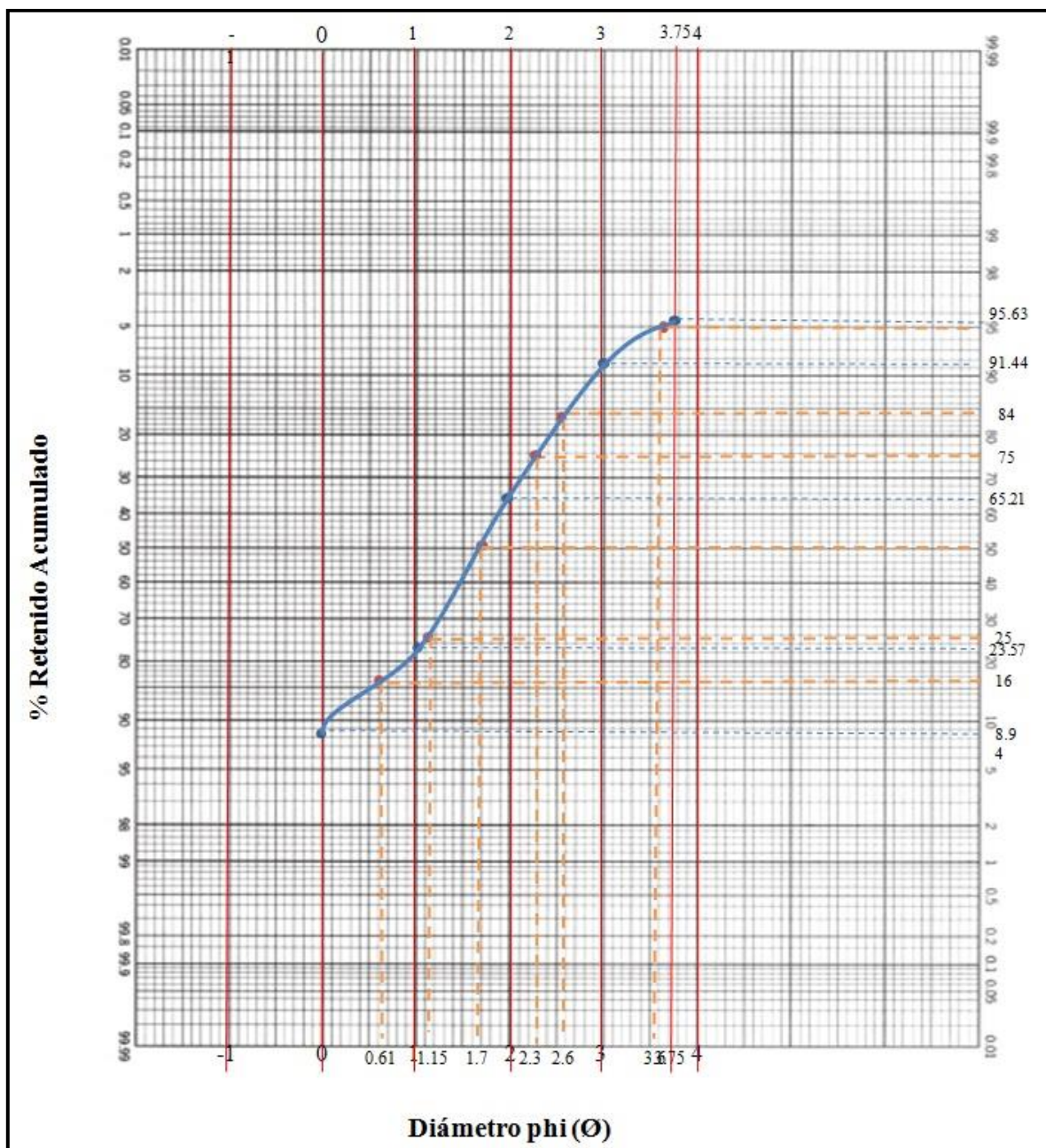


Figura D.4. Gráficas granulométricas para método de Folk y Ward E3-B1-M3

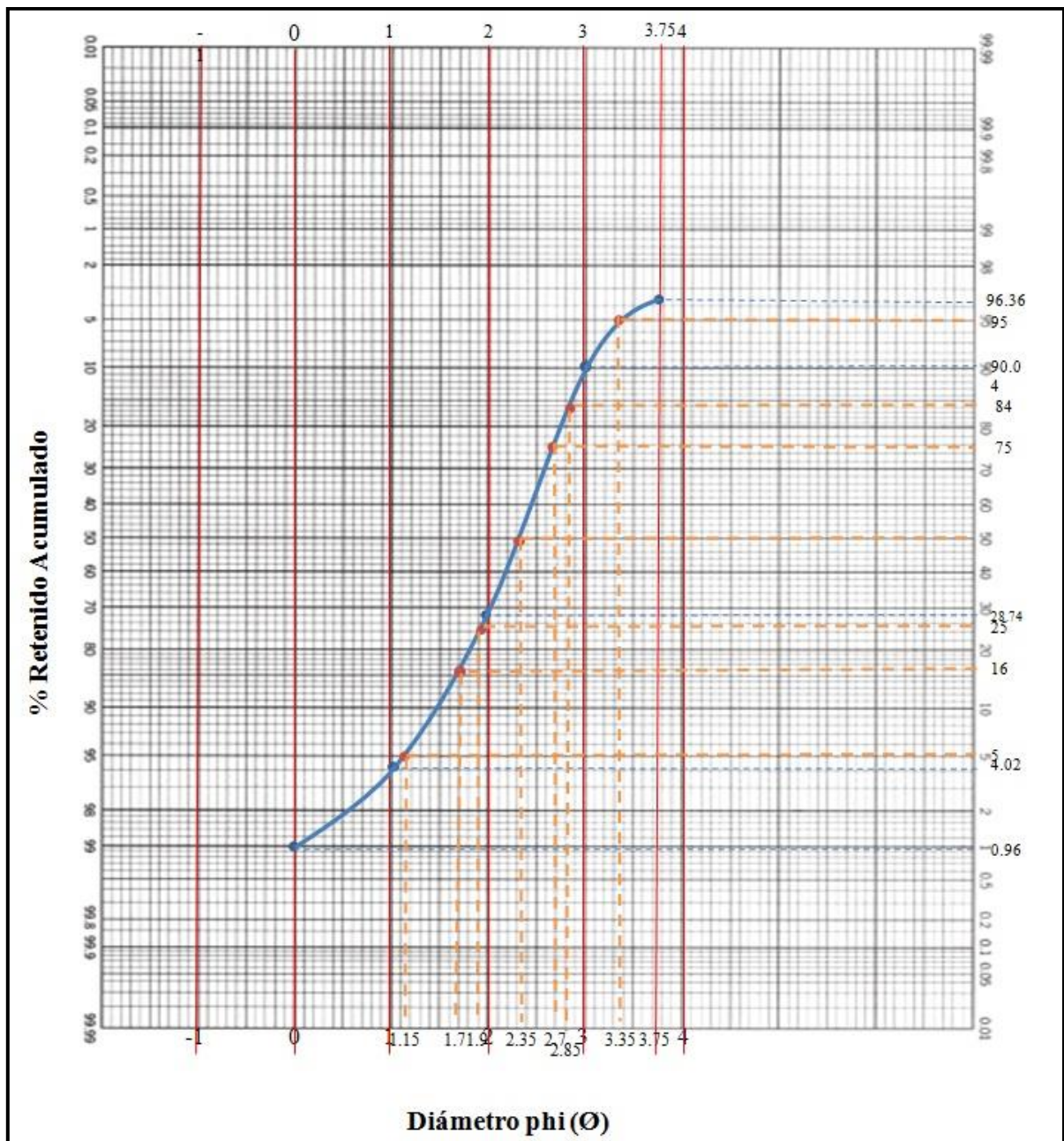


Figura D.5. Gráficas granulométricas para método de Folk y Ward E3-C3-M4.

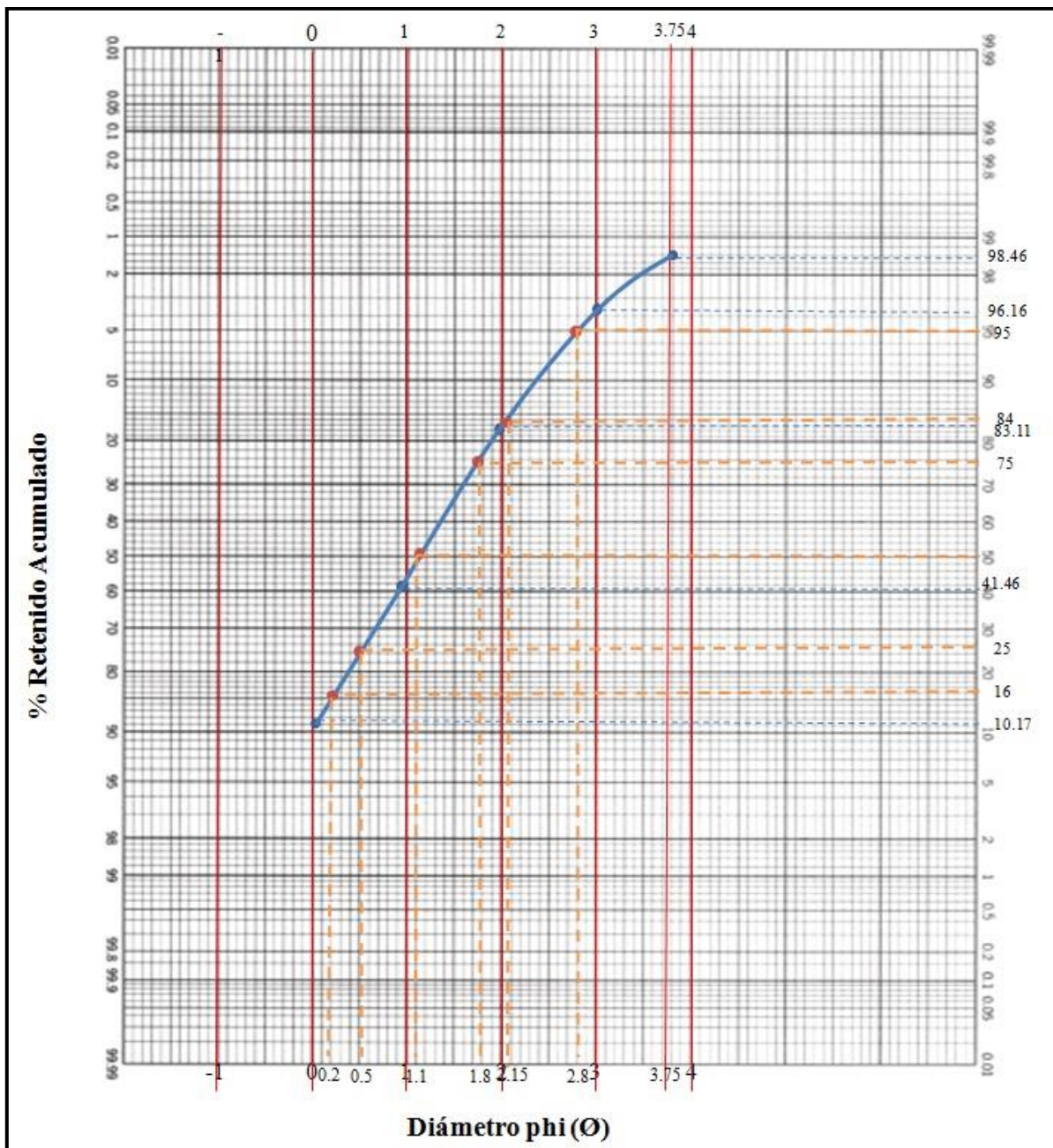


Figura D.6. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E4-C4-M5.

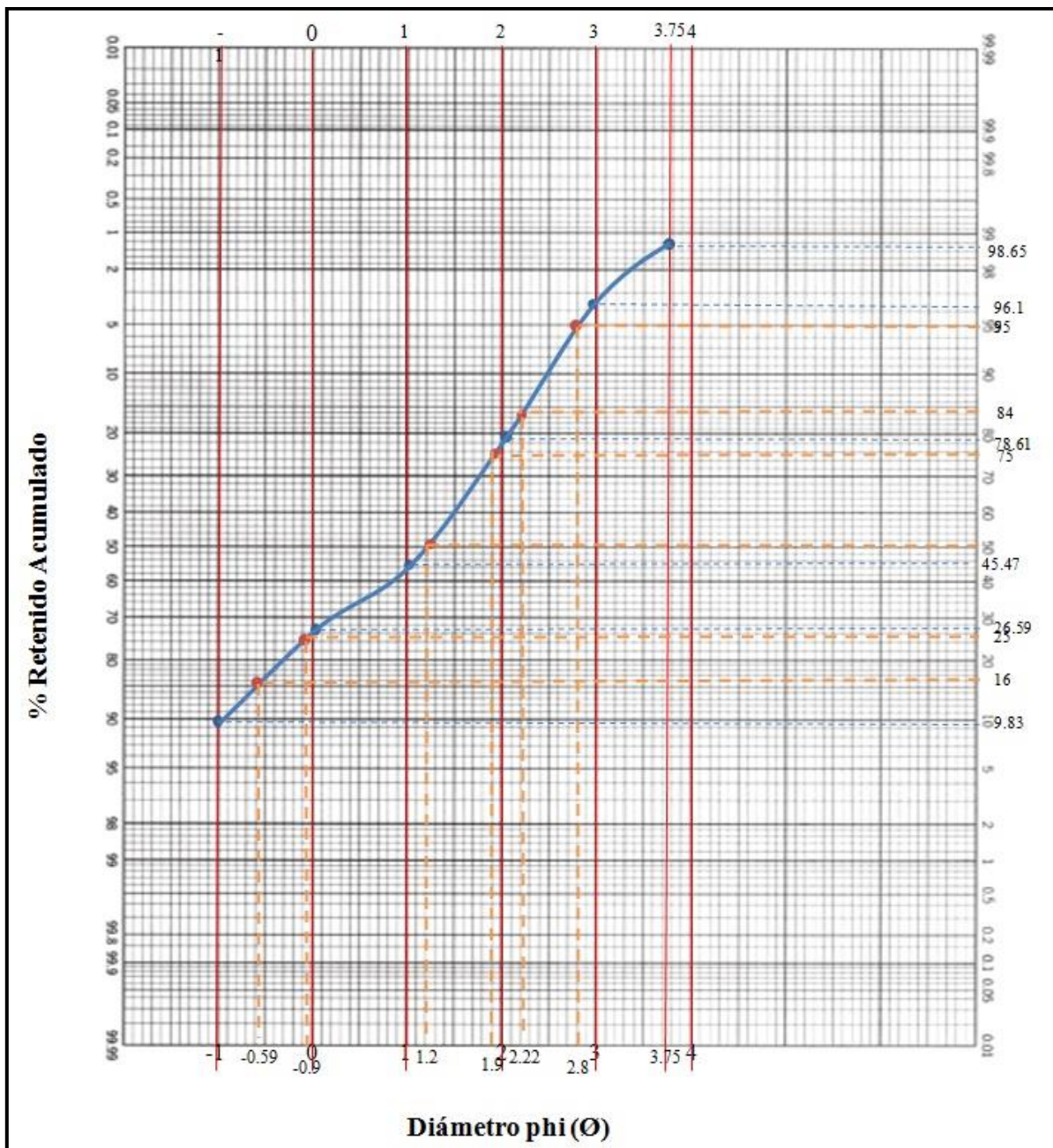


Figura D.7. Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E5-C5-M6

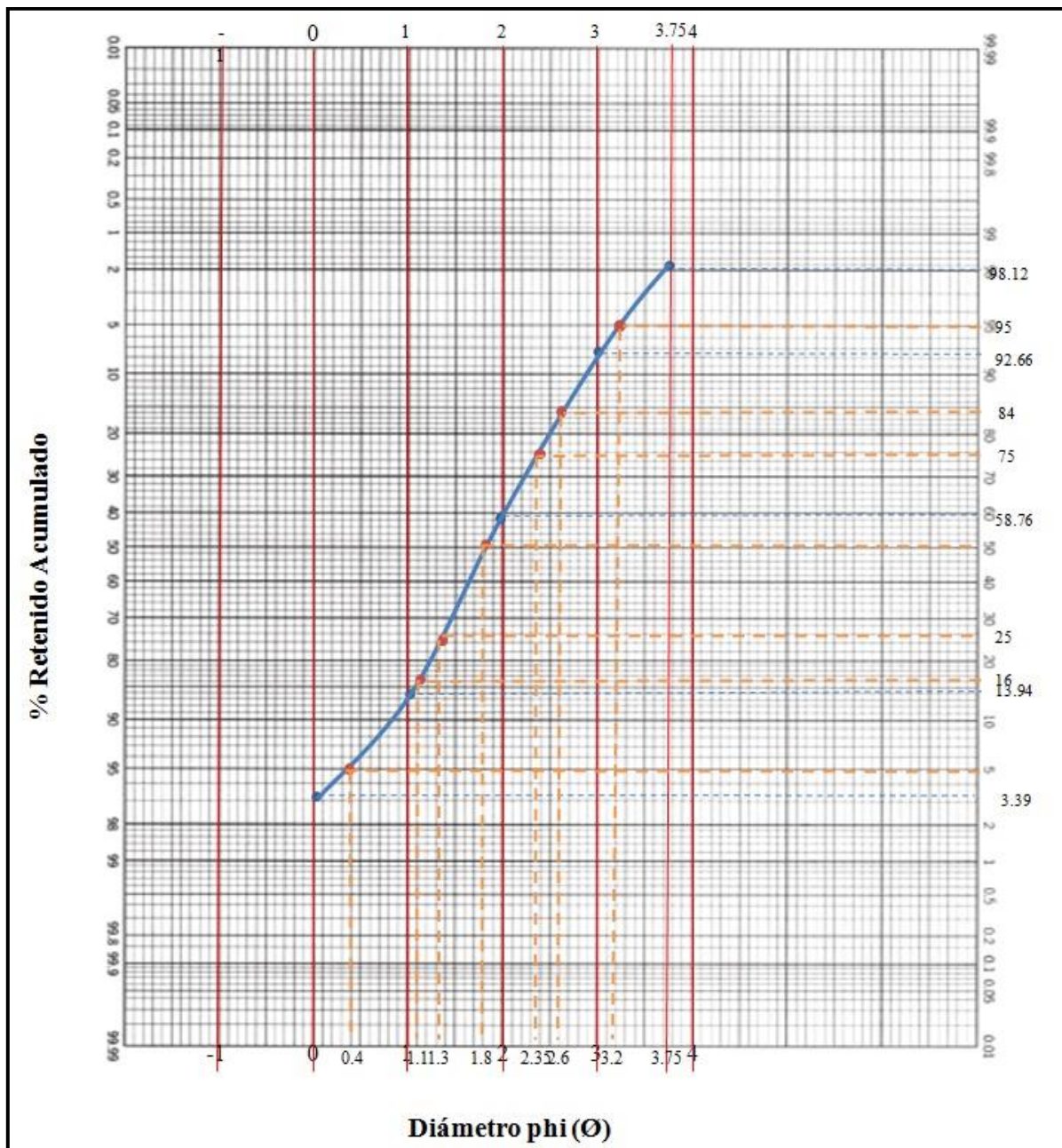


Figura D.8. Gráficas granulométricas para método de Folk y Ward E6-C6-M7.

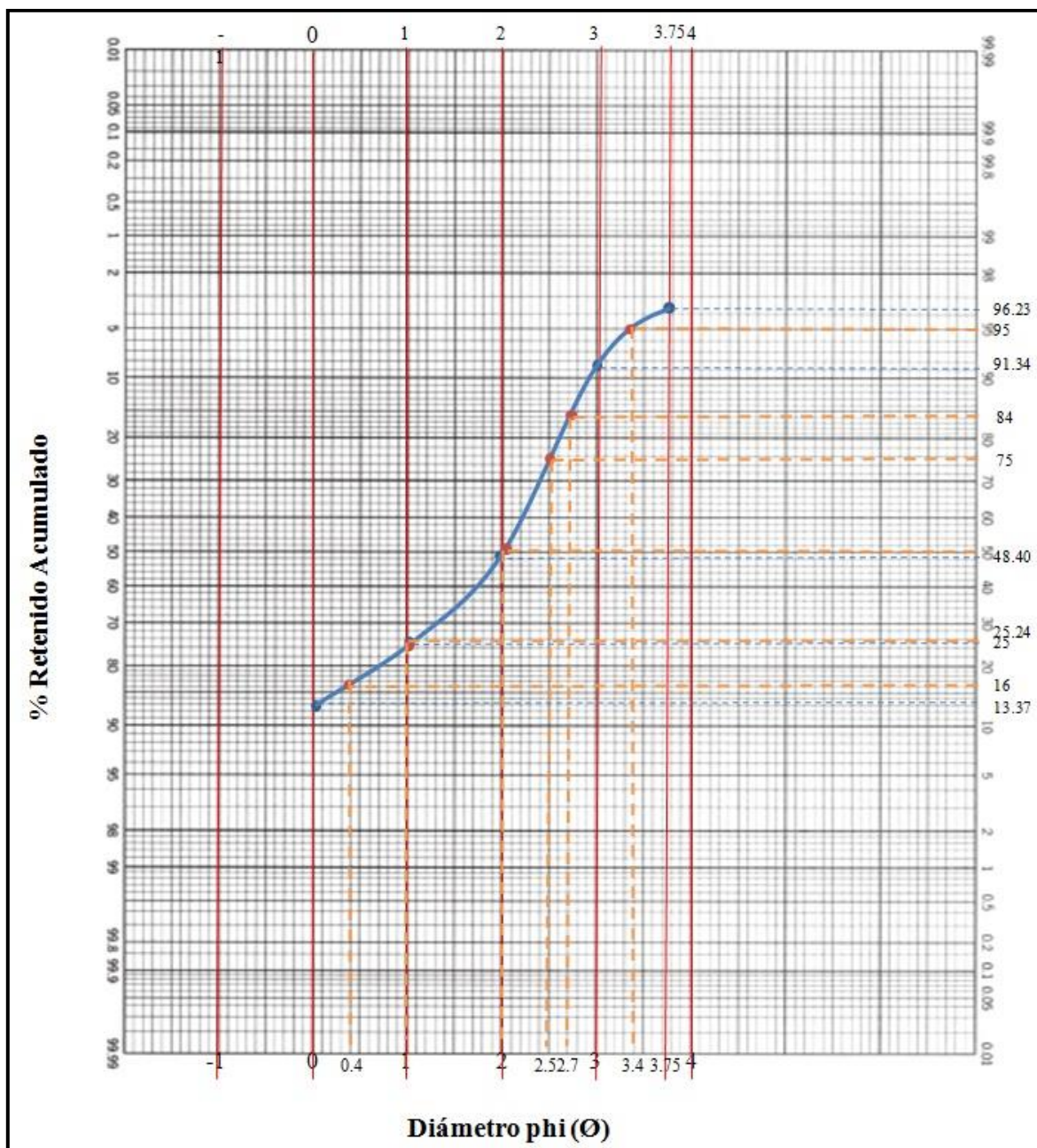


Figura D.9 Gráficas granulométricas para método de Folk y Ward E8-C7-M8.

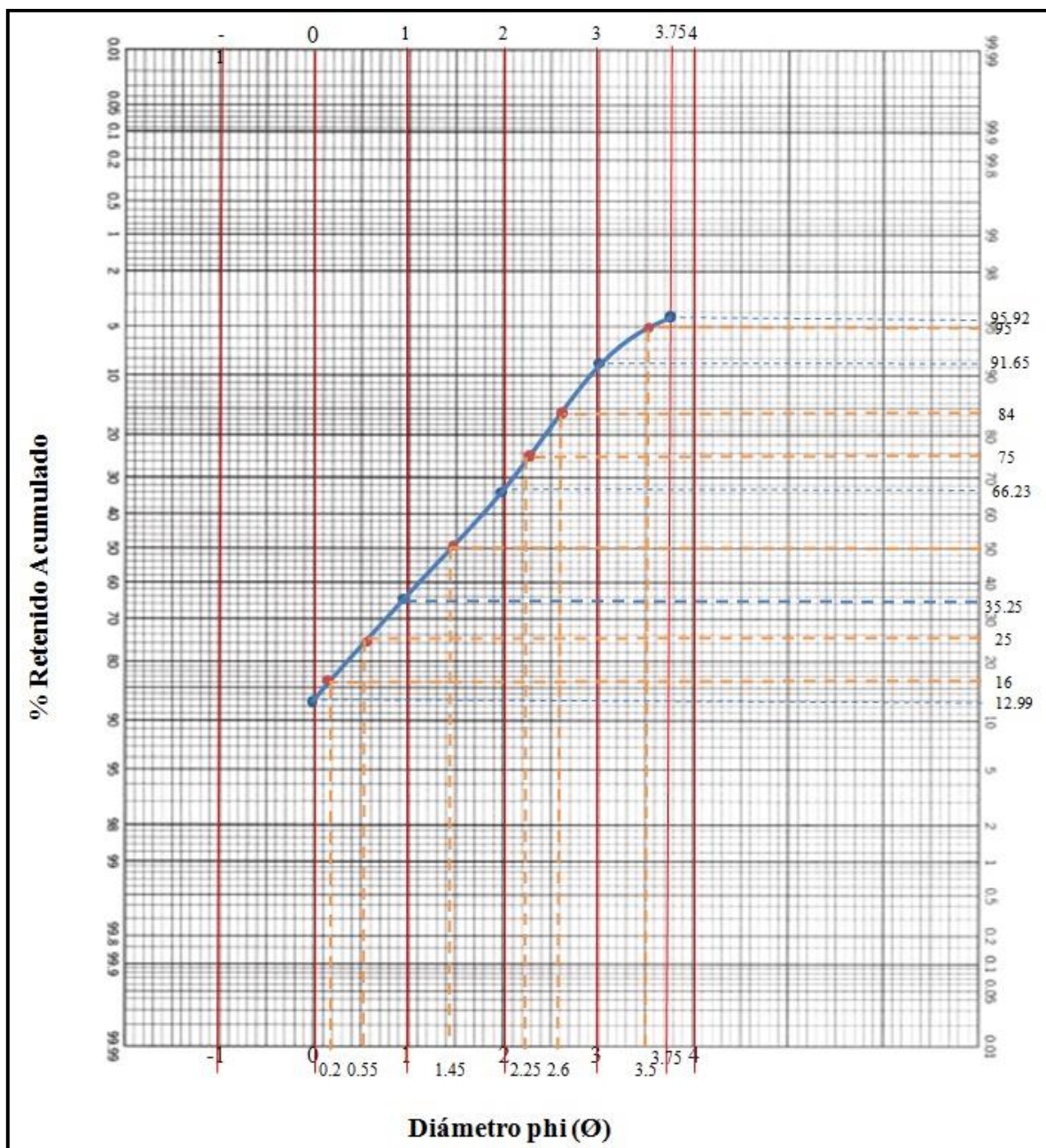


Figura D.10 Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E9-C8-M9Capa1.

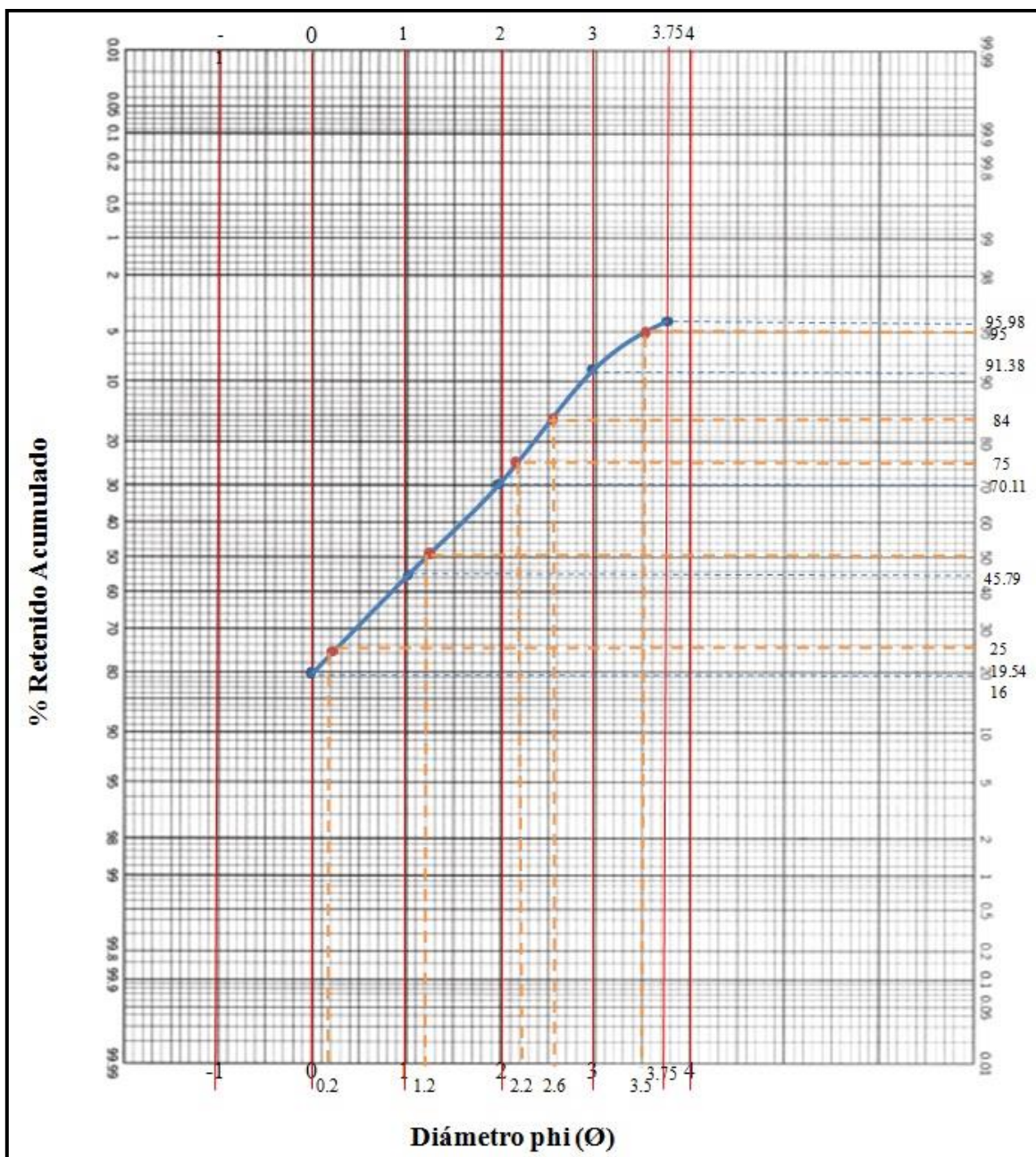


Figura D.11 Gráficas granulométricas para método de Folk y Ward E9-C8-M9Capa2

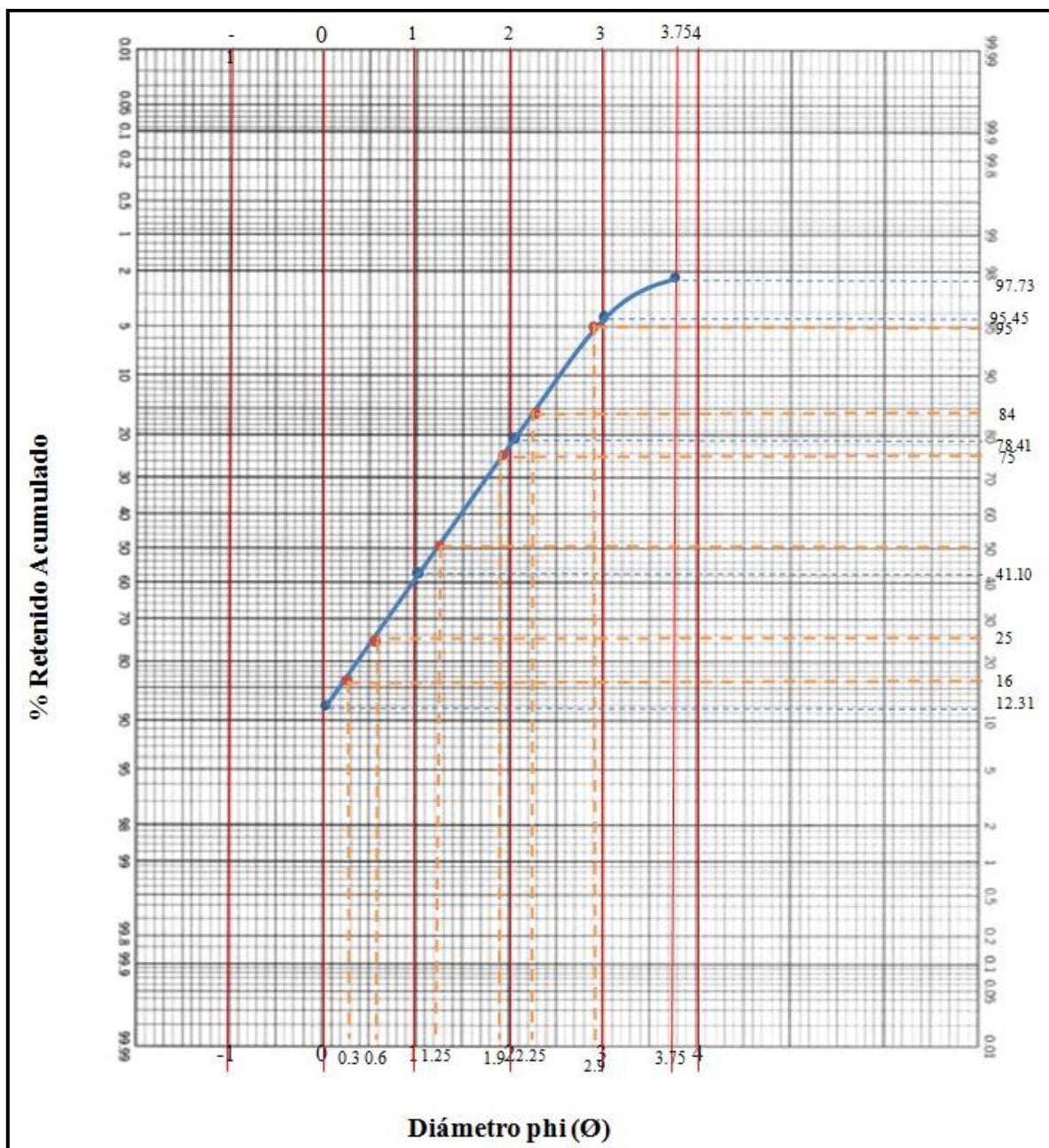


Figura D.12 Graficas granulométricas para método de Folk y Ward E10-B2-M10

APÉNDICE E
RESULTADOS DE ANÁLISIS MINERALÓGICO

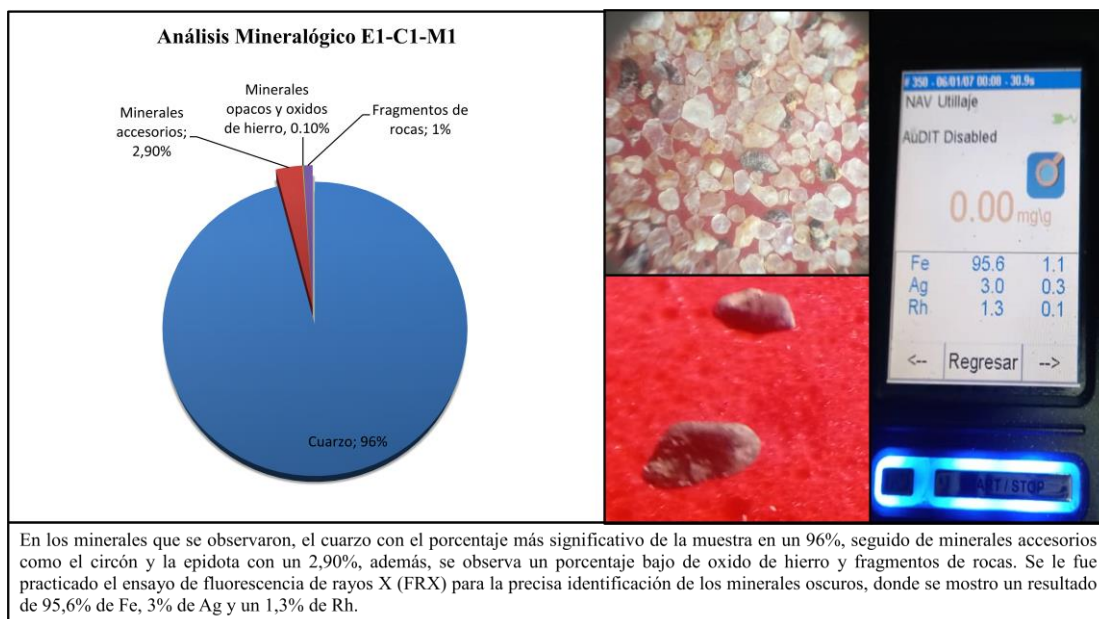


Figura E.1 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E1-C1-M1.

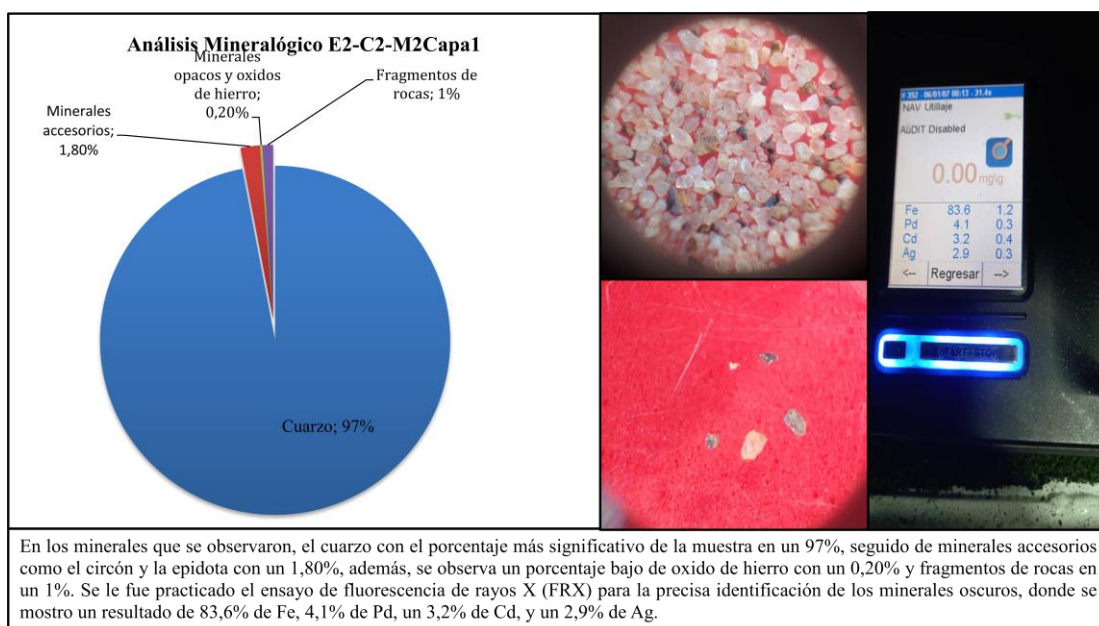


Figura E.2 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E2-C2-M2Capa1.

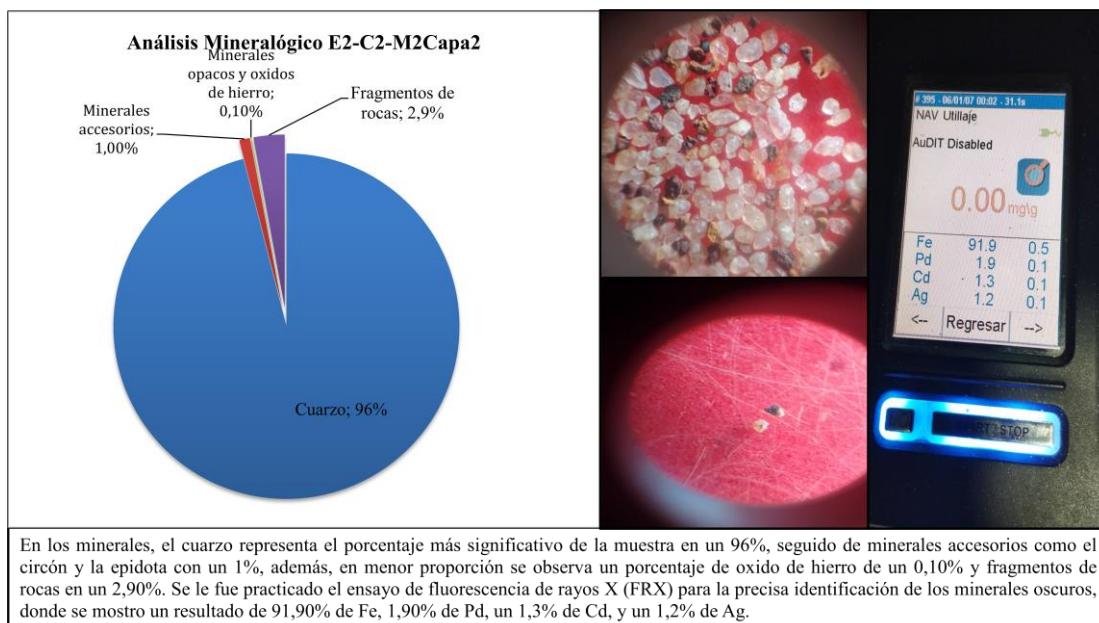


Figura E.3 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E2-C2-M2Capa2.

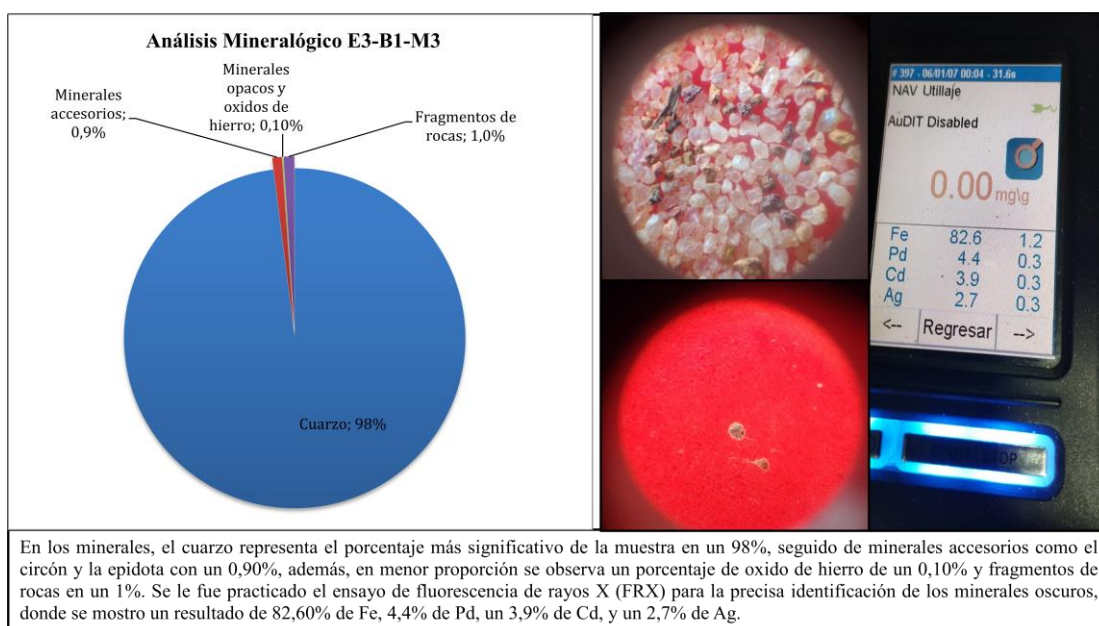


Figura E.4 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E3-B1-M3.

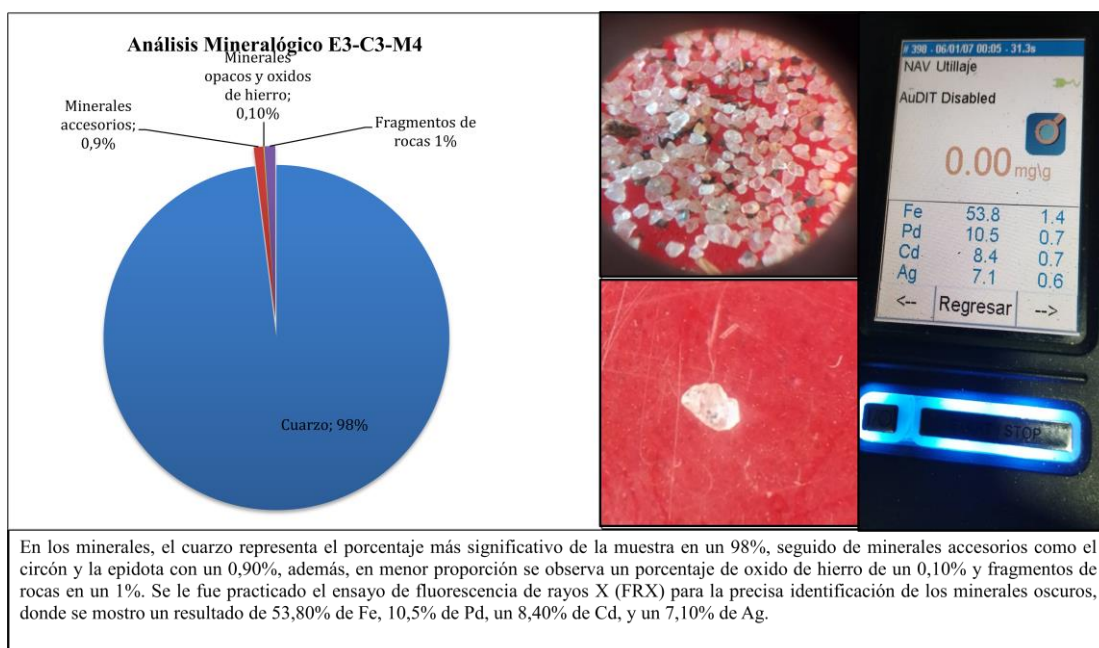


Figura E.5 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E3-C3-M4.

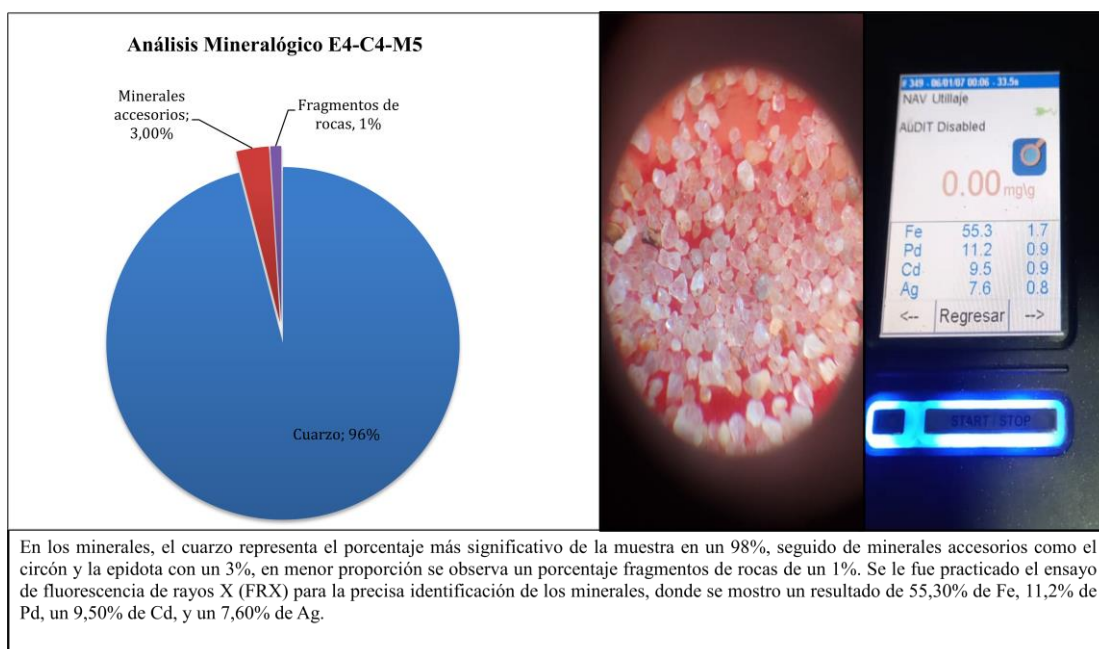


Figura E.6 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E4-C4-M5.

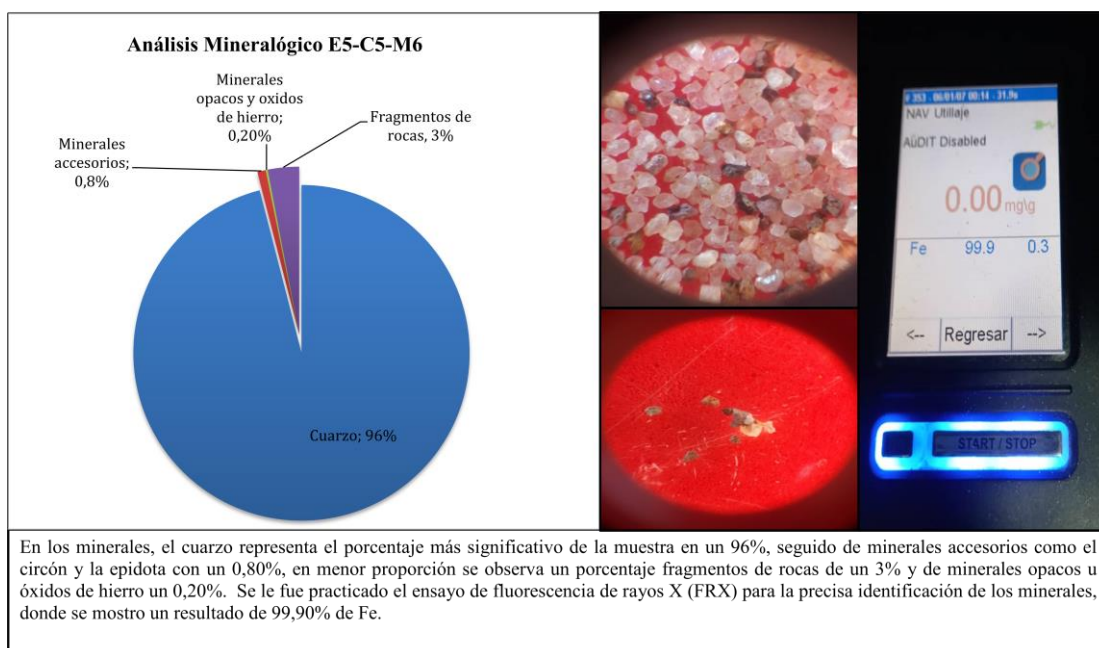


Figura E.7 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E5-C5-M6.

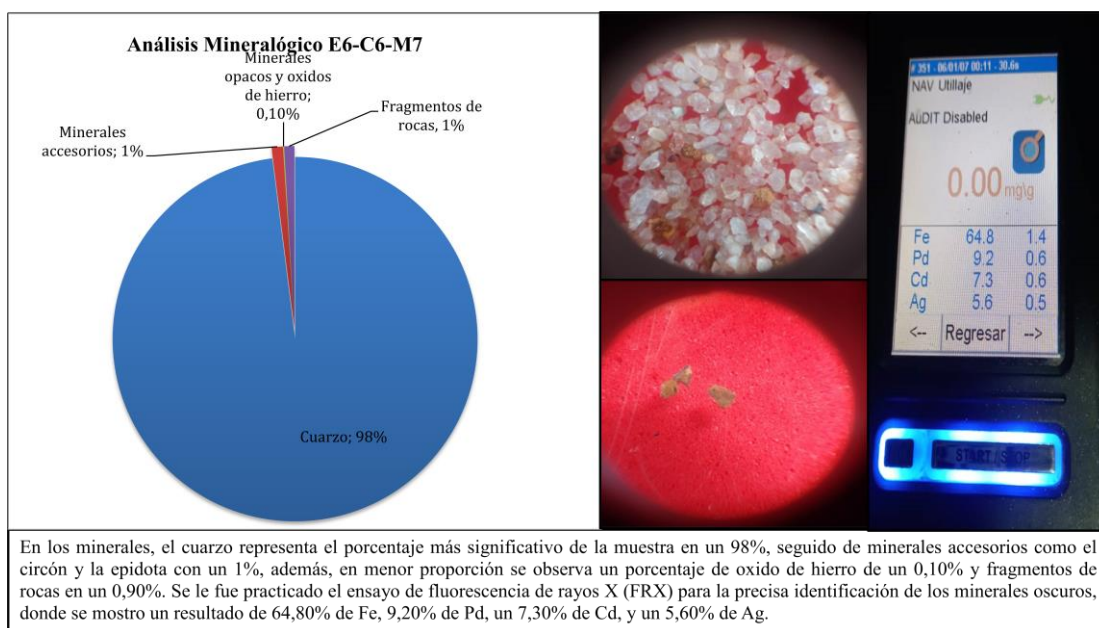


Figura E.8 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E6-C6-M7.

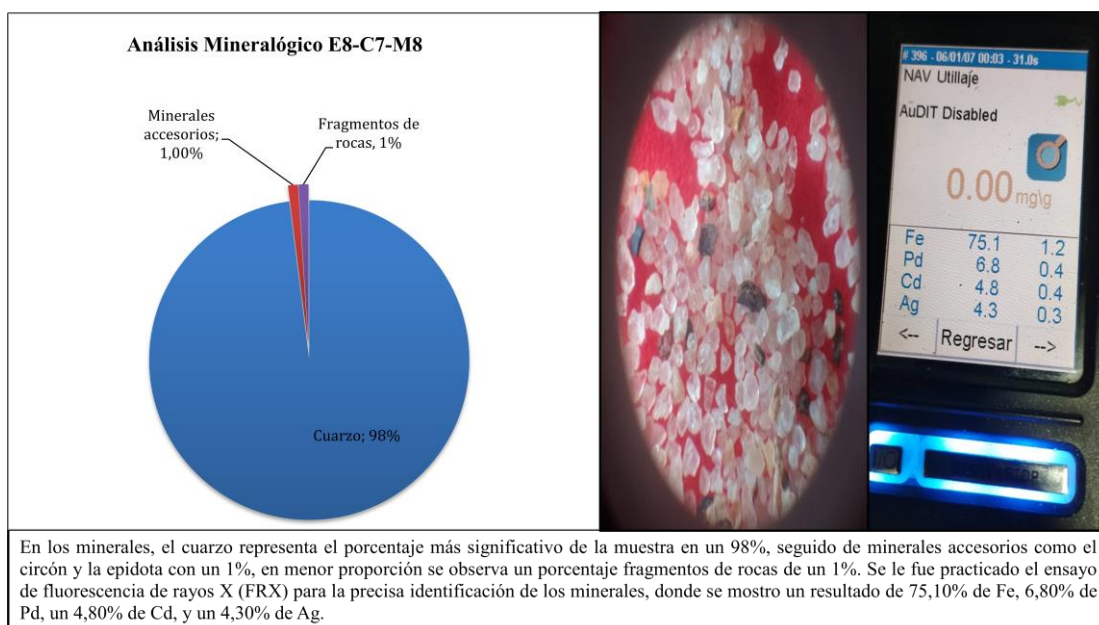


Figura E.9 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E8-C7-M8.

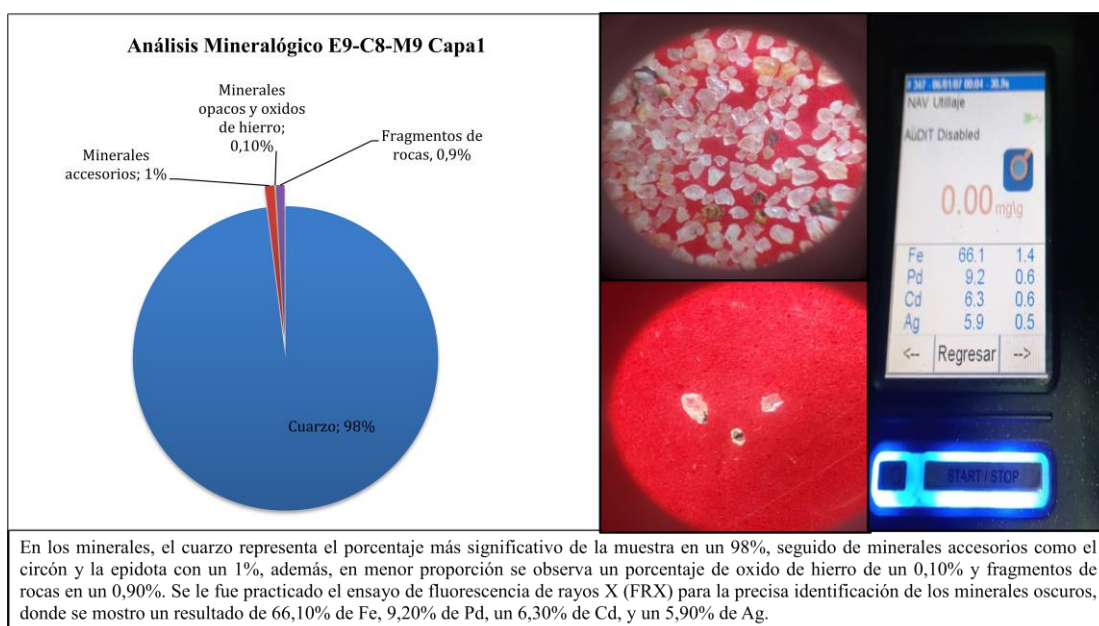


Figura E.10 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E9-C8-M9 Capa1.

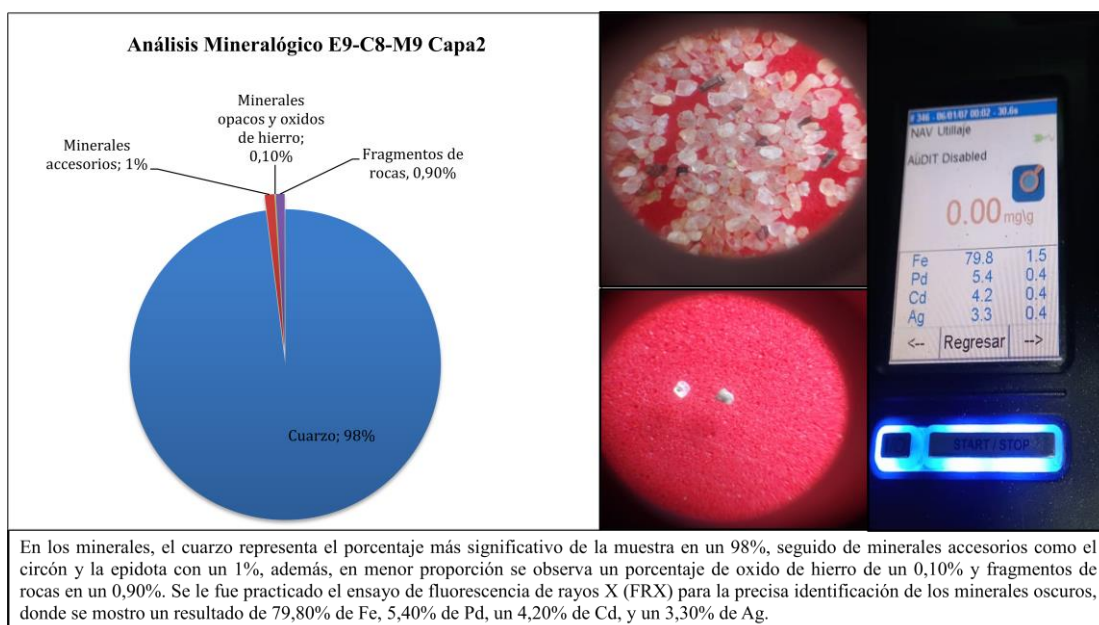


Figura E.11 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E9-C8-M9 Capa2.

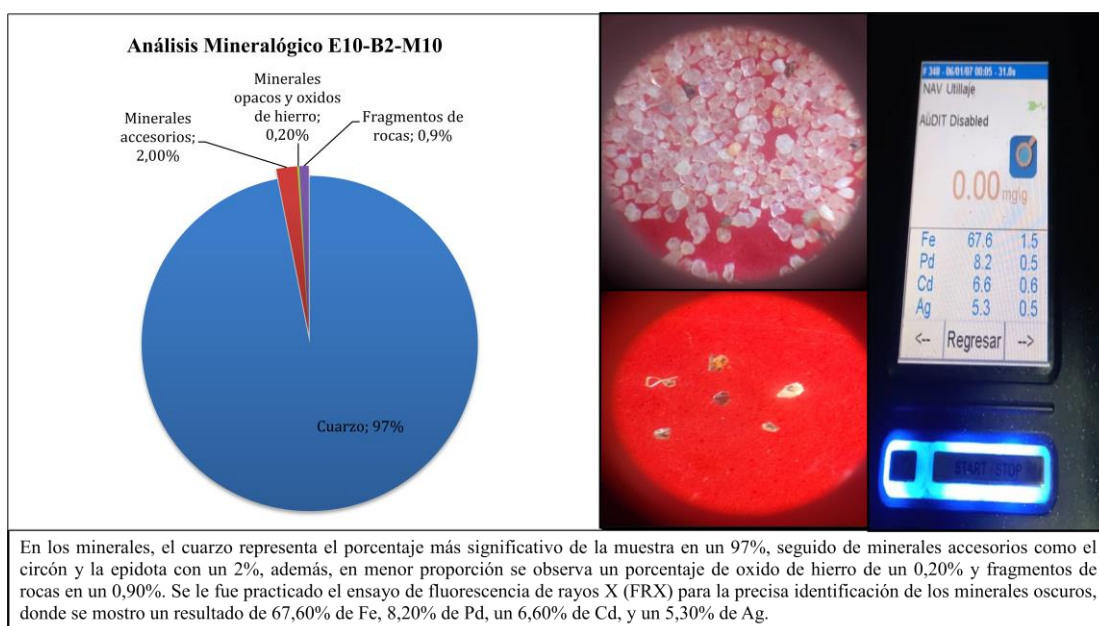


Figura E.12 Resultado del análisis mineralógico de la muestra E10-B2-M10.

APÉNDICE F
HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA Y MICROFOTOGRAFÍAS
DE MUESTRAS EN ENSAYO MORFOSCÓPICO

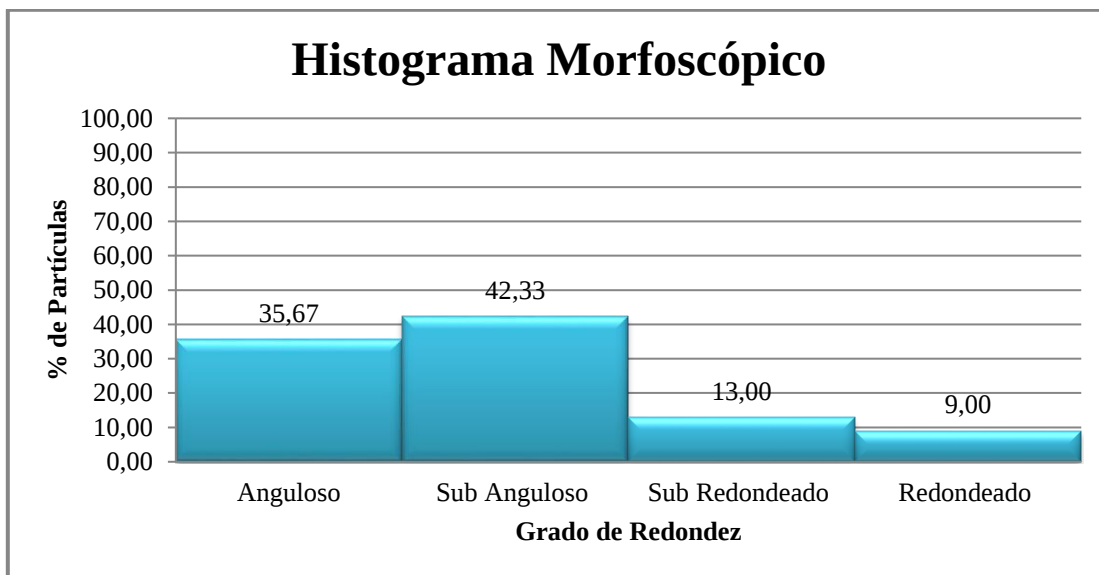


Figura F.1 Histograma de análisis morfoscóptico de la muestra E1-C1-M1.

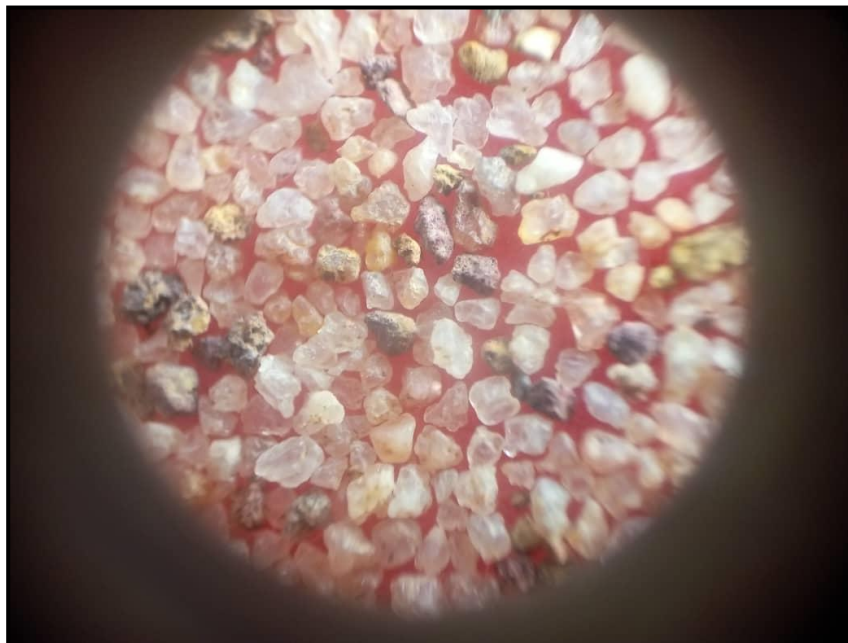


Figura F.2 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E1-C1-M1.

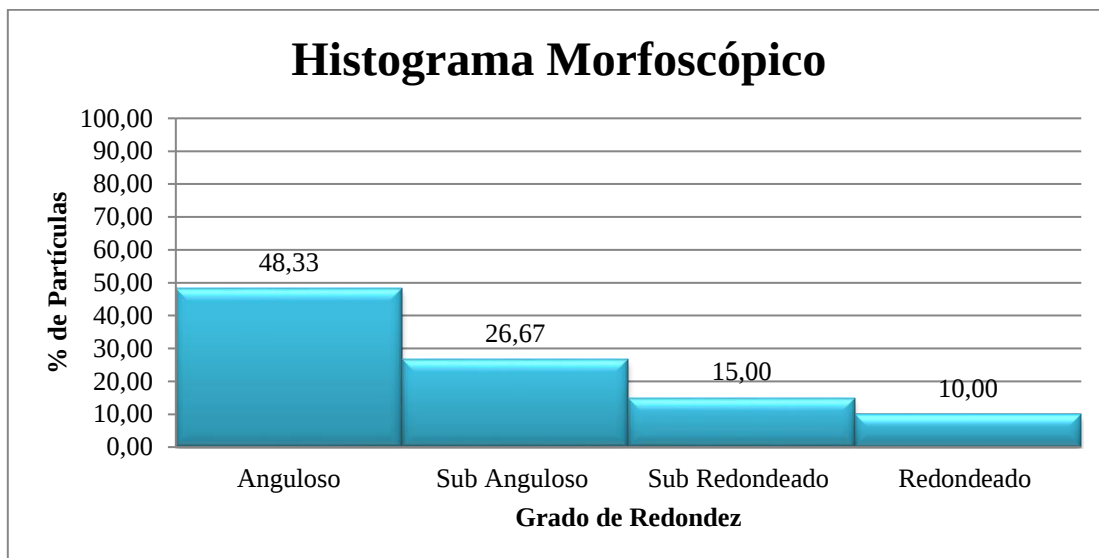


Figura F.3 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E2-C2-M2 Capa1.

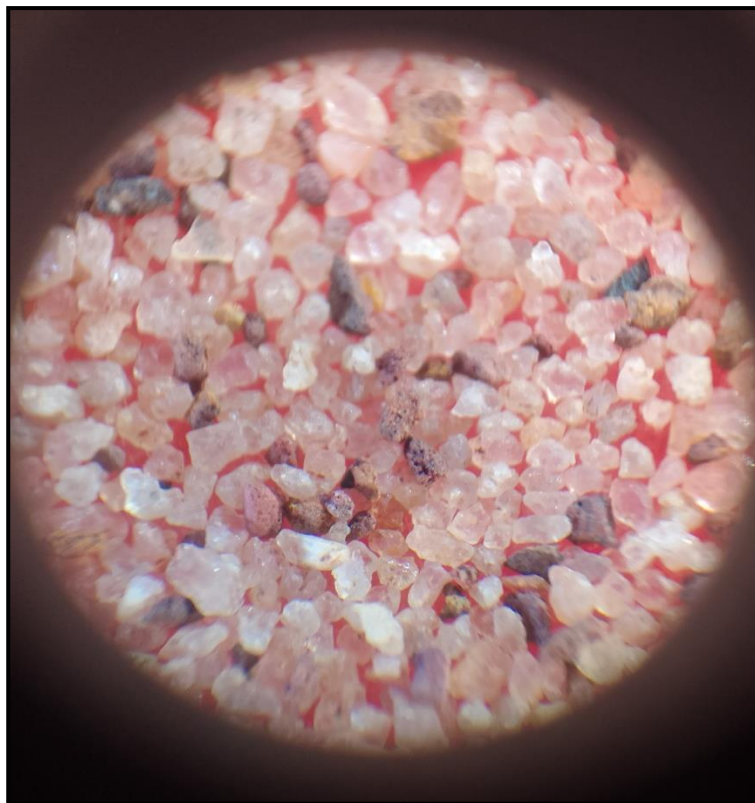


Figura F.4 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E2-C2-M2 Capa1.

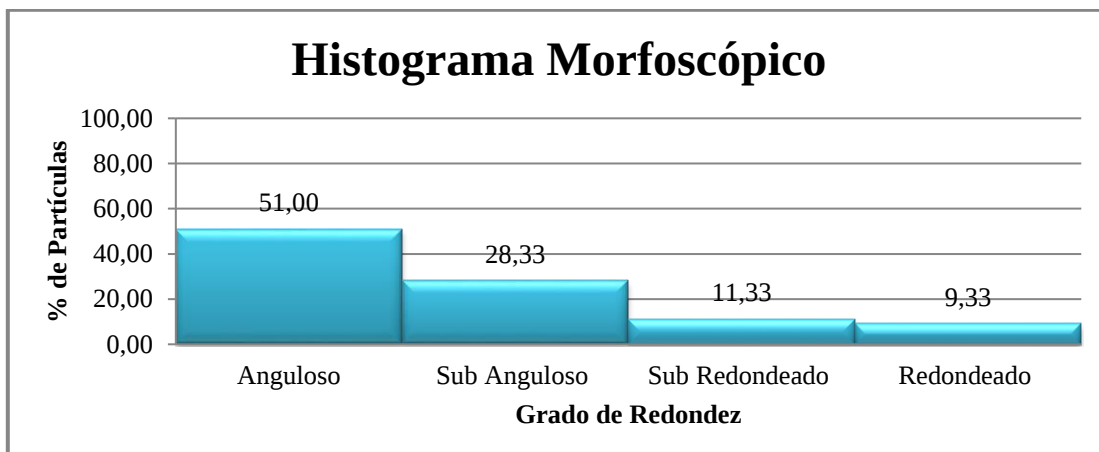


Figura F.5 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E2-C2-M2 Capa2.

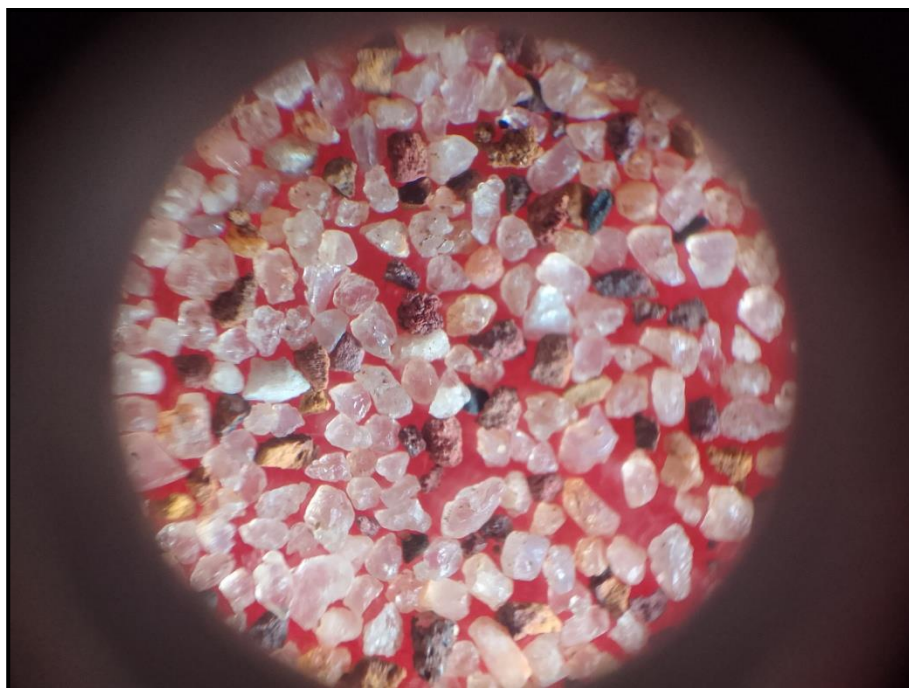


Figura F.6 Microfotografía de los sedimentos.de la muestra E2-C2-M2 Capa2.

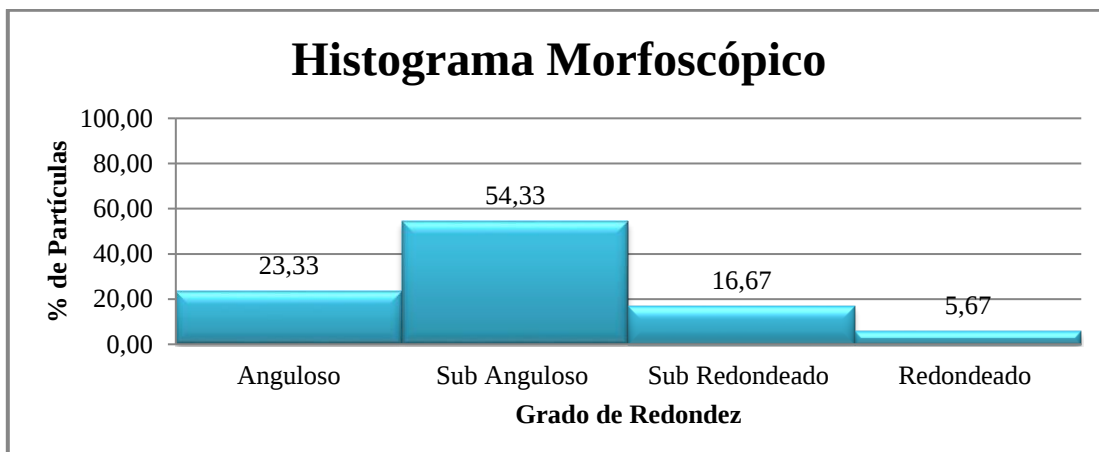


Figura F.7 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E3-B1-M3.

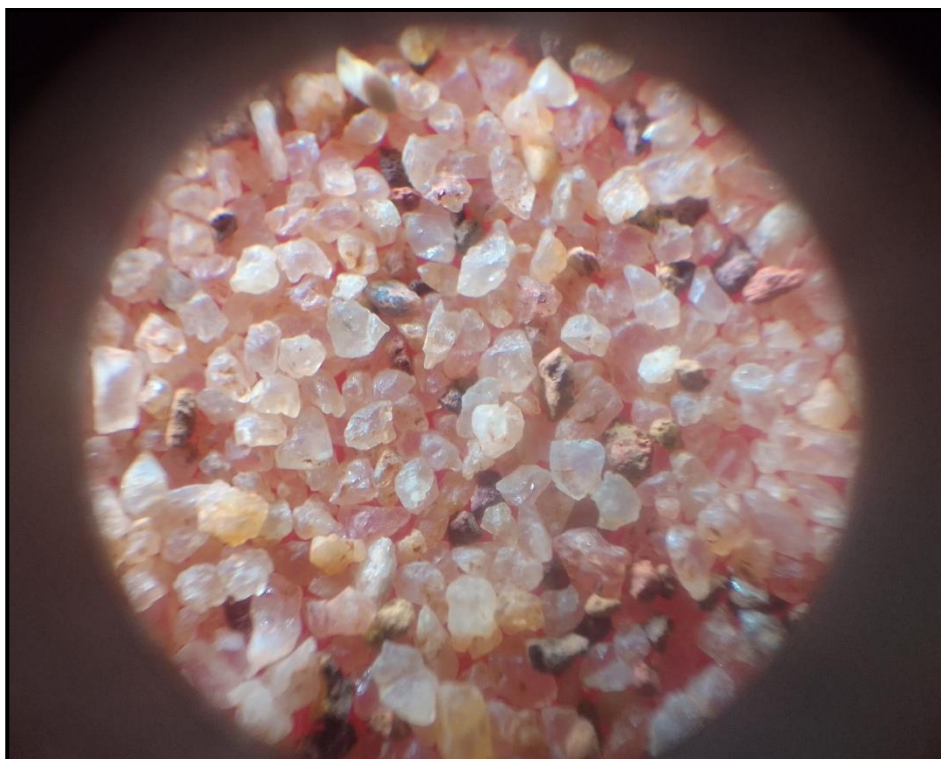


Figura F.8 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E3-B1-M3.

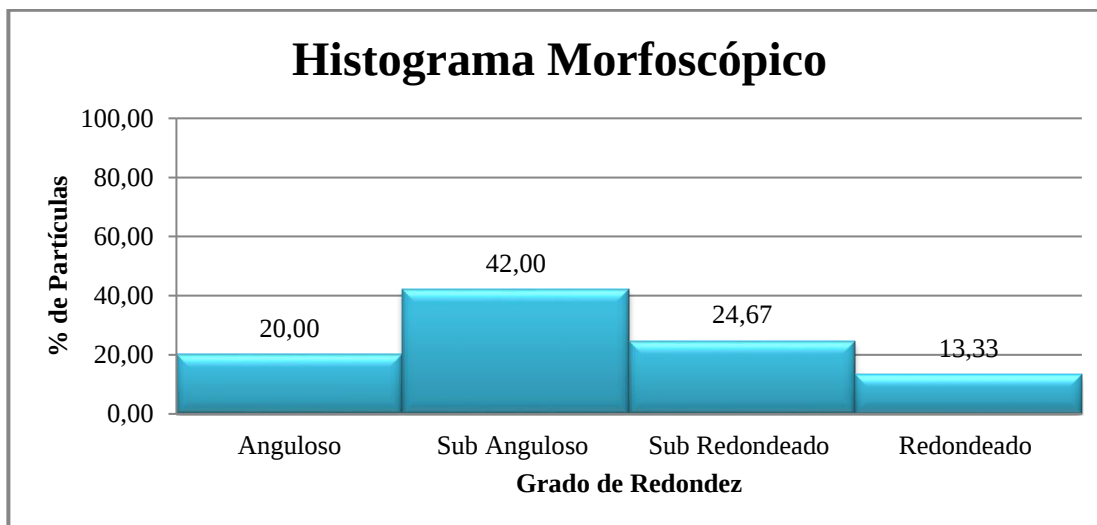


Figura F.9 Histograma de análisis morfoscóptico de la muestra E3-C3-M4.

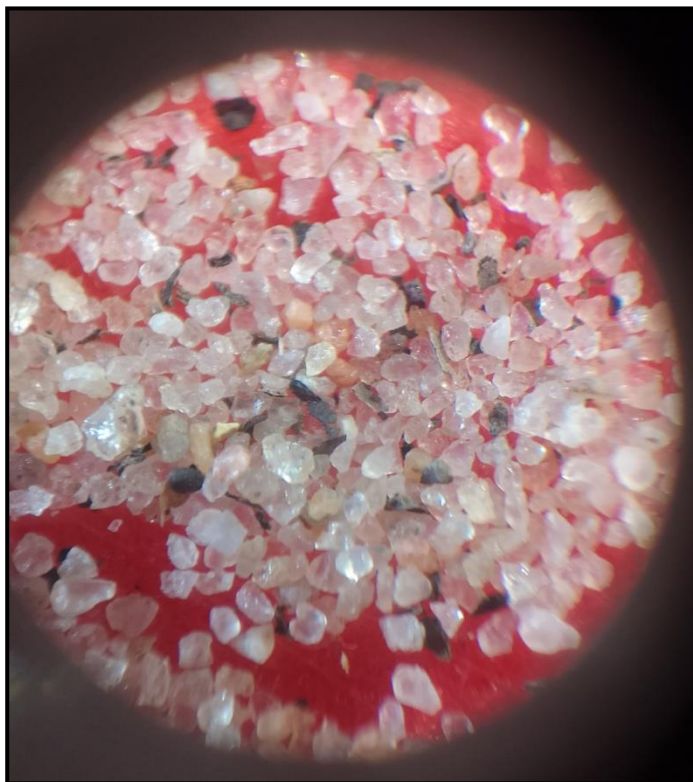


Figura F.10 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E3-C3-M4.

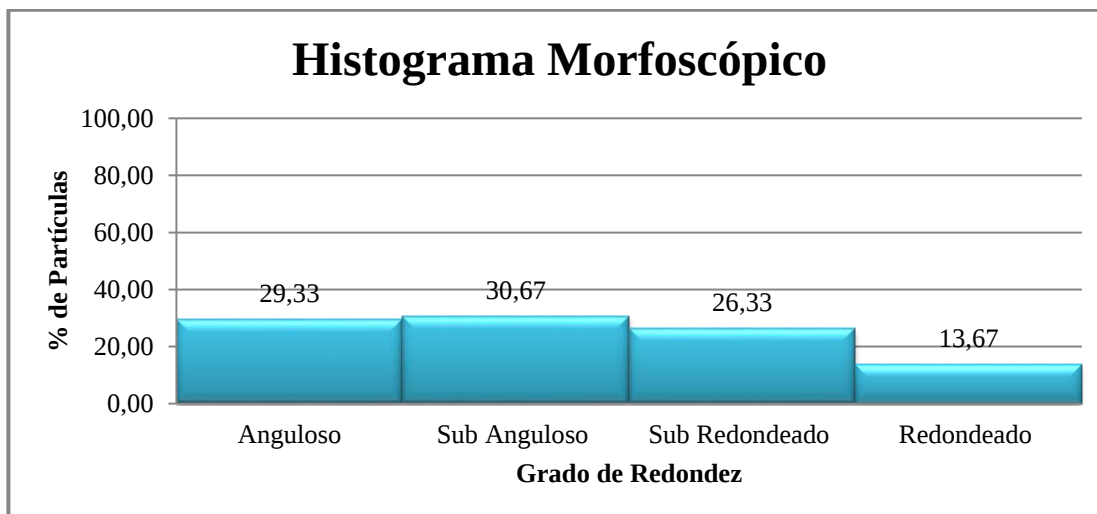


Figura F.11 Histograma de análisis morfoscóptico de la muestra E4-C4-M5

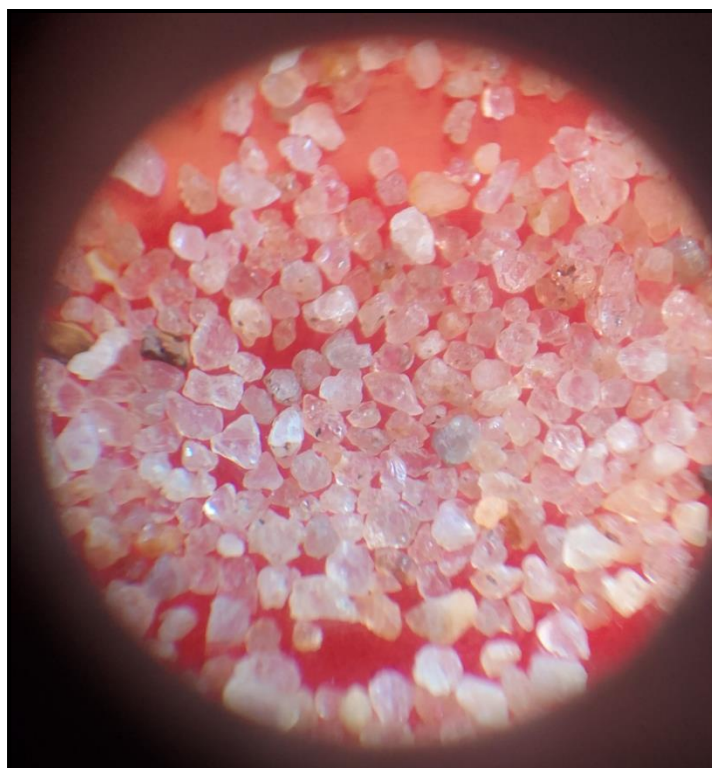


Figura F.12 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E4-C4-M5.

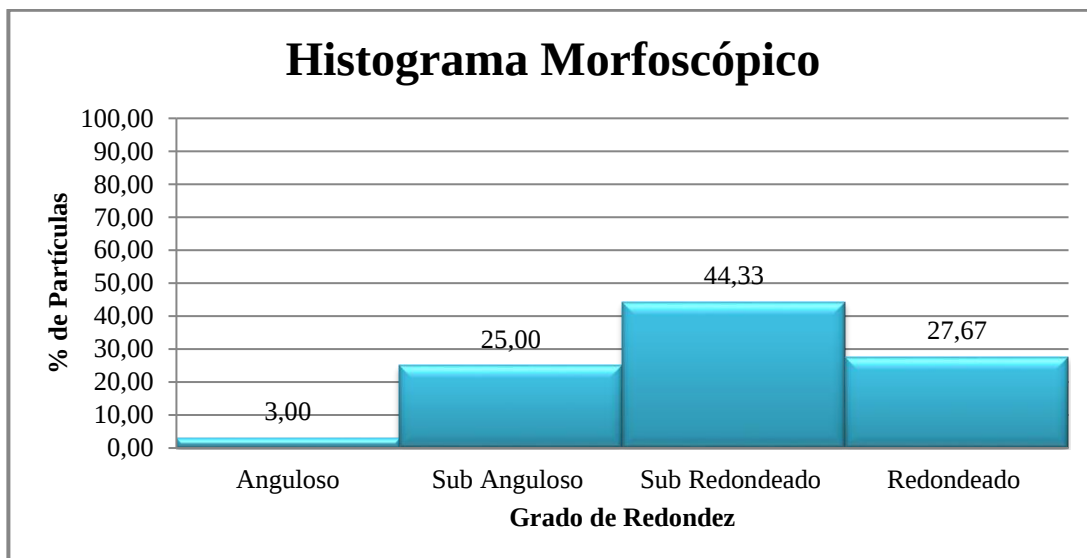


Figura F.13 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E5-C5-M6

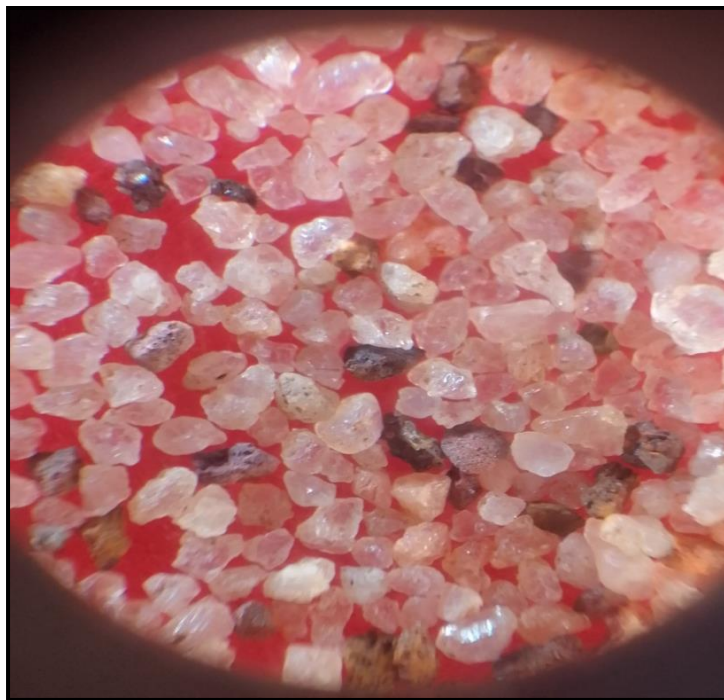


Figura F.14 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E5-C5-M6.

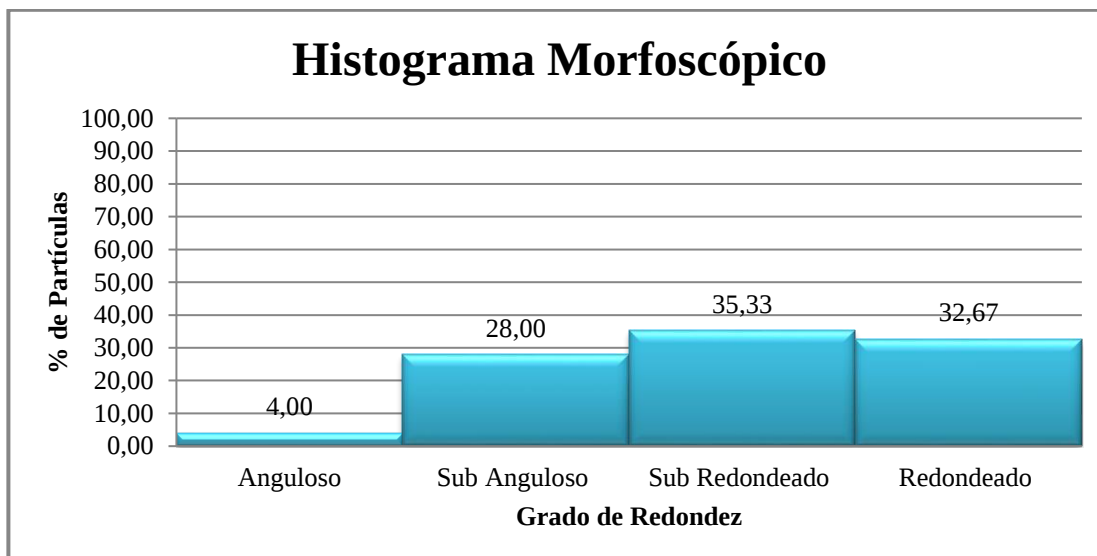


Figura F.15 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E6-C6-M7

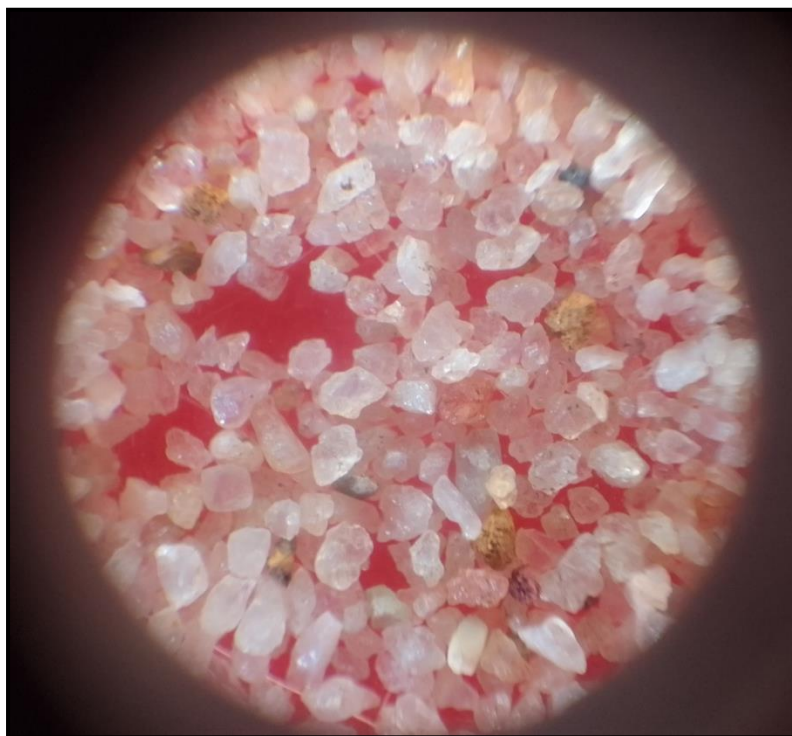


Figura F.16 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E6-C6-M7.

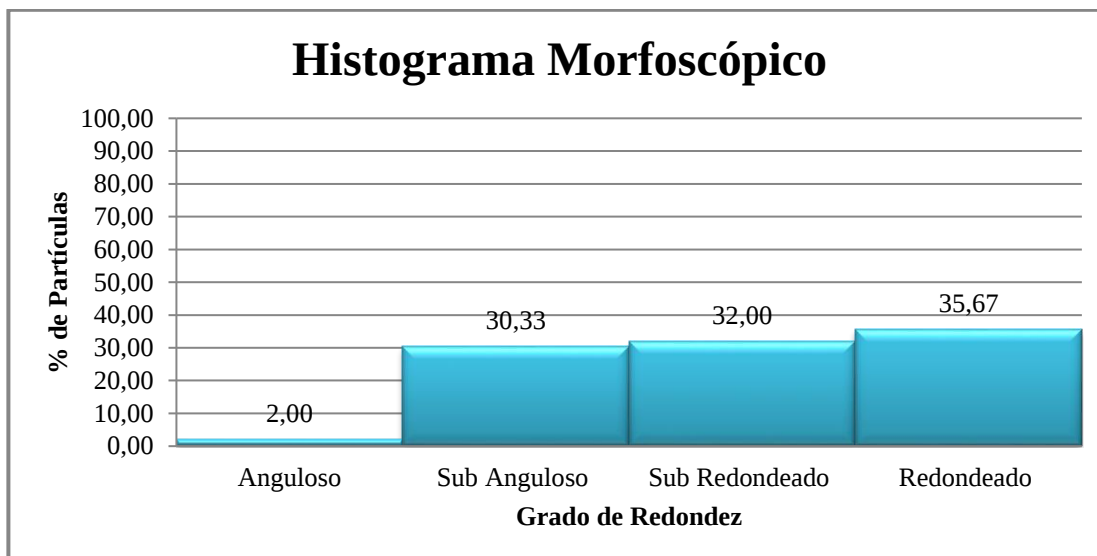


Figura F.17 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E8-C7-M8

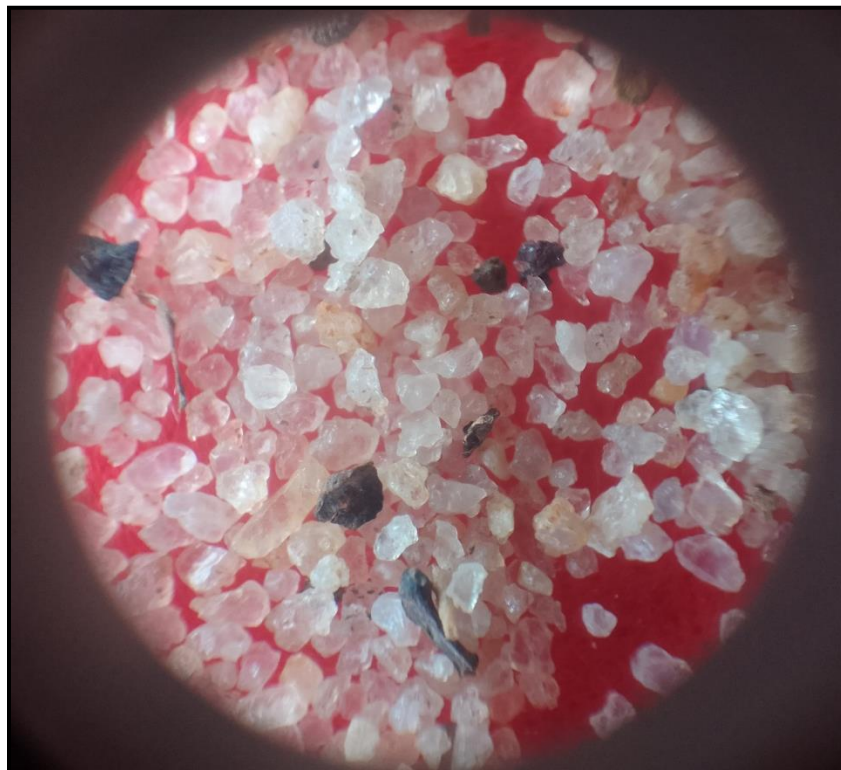


Figura F.18 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E8-C7-M8.

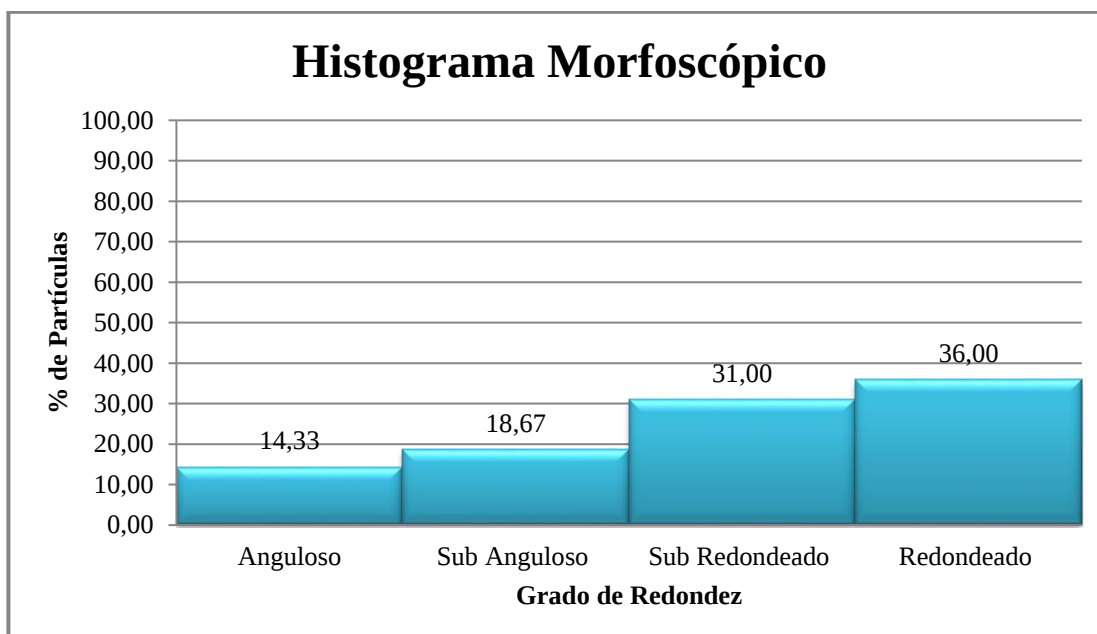


Figura F.19 Histograma de análisis morfoscóptico de la muestra E9-C8-M9 Capa 1



Figura F.20 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E9-C8-M9 Capa 1.

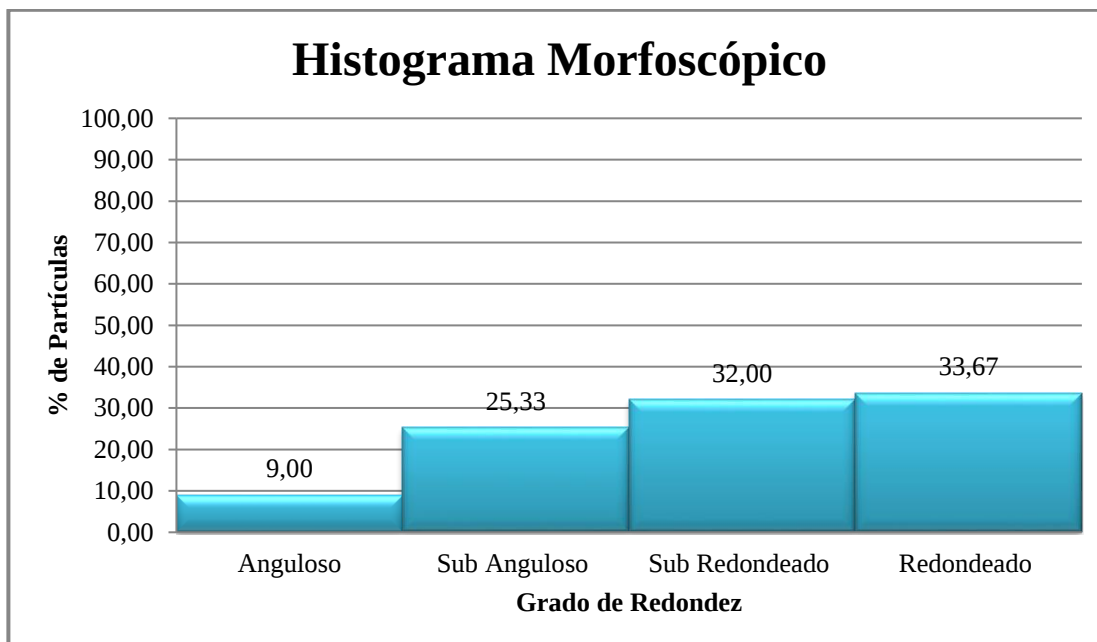


Figura F.21 Histograma de análisis morfoscóptico de la muestra E9-C8-M9 Capa 2



Figura F.22 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E9-C8-M9 Capa 2.

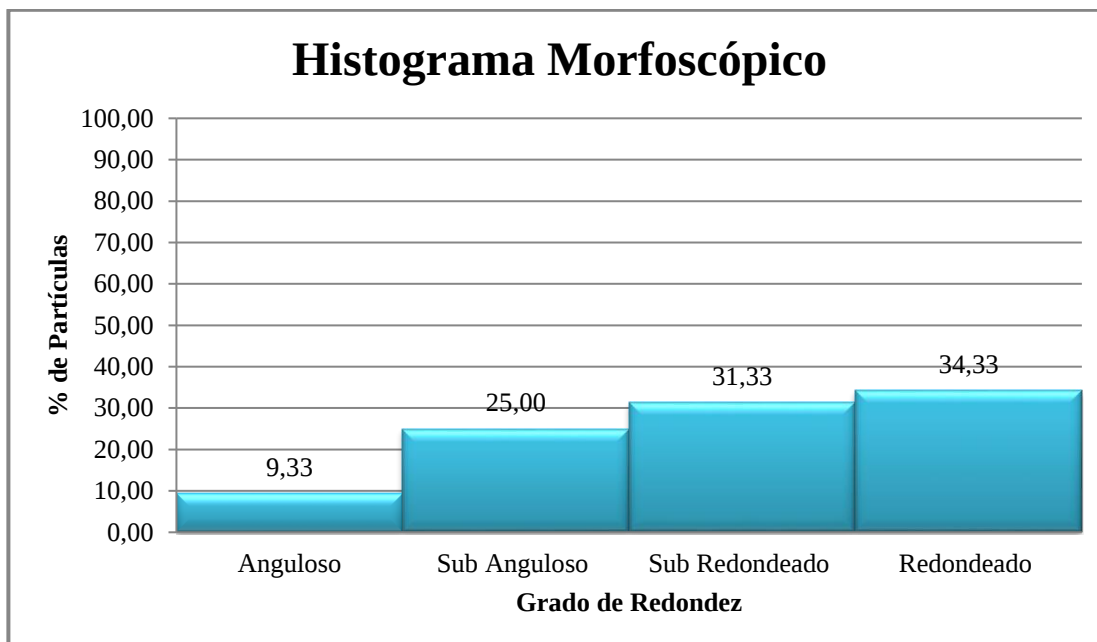


Figura F.23 Histograma de análisis morfoscópico de la muestra E10-B2-M10.

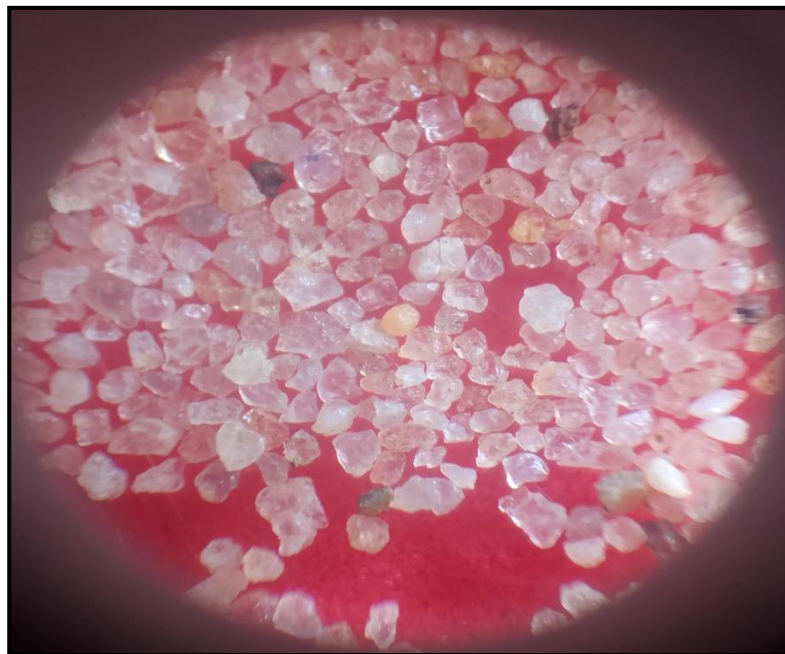


Figura F.24 Microfotografía de los sedimentos de la muestra E10-B2-M10.

APÉNDICE G
CURVAS ACUMULATIVAS DE FRECUENCIA PARA EL
ANÁLISIS DEL MÉTODO DE VISHER

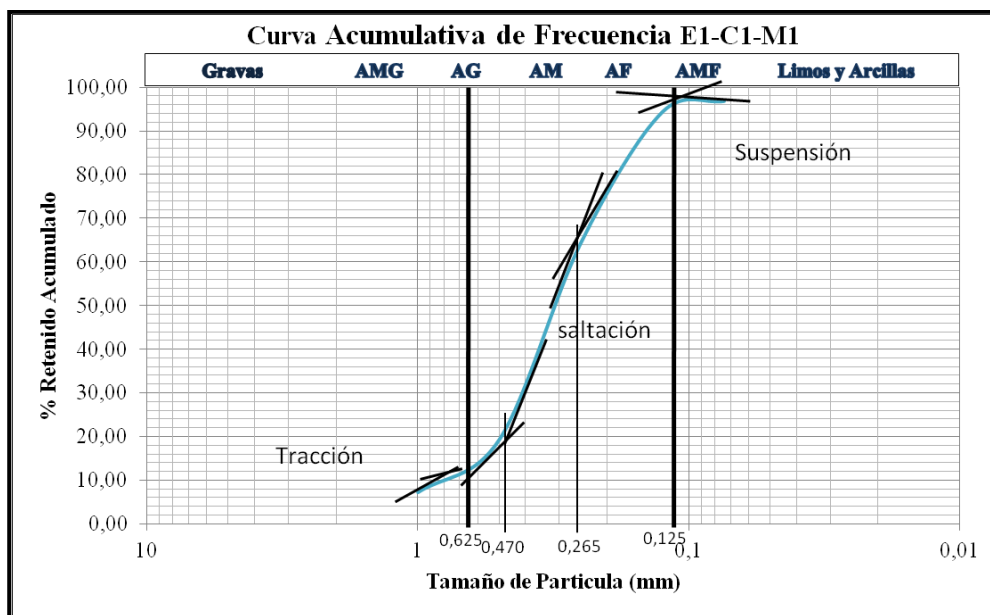


Figura G.1 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E1-C1-M1

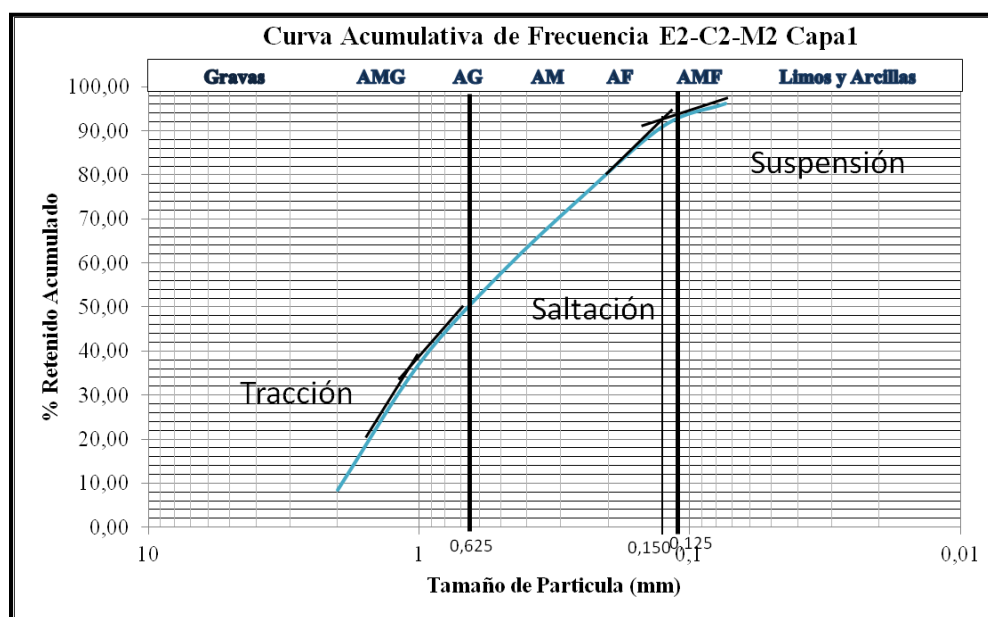


Figura G.2 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E2-C2-M2 Capa 1

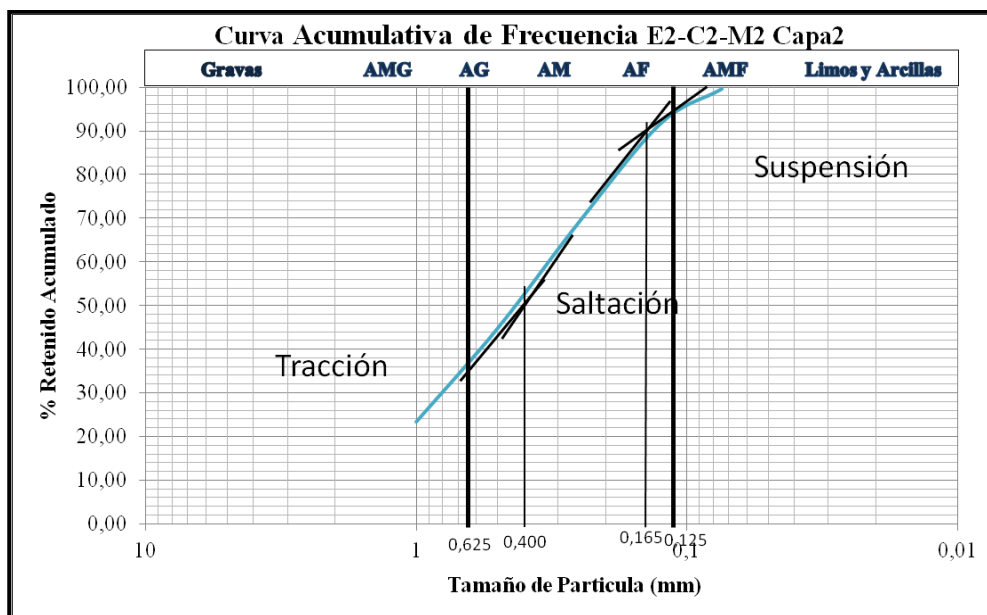


Figura G.3 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E2-C2-M2 Capa 2

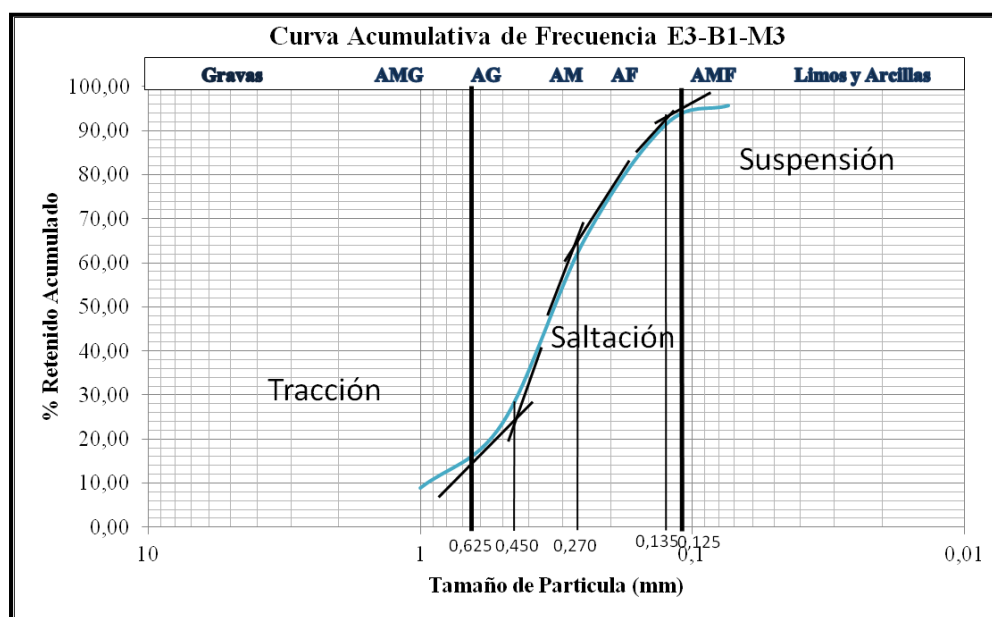


Figura G.4 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E3-B1-M3

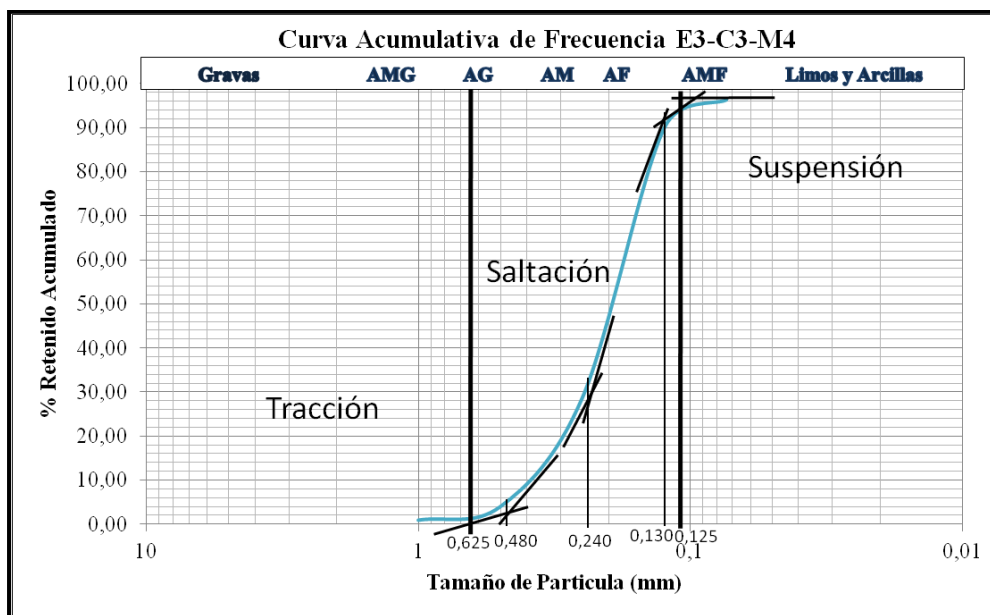


Figura G.5 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E3-C3-M4

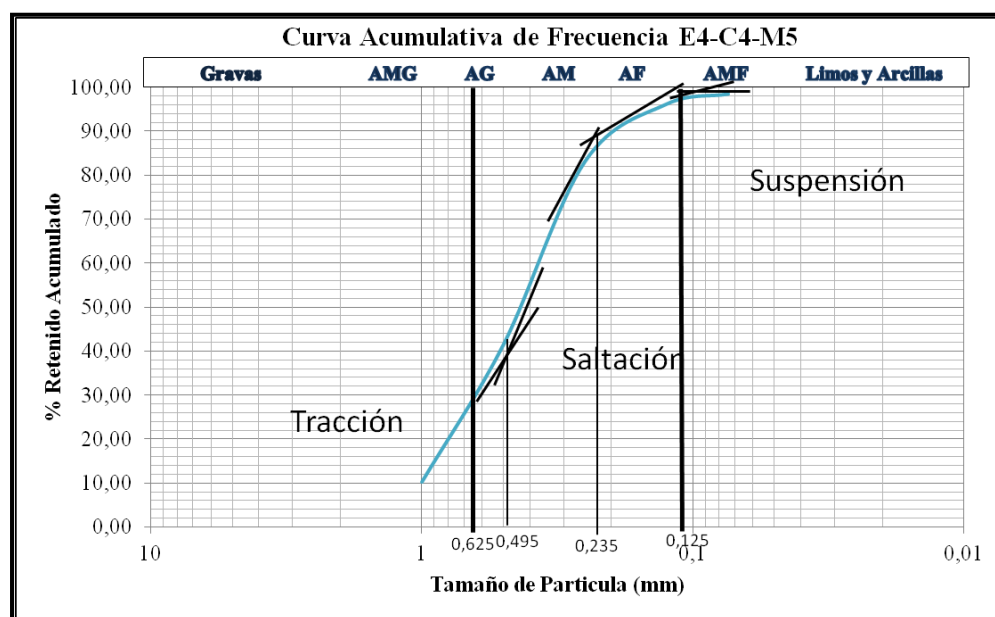


Figura G.6 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visher E4-C4-M5

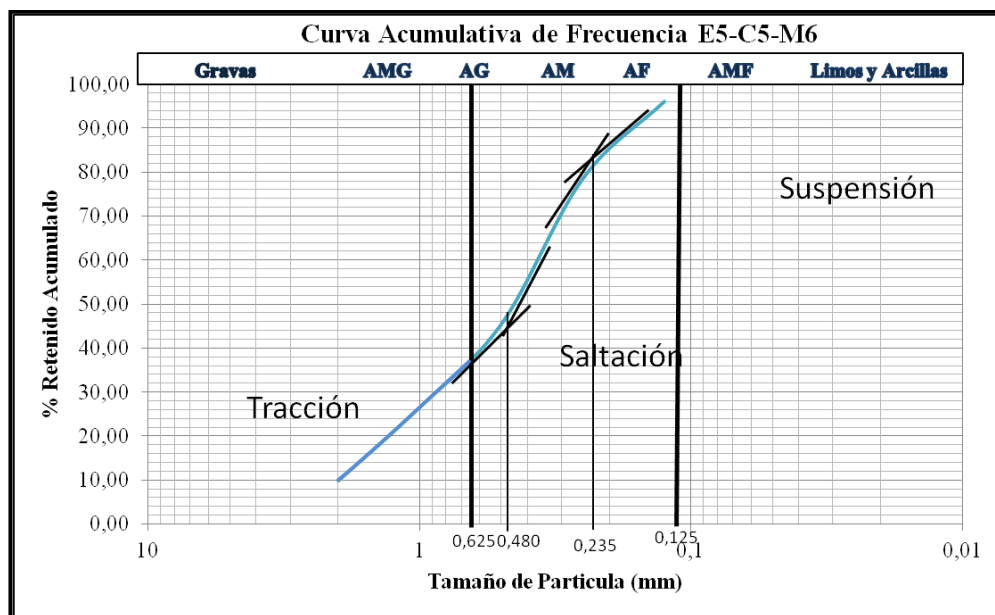


Figura G.7 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E5-C5-M6

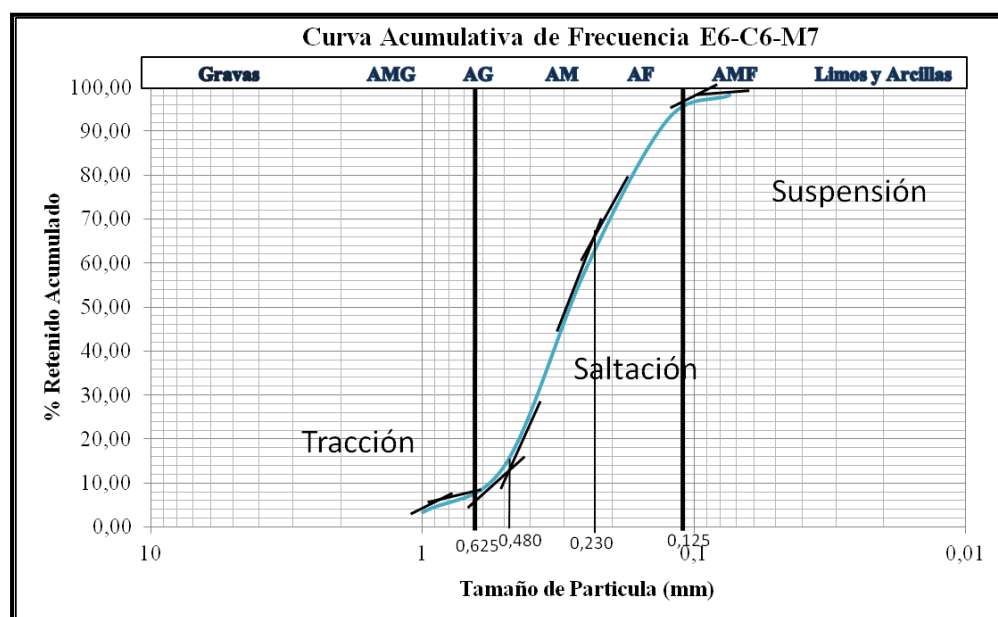


Figura G.8 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E6-C6-M7

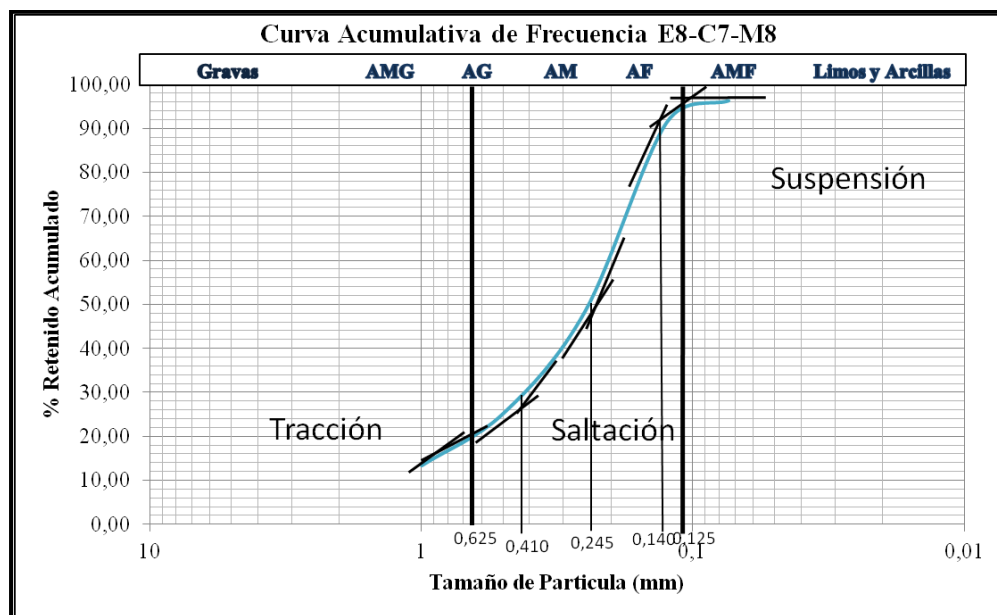


Figura G.9 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E8-C7-M8

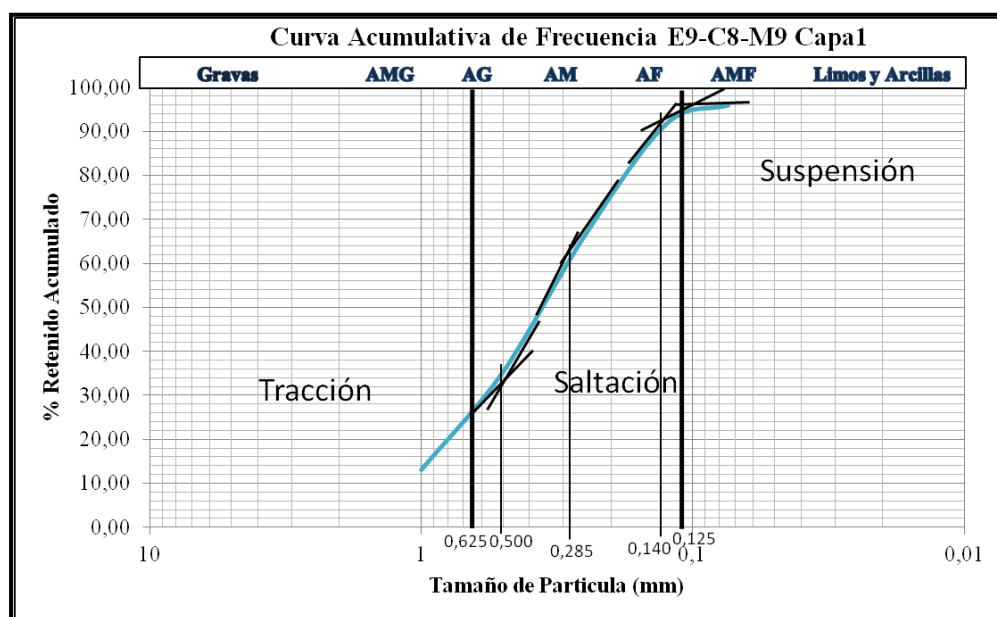


Figura G.10 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E9-C8-M9 Capa1

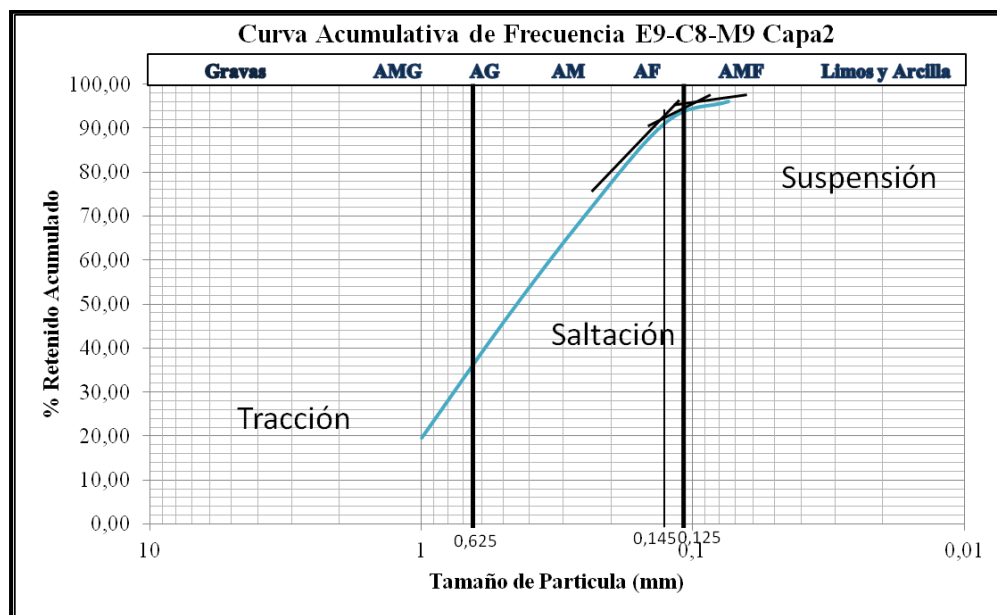


Figura G.11 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E9-C8-M9 Capa2

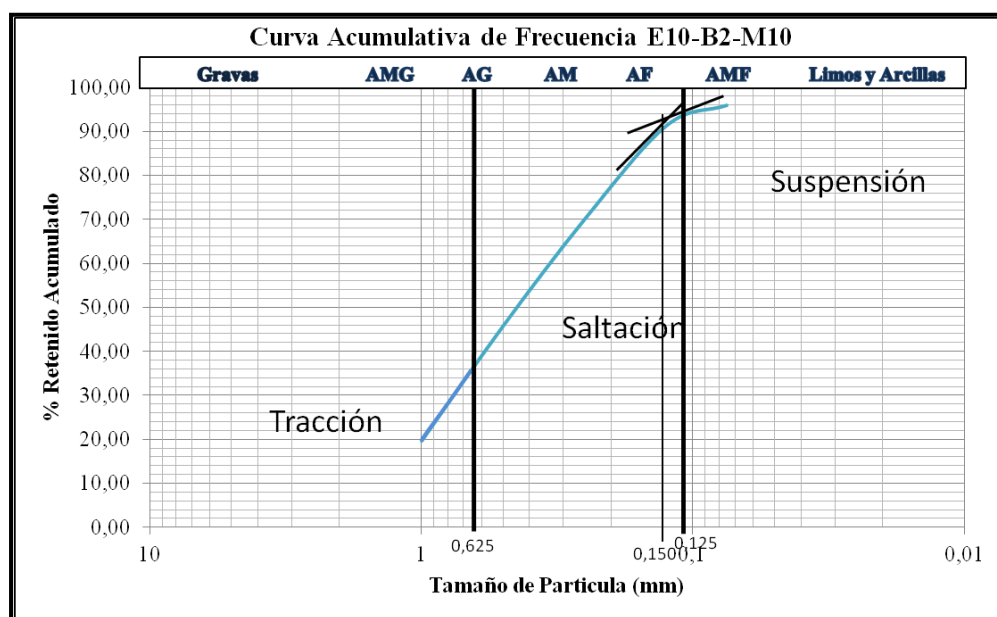


Figura G.12 Curva Acumulativa de Frecuencia para el análisis del método de Visser E10-B2-M10

APÉNDICE H
ESTADOS DEL MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS
MEDIANTE EL MODELO DE HJULSTRÖM

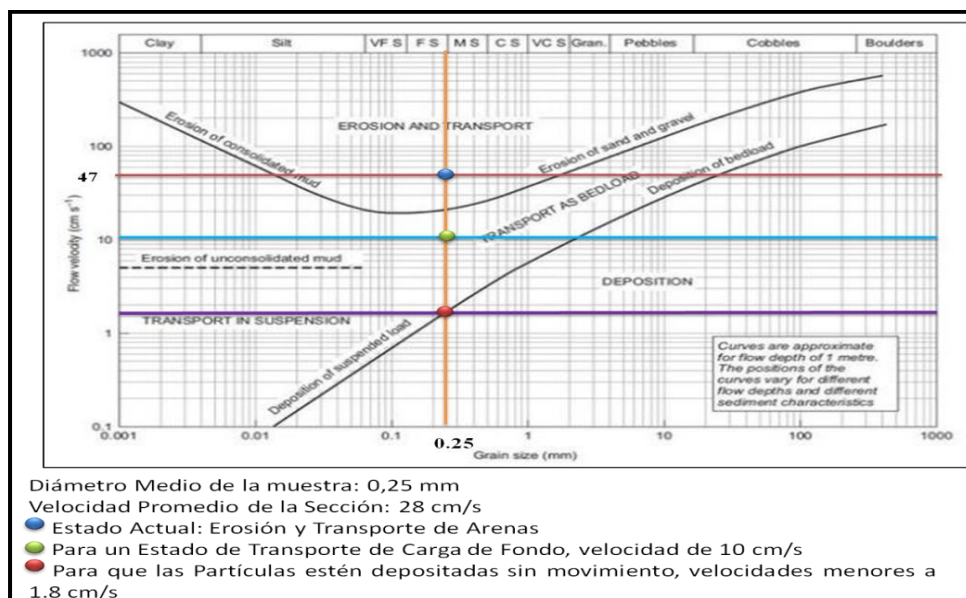


Figura H.1 Estado de movimiento de las muestras E1-C1-M1, E2-C2-M2 Capa1, E2-C2-M2 Capa2, E3-B1-M3, E3-C3-M4 y E4-C4-M5 mediante el modelo de Hjulström.

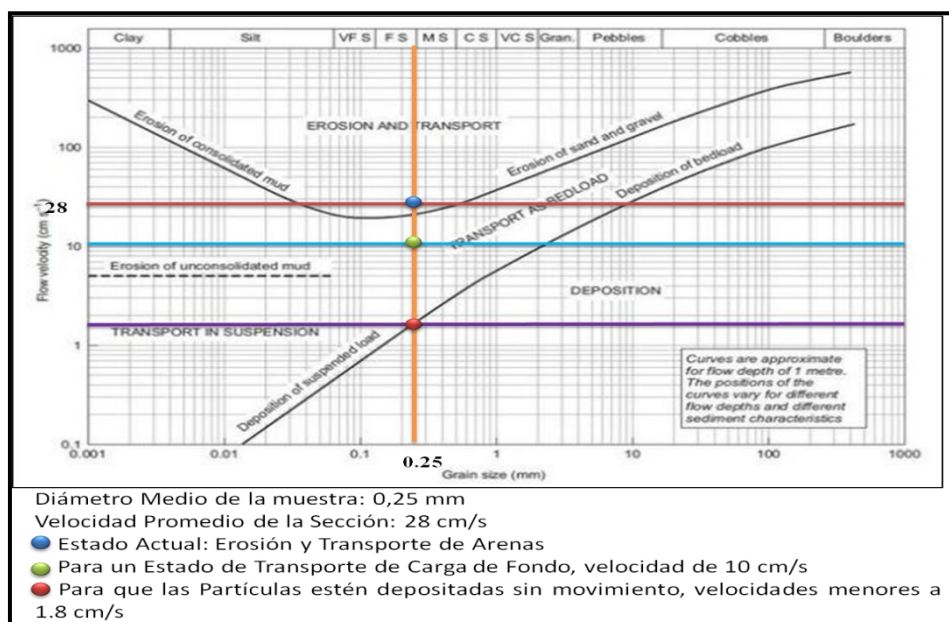


Figura H.2 Estado de movimiento de las muestras E5-C5-M6 y E6-C6-M7 mediante el modelo de Hjulström.

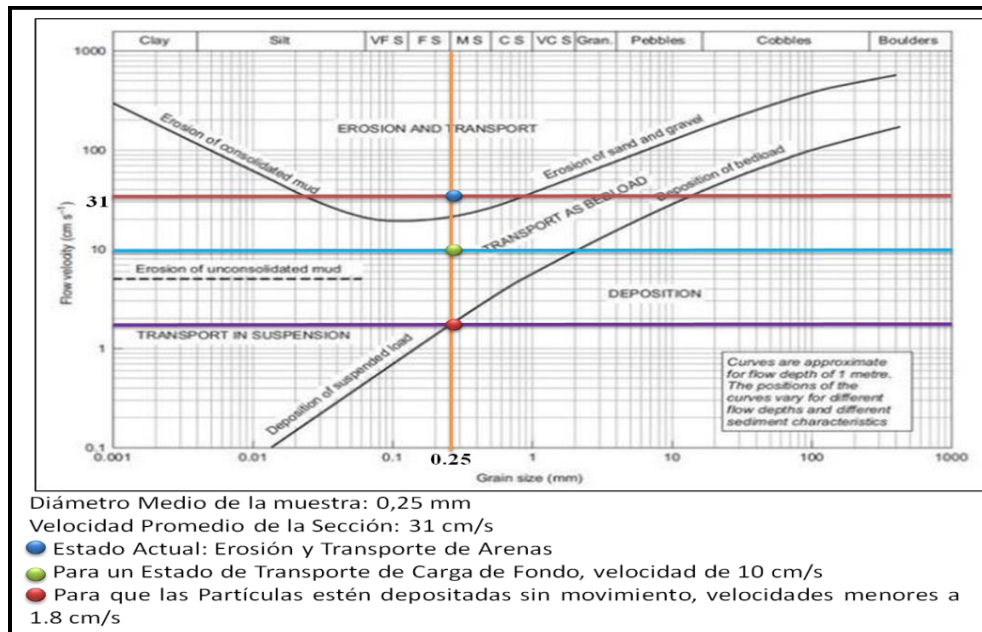


Figura H.3 Estado de movimiento de las muestras E8-C7-M8 mediante el modelo de Hjulström.

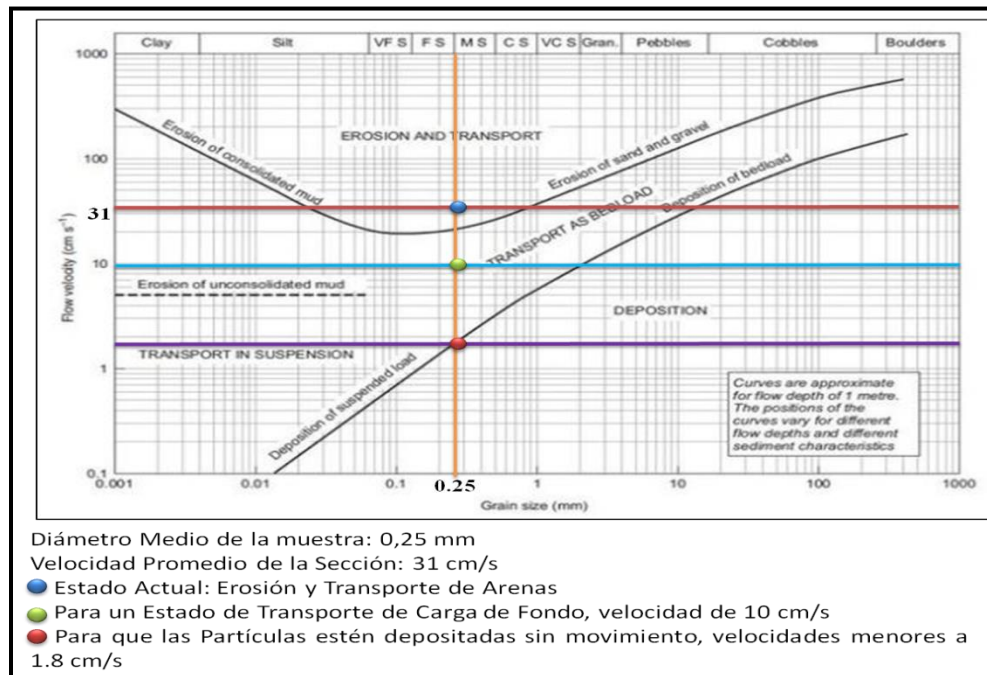


Figura H.4 Estado de movimiento de las muestras E9-C8-M9 Capa1, E9-C8-M9 Capa2 y E10-B2-M10 mediante el modelo de Hjulström.

APÉNDICE I
DATOS DE VELOCIDADES, CAUDALES, NÚMERO DE
REYNOLDS Y NÚMERO DE FROUDE

Tabla I.1 Cálculos de caudales mediante el método del flotador.

MÉTODO DEL FLOTADOR																		
Sección de tramo	TIEMPO(s)										VELOCIDAD (m/s)			Factor de corrección	Profundidad Promedio	Ancho del río	ÁREA (m ²)	CAUDAL (m ³ /s)
	Margen der.			Centro			Margen izq.			Tiempo Promedio	Recorrido	Velocidad Superficial	Velocidad media					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	tp	e(m)	Vs=e/tp	Vm=Vs*C	C	hp (m)	a (m)		Q=CxAxV
A1-1		1,35	0,5	1,17	0,1	9,48	2,3	0,55	4	21,18	10	0,47	0,31	0,65	0,11	2,2	0,24	0,074
A1-2		1	1	5,73	0,36	1,1	9,87	1,96	9,38	21,3	10	0,47	0,31	0,65	0,11	2,2	0,24	0,074
A2	6,65	8,63	3,73	1,15	9,42	5,26	3,7	2,54	8,36	42,16	18,3	0,43	0,28	0,65	0,08	3,2	0,26	0,072
A3	2,32	3,55	2,78	8,5	7,96	9,4	7,6	5,8	7,4	19,48	14	0,72	0,47	0,65	0,13	2,3	0,30	0,140

Tabla I.2 Cálculos de Número de Froude.

Número de Froude (Fr)							
Sección	Velocidad	Fuerza de Gravedad	Profundidad Hidráulica $D = A/T$			Fr	
	V (m/s)	g(m/s ²)	Área mojada (A)	Ancho superior (T)	D	$Fr = V / \sqrt{g * D}$	
A1-1	0,31	9,779	0,24	2,20	0,11	0,30	subcrítico
A1-2	0,31	9,779	0,24	2,20	0,11	0,30	subcrítico
A2	0,28	9,779	0,26	3,20	0,08	0,31	subcrítico
A3	0,47	9,779	0,3	2,30	0,13	0,42	subcrítico

Tabla I.3 Cálculos de Número de Reynolds

Número de Reynolds (Re)							
Sección	Velocidad (m/s)	Radio Hidráulico $R_h = A/P_m$			Viscosidad Cinemática	Re $Re = (V * R_h) / \nu$	
		Área (m ²)	P _m (m)	R _h	ν		
A1-1	0,31	0,24	2,2	0,11	0,914	0,04	Flujo Laminar
A1-2	0,31	0,24	2,2	0,11	0,914	0,04	Flujo Laminar
A2	0,28	0,26	3,2	0,08	0,914	0,02	Flujo Laminar
A3	0,50	0,33	2,5	0,13	0,914	0,07	Flujo Laminar

Tabla I.4 Dirección del flujo superficial mediante uso de brújula.

MÉTODO DEL FLOTADOR									
Sección	Dirección mediante brújula								
	Margen der.			Centro			Margen izq.		
	f1	f2	f3	f1	f2	f3	f1	f2	f3
A1-1	S48E	S50E	S47E	S43E	S45E	S44E	S53E	S52E	S51E
A1-2	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF	EF
A2	N55E	N60E	N66E	N67E	N60E	N64E	N56E	N56E	N56E
A3	N60E	N58E	N59E	N50E	N47E	N48E	N55E	N50E	N55E

APÉNDICE J
SECCIONES TRANSVERSALES

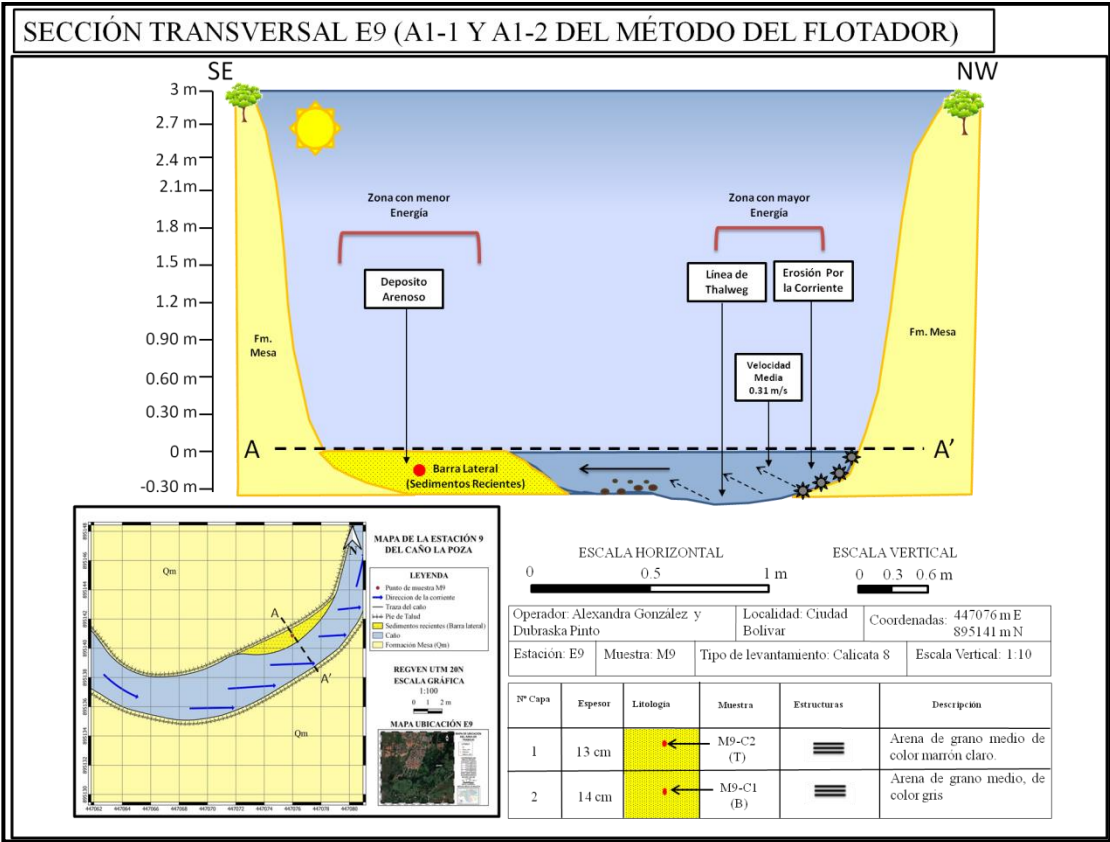


Figura J.1 Sección transversal del tramo A1-1 y A1-2 del caño.

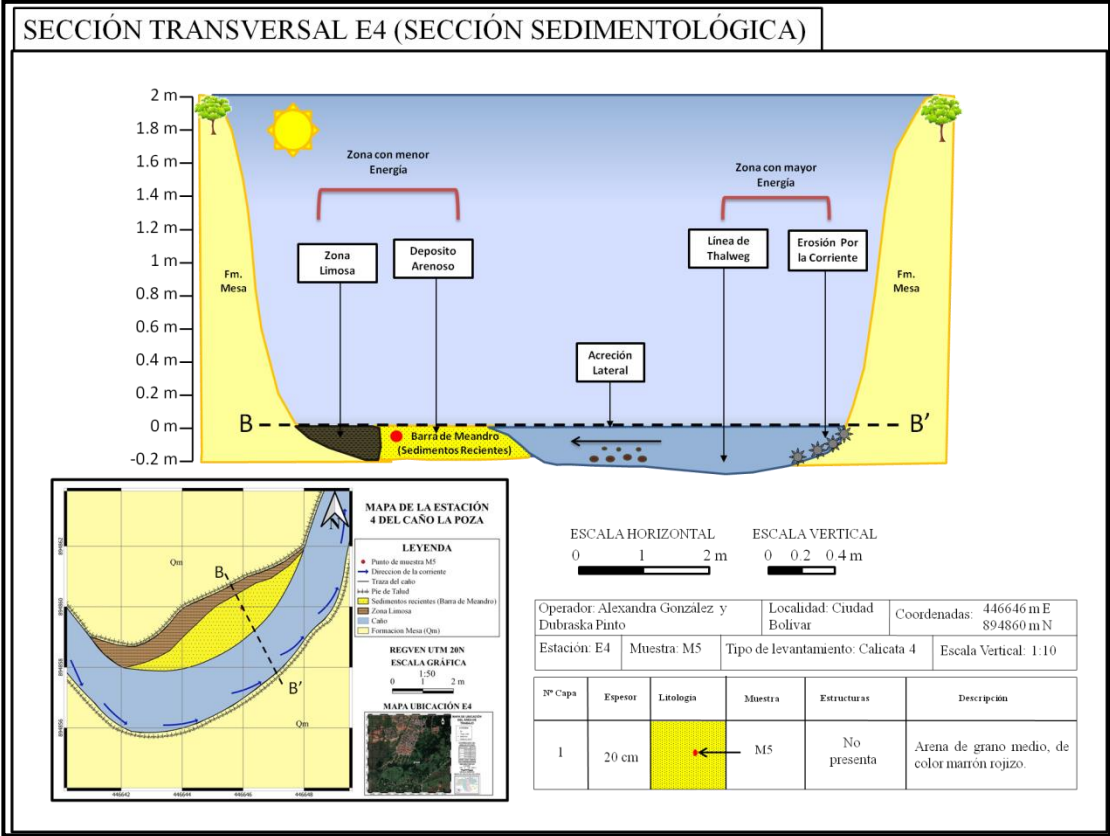


Figura J.2 Sección transversal de la E4.

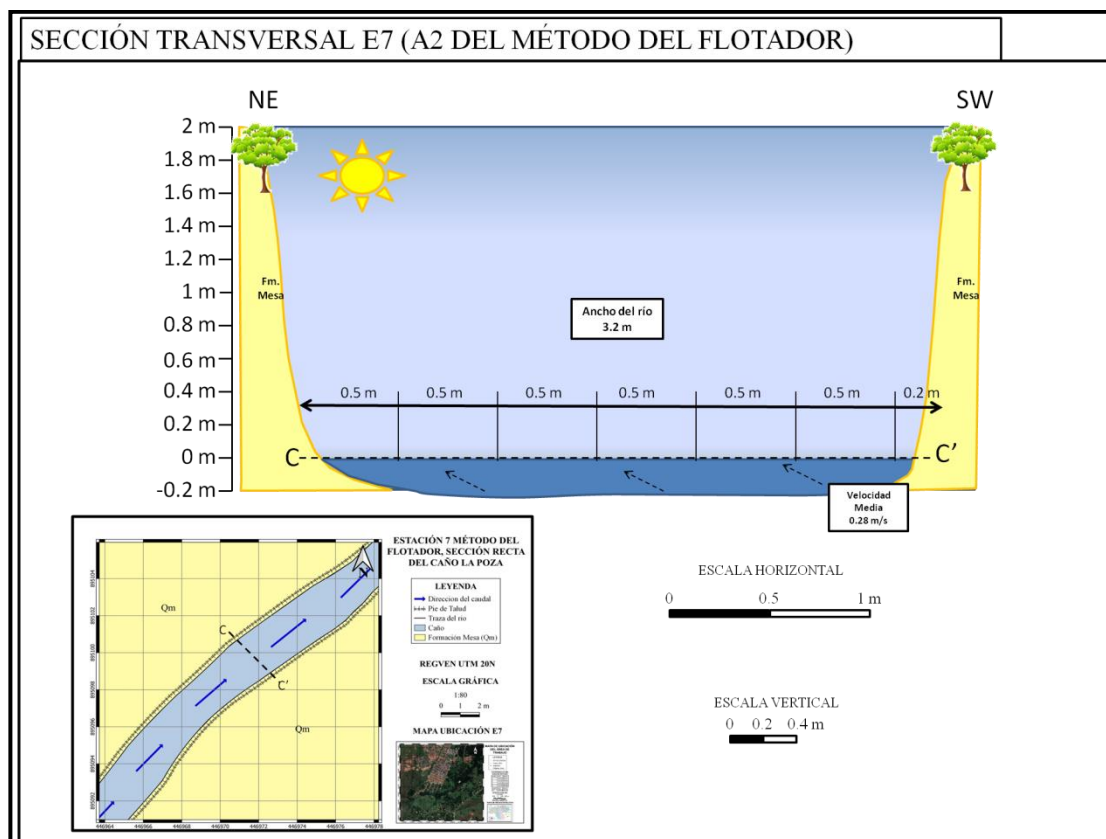


Figura J.3 Sección transversal del tramo A2 del caño.

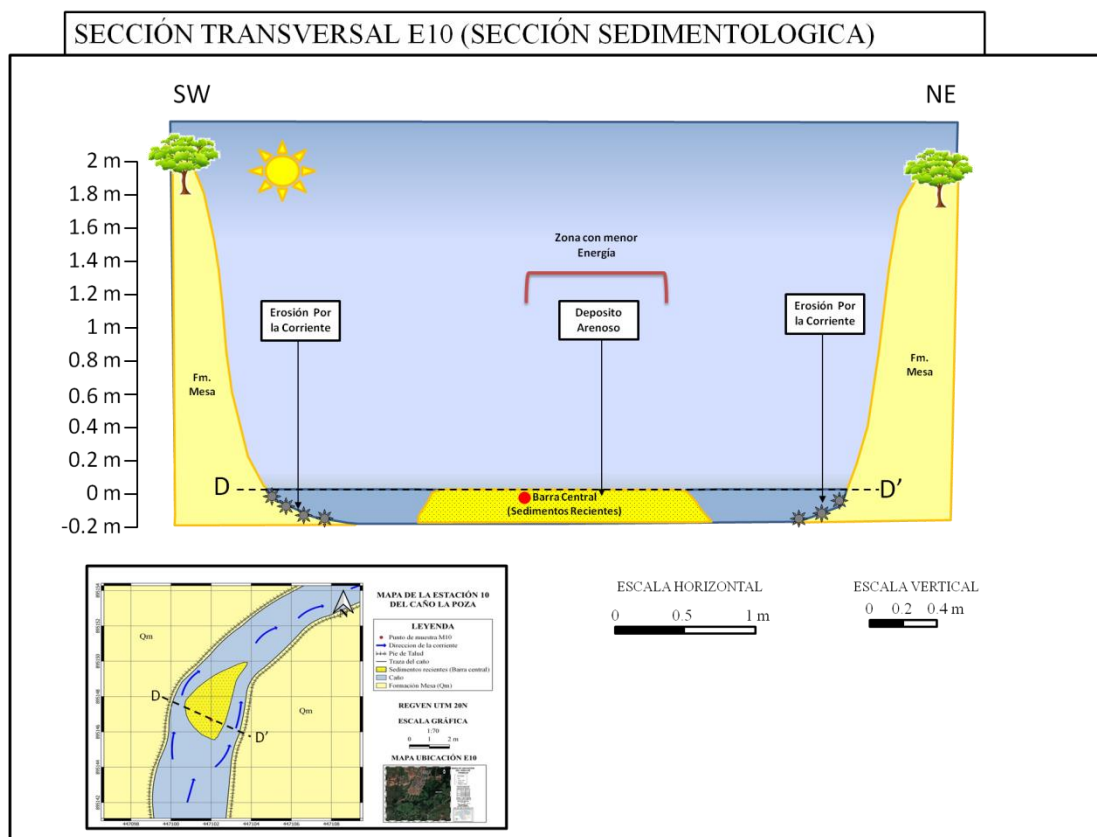


Figura J.4 Sección transversal de la E10.

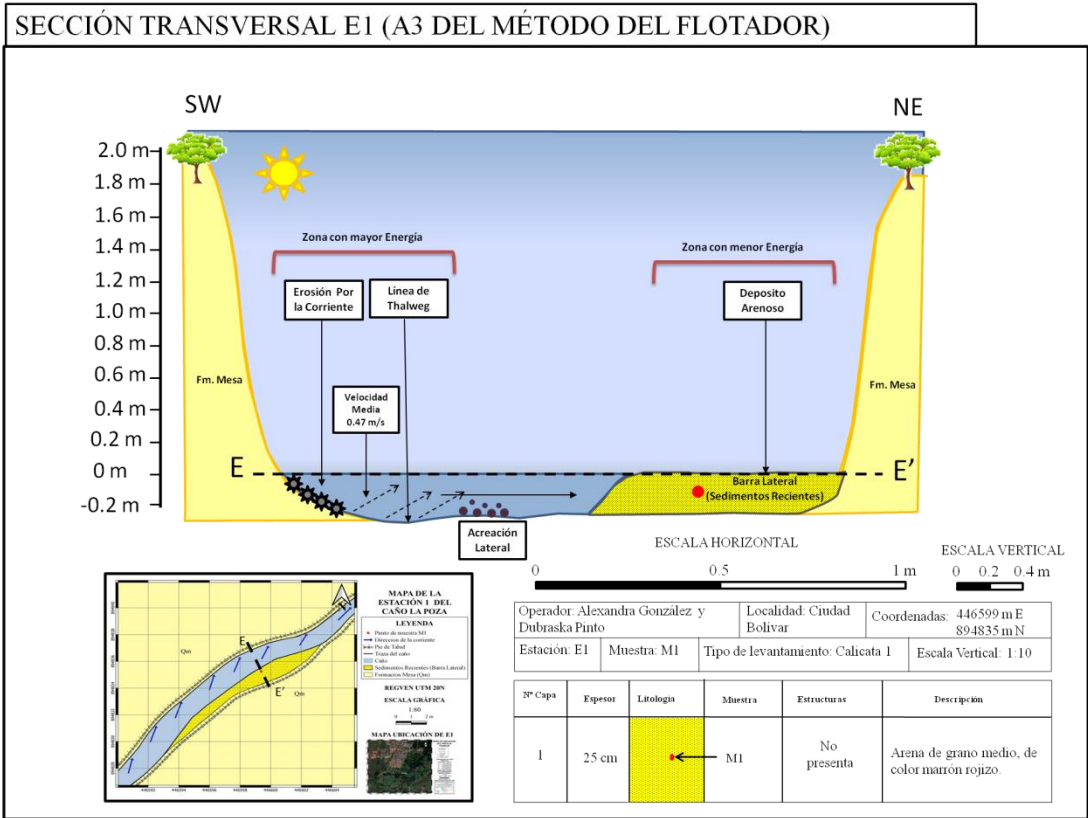


Figura J.5 Sección transversal del tramo A3 del caño.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LA SECCIÓN ALTA DEL CAÑO LA POZA UBICADO EN EL SECTOR LAS PALMAS, PARROQUIA MARHUANTA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR
---------------	---

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Pinto Fuentes Dubraska Del Valle	CVLAC: 26355915 E MAIL: dubraskapinto16@gmail.com
González Torrealba Alexandra María	CVLAC: 25932387 E MAIL: mary.97.MaG@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Caño

Columnas sedimentológicas

Parámetros texturales

Muestras de sedimentos

Fluorescencia de rayos X

Secciones transversales

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÀREA y/o SERVICIO
Ciencias de la Tierra	Departamento de Ingeniería Geológica

RESUMEN (ABSTRACT):

El estudio tiene como objetivo general realizar la caracterización sedimentológicamente de la sección alta a media del caño la Poza ubicado en el sector Las Palmas, Parroquia Marhuanta, Municipio Angostura del Orinoco, Estado Bolívar. Esta investigación es descriptiva, ya que consiste en caracterizar, registrar, analizar e interpretar las muestras recolectadas en campo, y exploratoria, ya que es una zona no explorada con anterioridad; el diseño es de campo, debido a que la recolección de datos se hizo directamente en el área de estudio. Para identificar los depósitos sedimentarios se efectuaron aperturas de 8 calicatas con sus respectivas columnas sedimentológicas y 2 muestras de barras, siendo un total de 12 muestras de sedimentos a cada una de las muestras se le realizó el análisis granulométrico y se le aplicó el método de Folk y Ward lo cual indicó que en las muestras predominan arena de grano medio, así como un moderado o mal escogimiento, con una composición mineralógica con predominancia de cuarzo con un valor de 97,08% y 2,92% distribuidos en fragmento de rocas, minerales accesorios y opacos. Los resultados morfooscópico mostraron que la mayoría de los sedimentos son sub angulosas lo que indica que provienen de zonas cercanas. El método de Visher determinó que se presentan los tres mecanismos de transporte en el 100% de las muestras y que el más frecuente es el saltación con 3 sub-poblaciones con diámetros que van de 0,625mm a 0,125 mm. Mediante el diagrama de Hjulstrom se pudo identificar el estado de movimiento de los sedimentos indicando que se encuentran en estado de erosión y transporte. Aplicando el número de Froude se pudo conocer que el flujo es subcrítico; con la ecuación de Reynolds se pudo identificar un régimen de flujo laminar.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES		ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Rivadulla, Rosario	ROL	CA	ASx	TU	JU	
	CVLAC:	3825175				
	E_MAIL	rosariorivadulla@gmail.com				
	E_MAIL					
González José Simón	ROL	CA	AS	TU	JUx	
	CVLAC:	13015360				
	E_MAIL	Jsgonzalez78@gmail.com				
	E_MAIL					
Boscarello, Carlos	ROL	CA	AS	TU	JU	
	CVLAC:	11168976				
	E_MAIL	cboscarello@gmail.com				
	E_MAIL					

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
2023	12	06

LENGUAJE: Español

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA DE LA SECCIÓN ALTA DEL CAÑO LA POZA, EDO. BOLIVAR.doc	. MS.word

ALCANCE

ESPACIAL: Avenida Paseo Simón Bolívar, Marhuanta – Ciudad Bolívar

TEMPORAL: 2023

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO: Ingeniero Geólogo

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO: Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO: Ingeniería Geológica

INSTITUCIÓN: Universidad de Oriente

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Signature]*
FECHA 05/8/09 HORA 5:20

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Signature]
JUAN A. BOLANOS CUMPELE
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telemática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/maruja

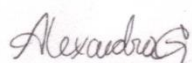
Apartado Correos 094 / Telé: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

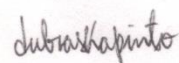
De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “



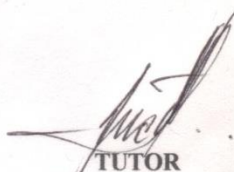
AUTOR

González Alexandra
C.I. 25.932.387



AUTOR

Pinto Dubraska
C.I. 26.355.915



TUTOR

Riwadulla Rosario
C.I. 3.825.175



JURADO

González José Simón
C.I. 13.015.360



JURADO

Boscarello Carlos
C.I. 11.168.976

POR LA COMISIÓN DE TESIS

