

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



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA CON
FINES DE UN PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA
CUENCA MEDIA DEL RÍO BUENA VISTA. MUNICIPIO HERES,
ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES LUIS A.,
LEONETT M. Y KEVIN A.
RUÍZ P. PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
GEOLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, MARZO 2011

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado intitulado CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA CON FINES DE UN PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BUENA VISTA. MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR, realizado por los bachilleres Kevin Ruiz y Luis Leonett, ha sido aprobado, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Jorge Abud

(Asesor)

Profesor

Profesor

Profesor Enrique Acosta

Jefe del Departamento de Ingeniería Geológica

Ciudad Bolívar, ____ de _____ de 2011.

DEDICATORIA

A Dios por darme vida y fortaleza para trazar y realizar mis metas.

A mis padres Luis Leonett y Teresa Martínez quienes han sido mi apoyo y mi ejemplo a seguir; Gracias por su dedicación, sacrificio y amor incondicional.

A todos mis profesores los cuales fueron mis guías ayudándome y colaborando con mi desarrollo personal y profesional.

A mis amigos y compañeros de clase por su valiosa compañía, por formar parte de este camino y haber compartido grandes e inolvidables momentos.

Luis Leonett

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo Especial de Grado, primeramente a Dios, por fortalecerme día a día y darme sabiduría para afrontar nuevos retos.

A mis padres y abuela por el apoyo que me brindaron en el momento oportuno.

A todos mis profesores los cuales fueron mis guías ayudándome y colaborando con mi desarrollo personal y profesional.

A toda mi familia y a todas aquellas personas que de una manera u otra me brindaron su ayuda y estimulación para lograr la culminación de esta meta.

Kevin Ruiz

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer con todo mi corazón el apoyo y la ayuda brindada por todos los que hicieron posible la realización de esta meta de trabajo, especialmente a mi tutor académico Profesor Jorge Abud, al técnico de laboratorio de suelo TSU Lenin Velásquez, a los profesores Quijada, Dafnis Echeverría, Alexis Miro y Oscar Morales (Q.E.P.D).

A la Universidad de Oriente, la Casa más Alta, por abrirme sus puertas para formarme como profesional.

A los que me ayudaron en campo ya todos mis amigos.

Luis Leonett

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi familia por el apoyo incondicional. Sin ellos no hubiera alcanzado esta meta.

A mi papá Lebis Ruiz, por su dedicación y paciencia durante estos años de mi carrera.

A la Universidad de Oriente, la Casa más Alta, por abrirme sus puertas para formarme como profesional.

A mi tutor académico Profesor Jorge Abud, por su valioso asesoramiento y apoyo brindado.

A mis amigos por haberme ayudado en los momentos críticos de mi carrera.

A todos aquellos familiares y amigos, que de alguna u otra forma me ayudaron a la culminación de esta meta, mil gracias.

RESUMEN

La Cuenca Media del río Buena Vista se encuentra localizada al Suroeste de Ciudad Bolívar, Municipio Heres, estado Bolívar, con coordenadas U.T.M. demarcada por 437.000 – 439.000 Este y 894.500 – 896.500 Norte. U objetivo es caracterizar geológica y geotécnicamente con fines de un Plan de Ordenamiento y Manejo la Cuenca Media del Río Buena Vista. La investigación se inició con el reconocimiento geológico de campo a lo largo del Barrio El Algarrobo, Estadio I y Las Piedritas I, pertenecientes a la parroquia La Sabanita, para la selección de sitios de muestreos y recolección de muestras; Se reconoció una unidad geológica: Formación Mesa, en un contexto geomorfológico de mesas conservadas y valles. Se recolectaron 9 muestras de sedimentos para realizar los siguientes ensayos: Densidad “in situ”, Análisis Granulométrico, Humedad Natural y Límites de Consistencia, además, Las muestras analizadas fueron clasificadas por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Para los ensayos de Densidad “in situ” las muestras arrojaron valores entre (1,648 y 1,913) gr/cm³, para los ensayos de Humedad Natural se obtuvieron valores entre (2,36y 10,68) %, para los ensayos de límites de consistencia se obtuvieron valores de límite líquido entre (20 y 23) %, limite plástico (15 y 18) %, para obtener un índice de plasticidad entre (2 y 5) %. La granulometría características en el sector El Algarrobo comprende arena de fina a media con pocos o nada de finos con 96,702% para M1, arena de fina a media con pocos o nada de finos de coloración marrón claro con 95.479% para M2 y arena mal gradada limosa de coloración marrón claro con 89,507% para M3, los suelos son de tipo Sp y Sm. La granulometría característica en el sector Estadio I comprende arena limosa de coloración grisácea con 92,931% para M4, arena Media a fina con pocas partículas arena gruesa con 89,823% para M5 y arena bien gradada sin nada de finos con 93,123% para M6, los suelos son de tipo Sm-Sc, Sm y Sp. La granulometría característica en el sector Las

Piedritas I comprende arena fina de coloración amarillenta con 95,01% para M7, arena de media a fina marrón claro con 94,088% para M8 y arena de fina a media marrón claro con 92,464% para M9, los suelos son de tipo Sp. Debido a las características que presentan estos suelos, son susceptibles a la erosión ocasionando la formación de surcos y cárcavas en vías de retroceso en los sectores estudiados.

CONTENIDO

	Páginas
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO	ix
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABLAS	xvii
LISTA DE APÉNDICES	¡Error! Marcador no definido.
LISTA DE ANEXOS	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	4
SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos de la investigación	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación de la investigación.....	6
1.4 Alcance de la investigación.....	6
CAPÍTULO II	8

GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación del área de estudio	8
2.2 Accesibilidad.....	9
2.3 Características físicas y naturales.....	9
2.3.1 Geomorfología	9
2.3.2 Vegetación.....	10
2.3.3 Drenaje	11
2.3.4 Clima	11
2.3.5 Precipitación.....	12
2.3.6 Evaporación.....	13
2.3.7 Temperatura media.....	14
2.3.8 Viento velocidad media	15
2.4 Geología regional	16
2.4.1 Complejo de imataca.....	18
2.4.2 Formación mesa	19
2.4.3 Sedimentos Recientes.....	20
CAPÍTULO III.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
3.1 Antecedentes	21
3.2 Base teóricas.....	22
3.2.1 Cuenca hidrográfica	22

3.2.3 Tipos de ríos: clasificación según período de actividad y Clasificación según geomorfología. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).....	23
3.3 Escorrentía.....	27
3.4 Agua de escorrentía.....	28
3.5 La erosión.....	28
3.5.1 La erosión hídrica.....	29
3.5.2 Factores que influyen en la erosión.....	30
3.5.3 Causas de la erosión.....	31
3.5.4 Efectos indeseables de la erosión.....	33
3.6 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).....	34
3.6.1 Suelos de grano grueso.....	35
3.6.2 Suelos de grano fino.....	37
3.7.1 Suelos granulares	40
3.7.2 Suelos finos	42
3.7.3 El uso de prefijos y sufijos	44
3.8 Densidad “in situ”	45
3.9 Los límites de Atterberg o límites de consistencia	48
3.9.1 Límite líquido.....	48
3.9.2 Límite plástico.....	49
3.9.3 Índice de Plasticidad (Ip)	49
3.10 Humedad natural	51
CAPÍTULO IV	52

METODOLOGÍA DE TRABAJO	52
4.3 Recopilación bibliográfica y cartográfica	53
4.4 Diagnóstico de la situación actual de la cuenca media del río Buena Vista	55
4.5 Identificación de las unidades geológicas de la cuenca en estudio.....	56
4.6 Determinación de las características geotécnicas de la cuenca media del río Buena Vista	58
4.6.1 Densidad “in situ”	58
4.6.2 Análisis granulométrico	60
4.6.3 Límites de consistencia	62
4.6.4 Clasificación de los suelos	66
4.6.5 Humedad natural	66
4.7 Identificación de los aspectos geodinámicos presentes en el área de estudio...	66
4.8 Elaboración de un plan de adecuación para las áreas más críticas en la cuenca Media.....	67
4.9 Elaboración del mapa geológico y geotécnico de las zonas críticas de la cuenca media del río Buena vista.....	67
CAPÍTULO V	69
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	69
5.1 Diagnóstico de la situación actual de la cuenca media del río Buena Vista	69
5.2 Identificación de las unidades geológicas de la cuenca en estudio.....	70
5.2.1 La Formación Mesa.....	70
5.2.2 Los Sedimentos recientes.....	71
5.3 Determinación de las características geotécnicas de la cuenca media del río...	73
5.3.1 Densidad “in situ”	73

5.3.2 Análisis granulométrico	75
5.3.3 Límites de consistencia	76
5.3.4 Clasificación de los suelos	77
5.3.5 Humedad natural	78
5.4 Identificación de los aspectos geodinámicos presentes en el área de estudio...	80
5.5 Elaboración de un plan de adecuación para las áreas más críticas en la cuenca media.....	80
5.5.1 Sector El algarrobo.....	81
5.5.2 Adyacencias al Estadium La Sabanita	83
5.5.3 Sector Las Piedritas I	86
5.6 Elaboración del mapa geológico y geotécnico de las zonas críticas de la cuenca media del Rio Buena vista.....	88
APÉNDICE A	97
APÉNDICE B	107
APÉNDICE C	111
APÉNDICE D	113

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. (Ruiz, Kevin. 2010)	9
Figura 2.2 Mapa Geológico Generalizado del Escudo de Guayana. (Sidder G. B y S., V. Mendoza, V, 1995).....	17
Figura 3.1 Sistema de clasificación de suelo unificado. (Bowles, Joseph 1978).....	39
Figura 3.2 Clasificación de las arenas de acuerdo al S.U.C.S., donde se observa el uso del sufijo para indicar con grava.(Norma ASTM D-2487-00 , 2000).....	41
Figura 3.3 Clasificación de las gravas de acuerdo al S.U.C.S., con el uso del sufijo s que indica con arena, duplicando el tipo de suelo de 9 a 18 (Norma ASTM D-2487-00, 2000).	42
Figura 3.4 Clasificación de finos de baja plasticidad de acuerdo al S.U.C.S., Obsérvese el uso de sufijos y prefijos (ASTM D-2487-00, 2000).....	43
Figura 3.5 Clasificación de finos de alta plasticidad de acuerdo al S.U.C.S	43
(Norma ASTM D-2487-00, 2000).	43
Figura 3.6 Carta de plasticidad (ASTM D-2487-00, 2000).	44
Figura 4.1 Flujograma de actividades.	54
Figura 4.2 Cuenca media del río Buena Vista.....	55
Figura 4.3 Muestras recolectadas.	57
Figura 4.4 Procedimiento e instrumentos utilizados en el método del cilindro.	59
Figura 4.6 Pesado de tamices.	61
Figura 4.7 Tamices colocados en el Ro-Tap.....	62
Figura 4.9 Ensayo de límite plástico.	65

Figura 5.1 Cuenca media del río Buena Vista.....	69
Figura 5.2 Escarpes erosivos de la Formación Mesa.	71
Figura 5.3 excavación de calicata	72
Figura 5.4 Cárcava cercana a una vivienda y escasez de vegetación en los	81
Figura 5.5 Siembra de postes vivos (McCullah, K., 2001).	82
Figura 5.6 Cárcava que va en vías de retroceso y grietas	83
Figura 5.7 Siembra en escalera. (Jaime Suárez Díaz, 2001).	84
Figura 5.8 Esquema general de colocación de fajinas vivas (Suárez Díaz, Jaime, 2001).	86
Figura 5.9 Construcción de canal de descarga con pendiente rugosa y surco relleno con material rocoso y cemento.....	87
Figura 5.10 Geotextil y base granular debajo de un enrocado. (Suárez Díaz, Jaime, 2001).	87
Figura A.1 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M1).....	98
Figura A.2 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M2).....	99
Figura A.3 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M3).....	100
Figura A.4 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M4).....	101
Figura A.5 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M5).....	102
Figura A.6 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M6).....	103
Figura A.8 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M8).....	105
Figura A.9 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M9).....	106
Figura B.1 Determinación del límite de consistencia (Muestra M3).	108
Figura B.2 Determinación del límite de consistencia (Muestra M4).	109
Figura B.3 Determinación del límite de consistencia (Muestra M5).	110

Figura D.1 Muestras para la determinación del límite líquido.....	114
Figura D.2 Recolección para llevarlas al tamizado.....	115
Figura D.3 Preparación de la muestra para ensayo de límite plástico.	116

LISTA DE TABLAS

Páginas

Tabla 2.1 Coordenadas UTM del área de estudio.....	8
Tabla 2.2 Resumen estadístico de la precipitación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-[Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1988–2007 (20 años)]......	12
Tabla 2.3 Resumen estadístico de la evaporación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-[Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1984 – 1987(4 años)]......	13
Tabla 2.4 Resumen estadístico de la evaporación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-[Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1992 – 2006 (15 años)].	14
Tabla 2.5 Resumen estadístico de la temperatura media (°C) de la estación Ciudad Bolívar- [Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1988 – 2007 (20 años)].	15
Tabla 2.6 Resumen estadístico del viento (Km. /H) de la estación Ciudad Bolívar-x	16
Tabla 3.1 Numeración y apertura de tamices.....	47
Tabla 3.2 Clasificación de tipo de suelos según límites de Atterberg (Espinace R., 1991).	50
Tabla 4.1 Coordenadas U.T.M de los sitios recorridos.....	56
Tabla 5.1 Método del cilindro.....	74
Tabla 5.2 Clasificación de los suelos por el Sistema Unificado.	77
Tabla 5.3 Humedad natural	79
Tabla 5.4 Características de algunos pastos utilizados para el control de	85

Tabla C.1 Tabla resumen de resultados. 112

LISTA DE ANEXOS

MAPA DE ZONAS CRÍTICAS DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BUENA VISTA. MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR.

MAPA GEOTÉCNICO INDICANDO LAS RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA MEDIA.

INTRODUCCIÓN

El río Buena Vista atraviesa en gran parte a Ciudad Bolívar en su trayecto Suroeste y provee facilidades para servir como lugar de descarga no solo de las aguas servidas de las viviendas aledañas, sino también de las aguas de escorrentía que viene ejerciendo presión degradante sobre los suelos, ya que la naturaleza de los sedimentos no consolidados que se encuentran en la parte superior de la secuencia sedimentaria, facilita la erosión superficial originando un relieve accidentado y desarrollando surcos y cárcavas debido a la intensidad de la erosión en sitios de escasa vegetación y elevadas pendientes.

La cuenca media del río Buena Vista, no escapa a estos problemas, ya que son apreciables la formación de cárcavas y surcos a lo largo del recorrido hecho a la zona de estudio. Desde el punto de vista geomorfológico, el río Buena Vista está rodeado de mucha vegetación tanto de sabana como bosque de galería, pero en diferentes zonas cercanas a las viviendas, se ha deforestado dicha vegetación, la cual ha favorecido a la erosión laminar. Para evitar que esto siga ocurriendo, es de suma relevancia proponer planes de adecuación que ayuden a evitar o a reducir en un período de tiempo corto, los problemas de erosión presentes en la cuenca.

Cabe destacar que en época de sequía el río Buena Vista mantiene su curso normal, pero en época de lluvia, el río crece a su máximo nivel, lo que provoca inundaciones a las viviendas aledañas.

La estructura del presente trabajo consta de cinco capítulos los cuales son:

Capítulo I. Situación a investigar: objetivo general, objetivo específico, justificación de la investigación y alcance de la investigación.

Capítulo II. Generalidades del trabajo: ubicación del área de estudio, accesibilidad, características físicas y naturales, geología regional.

Capítulo III. Marco teórico: antecedentes, bases teóricas, escorrentía, aguas de escorrentía, la erosión, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), Nueva versión del sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S), Densidad “in situ”, Análisis granulométrico, Los límites de Atterberg o límites de consistencia, Humedad natural.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: Nivel de investigación, Diseño de la investigación, Diagnóstico de la situación actual de la cuenca media del río Buena Vista, Identificación de las características geológicas de la cuenca en estudio, Determinación de las características geotécnicas de la cuenca media del río Buena Vista, Identificación de los aspectos geodinámicos presentes en el área de estudio, Elaboración de un plan de adecuación para las áreas más críticas en la cuenca media.

Capítulo V. Análisis y discusión de resultados: Diagnóstico de la situación actual de la cuenca media del río Buena Vista, Identificación de las características geológicas de la cuenca en estudio, Determinación de las características geotécnicas de la cuenca media del río Buena Vista, Identificación de los aspectos geodinámicos presentes en el área de estudio, Elaboración de un plan de adecuación para las áreas más críticas en la cuenca media.

Para estructurar el trabajo se siguieron los lineamientos del Manual de trabajo de grado de la Escuela de ciencias de la tierra de la Universidad de Oriente, 2001

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La construcción de urbanismo, el cual se inicia con la deforestación total del área y muchas veces eliminar el contorno natural de los terrenos, en la mayoría de los casos esto puede evitarse si cambiamos fundamentalmente los métodos de construcción actuales; ya que el considerar únicamente los costos del proyecto y olvidarse de la conservación del terreno trae como consecuencia problemas como la erosión que se traducen en daños al ambiente. Según pasa el tiempo más y más terreno utilizado para urbanizar, no está llevando a cabo un control de erosión, sedimentación y escorrentía.

La erosión es un problema mundial, afecta tanto a países en desarrollo como desarrollados; es así, que además del hombre las anomalías climáticas, con periodos fuertes de sequia seguido de temporadas de pluviosidad intensas, facilitan la ocurrencia de los procesos erosivos. La erosión es uno de los problemas ambientales que más preocupa a los científicos, gobernantes y ciudadanos. Sus consecuencias son catastróficas y buena prueba de ello es el crecimiento de los desiertos.

En los países tropicales la pérdida de suelo por erosión hídrica resulta cada vez más acentuada al punto de llevar al suelo a un grado de degradación de difícil recuperación; esta situación se favorece principalmente por el material geológico, el relieve, las características de los suelos, el régimen de precipitación y las prácticas agrícolas aplicadas.

En Ciudad Bolívar, la falta de la correcta planificación urbanística actual, en conjunto con el crecimiento demográfico ha provocado un desequilibrio ambiental, tal es el caso de la cuenca del río Buena Vista, la cual se ha convertido en una de las más pobladas en sus riveras; además, de que las aguas servidas de urbanizaciones y caseríos a orillas del mismo, así como la falta de sistemas de drenaje de aguas pluviales está causando la erosión en sitios de escasa vegetación, como la formación de cárcavas y surcos, así como también la contaminación del río. Si bien esto ya se presenta como una situación que debe atenderse, es de carácter indispensable el conocimiento de las características que presenta la cuenca en su parte media. A partir de ellas será posible organizar estrategia que ayuden al buen manejo y ordenamiento de la cuenca. En época de sequía el río Buena Vista mantiene su curso normal, pero en época de lluvia, el río crece a su máximo nivel, lo que provoca inundaciones a las viviendas aledañas.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar geológica y geotécnicamente con fines de un plan de ordenamiento y manejo la cuenca media del río Buena Vista. Municipio Heres, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual de la cuenca media del río Buena Vista.
2. Identificar las unidades geológicas de la cuenca en estudio.

3. Determinar las características geotécnicas de la cuenca media del río Buena Vista.
4. Identificar los aspectos geodinámicos presentes en el área de estudio.
5. Elaborar un plan de adecuación para las áreas más críticas en la cuenca media.
6. Elaboración de mapa geológico y geotécnico de las zonas críticas de la cuenca media Rio Buena Vista.

1.3 Justificación de la investigación

El río Buena Vista atraviesa en gran parte Ciudad Bolívar y provee facilidades para servir como lugar de descarga no solo de las aguas de lluvia, sino además de aguas servidas de las diferentes urbanizaciones y barriadas que se encuentran a su paso. Por lo tanto al determinar la situación existente en la cuenca media del mismo se pretende observar diversas características que pudieran ser objeto de desequilibrio en el comportamiento geológico y geotécnico presentes en el área de estudio.

Las obras construidas por el ser humano son causantes de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que al sobre explotarla trae consigo inundaciones y problemas de erosión. Por ende la información obtenida tras el estudio a realizar, servirá de referencia para posibles planes y proyectos que se han de realizar en el área de estudio en aras de un efectivo ordenamiento y manejo de la cuenca, que beneficiará a las comunidades que interacciona con la misma.

1.4 Alcance de la investigación

Este estudio abarca caracterización geológicas y geotécnicas que puedan permitan la recolección de datos precisos que ayuden a definir la posible solución

del problema que afecta al área en estudio.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación del área de estudio

Geográficamente el área de estudio se encuentra ubicada en la región Sur Oriental de Venezuela, en el estado Bolívar, específicamente en el Municipio Autónomo Heres, en la parte Suroeste de Ciudad Bolívar, específicamente en la cuenca media del río Buena Vista; astronómicamente está localizada entre las coordenadas 08°07'20" y 08°07'47" de latitud Norte en su parte más meridional y septentrional respectivamente; así como, 63°34'00" y 63°34'40" de longitud Oeste en sus extremos. Planimétricamente se ubica entre las coordenadas N 894.500, N 896.500 y E 437.000, E 439.000. (Tabla 2.1, Figura 2.1).

Tabla 2.1 Coordenadas UTM del área de estudio.

PUNTOS	COORDENADAS UTM	
	E	N
1	437.000	894.500
2	439.000	896.500

El área de estudio está limitada por los barrios El Algarrabo y Las Piedritas I, ambos pertenecientes a la parroquia Agua Salada.

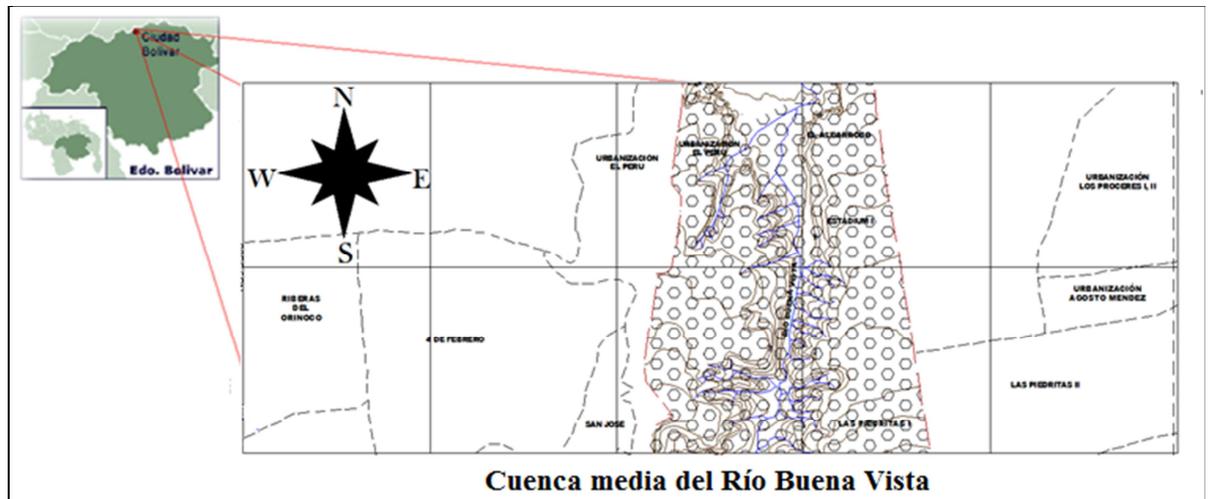


Figura 2.1 Ubicación geográfica del área de estudio. (Ruiz, Kevin. 2010)

2.2 Accesibilidad

El área de estudio es accesible a través de la avenida República, vía Puente Angostura de Ciudad Bolívar, se toma un desvío hacia el Suroeste por la avenida Alejandro Vargas que lleva hacia la urbanización El Perú ubicada a 30 metros del río Buena Vista.

También es accesible por la avenida España, que lleva hacia el Sector la Sabanita al Barrio El Algarrobo.

2.3 Características físicas y naturales

2.3.1 Geomorfología

Los procesos geomorfológicos que ocurren en el área son propios de la Formación Mesa a la cual pertenece. El carácter estratigráfico de los sedimentos, favorece la acción erosiva de las aguas de escorrentía. La naturaleza de los

sedimentos no consolidados que se encuentran en la parte superior de la secuencia sedimentaria, facilita la erosión superficial originándose un relieve accidentado. En las riberas del río Buena Vista, se encuentran con mucha frecuencia taludes y escarpas producidas por socavación y consiguientes deslizamientos, en los cuales se puede observar afloramientos de arena de granos finos a medios. (González de Juana, 1.946 y Furrer y Castro, 1.997 en PDVSA-Intevep, 2005).

2.3.2 Vegetación

La vegetación predominante en el área es de tipo floresta mesófila, sabanera, típica del clima tropical donde existen las estaciones de lluvia y sequia. Tenemos que en esta zona se pueden observar las especies más comunes representadas en dos tipos:

2.3.2.1 Vegetación de sabana: la constituyen vegetación de hasta 50 cm, tal como la Paja Pelúa (*trachypogon plumosus*), escobilla (*scopasia dulcis*) y dormidera (*mimosa dormiens*). (PDVSA-Intevep, 2005).

2.3.2.2 Vegetación de media a alta: la constituyen vegetación hasta de 8 m., como es el caso del chaparro (*curatella americana*), alcornoque (*bowdichia virgirioides*), mandingo (*roupala complícata*), merey (*anarcardium occidentale*), aceite, moriche y mastranto (*hyptis suaveolens*). (PDVSA-Intevep, 2005).

2.3.2.3 Bosque de galería: se presenta en la llanura de inundación del río. Lo constituyen Aceite (*copaifera pubiflora*), Matapalo (*ficus sp.*), Jobo (*spondias nombis*), Pilon (*andira sp.*), entre otras. (PDVSA-Intevep, 2005).

2.3.3 Drenaje

Se puede observar que las características que presenta la cuenca del río Buena Vista desde el punto de vista de su drenaje, es de tipo dendrítico, con un régimen de tipo torrencial por la variación de los niveles en las diferentes épocas del año. El control de su curso depende mucho por la estructura geológica presente. (PDVSA-Intevep, 2005).

Durante la estación lluviosa, las aguas salen por su cauce normal arrastrando grandes cantidades de sedimentos, las cuales también aportan gran cantidad de agua al cauce principal.

2.3.4 Clima

Ciudad Bolívar y sus alrededores, tienen una clasificación climática, que corresponde a una zona de vida de Bosque Seco Tropical, que se caracteriza por una definición cuantitativa de la relación de dependencia que existe en la naturaleza entre la vegetación y los principales elementos del clima: biotemperatura, precipitación y humedad ambiental, de manera que la vegetación refleja las condiciones climáticas predominantes, las cuales también influyen significativamente en el relieve, la hidrología y suelos. pero su estudio depende de las estadísticas. (Blanco, 1.991; Aguirre et al., 1.992).

El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias mensuales y anuales de las variables climatológicas: precipitación, evaporación, temperatura, insolación solar, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento. Para la caracterización de éstas variables climatológicas en el área de estudio, se utilizaron los datos del Resumen Climatológico tomados de la estación Ciudad Bolívar, del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana.

2.3.5 Precipitación

El período de registro climático para caracterizar la precipitación está comprendido entre los años 1988 y 2007 (20 años).

La tabla 2.2 muestra los valores medios, máximos y mínimos anuales, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Tabla 2.2 Resumen estadístico de la precipitación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-[Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1988–2007 (20 años)].

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	29,8	14,8	21,3	21,8	88,0	170,1	179,3	174,5	95,4	85,6	75,0	36,7	80,6
Máx	194,1	91,0	111,0	126,0	226,2	300,0	348,5	418,0	210,0	208,0	184,0	101,0	209,8
Mín	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	77,0	79,7	44,0	20,4	6,5	8,4	7,0	22,6
Ds	44,2	22,3	28,7	29,9	55,6	67,8	69,3	95,9	50,6	48,5	41,1	29,3	22,9
Cv	1,5	1,5	1,3	1,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,8	0,3

La precipitación total media anual que ocurre para este período es de 80,6 mm. Presenta un valor máximo de precipitación anual en el mes de Agosto de 418,0 mm.

La época lluviosa se inicia en el mes de Abril y se mantiene hasta el mes de Noviembre, teniendo una duración de ocho meses, presentándose el mes de Agosto como el más lluvioso para el período climático en consideración. La época de sequía abarca los meses de Diciembre hasta Marzo, siendo Febrero y Marzo los meses más secos del año.

2.3.6 Evaporación

En la caracterización de la evaporación, el período de registro climático estudiado está dividido en 1984 – 1987 (4 años) y 1992 – 2006 (15 años), debido a que para el intervalo comprendido entre 1988 – 1991, no fueron suministrados los datos suficientes por la estación meteorológica de Ciudad Bolívar – Aeropuerto. Las tablas 2.3 y 2.4 muestran los valores medios, máximos y mínimos, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Tabla 2.3 Resumen estadístico de la evaporación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-[Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1984 – 1987(4 años)].

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	130,3	163,5	228,5	242,0	171,2	102,0	92,0	104,2	106,7	111,5	89,2	111,7	138,1
Máx	144,0	191,0	257,0	289,0	234,0	115,0	103,0	120,0	113,0	124,0	116,0	166,0	164,3
Mín	117,0	147,0	209,0	203,0	128,0	88,0	76,0	76,0	100,0	103,0	64,0	84,0	116,2
Ds	11,0	17,9	18,7	33,5	40,2	12,5	9,9	16,9	4,8	7,9	18,4	32,0	18,6
Cv	0,08	0,11	0,08	0,14	0,23	0,12	0,11	0,16	0,04	0,07	0,21	0,29	0,14

El volumen de agua evaporada en Ciudad Bolívar y sus alrededores, no es constante a lo largo del año y depende primordialmente de las variaciones estacionales.

Estimándose la evaporación media anual en 138,1 mm, para el período de 1984 hasta 1987, con un valor mínimo anual de 116,2 mm y un valor máximo anual de 164,3 mm.

Tabla 2.4 Resumen estadístico de la evaporación (mm) de la estación Ciudad Bolívar-[Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1992 – 2006 (15 años)].

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	161,3	180,1	216,7	208,5	158,7	101,7	172,6	188,7	117,8	130,6	115,5	138,8	156,5
Máx	309,0	379,0	309,0	283,0	226,0	135,0	964,0	976,0	187,0	208,0	168,0	228,0	364,3
Mín	64,0	76,0	86,0	130,0	124,0	76,0	70,0	68,0	70,0	68,0	88,0	91,0	84,2
Ds	57,7	69,0	61,6	49,5	27,6	16,9	240,1	251,6	29,4	31,7	20,7	35,5	74,3
Cv	0,36	0,38	0,28	0,24	0,17	0,17	1,39	1,33	0,25	0,24	0,18	0,25	0,44

Para este período climático de 15 años, se presenta una evaporación media anual de 156,5 mm, los meses con los valores máximos son Julio y Agosto con 964 mm y 976 mm respectivamente.

2.3.7 Temperatura media

Para caracterizar la temperatura media del aire, se utilizó la metodología que permite relacionar la variación de la temperatura respecto a la altitud. El período climático está comprendido entre 1988 – 2007 (20 años).

A continuación se presenta la tabla 2.5 que contiene los valores medios, máximos y mínimos anuales, la desviación estándar y el coeficiente de variación, tomados de la estación Ciudad Bolívar – Aeropuerto.

Tabla 2.5 Resumen estadístico de la temperatura media (°C) de la estación Ciudad Bolívar- [Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1988 – 2007 (20 años)].

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
Media	6,6	7,0	8,0	8,9	8,4	7,2	7,0	7,3	7,9	8,1	7,6	6,8	7,6
Máx	7,9	9,2	9,2	30,0	29,5	8,2	7,5	8,1	8,9	8,9	8,4	7,7	8,6
Mín	5,6	5,5	6,8	7,4	7,5	6,0	6,2	6,4	6,9	6,8	7,0	5,3	6,4
Desv	,6	,9	,7	,8	,7	,5	,4	,5	,5	,6	,5	,6	,4
Cv	,02	,03	,02	,03	,02	,02	,01	,02	,02	,02	,02	,02	,01

La temperatura media anual en el área de estudio para el período considerado es de 27,6 °C. El valor máximo principal se presenta en el mes de Abril con un valor de 30,0 °C y el valor secundario ocurre en Mayo de 29,5 °C.

Los menores valores de temperatura media se registran en los meses de Enero con 25,6 °C, Febrero con 25,5 °C y Diciembre con 25,3 °C.

2.3.8 Viento velocidad media

En la caracterización del viento, el período de registro climático esta entre 1988 – 2007 (20 años).

A continuación se presenta la tabla 2.6 que contiene los valores medios, máximos y mínimos anuales, la desviación estándar y el coeficiente de variación, tomados de la estación Ciudad Bolívar – Aeropuerto.

Tabla 2.6 Resumen estadístico del viento (Km. /H) de la estación Ciudad Bolívar-x
[Servicio de Meteorología de la Aviación. Período Climático: 1988 – 2007 (20 años)].

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Media	14,6	15,8	23,6	15,3	12,7	10,8	9,0	7,9	8,5	9,1	10,7	12,5	12,6
Máx	16,5	17,3	162,0	17,2	15,4	13,0	10,8	10,4	10,3	11,9	12,2	13,7	25,9
Mín	13,0	14,4	14,8	13,0	4,8	7,9	7,3	6,5	6,9	6,5	8,6	10,8	9,5
Ds	1,0	0,8	31,7	1,2	2,7	1,3	1,0	1,1	1,0	1,2	1,1	1,0	2,7
Cv	1,0	0,05	1,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

Para este período climático de 20 años, se presenta un viento de velocidad media anual de 12,6 Km. /H, el mes con el valor máximo es Marzo con 162,0 Km. /H y el valor mínimo es en Mayo con 4,8 Km. /H.

2.4 Geología regional

En el Escudo Guayanés han sido identificadas cuatro Provincias Geológicas: Imataca, Pastora, Cuchivero / Amazonas y Roraima (Figura 2.2).

La región se encuentra enmarcada dentro del Escudo Guayanés, en su parte Norte y adyacente al río Orinoco; la Geología está representada por tres unidades bien diferenciadas: el basamento ígneo metamórfico del Complejo Imataca, los sedimentos de la Formación Mesa y Sedimentos Recientes.

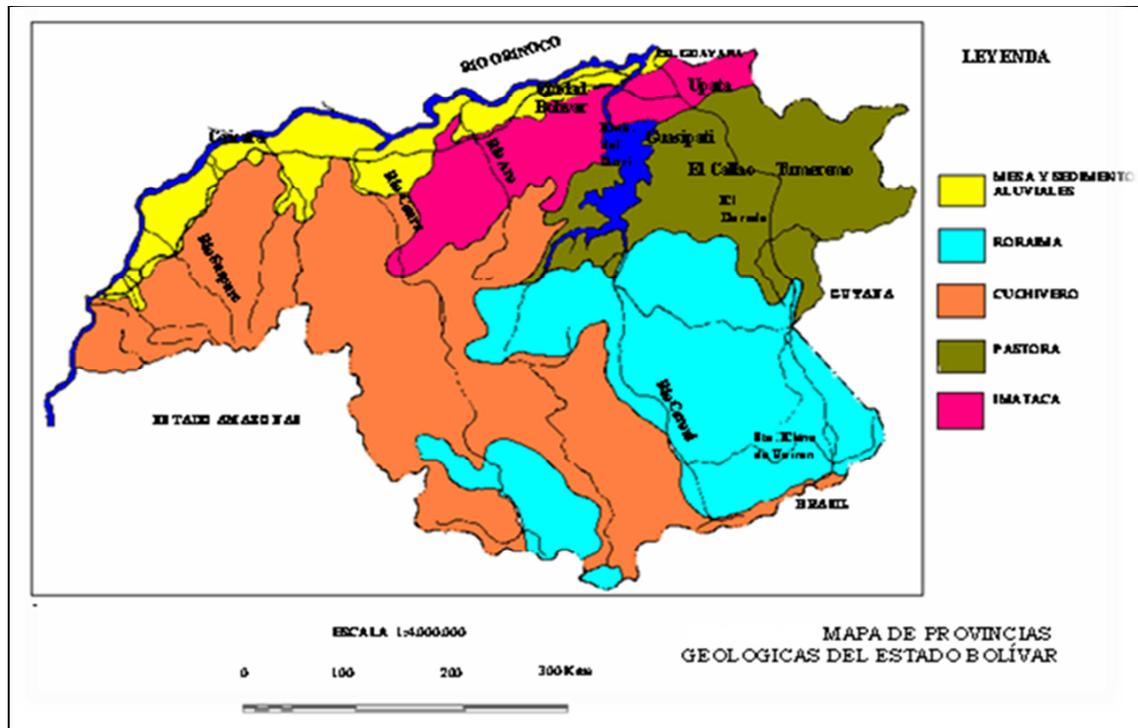


Figura 2.2 Mapa Geológico Generalizado del Escudo de Guayana. (Sidder G. B y S., V. Mendoza, V, 1995).

Todos los afloramientos del basamento ígneo en la zona se encuentran representados dentro del Complejo de Imataca; los depósitos sedimentarios pertenecen a la Formación Mesa. Los sedimentos fluviales recientes, se encuentran suprayacentes al Complejo de Imataca. El basamento que constituye el Complejo de Imataca está conformado por las rocas más antiguas conocidas en la parte Norte del escudo y en su mayoría son gneises félsicos y máficos, con capas de cuarcitas ferruginosas y granulitas. Suprayacente al Complejo de Imataca se encuentran los sedimentos de la Formación Mesa, mucho más joven que la anteriormente descrita, y constituida por materiales granulares y estratificados horizontalmente.

Esta formación presenta espesores variables, dependiendo de la profundidad a que se encuentre el basamento. Sobre la Formación Mesa, en forma dispersa y

especialmente acumulados en las márgenes de los ríos, se hallan depósitos de sedimentos recientes originados por la erosión de Imataca y Mesa.

2.4.1 Complejo de imataca

Según descripción del Léxico Estratigráfico de Venezuela, (1997), la secuencia de rocas más antiguas de Venezuela es de edad Arqueozoica y corresponden al Complejo de Imataca, unidad volcánico – sedimentaria metamorfizada, que representa la parte más importante de la Provincia Geológica de Imataca, cuyos afloramientos están restringidos a lo largo del margen sur del río Orinoco en el extremo Nororiental del Escudo de Guayana constituye una franja de unos 80 Km., de ancho, lo cual se extiende desde el río Caura al Oeste hasta las inmediaciones del delta del río Orinoco al Este. El tipo de litología principal del Complejo de Imataca es un paragneísis cuarzo – feldespático blanco, gris o rosáceo, con tamaño de grano, textura y detalles mineralógicos variables.

Contiene adiciones de migmatitas, la roca de grano medio y textura granítica pero corrientemente tiene un contenido relativamente de biotita. Debido a los procesos de meteorización, las rocas de este Complejo han originado varios tipos de suelos; los suelos arcillosos – arenosos sobre el substrato anfibolítico; los arenosos blancos a rosados sobre granitos y gneises leucocráticos, y aquellos arenosos en las partes donde se depositaron las sales únicas y ferríferas mezcladas; arcillas residuales en las zonas de saturación permanentes y suelos azules a rojos, según el promedio de sales de hierro o materia orgánica respectivamente.

2.4.2 Formación mesa

La Formación Mesa está constituida por una secuencia sedimentaria Pleistocena. Estos sedimentos cubren gran parte del Oriente de Venezuela, presentando formas características de mesas que son accidentes del relieve que poseen un tope aplanado y laderas escarpadas. Durante el Pleistoceno emergió lentamente la Cuenca del Río Orinoco hasta convertirse en tierra de firme; al producirse la regresión marina se desarrollaron las llanuras venezolanas con el aporte de sedimentos terrígenos provenientes de los Andes y del Sistema Montañoso del Caribe, con la consiguiente desaparición de los grandes lagos formados a finales del Mioceno o el Plioceno. (Léxico Estratigráfico de Venezuela (1997)).

La Formación Mesa aflora desde la Serranía del Interior al Norte, extendiéndose por toda la Cuenca Oriental de Venezuela. Abarca una parte de la margen Sur del Orinoco, desde la curva del Infierno al Oeste hasta el Delta Amacuro al Este, en donde se hace más potente. Al Sur del Orinoco los estratos de la Formación Mesa forman un borde biselado e irregular sobre las rocas del Complejo de Imataca.

En Ciudad Bolívar, La Formación Mesa cubre toda el área de investigación, presenta una litología típica de un proceso regresivo de sedimentación, cuyos materiales forman capas arenosas poco consolidadas, interestratificadas con arcilla limo arenosa moteada, además se notan algunos lentes de arenas ferruginosas y facies mixtas de ambientes fluvio-deltaicos en posición horizontal o ligeramente inclinadas y en forma discordante con el basamento.

2.4.3 Sedimentos Recientes

Estos sedimentos conforman las planicies aluviales y las áreas de inundaciones periódicas del río Orinoco y las demás cuencas hidrográficas de la zona. Están formados por los materiales provenientes de la disgregación de los constituyentes litológicos de la Formación Mesa y del Complejo de Imataca los cuales son arrastrados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos de la zona. Los materiales incluyen cantos, peñones, gravas, limo y partículas en suspensión. (<http://www.pdvsa.com/lexico/m40w.htm>)

Los aluviones del área de Ciudad Bolívar ocupan el cauce del Orinoco y una franja paralela a su curso, aproximadamente hasta la cota 18, y los de sus afluentes. Las arenas de grano variable de grueso a fino, presentes en las sabanas, resultan de la desintegración “in situ” de materiales de la Formación Mesa, removidos y transportados esencialmente por las aguas de escorrentía. Los ríos del área presentan sedimentos recientes en el fondo y en sus orillas; los mismos son de color amarillento a blanco, con granos variables de grueso a fino.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

En el año 1988 los Bachilleres Eulacio Luís y Rivero Jesús realizaron su trabajo de grado titulado “Estudio integral, Plan de ordenamiento y manejo de la Cuenca del Río Buena Vista”. El estudio de este trabajo se refiere a toda la cuenca del río Buena Vista, con el cual se ha logrado un mejor conocimiento de todo su dominio por el reconocimiento geológico, hidrológico, hidráulico y geotécnico hecho a lo largo de todo su recorrido; también cuenta con el diseño de estructuras de drenaje como sumideros y disipadores de energía.

En el año 1990 el Bachiller Torrealba, Víctor M. realizó su trabajo de grado titulado “Estudio geotécnico e hidrológico con fines de ordenación y conservación de la Cuenca alta del Río Buena Vista”. La presente investigación está enmarcada por la cuenca alta del río Buena Vista y consiste en la realización de un estudio geotécnico e hidrológico con fines de ordenación y conservación de la zona antes mencionada.

En esta investigación se determinan factores que actúan en el proceso de formación y desarrollo de los fenómenos erosivos presentes en el lugar, por lo que es indispensable conocer las propiedades geológicas y geotécnicas del suelo, las características hidrológicas y la forma de ocupación de las tierras.

Todo esto con la finalidad de obtener una mejor información al momento de fijar posición y recomendar las obras necesarias para controlar o encausar la escorrentía superficial en las áreas críticas y así aminorar en lo posible la destrucción causada por la erosión.

En el año 2007 la Bachiller Gelinotte, Silva T. realizó su trabajo de grado titulado “Análisis de los factores geológico-ambientales mediante un sistema de información geográfico (SIG) en la cabecera de la Cuenca del Río Buena Vista en Ciudad Bolívar, Municipio Heres, Estado Bolívar”. Este trabajo está basado en la interpretación del contenido de la cartografía temática de la cuenca del río Buena Vista aplicando Sistemas de Información Geográfica con la finalidad de realizar un análisis de los factores geológico-ambientales presentes en la cabecera de esta cuenca; tal cartografía fue elaborada a partir de la recopilación de material cartográfico de la zona, incluyendo información automatizada, con la que se produjeron distintos mapas los cuales muestran determinadas características físico-naturales y ambientales del área.

3.2 Base teóricas

3.2.1 Cuenca hidrográfica

Se entiende por cuenca hidrográfica la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada «divisoria de aguas» hidrológicas y, más recientemente, a partir de los años 1970, para la planificación racional del uso de los recursos naturales. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

1. Elementos de la cuenca

3.2.2.1 El río principal: el río principal actúa como el único colector de las aguas. A menudo la elección del río principal es arbitraria, pues se pueden seguir distintos criterios para su elección (el curso fluvial más largo, el de mayor caudal medio, el de mayor caudal máximo, el de mayor superficie de cuenca, etc.). El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura. En el curso de un río distinguimos tres partes:

1. El curso superior: ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical. Su resultado: la profundización del cauce.
2. El curso medio: en donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle.
3. El curso inferior: situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí, el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales o valles. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

3.2.3 Tipos de ríos: clasificación según período de actividad y Clasificación según geomorfología.
(http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

1. Clasificación según período de actividad:

1. Perennes: estos ríos están formados por cursos de agua que son de las regiones donde no existe un río mayor de escorrentía excesivamente largo. Incluso en las áreas donde llueve muy poco pueden existir ríos con caudal permanente si existe una alimentación freática (es decir, de aguas subterráneas) suficiente. La mayoría de los ríos pueden experimentar cambios estacionales y diarios en su caudal, debido a las

fluctuaciones de las características de la cobertura vegetal, de las precipitaciones y de otras variaciones del tiempo atmosférico como la nubosidad, insolación, evaporación o más bien, evapotranspiración, etc. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

2. Estacionales: estos ríos y ramblas son de zonas con clima tipo mediterráneo, en donde hay estaciones muy diferenciadas, con inviernos húmedos y veranos secos o viceversa. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

3. Transitorios: son los ríos de zonas con clima desértico o seco, de caudal esporádico, en los cuales se puede estar sin precipitaciones durante años. Esto es debido a la poca frecuencia de las tormentas en zonas de clima de desierto. Pero cuando existen descargas de tormenta, que muchas veces son torrenciales, los ríos surgen rápidamente y a gran velocidad. Reciben el nombre de wadis o uadis, a los cauces casi siempre secos de las zonas desérticas, que pueden llegar a tener crecidas violentas y muy breves.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

4. Alóctonos: son ríos, generalmente de zonas áridas, cuyas aguas proceden de otras regiones más lluviosas. El Nilo en Egipto siempre se ha tomado como ejemplo de este tipo de ríos. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

5. Clasificación según geomorfología: la geometría en planta que adopta la corriente, se pueden clasificar los ríos en tres tipos básicos: rectilíneo, anastomosado y meándrico. Los parámetros utilizados para esta clasificación son la sinuosidad (Sinuosidad de un río) y multiplicidad. Esta última depende

del número de barras que divide la corriente en varios brazos.(
http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

1. Rectilíneo: estas corrientes se caracterizan por una sinuosidad baja (menor a 1,5) y multiplicidad 1, es decir, un único canal. Son muy inestables, tendiendo a evolucionar a otros tipos de río. Tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

2. Anastomosado: estas corrientes presentan canales múltiples. Tienen gran capacidad de transporte y sedimentación. Tienen menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

3. Meándrico: este tipo de río tiene sinuosidad alta (mayor a 1,5) y canal único. Su característica principal es la unidad geométrica llamada meandro, curva completa sobre el canal, compuesto por dos arcos sucesivos. En contraste con los dos tipos anteriores, las corrientes fluviales meandriiformes combinan un carácter erosivo (generalmente, en la parte cóncava de la curva o meandro) y sedimentario (en la orilla convexa).

(http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

3.2.3.1 Las obras humanas: las obras construidas por el ser humano, también denominadas intervenciones antropogénicas, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo, obras para riego y energía y vías de comunicación.

(http://educacionambiental.conaf.cl/?seccion_id=53adf4d238e32d91004077ca3cc0318d&unidad=7).

El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos o «desnudándola» de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas. (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

1. Partes de una cuenca

3.2.4.1 Cuenca alta: es la parte de la cuenca en la cual predomina el fenómeno de la socavación. Es decir, que hay aportación de material terreo hacia las partes bajas de la cuenca, visiblemente se ven trazas de erosión.

(http://educacionambiental.conaf.cl/?seccion_id=53adf4d238e32d91004077ca3cc0318d&unidad=7).

3.2.4.2 Cuenca media: es la parte de la cuenca en la cual mediamente hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión. (http://educacionambiental.conaf.cl/?seccion_id=53adf4d238e32d91004077ca3cc0318d&unidad=7).

3.2.4.3 Cuenca baja: es la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

(http://educacionambiental.conaf.cl/?seccion_id=53adf4d238e32d91004077ca3cc0318d&unidad=7).

3.3 Escorrentía

Se denomina escorrentía superficial al agua procedente de la lluvia que circula por la superficie y se concentra en los cauces. La escorrentía superficial es función de las características topográficas, geológicas, climáticas y de vegetación de la cuenca y está íntimamente ligada a la relación entre aguas superficiales y subterráneas de la cuenca. Cuando la lluvia o el riego caen sobre la superficie del terreno, una parte del agua comienza a infiltrarse en el suelo, mientras que otra puede empezar a deslizarse por su superficie. Esta agua que no se infiltra es el agua de escorrentía o agua de arroyada y es la principal responsable de la erosión del suelo. Esta agua de arrollada, junto al agua de los acuíferos profundos que aflora a la superficie en los manantiales, es la que da lugar a la formación de arroyos, ríos y lagos, tan importantes para los ecosistemas terrestres.

La escorrentía, además de producir erosión, hace que sea menor la cantidad de agua, procedente de las precipitaciones o de los riegos, que se puede infiltrar en el suelo y ser aprovechada por las plantas.

En hidrología, la escorrentía es la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida dependiendo la pendiente del terreno. Según la teoría de Horton se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo. Esto sólo es aplicable en suelos de zonas áridas y de precipitaciones torrenciales. Ésta deficiencia se corrige con la teoría de la saturación, aplicable a suelos de zonas de pluviosidad elevada y constante. Según dicha teoría, la escorrentía se formará cuando los compartimentos del suelo estén saturados de agua. La escorrentía superficial es una de las principales causas de erosión a nivel mundial. Suele ser particularmente dañina en suelos poco permeables, como los arcillosos, y en zonas con una cubierta vegetal escasa. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Escorrent%C3%ADa>).

3.4 Agua de escorrentía

Corresponde al agua de lluvia que es conducida a través de los surcos, hendiduras o grietas del suelo, cunetas y alcantarillas o en forma de mantos.

Al efectuar una fuerza de arrastre sobre la superficie del suelo, el agua de arroyada arranca partículas de material cuyo tamaño va desde la fina arcilla hasta la arena gruesa o grava, dependiendo este hecho de la velocidad de la corriente y del grado en que las partículas estén unidas. Esta remoción del suelo forma parte del proceso natural geológico de denudación de masas. En general, el conjunto hidrológico asociado a la escorrentía superficial, se agrupan en encauzadas y no encauzadas. (<http://www.monografias.com/trabajos14/erosion/erosion.shtml>).

3.5 La erosión

Se define la erosión como el proceso de separación y transporte de los materiales del suelo por agentes erosivos. Este proceso consta de dos etapas consecutivas:

1. Las partículas del suelo se desprenden del suelo, quedando en condiciones de ser transportadas.
2. Los materiales desprendidos son transportados por acción de los agentes de erosión.

La erosión es un proceso natural por el cual las corrientes de agua o el viento arrastran parte del suelo de unos puntos a otros. Es un proceso muy útil porque permiten se desplacen materiales de unos suelos a otros que recuperan fertilidad con estos aportes.

La erosión es un problema cuando se acelera, con lo cual los materiales perdidos no se recuperan en las zonas erosionadas y en las zonas que reciben los aportes no son aprovechados o se pierden, o cuando por causas ajenas al propio medio aparece en puntos que no deberían de erosionarse. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Erosi%C3%B3n>).

3.5.1 La erosión hídrica

Es el proceso de sustracción de masa sólida al suelo o a la roca de la superficie llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma. Los tipos de erosión hídrica son:

3.5.1.1 Erosión laminar: es una erosión superficial. Después de una lluvia es posible que se pierda una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo como si fuera una lámina. Es la forma más peligrosa de erosión hídrica ya que esta pérdida, al principio casi imperceptible sólo será visible cuando pasado un tiempo haya aumentado su intensidad.

Este proceso da origen a la erosión en surcos y posteriormente en cárcavas. En la erosión laminar, a causa de las precipitaciones, las capas superficiales del suelo, se apelmazan, se compactan perdiendo su capacidad de infiltración hecho que favorece las escorrentías. (http://es.wikipedia.org/wiki/Erosi%C3%B3n_h%C3%ADdrica).

3.5.2.2 Erosión en surcos: es fácilmente perceptible debido a la formación de surcos irregulares favoreciendo la remoción de la parte superficial del suelo. Este tipo de erosión puede ser controlada. Caso contrario, el proceso avanza y llega a la etapa de cárcava. (http://es.wikipedia.org/wiki/Erosi%C3%B3n_h%C3%ADdrica).

3.5.1.3 Erosión en cárcavas: consiste en pérdidas de grandes masas de suelo formando surcos de gran profundidad y largura trayendo como consecuencia: Pérdida de suelo, cambio en el régimen térmico, pérdida en la calidad del relieve, pérdidas en la capacidad de reserva de agua, el proceso se ve favorecido en sitios frágiles por presión de pastoreo y malas prácticas de manejo. (http://es.wikipedia.org/wiki/Erosi%C3%B3n_h%C3%ADdrica)

3.5.2 Factores que influyen en la erosión

La erosión está determinada por diversos factores; unos de naturaleza física y química, y otros de carácter social, económico y cultural de las poblaciones que ocupan el suelo. Entre los factores físicos y químicos se pueden definir en comienzo dos grandes condiciones: La erosividad de la lluvia, que es la capacidad de ésta para provocar la erosión, y depende de la intensidad, duración y periodicidad de ésta; y la erodibilidad del suelo, que se define como la vulnerabilidad o susceptibilidad de éste a ser erosionado.

Como factor físico-químico que influyen en los procesos de erosión tenemos: La capacidad de absorción y retención del agua en el suelo, las condiciones de superficie e infiltración, la permeabilidad del perfil del suelo, la facilidad de dispersión de las partículas que conforman el terreno, el tamaño de estas partículas, el grado de agregación, la pendiente y el área del terreno, la cobertura vegetal, la intensidad y duración de las precipitaciones de la zona, el tratamiento dado al suelo con respecto al aprovechamiento que se pretende de ésta, las medidas de control, etc. La erosión debida a las aguas corrientes sigue las mismas etapas en que se divide de forma natural el curso de un río.

Hay una primera etapa en que la erosión mecánica provocada por el agua y los materiales que arrastra es muy intensa en el curso alto del río. En la

segunda etapa, de transporte, la erosión mecánica sigue activa pero empieza a actuar la erosión química. Esta tiene lugar en el curso medio. Finalmente, en el curso bajo predomina la sedimentación de los materiales transportados, la acción mecánica se reduce muchísimo y prácticamente sólo actúa la erosión química.

La acción erosiva de un río se debe a la energía del agua. Es capaz de arrancar trozos de roca que, al ser arrastrados por la corriente, actúan como un martillo sobre el cauce del río, desprendiendo nuevos fragmentos. Como el cauce no es regular, se suelen producir remolinos que arrastran arenas y gravas, puliendo el fondo del río y creando cavidades. (<http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/YM4.html>)

3.5.3 Causas de la erosión

La erosión puede tener varios orígenes y normalmente cuando nos encontramos frente a un proceso erosivo es por la combinación de varias de estas causas no por una sola de ellas. Aunque estos procesos pueden ser naturales, casi siempre encontramos la mano del hombre en su desencadenamiento. (http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.3.1 La deforestación: un suelo desprovisto de vegetación no está cohesionado. Las raíces de las plantas sujetan el suelo que se encuentra a su alrededor. Cuando un suelo pierde la mayor parte de sus plantas por un incendio, por una tala abusiva, por el sobrepastoreo, por una obra pública poco cuidadosa, etc., corre el riesgo de que las tasas de erosión aumenten. (http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.3.2 Las sequías: el descenso de las precipitaciones provoca que los suelos se queden sueltos por la muerte de parte de las plantas que los sustentan y la disminución de la humedad. Muchas de nuestras sequías son más el resultado de una sobre explotación de nuestros recursos hídricos que el resultado de falta de precipitaciones. Por lo tanto el derroche de agua es una causa directa del aumento de la erosión.

(http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.3.3 Otras actividades humanas: en algunos de los apartados anteriores ya hemos comentado algunas de estas actividades como las obras públicas poco respetuosas con el medio, pero otras acciones como las actividades mineras poco cuidadosas o las modificaciones en los cauces de los ríos (deforestación, desvíos, cortes de meandros, ocupación de parte del lecho por edificios, etc.) o en su caudal (presas, vertidos, etc.) pueden causar que la erosión aumente al quedar los suelos de los cauces fluviales y sus cercanías desprovistos de parte de la vegetación y humedad que los cohesionan. (http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.3.4 El cambio climático y la erosión: el posible aumento de las temperaturas que estamos padeciendo y el posible cambio climático aumentarían las tasas de erosión, por un lado parece ser que nos encontraremos con un clima con periodos de sequía más largos, pero por otro las precipitaciones parece ser que no tienden a disminuir sino a concentrarse en periodos cada vez más cortos de tiempo. Si esta tendencia sigue la erosión puede aumentar por las lluvias torrenciales sobre suelos sueltos a causa de las sequías. (http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.4 Efectos indeseables de la erosión

3.5.4.1 La pérdida de fertilidad de los suelos: en las capas superficiales de los suelos se concentran gran parte de los nutrientes y humedad que las plantas necesitan para subsistir. La pérdida de estas capas por la erosión puede causar que un suelo se vuelva estéril. (http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.4.2 La pérdida de recursos hídricos: la presencia de las plantas y las primeras capas del suelo son imprescindibles para que el agua de las precipitaciones se infiltre y recargue los acuíferos. Por tanto, un aumento de la erosión significa siempre una disminución en la recarga de los acuíferos y un riesgo para todos aquellos que se abastezcan de dichos acuíferos. (http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.4.3 El aumento del riesgo de inundaciones catastróficas: como ya hemos comentado en el apartado anterior la erosión disminuye la capacidad de un suelo para retener agua. La erosión propicia que durante las lluvias torrenciales que son tan comunes en nuestro territorio sea mayor la escorrentía superficial y que las avenidas de agua sean mayores. (http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.4.4 La Colmatación: la erosión provoca que aumente la carga sólida que arrastran los ríos, es decir, los limos, arenas y piedras.

(http://www.criecv.org/es/proyectos/pag_agua/erosion.html).

3.5.4.5 Daños en infraestructuras y actividades económicas: el aumento de la carga sólida de las corrientes de agua aumenta el desgaste que ejercen sobre las construcciones humanas a las que afectan. El pilar de un puente se ve más dañado si el agua que le desgasta arrastra limos, piedras y arenas. También las cosechas se ven dañadas por el aumento de esta carga.

3.6 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

El sistema unificado de clasificación de suelos, fue propuesto por el profesor Arthur Casagrande en el año 1948, y adoptado subsecuentemente por el cuerpo de ingenieros del ejército de los EE.UU. para la construcción de aeropuertos, para el (U.S. Bureau of Reclamation en 1963) por otras instituciones de aquel país y por el resto del mundo, siendo nuestro país uno de ellos. Esta clasificación se realizara bajo las condiciones establecidas por la ASTM y AASHTO, Normas: AASTHO T87-70, AASTHO T88-70, ASTM D421-58 y D422-63.

Actualmente encontramos varios métodos de clasificación de suelos entre los cuales podemos mencionar el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el de la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO), el Sistema del Departamento de Agricultura del Departamento de los Estados Unidos (USDA), entre otros. (Bowles, Joseph 1978). El sistema unificado divide a los suelos en tres grupos principales que son: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos o suelos turba.

3.6.1 Suelos de grano grueso

El sistema unificado utiliza un símbolo genérico para cada grupo, formados por dos letras mayúsculas que corresponden a las iniciales de los nombres en inglés, de los suelos más típicos de ese grupo. Así tenemos:

G (Gravel): fracción de suelo más grueso o tamaño grava.

S (Sand): fracción del suelo con tamaño de grano comprendido entre malla No.4 y malla No.200.

La grava (G) y la arena (S), se dividen a su vez en cuatro grupos, que son:

W (Well Graded): bien gradada; suelo limpio de finos resultados de la combinación con los símbolos genéricos, los grupos: GW y SW.

P (Poorly Graded): mal gradada; suelo limpio de finos resultantes de la combinación con los símbolos genéricos, los grupos: GP y SP.

M (Del Sueco Mo): limo; suelo con cantidad apreciable de finos de baja plasticidad resultante de la combinación con los símbolos genéricos, los grupos: GM y SM.

C (Clay): arcillas; suelo con cantidad apreciable de finos de mediana a alta plasticidad resultante de la combinación con los símbolos genéricos, los grupos: GC y SC.

La base de distinción entre los suelos de grano grueso y los de grano fino es el tamiz N° 200; se dice que un suelo es de grano grueso, cuando más de 50% en peso de sus partículas son retenidas en el tamiz N° 200 y son de grano fino si más del 50% de sus partículas pasan el tamiz N° 200. (Bowles, Joseph 1978).

3.6.1.1 Grupos GW y SW: estos son suelos bien gradados, tienen amplia escala en el tamaño de las partículas y cantidades sustanciales de los tamaños intermedios (Figura 3.1).

GW: gravas bien gradadas, con pocos finos.

SW: arenas bien gradadas, arenas con gravas, con pocos finos o limpias.

3.6.1.2 Grupos GP y SP: estos son suelos mal gradados, de apariencia uniforme, presentan un predominio de un tamaño, o de un rango de tamaño, con carencias de partículas intermedias (Figura 3.1).

GP: Gravas mal gradadas, mezcla de gravas – arenas con o sin finos.

SP: Arenas mal gradadas, arenas con grava, con pocos o sin finos.

3.6.1.3 Grupos GC y SC: estos son suelos finos plásticos (Figura 3.1).

GC: gravas arcillosas, mezcla de grava – arena – arcilla.

SC: arenas arcillosas, mezcla de arenas y arcillas.

3.6.2 Suelos de grano fino

Igual que en el caso de los suelos de grano grueso, el sistema unificado utiliza un símbolo genérico, formado por dos letras mayúsculas, para distinguir los suelos de granos finos; estos se dividen en los tres grupos siguientes:

M (Del Suelo Mo = Limo): limo inorgánico.

C (Clay): arcillas inorgánicas

O (Organic): limos y Arcillas orgánicas, se caracteriza por la presencia de materia orgánica.

Cada uno de estos tres tipos de suelo se subdivide con base en el límite líquido en dos grupos que son:

L (Low Compressibility = Baja Compresibilidad): si el límite líquido es de 50, o menos, es decir, suelos de baja compresibilidad resultantes de la combinación con los símbolos genéricos los grupos: ML, CL y OL.

H (High Compressibility = Alta compresibilidad): si el límite líquido es mayor de 50, suelos de alta compresibilidad. Resultante de la combinación con los símbolos genéricos los grupos: MH, CH y OH.

P (Peat = Turba): está asignado para suelos altamente orgánicos de textura fibrosa, como las turbas y suelos pantanosos.

3.6.2.1 Grupos CL y CH: Se clasifican dentro de este grupo las arcillas inorgánicas.

CL: arcillas inorgánicas, con plasticidad de baja a media; arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas.

CH: arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.

3.6.2.2 Grupos ML y MH: en este grupo se encuentran los limos inorgánicos (Figura 3.1).

ML: limos Inorgánicos, polvo de roca, limo limpio, arenas muy finas y limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.

MH: limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos.

3.6.2.3 Grupos OL y OH: en estos grupos se encuentran los limos y arcillas orgánicas, con rango de plasticidad equivalentes a los grupos ML y MH respectivamente (Figura 3.1).

OL: Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de plasticidad reducida.

OH: Arcillas orgánicas de plasticidad de media a alta; limos orgánicos muy compresibles.

3.6.2.4 Grupo P: todos los tipos de suelo que comprenden este grupo, son identificados como turba u otros con alto contenido de materia orgánica en estado de descomposición (Figura 3.1).

DIVISIÓN MAYOR			NOMBRES TÍPICOS		CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos			
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla			LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4	ARENAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW		Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
				SP		Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
	ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	ARENAS LIMOSAS Cantidad apreciable de partículas finas	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.		
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad		
			CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.			
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.) 		
			MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.			
CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.					
OH		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.					
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.				

Figura 3.1 Sistema de clasificación de suelo unificado. (Bowles, Joseph 1978).

Se presenta la última clasificación del sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S), presentado por la norma ASTM D-2487-00, donde se introduce el uso del doble símbolo mediante la incorporación a la clasificación de sufijos y prefijos, con lo cual la clasificación pasa de 18 tipos de suelos a 71 tipos de suelos no orgánicos.

3.7.1 Suelos granulares

Tanto en gravas como arenas la clasificación funciona exactamente igual, salvo por el valor de coeficientes de uniformidad que en gravas se considera 4 y en arenas 6 para diferenciar materiales bien gradados de mal gradados. Los granulares se dividen en tres grandes grupos: Menor de 5% de finos, entre 5 y 12% de finos y mayor de 12% de finos; esta subdivisión se aplica por igual en arenas y gravas. (Figuras 3.2 y 3.3)

1. En el grupo de los suelos granulares con menos de 5% de finos de acuerdo al coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura, se subdividen en dos tipos de suelos bien gradados y suelos granulares (grava o arena) pobremente gradados. Por último, dependiendo del contenido de grava o arena, la clasificación genera dos tipos de suelos adicionales. Por lo tanto, en la categoría de suelos granulares con menos de 5% de finos tenemos cuatro tipos de gravas y cuatro tipos de arenas.

2. En la categoría de suelos granulares con contenido de finos entre 5 y 12%, tenemos que aplicando índices granulométricos se generan cuatro tipos de suelos y por contenido de grava o arena dependiendo el caso se generan cuatro adicionales para permitir ocho tipos de arenas y ocho tipos de gravas de suelos de mezcla.

3. Los suelos granulares con contenido de finos mayor de 12% se subdividen en tres tipos de suelos y cada tipo de suelo genera uno adicional para obtener en definitiva seis tipos de gravas y seis tipos de arenas en la categoría de suelos granulares con finos.

La clasificación original de Casagrande identificaba nueve tipos de arena y nueve tipos de grava. A partir del año 2000 la norma ASTM D-2487-2000 cambia y se lanza una nueva simbología la cual aumenta de nueve tipos de arena o grava a 18 tipos usando para ello subíndices.

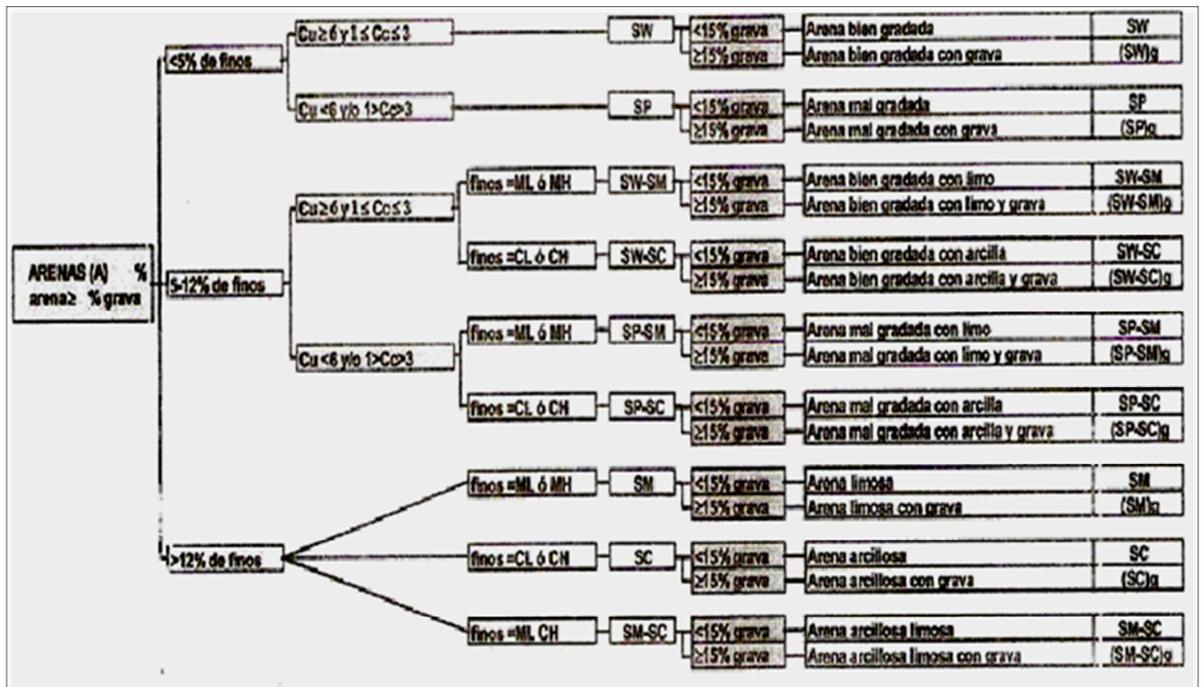


Figura 3.2 Clasificación de las arenas de acuerdo al S.U.C.S., donde se observa el uso del sufijo para indicar con grava. (Norma ASTM D-2487-00, 2000).

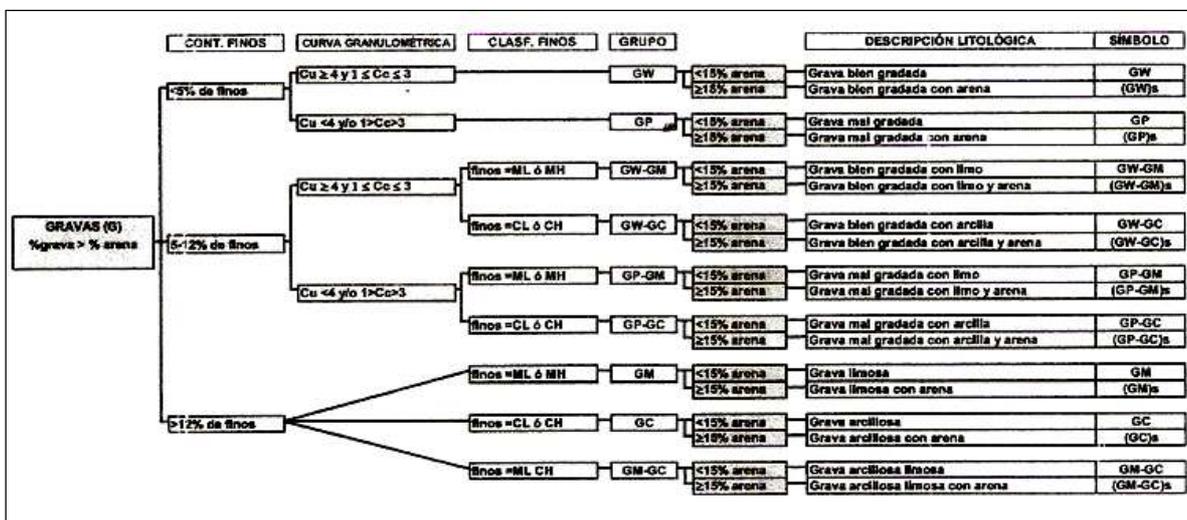


Figura 3.3 Clasificación de las gravas de acuerdo al S.U.C.S., con el uso del sufijo s que indica con arena, duplicando el tipo de suelo de 9 a 18 (Norma ASTM D-2487-00, 2000).

3.7.2 Suelos finos

La clasificación considera suelos finos aquellos suelos que contengan un porcentaje en peso de 50% o más de partículas pasante tamiz 200 (0,07 mm). Posteriormente divide los suelos finos en dos grupos: suelos con límite líquido menor a 50 y suelos con límite líquido mayor o igual a 50. Los siguientes tres grupos se generan con base al valor del índice de plasticidad para luego tomar en cuenta el contenido de granulares (grava y arena). (Figuras 3.4 y 3.5).

En total usando la clasificación actualizada al 2000 y considerando los suelos orgánicos se obtienen 21 tipos de suelos de baja plasticidad y 14 tipos de suelos de alta plasticidad. Para un total de 35 tipos de suelos no orgánicos que contrasta con los cuatro tipos de suelos finos que presentó Casagrande en su clasificación original.

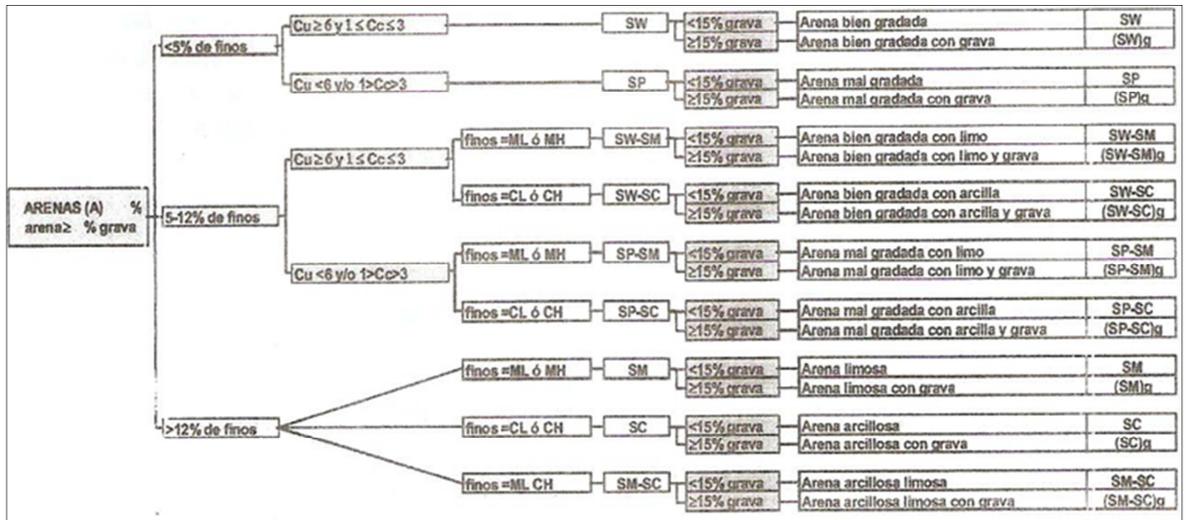


Figura 3.4 Clasificación de finos de baja plasticidad de acuerdo al S.U.C.S., Obsérvese el uso de sufijos y prefijos (ASTM D-2487-00, 2000).

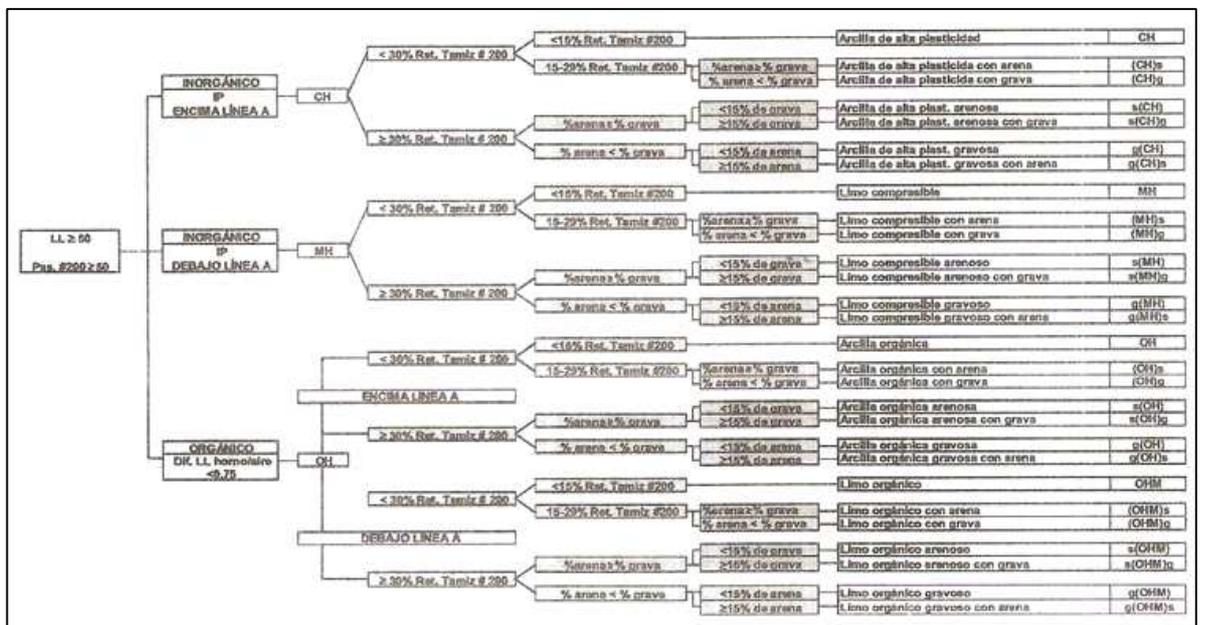


Figura 3.5 Clasificación de finos de alta plasticidad de acuerdo al S.U.C.S (Norma ASTM D-2487-00, 2000).

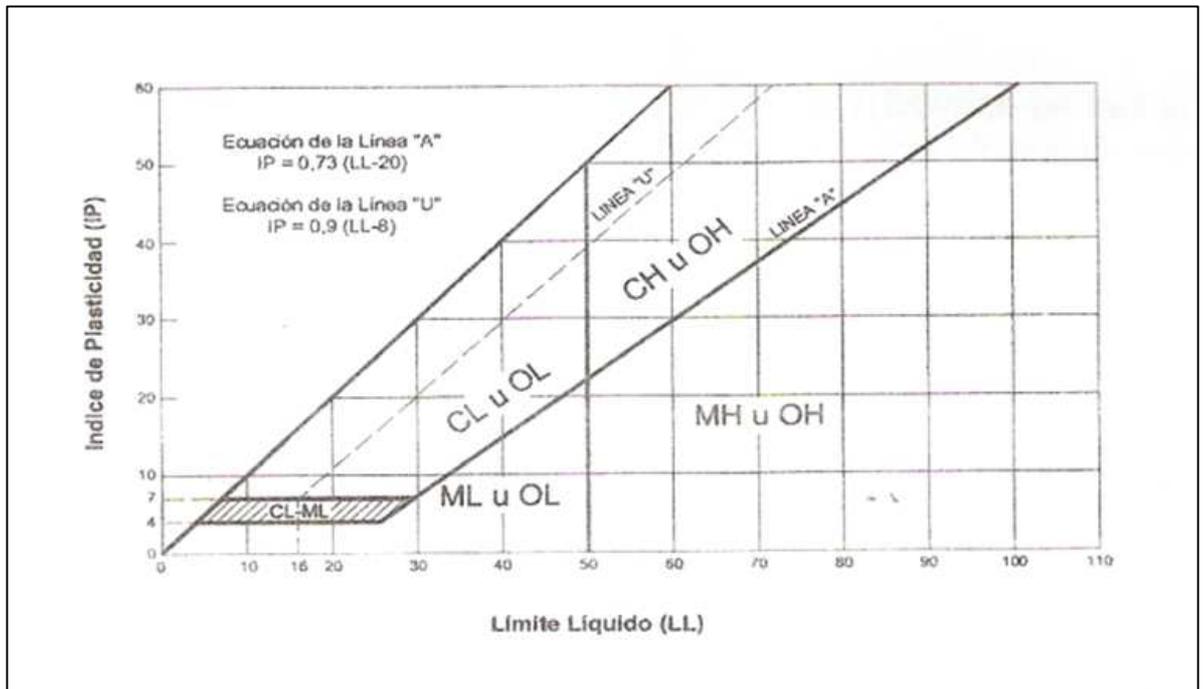


Figura 3.6 Carta de plasticidad (ASTM D-2487-00, 2000).

3.7.3 El uso de prefijos y sufijos

Como se ha expresado anteriormente, el uso de subíndices se introduce en el S.U.C.S. a partir del año 2000. El sistema consiste en agregar prefijos o sufijos en forma de subíndices para aumentar el grado de resolución de la clasificación. Los prefijos utilizados son: "g" y "s", los cuales indican gravosa o arenosa. Los sufijos utilizados son: "s", "g", "c" y "b", los cuales indican con arena, con grava, con gujarros (tamaño 64-256 mm) y con bloques (mayor a 256 mm).

3.7.3.1 Cuando el subíndice se coloca al final del símbolo significan:

(CL)g = Arcilla de baja plasticidad con grava

(CL)s = Arcilla de baja plasticidad con arena

(SM)c = Arena limosa con guijarros

(SM)b = Arena limosa con bloques

3.7.3.2 Cuando el subíndice se coloca adelante del símbolo significa:

g(CL) = Arcilla de baja plasticidad gravosa

s(CL) = Arcilla de baja plasticidad arenosa

3.7.3.3 El uso del doble subíndice; es decir, adelante y posterior al símbolo principal significa:

g(CL)s = Arcilla de baja plasticidad gravosa con arena

s(CL)g = Arcilla de baja plasticidad arenosa con grava

3.8 Densidad “in situ”

Es la densidad que posee un suelo en terreno o en su estado natural. Resulta una evaluación muy necesaria en el caso de suelos sin cohesión (gravas y arenas), los cuales, generalmente no permiten la obtención de muestras inalteradas, y mediante la densidad in situ se puede reproducir el suelo natural en la densidad natural a partir de una muestra alterada. Entre los métodos más utilizados se encuentran: el del cono de arena, balón de caucho para densidad, método del aceite, del cilindro, de la parafina e

instrumentos nucleares entre otros; en donde todos coinciden en determinar la Densidad Seca del material, pero a través de procedimientos distintos. (http://www.construmatica.com/construpedia/Densidad_In_Situ).

Básicamente en la mayoría de estos métodos se obtiene el peso del suelo húmedo retirado de una pequeña excavación de forma cilíndrica, hecha sobre una superficie horizontal del suelo, para luego determinar el volumen de dicho hueco, que necesitaremos para determinar la Densidad Húmeda del suelo, mediante:

$$\gamma_{hum} = \text{Peso Húmedo} / \text{Volumen del Hoyo} \quad (3.1)$$

Si se determina luego el Contenido de Humedad (W) del material extraído, la Densidad Seca será:

$$\gamma_{seca} = \gamma_{hum} / 1 + W \quad (3.2)$$

Donde:

$$W = W_{h2o} / W_{ss} \quad (3.3)$$

Donde:

W_{h2o} = Peso del suelo húmedo

W_{ss} = Peso del suelo seco

3.9 Análisis granulométrico

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o USCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis.

Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente. Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,075 mm.

Se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración indicado en la tabla 3.1. Para suelos de tamaño inferior, se utiliza el método del hidrómetro, basado en la ley de Stokes. (<http://html.rincondelvago.com/analisis-granulometrico-de-los-suelos.html>).

Tabla 3.1 Numeración y apertura de tamices.

Tamiz N°	Abertura (mm.)	Tipo de suelo
4	4,75	ARENA
10	2,00	
20	0,850	ARENA
40	0,425	
60	0,250	ARENA
120	0,125	
200	0,075	

3.9 Los límites de Atterberg o límites de consistencia

Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg. (1846-1916). Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad.

Los límites más usados en ingeniería corresponden al límite líquido y el límite plástico de los cuales se puede obtener el índice de plasticidad. (Bowles, Joseph 1978).

3.9.1 Límite líquido

Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande. Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la Cuchara de Casagrande, y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que la zanja que previamente se ha recortado, se cierra en una longitud de 12 mm (1/2").

Si el número de golpes para que se cierre la zanja es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido. Dado que no siempre es posible que la zanja se cierre en la longitud de 12 mm exactamente con 25 golpes, existen dos métodos para determinar el límite líquido:

1. Graficar el número de golpes en coordenadas logarítmicas, contra el contenido de humedad correspondiente, en coordenadas normales, e

intrapolar para la humedad correspondiente a 25 golpes. La humedad obtenida es el Límite Líquido.

2. Según el método puntual, multiplicar por un factor (que depende del número de golpes) la humedad obtenida y obtener el límite líquido como el resultado de tal multiplicación.

3.9.2 Límite plástico

Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado pero sencillo, consistente en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm.

Para esto, se realiza una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre los dedos o entre el dedo índice y una superficie inerte (vidrio), hasta conseguir un cilindro de 3 mm de diámetro. Al llegar a este diámetro, se desarma el cilindro, y vuelve a amasarse hasta lograr nuevamente un cilindro de 3 mm. Esto se realiza consecutivamente hasta que no es posible obtener el cilindro de la dimensión deseada. Con ese contenido de humedad, el suelo se vuelve quebradizo (por pérdida de humedad) o se vuelve pulverulento. Se mide el contenido de humedad, el cual corresponde al Límite Plástico. Se recomienda realizar este procedimiento al menos 3 veces para disminuir los errores de interpretación o medición.

3.9.3 Índice de Plasticidad (Ip)

Es el rango de contenido de humedad donde el suelo presenta un comportamiento plástico.

$$I_p = L_w - L_p \quad (3.4)$$

Donde:

I_p = índice de plasticidad

L_w = limite líquido

L_p = limite plástico

Tabla 3.2 Clasificación de tipo de suelos según límites de Atterberg (Espínace R., 1991).

TIPO DE SUELO	WL	IP
ARENAS	WL < 35	IP < 15
LIMOS	20 < WL < 60	5 < IP < 25
ARCILLAS	WL > 30	IP > 15

Para el cálculo del caudal (Q) se hace uso de la fórmula 3.5.

$$Q = V / T \quad (3.5)$$

Donde:

Q= Caudal m³ /s

V= Volumen en m³

T= Tiempo en segundos

3.10 Humedad natural

Se denomina humedad natural o contenido de agua de un suelo, a la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida. Se expresa como porcentaje.

$$W\% = \frac{\text{Pesodelagua}}{\text{Pesodelsueloseco}} \times 100 \quad (3.6)$$

Peso del Agua = (PESO DE LA CÁPSULA+ SUELO HÚMEDO) – PESO DE LA CÁPSULA

Peso del suelo Seco= (peso de la capsula + suelo húmedo)-(peso de la capsula + suelo seco)

Donde:

Wm: peso de la muestra en su estado natural

Ws: peso de la fase sólida de la misma.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Nivel de investigación

Este estudio es una investigación descriptiva y de campo, de acuerdo al objetivo general que es caracterización geológica y geotécnica con fines de un plan de ordenamiento y manejo de la cuenca media del río Buena Vista. (Arias, Fidias, 2006).

Descriptiva, debido a que con esta investigación se delimitan todas las características geológicas y geotécnicas presentes en el área de estudio y de campo, porque permite obtener información directamente del área sin alterar variable alguna.

Se recolectaron nueve muestras de suelo, para determinar granulometría, densidad “in situ”, límites de consistencia y humedad natural.

Según Sabino, Carlos (1986), “Su preocupación primordial radica en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada” (pp. 51).

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es documental porque consiste en la obtención y análisis de datos provenientes de material impreso u otro tipo de documentos, luego

pasa a ser una investigación de campo, ya que para tal objetivo se requieren de datos que sean directamente del área de estudio.

Sabino, Carlos, C.,(1986), define como diseño bibliográfico a “El principal beneficio que se obtiene mediante este diseño es que posibilita al investigador cubrir una amplia gama de fenómenos, ya que no solo debe basarse en los hechos a los cuales él mismo tiene acceso, sino que puede extenderse para abarcar una experiencia inmensamente mayor” (pp. 78).

Según Sabino, (1986), “Los diseños de campo son los que se refieren a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo” (pp. 76 y 77).

4.3 Recopilación bibliográfica y cartográfica

Se hizo una revisión y recopilación bibliográfica tanto de textos escritos como de páginas Web sobre la cuenca y el tema a estudiar, de los cuales se extrajeron las características más relevantes para elaborar el marco conceptual del trabajo; con el fin de explicar los preceptos del tema a desarrollar. También parte de esta recopilación bibliográfica se enfocó para establecer las características generales del área en estudio la cual fue elaborada con la finalidad de ubicar y resaltar las principales características físico – naturales de la zona.

Del material cartográfico recopilado y revisado, se tiene que son pocas las fuentes y trabajos cartográficos específicos a la zona en estudio. Los registros de información cartográfica se desprenden, la mayoría de una misma fuente.

La principal fuente de información cartográfica de esta recopilación la constituye la cartografía elaborada para el Proyecto Inventario de los Recursos

Naturales de la Región. Guayana (P.I.R.N.R.G), llevada a cabo por la Corporación Venezolana de Guayana a través de su filial Técnica Minera C.A (C.V.G TECMIN C.A. 1991), a partir de la interpretación de las imágenes de radar a escala 1:250.000. Esta cartografía recopilada viene acompañada de sus respectivos informes de avances de los cuales se extrajeron las consideraciones referidas a cada parámetro físico – natural de la investigación.

La metodología seguida en este estudio se presenta en forma esquematizada en el Flujograma. (Figura 4.1).



Figura 4.1 Flujograma de actividades.

4.4 Diagnóstico de la situación actual de la cuenca media del río Buena Vista

El área de estudio seleccionada es la cuenca media del río Buena Vista, la cual se encuentra ubicada en la parte suroeste de Ciudad Bolívar, en el Municipio Autónomo Heres, Estado Bolívar; está limitada por El Barrio El Algarrobo y las Piedritas I, perteneciente a la parroquia La Sabanita. (Figura 4.2).



Figura 4.2 Cuenca media del río Buena Vista.

Para diagnosticar la situación actual de la cuenca media del río Buena Vista se realizó una visita a los sectores que la delimitan a fin de conocer el estado en que se encuentra.

También se buscaron antecedentes de esta parte de la cuenca para comparar como ha sido su comportamiento en el pasado y así poder dar posibles soluciones a lo encontrado en el presente.

4.5 Identificación de las unidades geológicas de la cuenca en estudio

Para identificar las unidades geológicas de la zona de estudio fue necesario realizar un reconocimiento del área. Se tomaron datos de las características y formas del relieve, la vegetación, el drenaje. Se ubicaron las unidades estratigráficas presentes en la zona.

A los sitios recorridos se le determinaron las coordenadas U.T.M, utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), estas sirvieron de referencia para ubicar los puntos de muestreo en el mapa de zonas críticas (Anexo 1), elaborado en Autocad 2008. (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Coordenadas U.T.M de los sitios recorridos.

MUESTRA S	COORDENADAS UTM		UBICACIÓ N
	E	N	
M1	437.860	896.190	El Algarrobo
M2	437.930	896.130	El Algarrobo
M3	437.880	896.040	El Algarrobo
M4	437.910	865.950	El Estadium I
M5	437.990	895.780	El Estadium I
M6	437.970	895.740	El Estadium I
M7	437. 980	895. 670	El Estadium I
M8	437. 950	895. 610	La Piedritas I
M9	437.990	895.220	La Piedritas I

Para el levantamiento geológico se utilizó una cinta métrica, G.P.S., palin pala, pico, bolsas para muestras, tirro, marcador, cilindro graduado, cilindro hueco de metal, base de metal, aceite quemado y cámara fotográfica.

Se seleccionaron distintos puntos a la margen derecha e izquierda del río para la extracción de muestras de suelos mediante excavación de calicatas exploratorias con el uso de pico y pala. Se tomaron dos (4) kilos aproximadamente de muestra almacenándolas en bolsas plásticas e identificándolas con su respectivo número, en total se recolectaron 16 muestras. (Figura 4.3).



Figura 4.3 Muestras recolectadas.

Durante la recolección de muestras se hicieron dos ensayos de densidad “in situ”: método del cilindro. Estos son necesarios hacerlos en campo y luego se continúa el análisis en el laboratorio.

4.6 Determinación de las características geotécnicas de la cuenca media del río Buena Vista

4.6.1 Densidad “in situ”

Es la densidad que posee un suelo en su estado natural. Resulta una evaluación muy necesaria en el caso de suelos sin cohesión (gravas y arenas), los cuales, generalmente no permiten la obtención de muestras inalteradas, y mediante la densidad in situ se puede reproducir el suelo natural en la densidad natural a partir de una muestra alterada.

Durante la recolección de muestras se hizo el ensayo de densidad “in situ” por el método del cilindro. A continuación se describen los procedimientos utilizados en el método:

4.6.1.1 Método del cilindro: los instrumentos utilizados para este método fueron, un cilindro hueco de metal, un martillo, bolsas plásticas, taras, vernier, balanza y espátula.

En campo:

1. Se remueve parte de la capa vegetal, en el sitio donde se realizará el ensayo.
2. Se golpea de manera uniforme hasta que quede completamente hundido en el suelo.
3. Luego procedemos a tratar de dejarlo descubierto a su alrededor de manera que se pueda enrasar los bordes con una regla metálica.

4. Levantarlo cuidadosamente de manera que la muestra no se salga.
5. Pesar el cilindro hueco de metal con la muestra y al restarle el peso del mismo, tendremos el peso de la muestra húmeda.

En laboratorio:

1. Pesar el cilindro hueco de metal.
2. Con un vernier, se mide el diámetro y altura del cilindro, para determinar su volumen.
3. Para obtener el peso seco de la muestra, se toma parte de la muestra húmeda y se coloca en una tara pesada previamente y se deja en el horno por 24 horas.
4. Al día siguiente, se pesa la tara con la muestra seca y para obtener el peso seco de la muestra, se le resta el peso de la tara.
5. Se determinan la Densidad Húmeda de la muestra con la ecuación 3.2, la Densidad Seca de la muestra con la ecuación 3.3 y el contenido de humedad con la ecuación 3.4. (Figura 4.4).



Figura 4.4 Procedimiento e instrumentos utilizados en el método del cilindro.

4.6.2 Análisis granulométrico

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente.

Para este ensayo se utilizaron, bandejas de aluminio, balanza, mortero y mano de mortero, plancha calentadora, agitador eléctrico Ro-Tap y los tamices N° 4, 10, 20, 40, 60, 120, 200 y PAN.

Se realizó el ensayo granulométrico a las nueve (9) muestras, se hizo un cuarteo para tomar los 500 gr de cada muestra, pesándolos en una bandeja de aluminio, como las muestras estaban húmedas se procedió a colocarlas en una plancha calentadora por 24 horas, para secarlas y luego triturarlas, para poder pasarlas por los tamices (Figura 4.5).

Para el tamizado, se utilizaron los tamices ya descritos, pesándolos cada uno en la balanza y colocándolos en forma decreciente, cada muestra se puso en los tamices para hacerlos vibrar en el agitador eléctrico Ro-Tap durante 10 min (Figura 4.6).



Figura 4.6 Pesado de tamices.

Las muestras pasarán de tamiz en tamiz hasta quedar la parte más fina en el fondo. Se quita la serie de tamices del Ro-Tap y se obtiene el peso del material que quedó retenido en cada tamiz. Se calcula el porcentaje de cada tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos por el peso de la muestra original, luego se calcula el porcentaje que pasa comenzando por 100% y substraer el porcentaje retenido en cada tamiz como proceso acumulativo (Figura 4.7).



Figura 4.7 Tamices colocados en el Ro-Tap

4.6.3 Límites de consistencia

Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Los límites más usados en ingeniería corresponden al límite líquido y el límite plástico de los cuales se puede obtener el índice de plasticidad. (Bowles, Joseph 1978).

4.6.3.1 Límite líquido: es cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

Procedimiento para realizar el ensayo de límite líquido:

1. Se pesan 250 gr. de suelo, se trituran y se vierte en una cazuela de porcelana. Se añade una pequeña cantidad de agua y se mezcla el suelo hasta obtener un color uniforme. Seguidamente se toma el equipo Casagrande, y se coloca dentro de la cazuela de bronce o plato, una pequeña cantidad de suelo hasta la profundidad adecuada para el trabajo de la herramienta ranuradora.
2. Se debe emparejar el suelo dentro de la cazuela con una espátula, y con un ranurador patrón de 12.7 mm de diámetro cortar una ranura clara, recta, que separe completamente la masa de suelo en dos partes. Se procede al conteo para determinar los números de golpes, en cuyos rangos deben tomarse dos puntos por debajo de 25 y dos puntos por encima de los 25 golpes. Se toma una muestra de suelo para medir el contenido de humedad (tan grande como sea posible y cercana a los 40 gr). Y colocarla en una tara previamente pesada. Esta muestra debe tomarse en donde se cerró la ranura.
3. Repetir los 4 últimos pasos para tomar el siguiente punto menor a 25 golpes y los otros 2 puntos mayores a 25 golpes. Pesar las 4 muestras de humedad obtenidas en los diferentes ensayos, y colocarlas en un horno por 12 horas o más a una temperatura de 130° C.
4. Determinar el contenido de humedad, peso de suelo húmedo, peso de suelo seco respectivamente. Por último se procede a la elaboración de la grafica y cálculo de límite líquido (Figura 4.8).



Figura 4.8 Ensayo de límite líquido.

4.6.3.2 Límite plástico: es cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe. Es el contenido de humedad (W) para el cual los bastoncitos que se forman de 3 mm de diámetro se rompen en trozos de 0.5 a 1 cm de largo. (Bowles, Joseph 1978).

Procedimiento para realizar el ensayo de límite plástico:

1. Se toman 20 a 30 g de suelo del ensayo anterior y se divide en varias proporciones. Se procede a enrollar el suelo con la mano extendida sobre la hoja de papel, colocando a su vez sobre una superficie lisa; usando una presión suficiente para moldearlo en forma de cilindro o hilo (con movimientos hacia delante y hacia

atrás), hasta que el cilindro alcance 3mm de diámetro y se rompa en pequeños pedazos.

2. Esta secuencia debe repetirse el número de veces que se requiera para producir suficientes pedazos de cilindros que permitan llenar 3 taras previamente pesadas y cuyo peso de los cilindros sea de 10 gr; aproximadamente. Se colocan las taras en un horno eléctrico para que se seque el suelo. Posteriormente se sacan las taras del horno y se dejan enfriar para evitar errores en la determinación del contenido de humedad. Se pesan las taras con el suelo seco y se determina el peso de suelo húmedo y seco respectivamente, para obtener el contenido de humedad. Promediando los valores del contenido de humedad de las 3 taras se obtiene el límite plástico del suelo.

3. Luego de obtener el límite plástico y límite líquido del suelo se determina el índice de plasticidad mediante la ecuación 3.5 (Figura 4.9).



Figura 4.9 Ensayo de límite plástico.

4.6.4 Clasificación de los suelos

Una vez hechos los ensayos anteriores, se procede a clasificar las nueve (9) muestras de suelo, para así tener una visión más clara de los tipos de suelo presente en área de estudio.

Para ello, se utilizó el sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.), versión antigua y versión moderna.

4.6.5 Humedad natural

Humedad natural o contenido de agua de un suelo, es la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida. Se expresa como porcentaje.

Procedimiento para realizar el ensayo de humedad natural:

1. Obtener el peso de la muestra en su estado natural.
2. Colocar la muestra en estufa de 18 a 24 horas a una temperatura de 105 a 110°C.
3. Volver a pesar la muestra para obtener peso de la fase sólida de la misma.

4.7 Identificación de los aspectos geodinámicos presentes en el área de estudio

Para la identificación de los aspectos geodinámicos se tiene que ubicar en el área de estudio; las zonas donde exista la mayor afluencia de agua de escorrentía, así como la presencia de drenaje pluviales, el cual nos indicara como se desencadenan

los procesos erosivos, derrumbes y deslizamientos, la cual todo este material va a ser depositado a la cuenca del río en estudio.

Otros indicadores que permita la alteración morfodinámica es la presencia de viviendas construidas a las márgenes de las cuencas de los ríos.

4.8 Elaboración de un plan de adecuación para las áreas más críticas en la cuenca Media

Con los datos obtenidos de los estudios realizados a las muestras se elaborará un plan de adecuación para las áreas más críticas presentes en la zona de estudio, el cual servirá para dar solución a los problemas de erosión que ha venido afectando a la cuenca media del río Buena Vista se requiere planear, diseñar y construir sistemas para el control de la erosión y de la contaminación. En el sector El Algarrobo se da a como recomendación una siembra de postes vivos ya que estos ayudan al control de la erosión, en las adyacencias al estadio de la Sabanita se recomienda siembra de escaleras con pasto y fajinas vivas esto impide la aceleración de escorrentía y ayuda al control de la erosión, en el sector las Piedritas I se pudo observar un canal de descarga con pendiente rugosa no terminado y un surco relleno con material rocoso que esto ayuda a el control de la erosión en la zona.

4.9 Elaboración del mapa geológico y geotécnico de las zonas críticas de la cuenca media del río Buena vista

La elaboración del mapa geológico y geotécnico de las zonas críticas de la cuenca media del Río Buena vista se llevo a cabo tomando como referencia el levantamiento aerofotogramétrico digital ciudad Soledad (MINFRA 2000) , posteriormente se llevo a formato digital e integrándole los datos obtenidos en campo con el sistema de posicionamiento global (GPS) y los parámetros geológicos encontrados, se le anexo la mejor interpretación posible al formato digital.

Los parámetros utilizados para la interpretación de los mapas con los datos obtenidos en campo se basó principalmente en la delimitación del área, diferenciación de las unidades geológicas e interpretación de las mismas y ensamblar todo en el formato digital, esta manera se logró elaborar un mapa con las especificaciones exigidas por la metodología de trabajo.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Diagnóstico de la situación actual de la cuenca media del río Buena Vista

La situación actual de la cuenca media del río Buena Vista presenta una falta de planificación, lo que ha provocado un desequilibrio tanto ambiental como urbanístico; además de ser una de las más pobladas en sus riveras, las aguas servidas de urbanizaciones, caseríos y la falta de sistemas de drenaje de aguas pluviales está causando la erosión en sitios de escasa vegetación, como la formación de cárcavas y surcos, así como también la contaminación del río. En época de sequía el río Buena Vista mantiene su curso normal, pero en época de lluvia, el río crece a su máximo nivel, lo que provoca inundaciones a las viviendas aledañas. (Figura 5.1).



Figura 5.1 Cuenca media del río Buena Vista.

5.2 Identificación de las unidades geológicas de la cuenca en estudio

La zona de estudio está constituida por dos unidades estratigráficas: La Formación Mesa y Los Sedimentos Recientes.

5.2.1 La Formación Mesa

Al Noroeste de la zona de estudio (Barrio El Algarrobo), se observó la presencia arena mal gradada de media a fina limosa con Grava, de color Rojizo a la margen izquierda del río Buena Vista; en la margen derecha se encontró Arena mal gradada de media a fina de coloración marrón. Hacia El Sur, a la margen derecha del río se encontró Arena fina a medio limosas con partículas gruesas y más adelante Arena de media a fina limosa con partículas de gravas. En el centro de la zona de estudio (Estadio La Sabanita), se observó una litología similar en el área de Gravas arenosas de coloración blancuzca, tanto en la margen derecha como izquierda del río.

Al Sureste de la zona de estudio (Las Piedritas I), se observó Arena gruesa a medio limosa con partículas gruesas a la margen derecha del río y en la margen Arena fina a medio con partículas gruesas.

La erosión presente en la zona de estudio es del tipo laminar, dando como resultado que la fina capa de suelo se pierda producto de la escorrentía causada por las aguas de lluvia y aguas servidas. (Figura 5.2).



Figura 5.2 Escarpes erosivos de la Formación Mesa.

5.2.2 Los Sedimentos recientes

Se encuentran hacia ambas márgenes del río Buena Vista, principalmente, en la llanura de inundación, conformados por limos arcillosos de color beige y gris claro.

5.2.3 Descripción geológica de las calicatas hechas en el área de estudio

5.2.3.1 Calicata 1: se encuentra a la margen izquierda del río, en la coordenada N 896.190 y E 437.860. Se realizó el método del cilindro y se tomó la muestra M1. Se abrió una calicata de 80 x 80 cm, encontrándose Arena de fina a media con pocos o nada de finos.

5.2.3.2 Calicata 2: se encuentra a la margen derecha del río, en la coordenada N 896.130 y E 437.930. Se realizó el método del cilindro y se tomó la muestra M2. Se abrió una calicata de 60 x 60 cm, encontrándose Arena de fina a media con pocos o nada de finos de coloración marrón claro.



Figura 5.3 excavación de calicata

5.2.3.3 Calicata 3: se encuentra a la margen derecha del río, en la coordenada N 896.040 y E 437.880. Se realizó el método del cilindro y se tomó la muestra M3. Se abrió una calicata de 80 x 80 cm, encontrándose Arena Mal gradada limosa de coloración marrón claro

5.2.3.4 Calicata 4: se encuentra a la margen derecha del río, en la coordenada N 895.950 y E 437.910. Se realizó el método del cilindro y se tomó la muestra M4. Se abrió una calicata de 80 x 80 cm, encontrándose Arena limosa de coloración grisácea.

5.2.3.5 Calicata 5: se encuentra a la margen derecha del río, en la coordenada N 895.780 y E 437.990. Se realizó el método del cilindro y se tomó la muestra M5. Se abrió una calicata de 90 x 90 cm, encontrándose: Arena Media a fina con pocas partículas arena gruesa

5.2.3.6 Calicata 6: se encuentra a la margen izquierda del río, en la coordenada N 895.740 y E 437.970. Se realizó el método del cilindro y se tomó la muestra M6. Se abrió una calicata de 60 x 60 cm, encontrándose: Arena bien gradada sin nada de finos.

5.2.3.7 Calicata 7: se encuentra a la margen derecha del río, en la coordenada N 895.670 y E 437.980. Se realizó el método del cilindro y se tomó la muestra M7. Se abrió una calicata de 50 x 50 cm, encontrándose: Arena fina de coloración amarillenta.

5.2.3.8 Calicata 8: se encuentra a la margen izquierda del río, en la coordenada N 895.610 y E 437.950. Se realizó el método del aceite y se tomó la muestra M8. Se abrió una calicata de 50 x 50 cm, encontrándose: Arena de media a fina marrón claro

5.2.3.9 Calicata 9: se encuentra a la margen derecha del río, en la coordenada N 895.220 y E 437.990. y se tomó la muestra M9 se abrió una calicata de 50 x 50 cm, encontrándose: Arena de fina a media marrón claro.

5.3 Determinación de las características geotécnicas de la cuenca media del río

Buena Vista

Se recolectaron 9 muestras en campo a las cuales se les realizaron los siguientes ensayos en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Oriente del Núcleo Bolívar:

5.3.1 Densidad “in situ”

Para este ensayo se utilizó el método del cilindro.

5.3.1.1 Método del cilindro: este método se le realizó a nueve muestras. El resultado de cada muestra se obtiene debido a que la densidad de una arena está entre (1,5 y 1,7) gr/cm³ y la densidad de una arcilla está entre (1,7 y 2,0) gr/cm³. Los resultados se muestran en la (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Método del cilindro.

Calicata	Cantidad de Ensayos	Peso del Cilindro	Peso del Cilindro + Suelo	Peso del Suelo	Diametro interno del Cilindro	Area del Cilindro	Altura del Cilindro	Volumen del Cilindro (Cm ³)	Densidad del suelo "in situ" (Humedo)	Promedio Densidad del suelo "in situ" (Humedo)
		gr	gr	gr	cm3	cm ²	cm	cm3	Gr/cm3	Gr/cm3
C1	1	156,87	485,76	328,89	7,21	40,83	5,36	218,84	1,50	1,685
	2	135,45	546,87	411,42	7,34	42,31	5,21	220,45	1,87	
C2	3	147,84	543,65	395,81	7,45	43,59	5,32	231,91	1,71	1,652
	4	159,66	529,23	369,57	7,47	43,83	5,28	231,40	1,60	
C3	5	156,87	567,87	411	7,21	40,83	5,36	218,84	1,88	1,913
	6	135,45	564,88	429,43	7,34	42,31	5,21	220,45	1,95	
C4	7	147,84	577,32	429,48	7,45	43,59	5,32	231,91	1,85	1,784
	8	159,66	556,93	397,27	7,47	43,83	5,28	231,40	1,72	
C5	9	156,87	549,81	392,94	7,21	40,83	5,36	218,84	1,80	1,906
	10	135,45	579,99	444,54	7,34	42,31	5,21	220,45	2,02	
C6	11	147,84	534,76	386,92	7,45	43,59	5,32	231,91	1,67	1,671
	12	159,66	546,99	387,33	7,47	43,83	5,28	231,40	1,67	
C7	13	156,87	515,86	358,99	7,21	40,83	5,36	218,84	1,64	1,647
	14	135,45	499,85	364,4	7,34	42,31	5,21	220,45	1,65	
C8	13	147,84	538,22	390,38	7,45	43,59	5,32	231,91	1,68	1,648
	14	159,66	532,98	373,32	7,47	43,83	5,28	231,40	1,61	
C9	13	156,87	526,21	369,34	7,21	40,83	5,36	218,84	1,69	1,678
	14	135,45	503,13	367,68	7,34	42,31	5,21	220,45	1,67	

5.3.2 Análisis granulométrico

El ensayo de análisis granulométrico por el método mecánico del tamizado se le realizó a las 9 muestras dando los siguientes resultados.

1. La muestra M1 presentó un porcentaje de grava de 0,054%, arena gruesa 0,386%, arena media 36,937%, arena fina 59,765%, y un porcentaje de finos de 2,858%. (Apéndice A.1).
2. La muestra M2 presentó un porcentaje de grava fina de 0%, arena gruesa 1,498%, arena media 34,134%, arena fina 61,345%, y un porcentaje de finos de 3,023%. (Apéndice A.2).
3. La muestra M3 presentó un porcentaje de grava de 0,113%, arena gruesa 2,126%, arena media 37,110%, arena fina 52,397%, y un porcentaje de finos de 8,254%. (Apéndice A.3).
4. La muestra M4 presentó un porcentaje de grava fina de 0%, arena gruesa 1,968%, arena media 27,157%, arena fina 65,774%, y un porcentaje de finos de 5,101%. (Apéndice A.4).
5. La muestra M5 presentó un porcentaje de grava fina de 0,333%, arena gruesa 3,526%, arena media 52,207%, arena fina 37,616%, y un porcentaje de finos de 6,318%. (Apéndice A.5).
6. La muestra M6 presentó un porcentaje de grava fina de 0,331%, arena gruesa 2,307%, arena media 48,179%, arena fina 44,944%, y un porcentaje de finos de 4,239%. (Apéndice A.6).

7. La muestra M7 presentó un porcentaje de grava fina de 0%, arena gruesa 0,132%, arena media 14,487%, arena fina 80,523%, y un porcentaje de finos de 4,858%. (Apéndice A.7).
8. La muestra M8 presentó un porcentaje de grava fina de 0,598%, arena gruesa 2,284%, arena media 61,513%, arena fina 32,575%, y un porcentaje de finos de 2,498%. (Apéndice A.8).
9. La muestra M9 presentó un porcentaje de grava fina de 0%, arena gruesa 3,247%, arena media 38,455%, arena fina 54,019%, y un porcentaje de finos de 4,289%. (Apéndice A.9).

5.3.3 Límites de consistencia

1. La muestra M3 presentó un límite líquido de 20%, un límite plástico de 18%, originando como resultado un índice de plasticidad de 2%. (Apéndice B.1).
2. La muestra M4 presentó un límite líquido de 20%, un límite plástico de 18%, originando como resultado un índice de plasticidad de 5%. (Apéndice B.2).
3. La muestra M5 presentó un límite líquido de 23%, no presenta plasticidad. (Apéndice B.3).

5.3.4 Clasificación de los suelos

El resultado de la clasificación de los suelos hechos a las muestras tomadas en el área de estudio, se describieron mediante el Sistema de suelo unificado "S.U.C.S.", Norma ASTM D-2487-00, el cual se muestra en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Clasificación de los suelos por el Sistema Unificado.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)		
Identificación de las Muestras.	Símbolo del Grupo	Descripción del Suelo
M1	SP	Arena de fina a media con pocos o nada de finos
M2	SP	Arena de fina a media con pocos o nada de finos de coloración marrón claro
M3	SM	Arena Mal gradada limosa de coloración marrón claro
M4	SM-SC	Arena limosa de coloración grisácea
M5	SM	Arena Media a fina con pocas partículas arena gruesa
M6	SP	Arena bien gradada sin nada de finos
M7	SP	Arena fina de coloración amarillenta

M8	SP	Arena de media a fina marron claro
M9	SP	Arena de fina a media marron claro

5.3.5 Humedad natural

El ensayo de humedad natural Norma ASTM D2217, hecho a las muestras tomadas arrojaron los siguientes resultados los cuales se encuentran presente en la tabla 5.3

Tabla 5.3 Humedad natural

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (American Society for Testing Materials) ASTM D2217								
Muestra	Identificación de la Cápsula	Peso de la Cápsula (grs)	Peso Cápsula + Suelo Húmedo (grs)	Peso Cápsula + Suelo Seco (grs)	Peso del Agua (grs)	Peso del Suelo Seco (grs)	Contenido de Humedad Natural (%)	Promedio Contenido de Humedad Natural (%)
M1	1	37,22	68,97	67,83	1,140	30,610	3,724	4,05
	24	37,03	53,28	52,60	0,680	15,570	4,367	
M2	51	37,13	62,58	60,93	1,650	23,800	6,933	6,24
	62	35,30	54,33	53,33	1,000	18,030	5,546	
M3	LO	36,03	51,56	50,18	1,380	14,150	9,753	8,54
	L6	37,81	58,59	57,17	1,420	19,360	7,335	
M4	L4	36,87	93,94	89,12	4,820	52,250	9,225	10,68
	L3	37,21	62,72	59,96	2,760	22,750	12,132	
M5	L9	37,09	62,03	60,03	2,000	22,940	8,718	9,60
	J5	37,26	62,86	60,43	2,430	23,170	10,488	
M6	T4	35,60	56,75	55,67	1,080	20,070	5,381	4,66
	4E	37,42	63,87	62,87	1,000	25,450	3,929	
M7	32	37,60	64,26	62,98	1,280	25,380	5,043	5,26
	W1	37,94	60,61	59,43	1,177	21,493	5,476	
M8	3E	37,30	54,30	53,91	0,390	16,610	2,348	2,88
	4R	36,52	46,85	46,51	0,340	9,990	3,403	
M9	6T	37,96	50,06	49,62	0,440	11,660	3,774	2,36
	7Y	39,07	50,85	50,74	0,110	11,670	0,943	

5.4 Identificación de los aspectos geodinámicos presentes en el área de estudio

De acuerdo a las diferentes visitas de campo se determino la presencia de las aguas de escorrentía y se observo que estas aguas en lugar de introducirse en el suelo, corren sobre las superficies y llegan a los drenajes pluviales que desencadenan procesos erosivos, derrumbes y deslizamientos cuyos materiales son llevados al canal del río Buena Vista, creando malestar e inquietud en la población instalada en las márgenes del río sobre todo en el sector el Algarrobo y el sector las Piedritas I.

En la cuenca media del río Buena Vista, la expansión urbana y la ubicación no adecuada de viviendas en áreas con condiciones inestables, así como las erradas canalizaciones, aunadas a la deforestación, han traído como consecuencia la activación de estos procesos erosivos presentes en las adyacencias al estadio de la Sabanita, sector el Algarrobo y las Piedritas I.

5.5 Elaboración de un plan de adecuación para las áreas más críticas en la cuenca media

Los asentamientos humanos son grandes depredadores del medio ambiente y grandes generadores de erosión y se requiere planear, diseñar y construir sistemas para el control de la erosión y de la contaminación. En la cuenca media del río Buena Vista, son apreciables la formación de cárcavas y surcos a lo largo del recorrido hecho a la zona de estudio. A continuación se describen las zonas críticas (Anexo 1) y las posibles soluciones que se les pueden aplicar.

5.5.1 Sector El algarrobo

En este sector se puede apreciar la poca vegetación en los bordes del talud, lo que hace que el agua de escorrentía fluya sin ningún control y acelere el proceso de erosión. En esta zona se encuentra la formación de una cárcava cercana a una vivienda. (Figura 5.4).



Figura 5.4 Cárcava cercana a una vivienda y escasez de vegetación en los bordes del talud de la Cárcava.

Para rescatar esta zona de la erosión en primer lugar se recomienda la siembra de postes vivos, los cuales se utilizan principalmente para el control de erosión en riveras de ríos, y tienen un diámetro de 1 a 3.5” y longitudes de 2 a 3 metros. También es indispensable la construcción de un dissipador de energía.

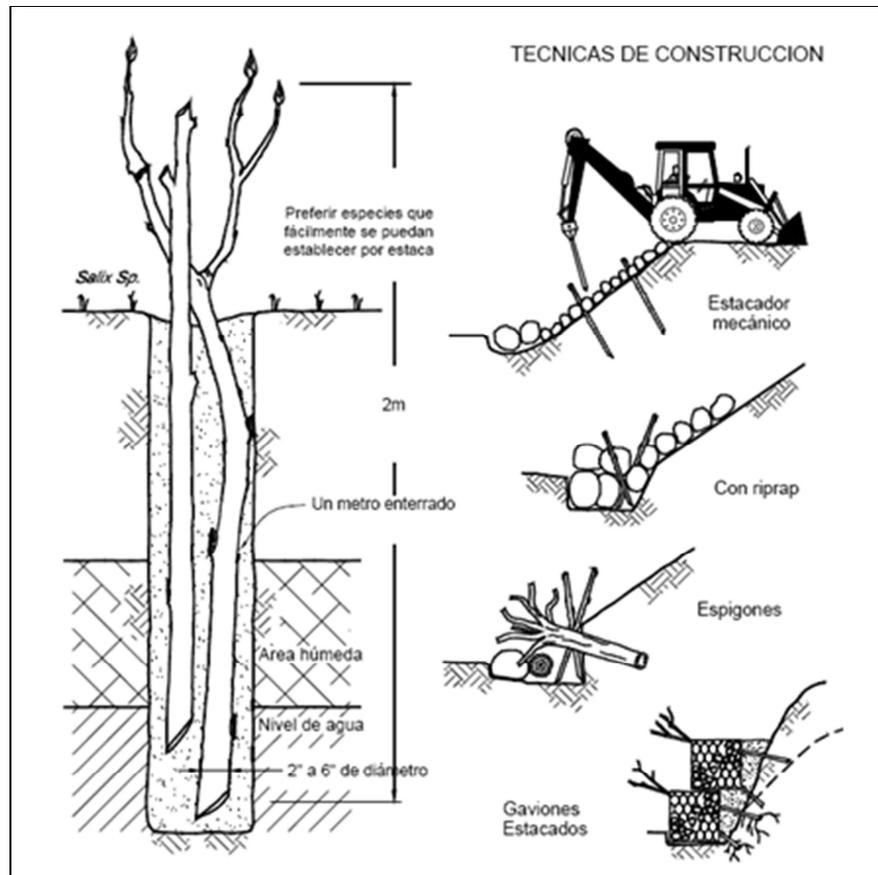


Figura 5.5 Siembra de postes vivos (McCullah, K., 2001).

El sistema Rip Rap consiste en la colocación de estacas vivas dentro del enrocado, las estacas vivas una vez forman raíces y follaje actúan como anclaje del enrocado y contribuyen ambientalmente a lograr un paisaje más agradable y al mismo tiempo más resistente a la erosión. Los espigones son estructuras relativamente sólidas alargadas que se colocan para desviar la corriente de agua o controlar el arrastre de materiales. El gavión consiste en un recipiente, por lo general paralelepípedo, de malla de alambre galvanizado lleno de cantos de roca.

5.5.2 Adyacencias al Estadium La Sabanita

En este sector se puede apreciar una cárcava que va en vías de retroceso, además se observan grietas al borde del talud. Antes de reforestar la cárcava, es indispensable estabilizar la pendiente del talud, ya sea en forma de escalera o inclinada, ya que las paredes del talud son muy verticales. (Figura 5.6)



Figura 5.6 Cárcava que va en vías de retroceso y grietas al borde del talud.

La siembra de vegetación en forma de escalera es una buena opción, ya que impide la aceleración de la escorrentía, aumenta la infiltración en el talud, mantiene la humedad facilitando el crecimiento de la vegetación, recoge los sedimentos de erosión por golpeteo de lluvia e impide la formación de surcos de erosión. (Figura 5.7).

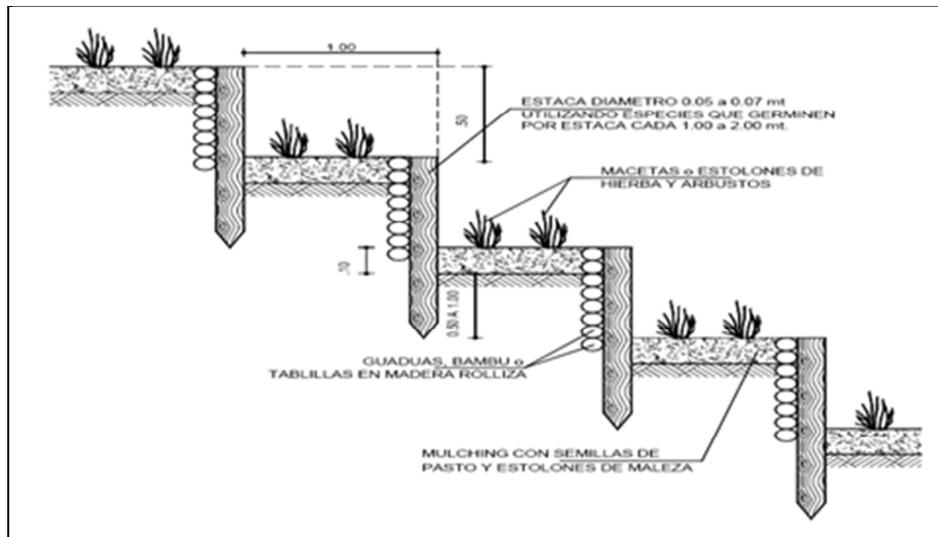


Figura 5.7 Siembra en escalera. (Jaime Suárez Díaz, 2001).

Los pastos son el tipo de vegetación más comúnmente utilizado para el control de la erosión, y en ocasiones es el único tipo de protección. En la Tabla 5.6 se encuentra una gran variedad de especies que pueden ser utilizados.

Tabla 5.4 Características de algunos pastos utilizados para el control de la erosión. (Suárez Díaz, Jaime, 2001).

Nombre Científico	Nombre común	Altitud msnm	Temperatura	Lluvias MM/Año	Reproducción	Invasor	Resist Quemaz	Resist Pisoteo	Resist Sequias	Terreno
Vetiveria Zizanoides	Vetiver	0 a 2000	5 a 45	600 a 6000	Tallos enraizados	No	Si	Si	Si	Preferentement e húmedo
Brachiaria Decumbens Stapf	Braquiaria	0 a 2200	20 a 30	800 a 4000	Cepas, estolones y semillas	Si	Si	Si	Si	Bien drenado, ácido
Melinis Minutiflora	Gordura	300 a 3300	18 a 27	800 a 3000	Semillas	No	No	No	No	Bien drenado a húmedo
Pennisetum Clandestinum	Kikuyo	0 a 3300	10 a 30	800 a 2000	Estolones y semillas	Si	Si	Si	Si	Bien drenado a húmedo
Hiparrhenia Rufa Stapf	Puntero	0 a 2000	20 a 30	600 a 1000	Cepas y semillas	No	No	Si	Si	Bien drenado
Dicanthium Aristatum	Angleton	600 a 1800	23 a 30	1000 a 4000	Estolones y semillas	Si	No	Si	No	Bien drenado neutro
Festuca Arundinacea	Festuca	2000 a 3200	15 a 20	900 a 1700	Semillas	No	No	No	No	Húmedo a bien drenado
Panicum Maximum	Guinea	0 a 2200	20 a 30	1000 a 4000	Cepas y semillas	No	No	No	No	Húmedo a bien drenado
Brachiaria Mutica	Para-Admirable	0 a 1700	22 a 30	1000 a 4000	Estolones	Si	Si	Si	No	Húmedo
Disitaria Decumbens	Pangola	0 a 2200	18 a 30	1000 a 2000	Estolones	Si	Si	Si	Si	Húmedo a bien drenado
Lolium Perenne	Raigras Perenne	2200 a 3000	10 a 20	1500 a 4000	Semilla	No	No	Si	No	Húmedo
Centrosema Plumieri	Centro	0 a 1600	25 a 30	600 a 1000	Cepas (Rastrero)	Si	No	Si	Si	Secos
Pueraria Phaseoloides	Kudzu Tropical	0 a 2000	22 a 30	1000 a 2000	Cepas (Rastrero)	Si	No	No	No	Húmedo a bien drenado
Desmodium spp.	Pega - Pega	0 a 3000	18 a 30	1000 a 2000	Cepas (Rastrero)	Si	No	No	Si	Bien drenado
Stenotratum Secundatum	San Agustín	300 a 2000	18 a 25	1000 a 2000	Cepas	Si	No	No	Si	Bien drenado
Pennisetum purpureum	Elefante	300 a 2300	18 a 27	1000 a 3000	Cepas, estolones y semillas.	Si	No	Si	No	Húmedo neutro
Cymbopogon Citratus	Limonaria	300 a 2000	18 a 25	1000 a 3000	Estolones	No	No	Si	Si	Bien drenado

Otras especies muy utilizadas son las fajinas, que son manojos semicilíndricos de ramas de hierbas de diámetro 0.20 y 0.40 m, y longitudes entre 2 y 9 m; que son atadas con alambre o con sogas de fibras orgánicas o polipropileno cada 0.20 - 0.30 m. Las fajinas se elaboran con especies vegetales existentes en la región y que resisten las condiciones de trabajo, por lo general son de mimbrera enraizable, lo que equivale

a que estas ramas deben germinar. Estas fajinas se colocan semienterradas en zanjas de poca profundidad cavadas en el suelo para facilitar la integración de las ramas vivas con el suelo y facilitar la germinación. Los enfajinados se fijan al suelo por medio de estacas de madera y para evitar que el agua levante las fajinas en el pie del talud, son fijadas por medio de enrocado u hormigón.

Las hileras de fajinas crean una serie de barreras en el talud que disminuyen la velocidad de la escorrentía y atrapan sedimentos. Entre hileras de fajinas se debe sembrar vegetación, pastos, etc., utilizando semillas o mateado (Figura 5.8).

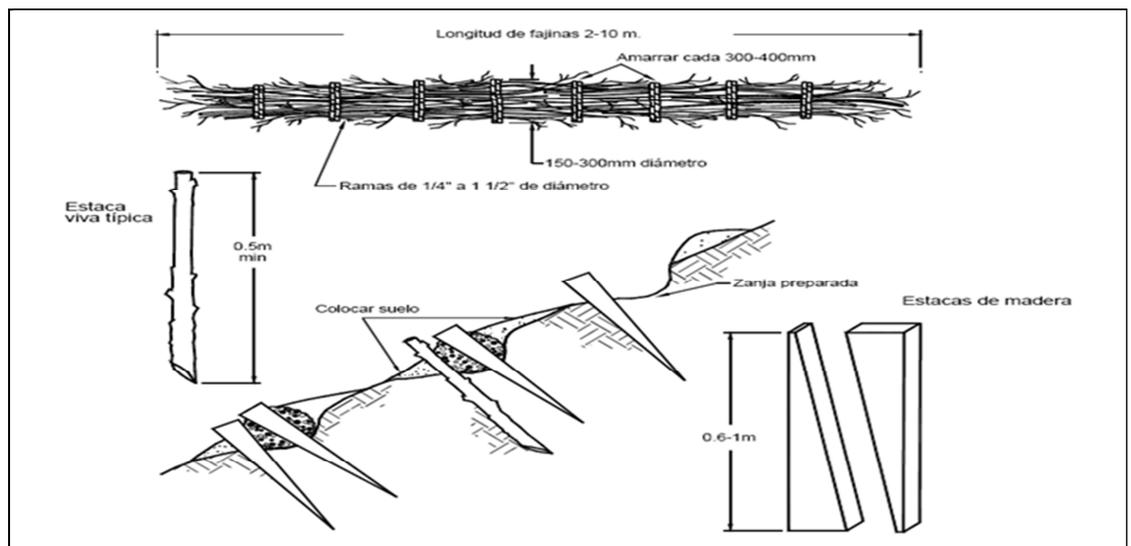


Figura 5.8 Esquema general de colocación de fajinas vivas (Suárez Díaz, Jaime, 2001).

5.5.3 Sector Las Piedritas I

En este sector se puede apreciar la construcción de un canal de descarga con pendiente rugosa y un surco rellenado con material rocoso y cemento

Se recomienda que el canal de descarga tenga forma de gradería para una mejor disipación del agua de escorrentía. En cuanto al surco rellenado con material rocoso, es necesario colocar debajo de la capa del enrocado, una capa de grava, piedra o un geotextil (Figura 5.10), que impida la migración de finos del suelo hacia la superficie por acción de las fuerzas del agua. Adicionalmente, este filtro no debe ser capaz de ser extraído a través de los vacíos del enrocado. (Figura 5.9)



Figura 5.9 Construcción de canal de descarga con pendiente rugosa y surco rellenado con material rocoso y cemento.

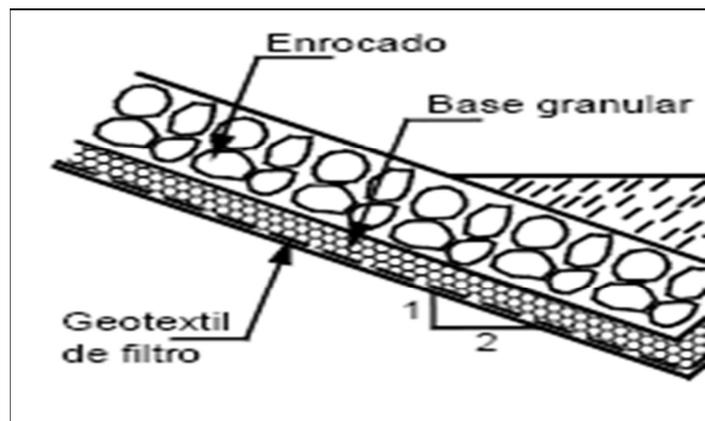


Figura 5.10 Geotextil y base granular debajo de un enrocado. (Suárez Díaz, Jaime, 2001).

El geotextil es el nombre genérico que se le asigna a los textiles permeables o redes de material plástico utilizadas en contacto con el suelo o la roca. Los geotextiles se utilizan como separadores entre capas de suelo, como refuerzo o como filtro.

Los tipos más comunes son el poliéster y el polipropileno, aunque también se utiliza el polietileno y el nylon.

5.6 Elaboración del mapa geológico y geotécnico de las zonas críticas de la cuenca media del Rio Buena vista

La técnica empleada en esta fase consistió en la recolección de datos físicos , datos geológicos y datos digitales. Posteriormente procedimos a digitalizar levantamiento aerofotogramétrico digital ciudad Soledad (MINFRA, 2000) para luego llevarlas al software Autocad 2006 integrando las coordenadas y los parámetros geológicos para luego generar el mapa geológico y el mapa geotécnico de las zonas críticas, luego de las visitas de campo pudimos evidenciar 2 unidades litológicas que son de más antigua a más joven: Formación Mesa y Sedimentos Recientes, las cuales diferenciamos en el mapa geológico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La situación actual de la cuenca media del río Buena Vista presenta una falta de planificación, las aguas servidas de urbanizaciones, caseríos y la falta de sistemas de drenaje de aguas pluviales está causando la erosión en sitios de escasa vegetación.
2. Dentro de la zona de estudio se diferencian dos unidades litológicas: La Formación Mesa y los sedimentos recientes.
3. La Formación Mesa se observa en toda el área de estudio; muestra alternancia de arenas, arenas arcillosas y limosas de granos medio a fino de diversos colores.
4. Los Sedimentos Recientes, se encuentran hacia ambos márgenes del río Buena Vista, principalmente, en la llanura de inundación, conformados por arena mal gradada limosa de coloración marrón claro.
5. Con el ensayo de densidad “in situ”, por el método del cilindro se determinó la densidad de los suelos, oscilando entre (1,648 y 1,913) gr/cm^3 para las arenas y arcillas.
6. De acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.), los suelos son de tipo SP para las muestras M1, M2, M6, M7, M8, M9; SM-SC (Arena arcillosa limosa) para las muestras M4; SM para la muestra M3 Y M5.
7. Las muestras analizadas presentan índice de plasticidad de 2 y 5, lo que significa que son arenas arcillosas y limosas de baja plasticidad.

8. Los aspectos geodinámicos que se presentan en el área de estudio son las precipitaciones pluviales y las aguas de escorrentía, que desencadenan procesos erosivos, derrumbes y deslizamientos cuyos materiales son llevados al canal del río Buena Vista.
9. En las adyacencias del estadium La Sabanita se puede apreciar una cárcava que va en vías de retroceso, además se observan grietas al borde del talud.
10. En el sector Las Piedritas I se puede apreciar la construcción de un canal de descarga con pendiente rugosa, y un surco relleno con material rocoso y cemento.
11. En el mapa geológico y geotécnico de las zonas críticas de la cuenca media del río Buena Vista se identificaron dos unidades geológicas Sedimentos Recientes, el cual aflora en los márgenes y lechos del río; la Formación Mesa se evidencia en toda la cuenca, pero con mayor proporción hacia la parte Sur.

Recomendaciones

1. Hacer un estudio hidrológico de toda la cuenca del río Buena Vista, a fin de tener datos relevantes para la construcción de canales y disipadores de energía o torrenteras y ser llevado estas recomendaciones a los entes gubernamentales.
2. Reforestar con postes vivos los taludes de la margen derecha del río Buena Vista en el sector El Algarrobo, los cuales se utilizan principalmente para el control de erosión en las riveras de los ríos.
3. Reforestar con especies vegetales toda la cárcava cercana al estadium La Sabanita y construir torrenteras que desvíen las aguas de escorrentía.

4. Reubicar las viviendas fuera del área de inundación, para evitar daños humanos y materiales durante las crecidas.

5. Para el manejo de residuos sólidos y basuras deben diseñarse sistemas de recolección y disposición tanto de basuras como de otros tipos de residuos sólidos. Así como la dotación de servicios sanitarios y de aseo urbano.

6. Para el manejo de aguas servidas deben diseñarse y construirse sistemas de alcantarillado independientes para aguas limpias y aguas servidas.

7. Se deben dictar charlas ambientales a los habitantes de los sectores adjuntos a la
cuenca.

REFERENCIAS

- Arias, Fdalias (2006). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA CON FINES DE UN PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BUENA VISTA.** Pp 49-85.
- Bowles, Joseph (1978). **MANUAL DE LABORATORIO DE SUELO EN INGENIERÍA CIVIL.** pp. 13-14, 15-25, 35-45, 69-76.
- Bravo J. Milagros C. (1997). **ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN DE DOS CÁRCAVAS DE CIUDAD BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, Venezuela. p. 130.
- Construmática (2001). **DENSIDAD IN SITU.** 5 de junio de 2010, [<http://www.construmatica.com/construpedia/densidad-in-situ>].
- Corporación Venezolana de Guayana. (CVG TECMIN C.A 1991). **PROYECTO INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN. GUAYANA (P.I.R.N.R.G).** pp 56-62
- Espinace, R. (1979-1991). **MANUAL DE LABORATORIO DE GEOTECNIA.** U.C.V., 17 de Febrero de 2007. pp 54-60.
- Eulacio, Luis y Rivero, Jesús. (1988). **ESTUDIO INTEGRAL, PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO BUENA VISTA.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, Venezuela. p. 86.

Gelinotte, Silva T. (2007). **ANÁLISIS DE LOS FACTORES GEOLÓGICO-AMBIENTALES MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (SIG) EN LA CABECERA DE LA CUENCA DEL RÍO BUENA VISTA EN CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO HERES, ESTADO BOLÍVAR**. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, Venezuela. pp. 7-17.

González, de Juana, C., J. Iturralde de Arozena y X. Picard. (1980). **GELOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Tomo I. Ediciones Foninves. Caracas, Venezuela. Primera Edición. pp. 33-37, 712-713.

Lambe, William (1993). **MECÁNICA DE SUELOS**. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F. pp. 47-48.

Léxico Estratigráfico de Venezuela (1997). **FORMACIÓN MESA**. Publicación Especial N° 12, Tomo II. Tercera Edición, pp. 318-319 y 450-451.

L. Wildor Huanca Apaza (2008). **TIPOS DE EROSIÓN DE SUELOS**. 19 de junio de 2009, [<http://www.monografias.com/trabajos62/tipos-erosion-suelos/tipos-erosion-suelos.shtml>].

Miro, Alexis (2009). **GUÍA: LOS SUELOS DE ACUERDO A LA NUEVA VERSIÓN DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS, MODIFICADO EN LA NORMA ASTM D-2487-00**. P. 9.

Sabino, Carlos (1986). **FUNDAMENTALES DE CONJUNTOS HOMOGÉNEOS DE FENÓMENOS, UTILIZANDO CRITERIOS**

SISTEMÁTICOS QUE PERMITAN PONER DE MANIFIESTO SU ESTRUCTURA O COMPORTAMIENTO. Pp 54

Suárez Díaz, Jaime (2001). **CONTROL DE EROSIÓN EN ZONAS TROPICALES.** p. 556.

Suárez Díaz, Jaime (2001). **CONTROL DE EROSIÓN-TIPOS DE EROSIÓN.** 12 de junio de 2009, [<http://www.erosion.com.co>].

Santiago, J.E. (2003). **MONITOREO DE CÁRCAVAS EN CIUDAD BOLÍVAR.** 18 de junio de 2009, [<http://www.monografias.com/trabajos17/carcavas/carcavas.shtml>].

Santiago, J.E. (2003). **ESCORRENTÍA Y EROSIÓN DEL SUELO.** 18 de junio de 2009, [<http://www.monografias.com/trabajos14/erosion/erosion.shtml>].

Torrealba, Víctor (1990). **ESTUDIO GEOTÉCNICO E HIDROLÓGICO CON FINES DE ORDENACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BUENA VISTA.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, Venezuela. p. 77.

Universidad Central de Venezuela (2006). **GEOTECNIA.** 12 de junio de 2009, [<http://icc.ucv.cl/geotecnia/>].

Universidad de Oriente (2009). **MANUAL DE TRABAJO DE GRADO.** [<http://www.bolivar.udo.edu.ve/descargas.html>].

Wikipedia (2008). **CUENCA HIDROGRÁFICA, ELEMENTOS DE UNA CUENCA, TIPOS DE RÍOS, CLASIFICACION SEGÚN PERÍODO DE**

ACTIVIDAD, CLASIFICACIÓN SEGÚN GEOMORFOLOGIA, ESCORRENTIA, AGUAS DE ESCORRENTIA. 3 De Mayo de 2010, (http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica).

APÉNDICES

APÉNDICE A

Análisis granulométrico por tamizado

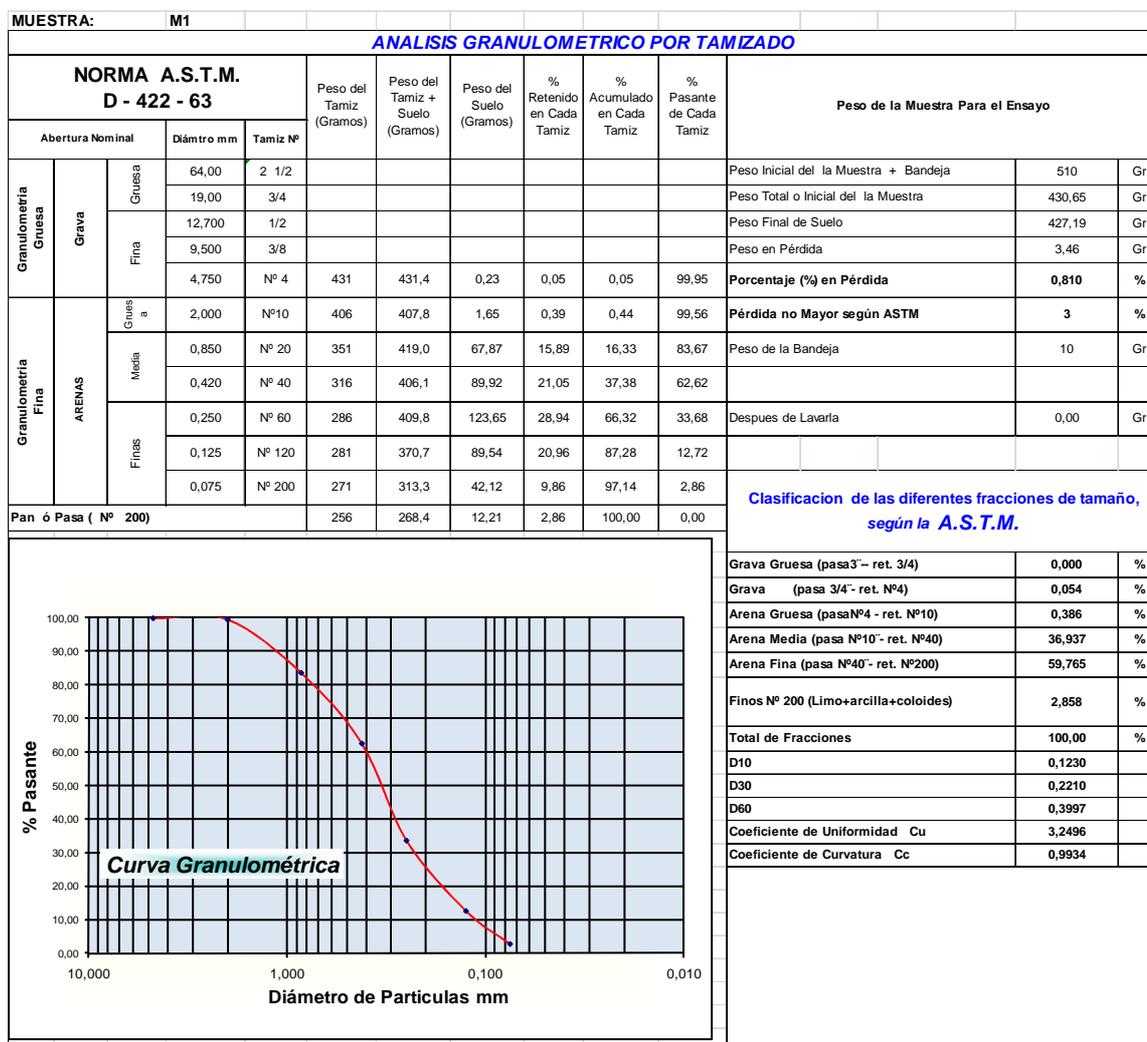


Figura A.1 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M1).

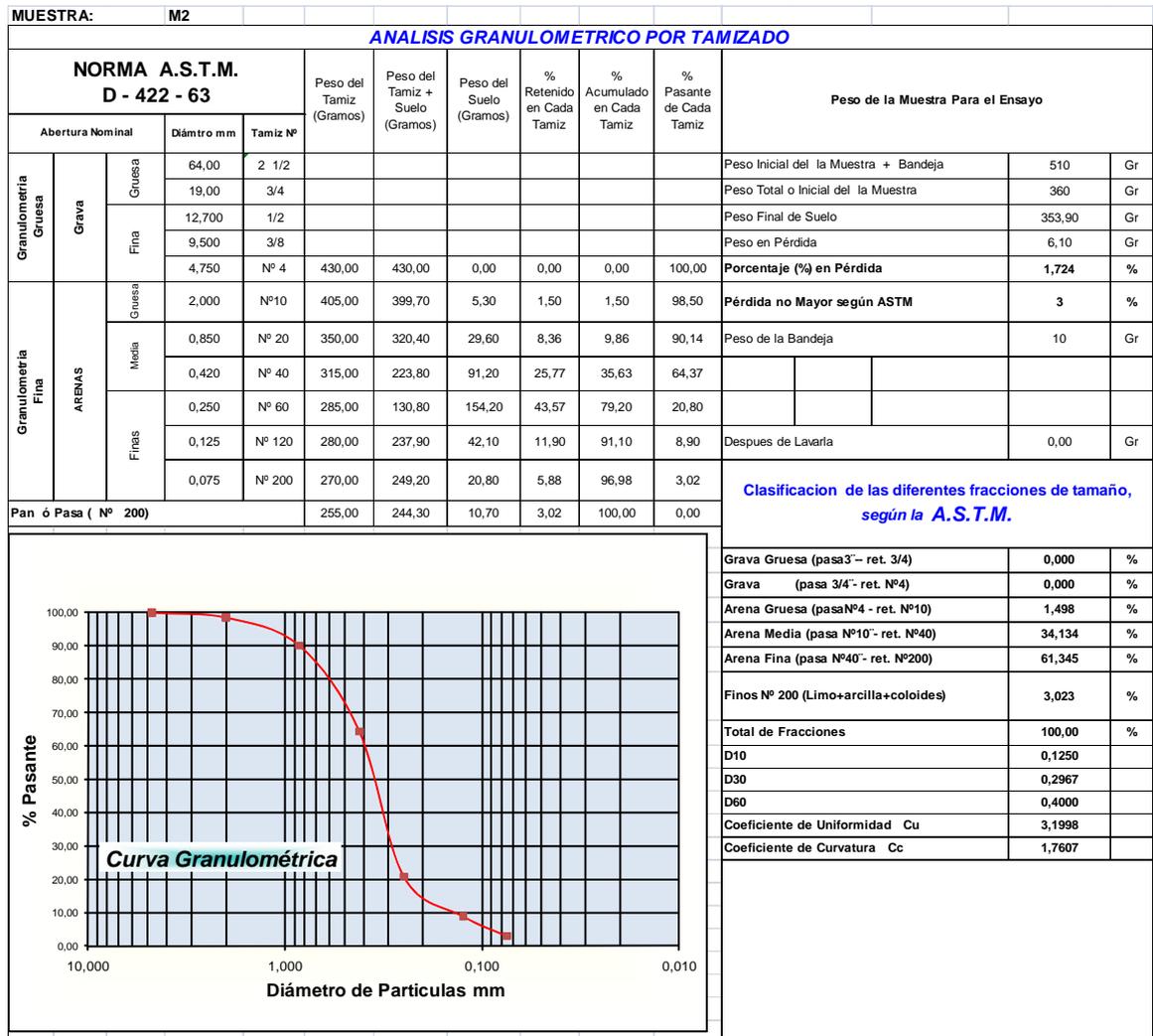


Figura A.2 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M2).

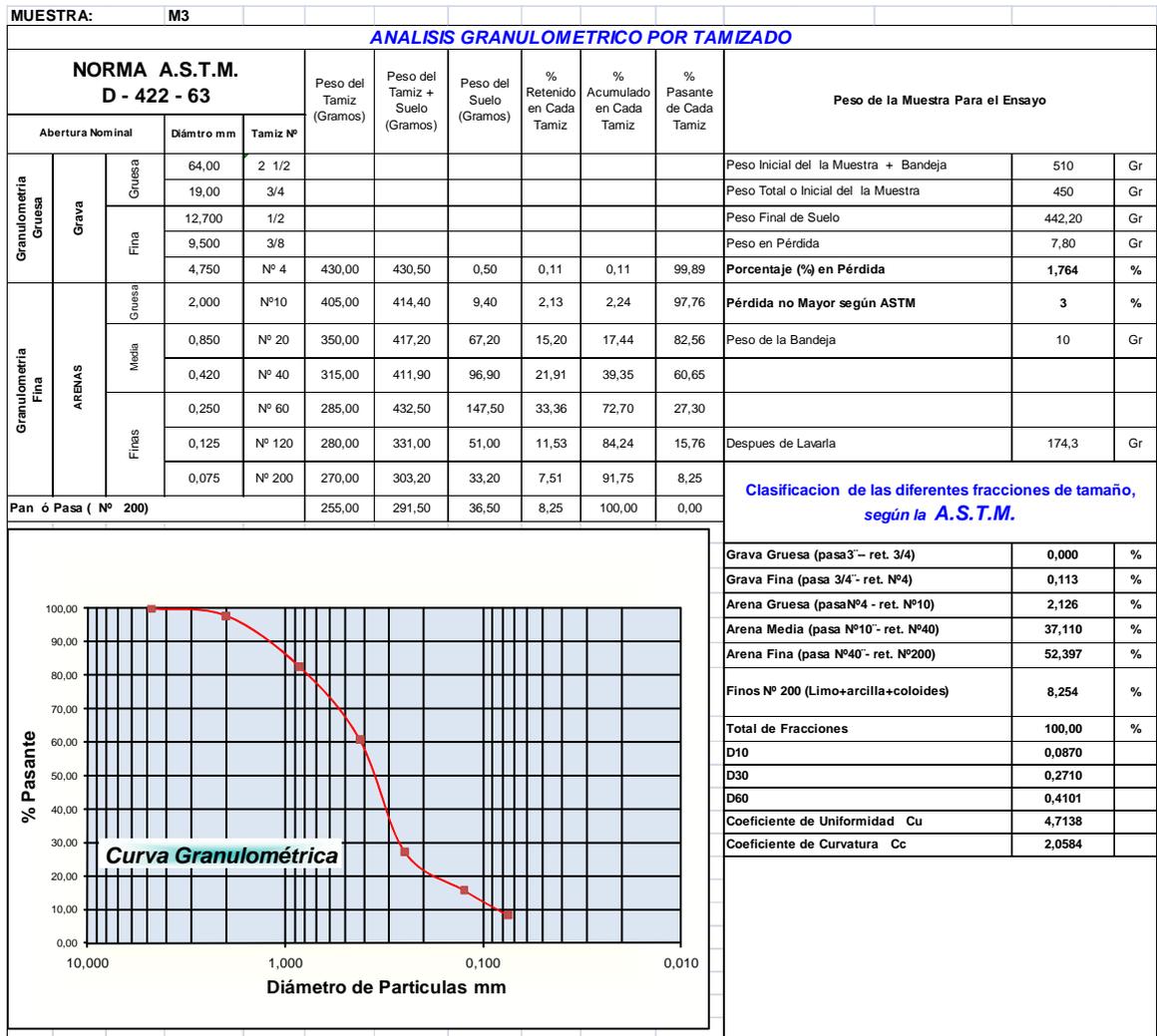


Figura A.3 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M3).

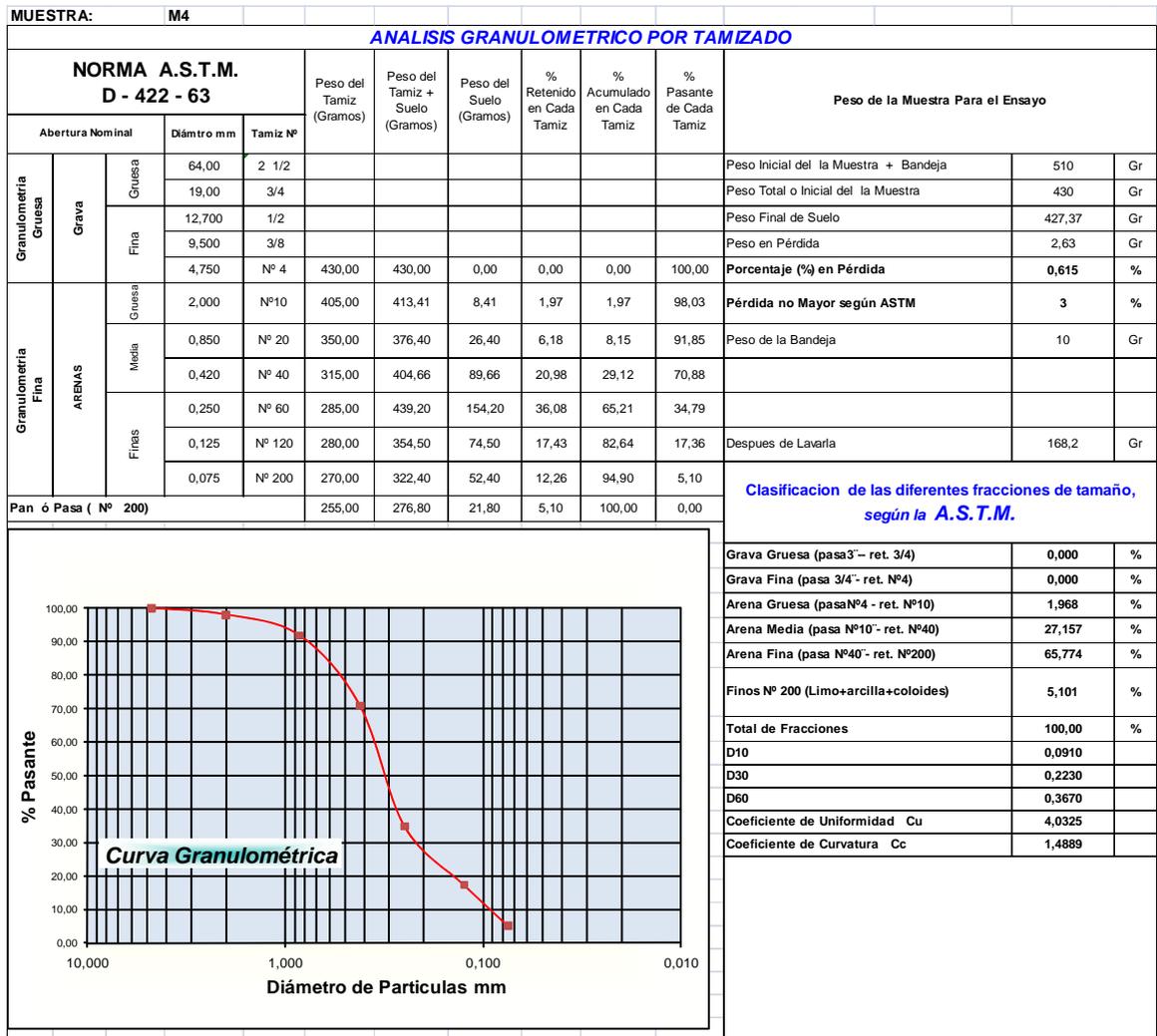


Figura A.4 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M4).

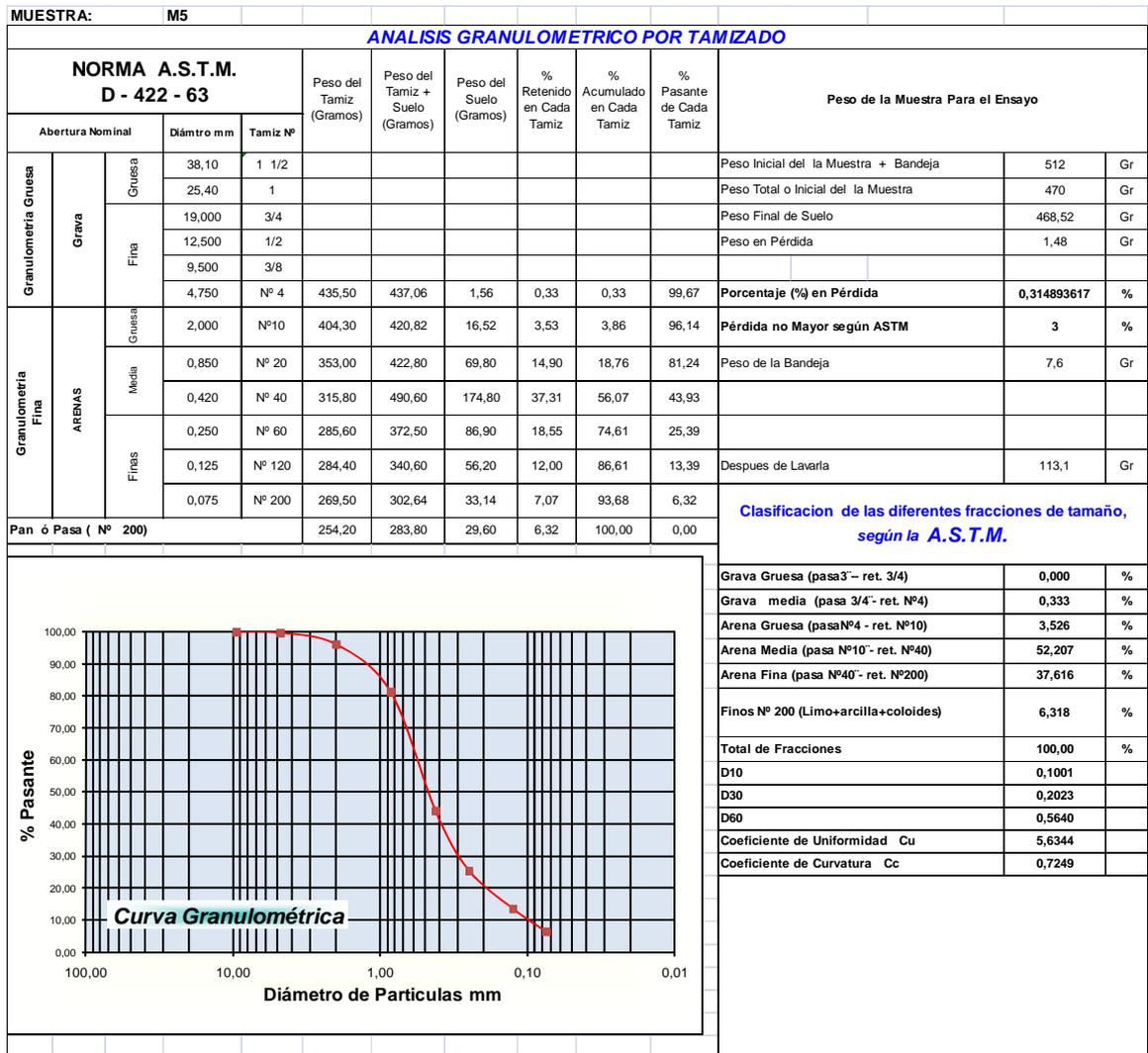


Figura A.5 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M5).

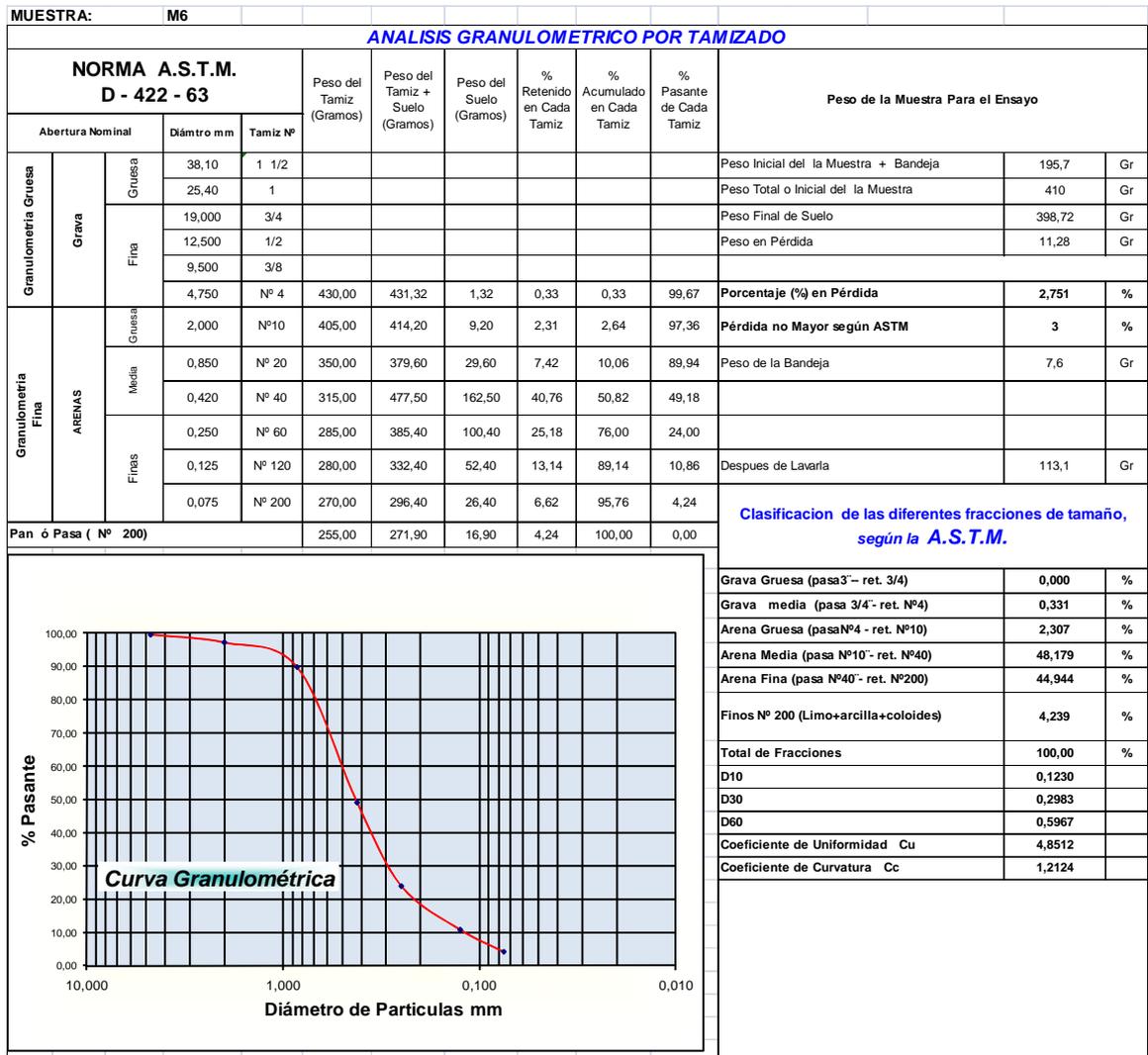


Figura A.6 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M6).

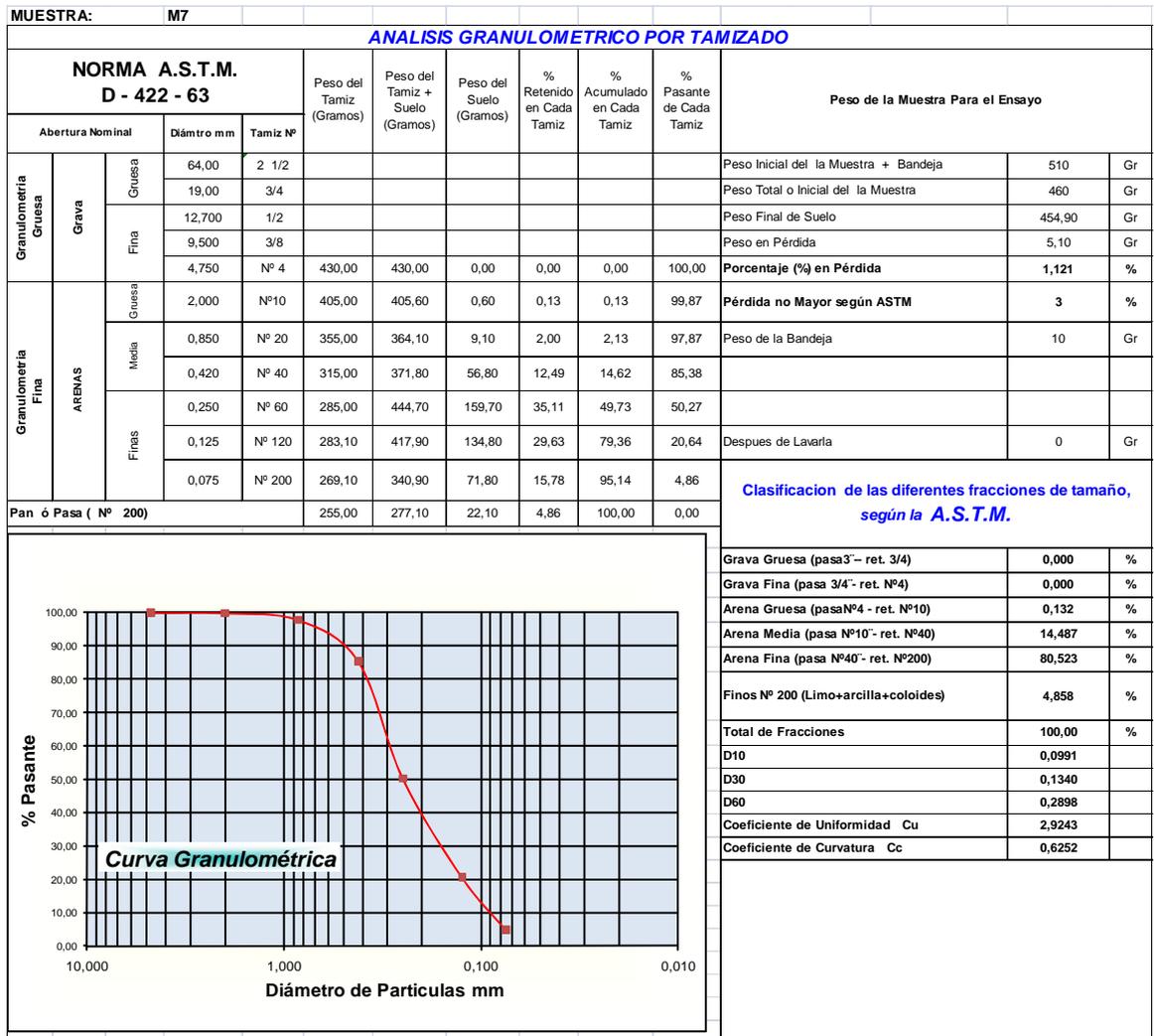


Figura A.7 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M7).

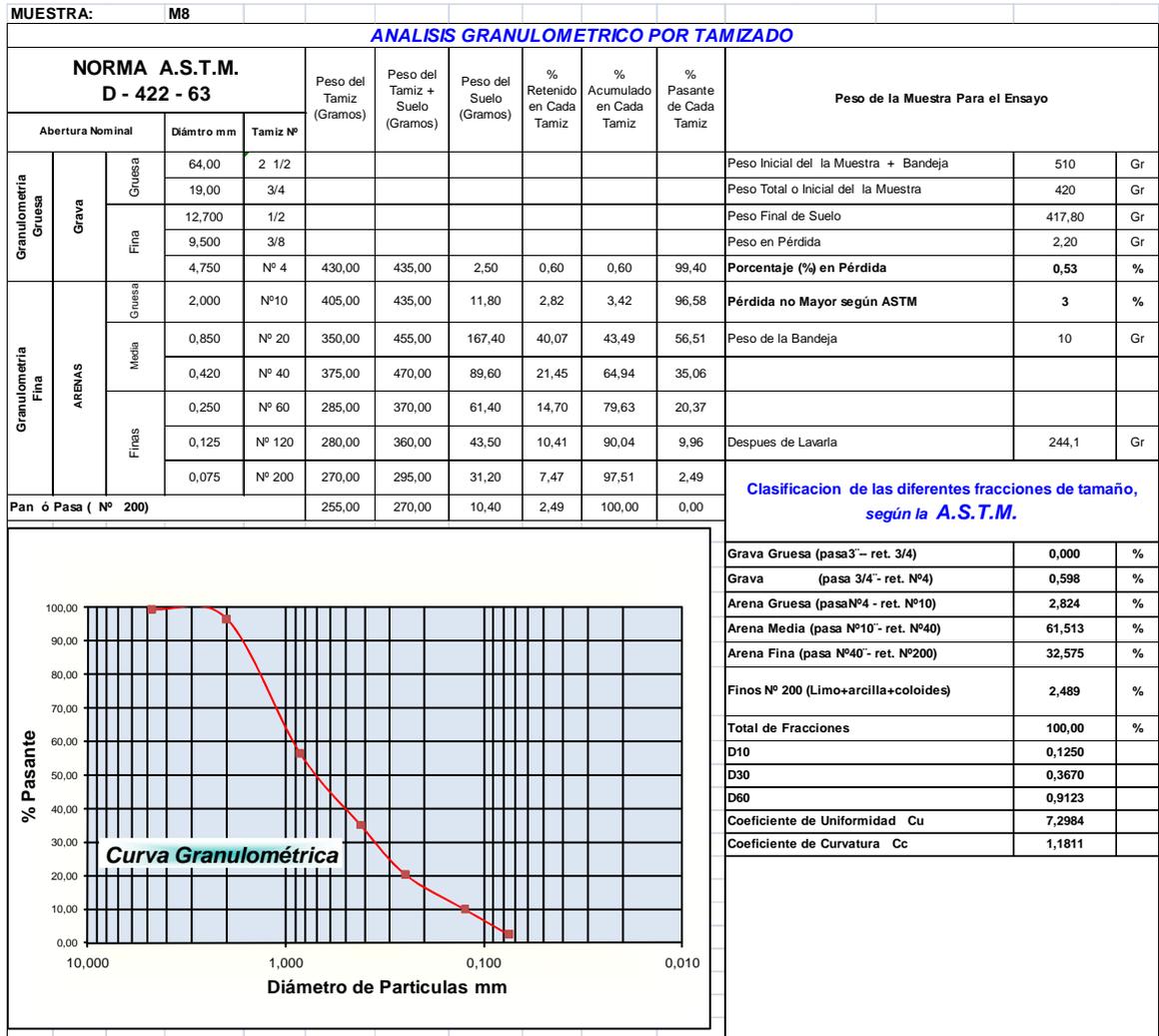


Figura A.8 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M8).

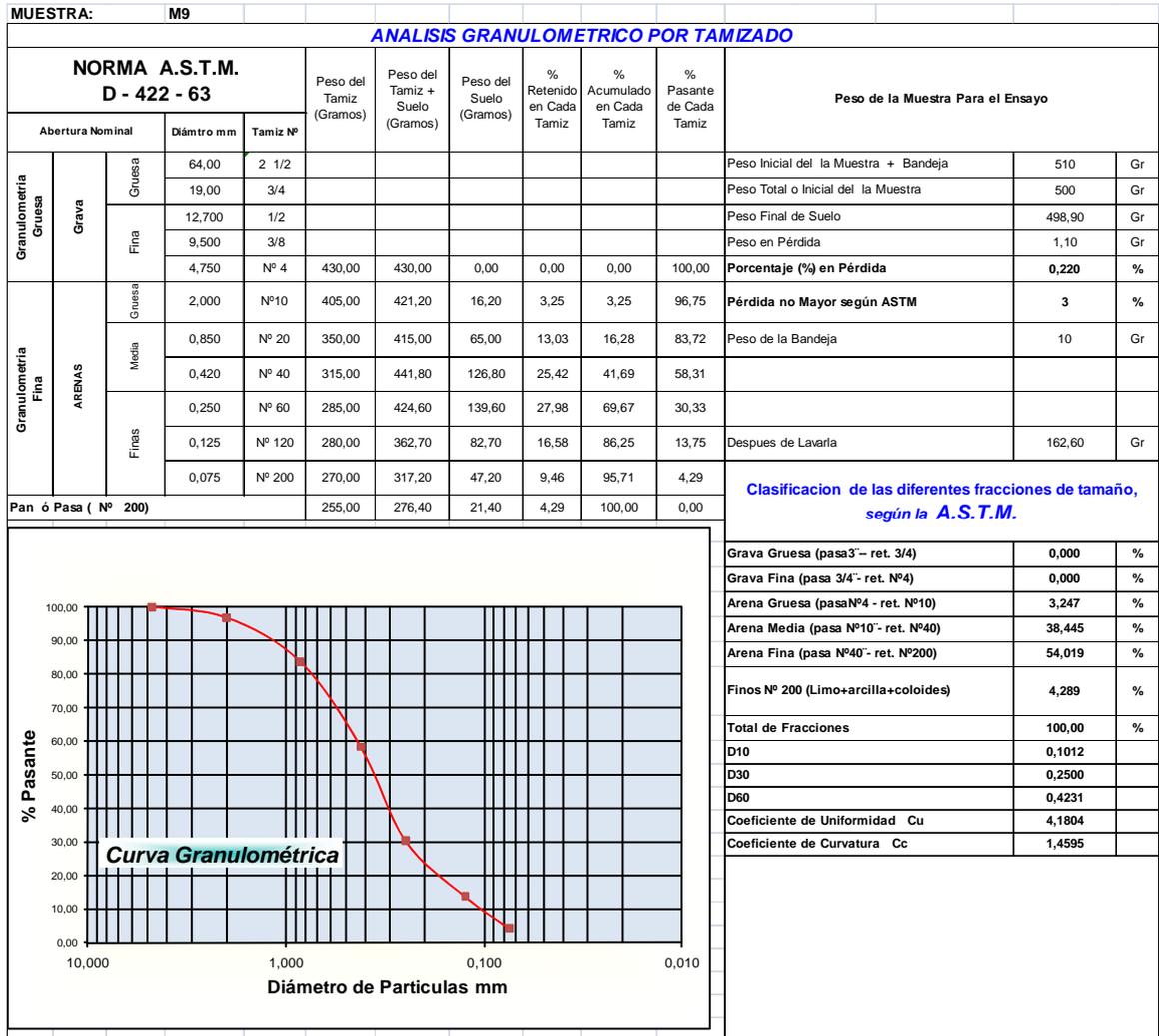


Figura A.9 Análisis granulométrico por tamizado (Muestra M9).

APÉNDICE B

Límites de consistencia

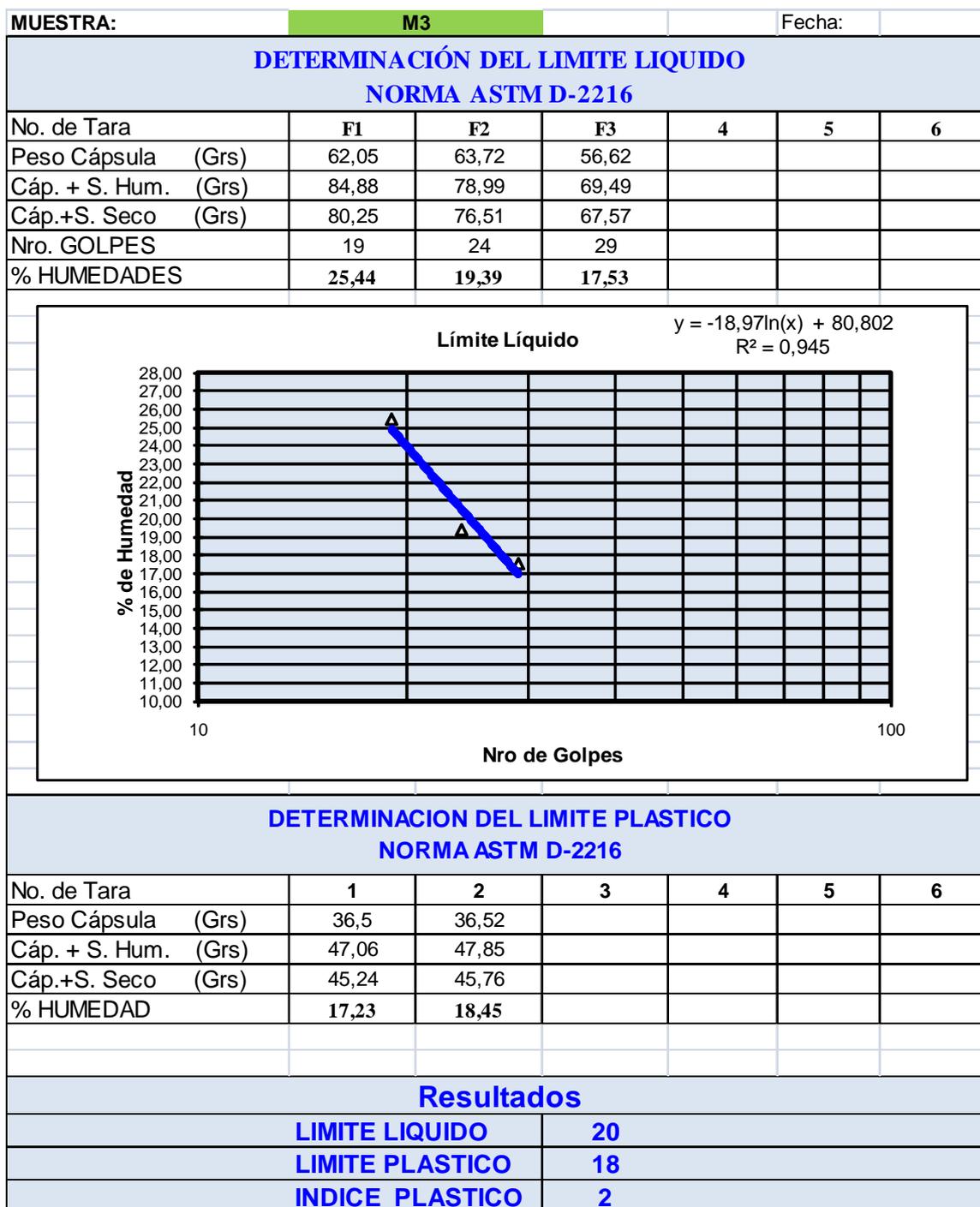


Figura B.1 Determinación del límite de consistencia (Muestra M3).

MUESTRA:	M4			Fecha:		
DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO NORMA ASTM D-2216						
No. de Tara	1	2	3	4	5	6
Peso Cápsula (Grs)	64,31	64,29	67,71			
Cáp. + S. Hum. (Grs)	87,22	81,98	86,52			
Cáp.+S. Seco (Grs)	82,73	79,23	83,76			
Nro. GOLPES	19	26	33			
% HUMEDADES	24,38	18,41	17,20			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Límite Líquido</p> </div> <div style="text-align: right;"> $y = -13,31\ln(x) + 63,036$ $R^2 = 0,9199$ </div> </div>						
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO NORMA ASTM D-2216						
No. de Tara	S1	S2	3	4	5	6
Peso Cápsula (Grs)	39,61	39,25				
Cáp. + S. Hum. (Grs)	51,52	48,63				
Cáp.+S. Seco (Grs)	49,87	47,45				
% HUMEDAD	16,08	14,39				
Resultados						
LIMITE LIQUIDO			20			
LIMITE PLASTICO			15			
INDICE PLASTICO			5			

Figura B.2 Determinación del límite de consistencia (Muestra M4).

MUESTRA:	M5		Fecha:			
DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO NORMA ASTM D-2216						
No. de Tara	W1	W2	3	4	5	6
Peso Cápsula (Grs)	64,32	63,33				
Cáp. + S. Hum. (Grs)	73,26	78,60				
Cáp.+S. Seco (Grs)	71,51	76,06				
Nro. GOLPES	23	34				
% HUMEDADES	24,34	19,92				
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Límite Líquido</p> </div> <div style="text-align: right;"> $y = -11,32\ln(x) + 59,83$ $R^2 = 1$ </div> </div>						
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO NORMA ASTM D-2216						
No. de Tara	1	2	3	4	5	6
Peso Cápsula (Grs)						
Cáp. + S. Hum. (Grs)						
Cáp.+S. Seco (Grs)						
% HUMEDAD						
Resultados						
LIMITE LIQUIDO	23					
LIMITE PLASTICO	NP					
INDICE PLASTICO	NP					

Figura B.3 Determinación del límite de consistencia (Muestra M5).

APÉNDICE C

Tabla resumen

Tabla C.1 Tabla resumen de resultados.

TABLA RESUMEN														
MUESTRA	Descripción Visual	Humedad Natural	Densidad "In situ" (Metodo del Cilindro)	Granulometrias							Límites de Atterberg			Clasificación
				Tamizado					Coeficiente		L	Lp	Ip	
				%					Cu	Cc				
				Grava	A. Gruesa	A. Media	A. Fina	Finos			SUCS			
M1	Arena de fina amedia con pocos o nada de finos	4,05	1,685	0,054	0,386	36,937	59,765	2,858	3,25	0,993	No Presenta			Sp
M2	Arena de fina amedia con pocos o nada de finos de coloracion marron claro	6,24	1,652	0,000	1,498	34,134	61,345	3,023	3,2	1,761	No Presenta			Sp
M3	Arena Mal gradada limosa de coloracion marron claro	8,54	1,913	0,113	2,126	37,110	52,397	8,254	-	-	20	18	2	Sm
M4	Arena limosa de coloracion grisacea	10,68	1,784	0,000	1,968	27,157	65,774	5,101	-	-	20	15	5	Sm-Sc
M5	Arena Media a fina con pocas particulas arena gruesa	9,60	1,906	0,333	3,526	52,207	37,616	6,318	-	-	23	NP	NP	Sm
M6	Arena bien gradada sin nada de finos	4,66	1,671	0,331	2,307	48,179	44,944	4,239	4,851	1,212	No Presenta			Sp
M7	Arena fina de coloracion amarillenta	5,26	1,647	0,000	0,132	14,487	80,523	4,858	2,924	0,625	No Presenta			Sp
M8	Arena de media a fina marron claro	2,88	1,648	0,598	2,824	61,513	32,575	2,489	7,298	1,181	No Presenta			Sp
M9	Arena de fina a media marron claro	2,36	1,678	0,000	3,247	38,445	54,019	4,289	4,18	1,46	No Presenta			Sp

APÉNDICE D

Trabajos de laboratorio



Figura D.1 Muestras para la determinación del límite líquido.



Figura D.2 Recolección para llevarlas al tamizado.



Figura D.3 Preparación de la muestra para ensayo de límite plástico.

ANEXOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	Caracterización geológica y geotécnica con fines de un plan de ordenamiento y manejo de la cuenca Media del río Buena Vista. Municipio Heres, Estado Bolívar.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Leonett M., Luis A.	CVLAC	17.878.712
	e-mail	Luileonet_16@hotmail.com
	e-mail	
Ruiz P. , Kevin A.	CVLAC	17.674.943
	e-mail	kevinruizparra@cantv.net
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Cuenca Hidrográfica.
Agua de Escorrentía.
La Erosión.
Sistema unificado de clasificación de los suelos (S.U.C.S).
Densidad "in situ".
Análisis Granulométrico.
Limites de Atterberg.
Humedad Natural.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería Geológica	Estructuras de concreto armado.
	Diseño sismorresistente.

Resumen (abstract):

La Cuenca Media del río Buena Vista se encuentra localizada al Suroeste de Ciudad Bolívar, Municipio Heres, estado Bolívar, con coordenadas U.T.M. demarcada por 437.000 – 439.000 Este y 894.500 – 896.500 Norte. U objetivo es caracterizar geológica y geotécnicamente con fines de un Plan de Ordenamiento y Manejo la Cuenca Media del Río Buena Vista. La investigación se inició con el reconocimiento geológico de campo a lo largo del Barrio El Algarrobo, Estadio I y Las Piedritas I, pertenecientes a la parroquia La Sabanita, para la selección de sitios de muestreos y recolección de muestras; Se reconoció una unidad geológica: Formación Mesa, en un contexto geomorfológico de mesas conservadas y valles. Se recolectaron 9 muestras de sedimentos para realizar los siguientes ensayos: Densidad “in situ”, Análisis Granulométrico, Humedad Natural y Límites de Consistencia, además, Las muestras analizadas fueron clasificadas por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Para los ensayos de Densidad “in situ” las muestras arrojaron valores entre (1,648 y 1,913) gr/cm³, para los ensayos de Humedad Natural se obtuvieron valores entre (2,36y 10,68) %, para los ensayos de límites de consistencia se obtuvieron valores de límite líquido entre (20 y 23) %, límite plástico (15 y 18) %, para obtener un índice de plasticidad entre (2 y 5) %. La granulometría características en el sector El Algarrobo comprende arena de fina a media con pocos o nada de finos con 96,702% para M1, arena de fina a media con pocos o nada de finos de coloración marrón claro con 95,479% para M2 y arena mal gradada limosa de coloración marrón claro con 89,507% para M3, los suelos son de tipo Sp y Sm. La granulometría característica en el sector Estadio I comprende arena limosa de coloración grisácea con 92,931% para M4, arena Media a fina con pocas partículas arena gruesa con 89,823% para M5 y arena bien gradada sin nada de finos con 93,123% para M6, los suelos son de tipo Sm-Sc, Sm y Sp. La granulometría característica en el sector Las Piedritas I comprende arena fina de coloración amarillenta con 95,01% para M7, arena de media a fina marrón claro con 94,088% para M8 y arena de fina a media marrón claro con 92,464% para M9, los suelos son de tipo Sp. Debido a las características que presentan estos suelos, son susceptibles a la erosión ocasionando la formación de surcos y cárcavas en vías de retroceso en los sectores estudiados.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Profesor Jorge Abud	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	8.866.972
	e-mail	cmgrus@gmail.com
	e-mail	
Profesor Amado Di Felice	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8.868.256
	e-mail	griecogiov@yahoo.com
	e-mail	
Profesor Miguel Gómez	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	3.018.952
	e-mail	Mariocast2@hotmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2011	04	29
------	----	----

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis (nombre de la tesis)	Application/msword
TESIS-RÍO BUENA VISTA.Doc	

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K
L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial : _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado universitario

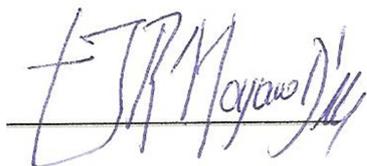
Área de Estudio: Estructura/ Proyectos estructurales

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad De Oriente, Núcleo de Bolívar.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

**De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado
“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”**



José Moyano



Profesor Jorge Abud



Profesor Amado Di Felice



Profesor Miguel Gomez

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

