

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



**CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA Y CALIDAD DEL
AGUA DE LAS ARENAS ACUÍFERAS PRESENTES EN LA
FORMACIÓN MESA, ENCONTRADAS DURANTE LA
PERFORACIÓN DE UN POZO ARTESIANO, UBICADO EN LA
CALLE VICTORIA, SECTOR LA SABANITA, CIUDAD
BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR EL BACHILLER
FRANCISCO FLORES,
PARA OPTAR AL
TÍTULO DE
INGENIERO
GEOLÓGO**

CIUDAD BOLÍVAR, DICIEMBRE DE 2022

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



ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado “CARACTERIZACIÓN GRANULOMÉTRICA Y CALIDAD DEL AGUA DE LAS ARENAS ACUÍFERAS PRESENTES EN LA FORMACIÓN MESA, ENCONTRADAS DURANTE LA PERFORACIÓN DE UN POZO ARTESIANO, UBICADO EN LA CALLE VICTORIA, SECTOR LA SABANITA, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR.” presentado por el bachiller FRANCISCO FLORES, cédula de identidad N° 19.729.449, como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Geólogo, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre	Firma
_____ Prof. Enrique Acosta (Asesor)	_____
_____ Prof. José Simón González (Jurado)	_____
_____ Prof. Erasto Jiménez (Jurado)	_____
_____ Prof. Berenice Sandoval Jefe del Departamento de Ingeniería Geológica	_____ Prof. Francisco Monteverde Director de Escuela de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar a los del mes de _____ del 2022

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por permitirme llegar y cumplir una vez más una de tantas metas en mi vida.

A mis padres Pedro Flores y Lisbeth de Flores guías principales y pilares en mi formación como persona y como profesional; a mi hermano José Francisco Flores gran amigo y compañero, a ellos Gracias.

Francisco Flores

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, le agradezco que esté siempre guiándome, fortaleciendo mi camino y haciéndome crecer como ser humano y mejor persona.

A mis padres, hermano y demás familiares, compañeros de clases, profesores que fueron y son fuente de enseñanza en nuestra casa de estudio U.D.O. Bolívar, al Profesor Enrique Acosta por su guía en esta última etapa de mi carrera.

Francisco Flores

RESUMEN

El presente estudio se basó fundamentalmente en la caracterización granulométrica y la calidad del agua de las arenas acuíferas presentes en la Formación Mesa, encontradas durante la perforación de un pozo artesiano, ubicado en la calle Victoria, sector la Sabanita. El pozo se ubica en las coordenadas UTM 0438421 E y 0896830 N, a una cota de superficie de 50 metros sobre el nivel del mar (M.S.N.M). Fue perforado por la Empresa AGUA MINERAL BOLÍVAR, C.A; RIF: J-409213692, tiene un diámetro de 0.50 m y una tubería de producción de 4 pulgadas. El seguimiento geológico realizado a este pozo artesiano y el muestreo, de sedimentos y de agua permitió levantar la columna estratigráfica del área. El pozo alcanza una profundidad final de 48 m y una altura de la columna de agua de 6 m. Una vez finalizado el muestreo, se realizó un perfil acotado de las formaciones encontradas durante la perforación. Durante la perforación del pozo fueron atravesados 8 horizontes de sedimentarios pertenecientes a la Formación Mesa. Los sedimentos fueron clasificados de acuerdo al sistema unificado. La muestra recolectada de agua fue sometida a análisis físicos, químicos y bacteriológicos. Dentro de los físicos se realizaron pH, color, olor y turbidez; en los análisis químicos se midieron la dureza cálcica, alcalinidad total, dureza total, dureza magnésica, Ca, Na, Al, Manganeso total, Hierro total, nitritos, nitratos, sulfatos, cloruros y sólidos disueltos y los elementos trazas Ar, Co, La Cd, Cr, Se. Hg, Ba y B. Las variables bacteriológicas fueron los coliformes totales y los coliformes fecales. Los valores obtenidos de todos estos parámetros del agua, fueron cotejados con los "Límite máximo de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8, 9, 10, 11 y 14 del decreto SG-018-098. El cotejo indicó que Calidad del Agua (ICA) del pozo artesanal de la Calle Victoria es buena y puede ser usada con fines comerciales.

CONTENIDO

	Páginas
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE APÉNDICES	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Situación u objeto de estudio.....	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Alcance de la investigación.....	5
1.5 Limitaciones de la investigación.....	5
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	6
2.1 Ubicación relativa del área de estudio.....	6
2.1.1 Accesibilidad al área de estudio.....	7
2.2 Características físicas y naturales.....	7
2.2.1 Características climatológicas.....	7
2.2.1.1 Temperatura.....	8
2.2.1.2 Humedad relativa.....	8
2.2.1.3 Insolación solar.....	9
2.2.1.4 Radiación solar.....	9
2.2.1.5 Pluviosidad.....	10
2.2.1.6 Evaporación.....	10
2.2.1.7 Viento.....	11
2.3 Fauna.....	12
2.4 Vegetación.....	12
2.5 Geomorfología.....	13
2.6 Suelos.....	13
2.6.1 Entisoles.....	13
2.6.2 Ultisoles.....	14
2.7 Geología Regional.....	15

2.7.1 Complejo de Imataca.....	15
2.7.2 Formación Mesa.....	15
2.7.2.1 Localidad tipo de la Formación Mesa.....	16
2.7.2.2 Descripción litológica de la Formación Mesa.....	17
2.8 Geología local.....	18
2.8.1 Litología de la Formación Mesa.....	18
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	19
3.1 Antecedentes de la investigación.....	19
3.2 Definición de términos básicos.....	21
3.2.1 Arenas.....	21
3.2.2 Afloramiento.....	21
3.2.3 Aluviones.....	21
3.2.4 Arcillas.....	21
3.2.5 Geología de superficie.....	22
3.2.6 Levantamiento geológico de superficie.....	22
3.2.7 Limos.....	22
3.2.8 Redondez de las partículas de sedimentos clásticos.....	22
3.2.9 Escala de Udden-Wentworth.....	24
3.2.10 Análisis Granulométrico.....	25
3.2.11 Análisis por tamizado.....	25
3.2.12 Sistemas de clasificación de suelo unificado.....	26
3.2.13 Índice de redondez de los fragmentos clásticos.....	27
3.2.14 Deltas.....	27
3.2.15 Calidad de agua.....	27
3.2.15.1 Parámetros que determinan la calidad del agua.....	28
3.2.15.2 Parámetros físicos.....	29
3.2.15.3 Parámetros químicos.....	29
3.2.16 Calidad del agua.....	30
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	32
4.1 Tipo de investigación.....	32
4.2 Diseño de la investigación.....	32
4.3 Población de la investigación.....	33
4.4 Muestra de la investigación.....	33
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
4.6 Fases de la investigación.....	34
4.6.1 Trabajo de oficina.....	35
4.6.1.1 Recopilación de la información bibliográfica y cartográfica.....	35
4.6.2 Trabajo de campo.....	35
4.6.2.1 Levantamiento topográfico del punto de ubicación del pozo, con GPS.....	35
4.6.2.2 Descripción de los sedimentos atravesados durante la perforación.....	36
4.6.2.3 Establecimientos de puntos de muestreo y toma de las mismas.....	36
4.6.3 Trabajo de laboratorio.....	36
4.6.3.1 Determinación de la granulometría de los sedimentos.....	36
4.6.3.2 Procedimiento para el tamizado de muestras.....	37

4.6.3.3 Determinación de las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas del pozo	38
4.6.4 Análisis e interpretación de los resultados	41

CONTENIDO

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	43
5.1 Descripción de las unidades litológicas atravesadas durante la perforación del pozo artesiano.....	43
5.2 Determinación de la granulometría y el ambiente sedimentario de la arena acuífera	44
5.2.1 Determinación de la granulometría de la arena acuífera	44
5.2.1.1 Muestra desde la superficie hasta 14 m de profundidad.....	44
5.2.1.2 Muestra desde las profundidades 14 m a 20 m.....	45
5.2.1.3 Muestra desde 20 m a 26 m de profundidad.....	47
5.2.1.4 Muestra desde las profundidades 26 m a 30 m de profundidad	48
5.2.1.5 Muestra desde 30 m a 34 m de profundidad.....	49
5.2.1.6 Muestra desde 34 m a 36 m de profundidad.....	51
5.2.1.7 Muestra desde 36 m a 40 m de profundidad.....	52
5.2.1.8 Muestra desde 40 m a profundidad final	53
5.2.1.9 Resumen granulométrico de las muestras del Pozo de la Calle Victoria ...	54
5.2.2 Determinación del ambiente sedimentario de la arena acuífera	55
5.3.1 Parámetros físicos.....	57
5.3.1.1 Turbidez.....	58
5.3.2 Parámetros químicos	58
5.3.2.1 Elementos trazas	59
5.3.3 Parámetros bacteriológicos.....	60
5.3.3.1 Coliformes fecales y coliformes totales	60
5.4 Establecimiento de la columna sedimentaria atravesada durante la perforación del pozo artesiano de la Calle Victoria	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
Conclusiones	65
Recomendaciones.....	66
REFERENCIAS	67
APENDICES	70
ANEXO.....	79

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación relativa del sitio donde se perforó el pozo artesiano (Google Earth, 2017).....	6
2.2 Vista del área donde se perforó el pozo artesiano, actualmente en producción.	7
3.1 Redondez de los Granos (GeoVirtual2 2013).	23
3.2 Curvas granulométricas (Juárez, E y Rico, A. 1980).	26
4.1 Flujograma de la investigación.....	34
4.2 Pesado de los tamices para iniciar los ensayos granulométricos.....	37
5.1 Secuencia de capas atravesadas durante la perforación del pozo. La punta del lápiz indica la cronología de depositación.	43
5.2 Curva granulométrica correspondiente al intervalo superficie-14 m de profundidad.	45
5.3 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 14 m a 20 m de profundidad.....	46
5.4 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 20 m a 26 m de profundidad.....	48
5.5 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 14 m a 20 m de profundidad.....	49
5.6 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 30 m a 34 m de profundidad.....	50
5.7 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 34 m a 36 m de profundidad.....	51
5.8 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 36 m a 40 m de profundidad.....	53
5.9 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 40 m a 48 m de profundidad.....	54
5.10 Modelo de sedimentación fluviodeltaica de la zona de estudio (Petijohn, F. 1957).....	56
5.11 Modelo de la secuencia progradacional sedimentaria del avance deltaico (Petijohn, F. 1957).....	56
5.12 Vista del llenado de un envase con agua del pozo de la Calle Victoria	61

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Coordenadas Regven del pozo artesiano.....	7
2.2 Valores de temperatura media anual (Estación F.A.V, periodo 1997-2006). ...	8
2.3 Valores de humedad (Estación F.A.V, periodo 1997-2006)	9
2.4 Valores de insolación media (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).....	9
2.5 Valores de radiación solar (Estación F.A.V, periodo 1997-2006)	10
2.6 Valores de precipitación (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).....	10
2.7 Valores de evaporación total. (Estación F.A.V, periodo 1997-2006)	10
2.8 Valores de viento. (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).....	11
2.9 Resumen climatológico 2007 (Estación F.A.V 2007).....	11
3.1 Escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth (Petillon J. 1957).....	24
5.1 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.	44
5.2 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.	46
5.3 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.	47
5.4 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.	48
5.5 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.	50
5.6 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.	51
5.7 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.	52
5.8 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.	53
5.9 Porcentajes de materiales perforados.	55
5.10 Parámetros químicos evaluados en muestras de agua del pozo de la Calle Victoria.....	57
5.11 Parámetros químicos evaluados en muestras de agua del pozo de la Calle Victoria.....	58
5.12 Elementos trazas evaluados en muestras de agua del pozo de la Calle Victoria.....	59
5.13 Valores de los coliformes en la muestra de agua recolectada del pozo.....	60
5.14 Columna sedimentaria descrita a lo largo de la perforación del pozo de la Calle Victoria	62

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MUESTRAS DE ARENAS	71
Y ARCILLAS.....	71
A.1 Resultados del análisis granulométrico Muestra M1-A.	72
A.2 Resultados del análisis granulométrico Muestra M1-B.....	73
A.3 Resultados del análisis granulométrico Muestra M1-C2.....	74
A.4 Resultados del análisis granulométrico Muestra M3.....	75
A.5 Resultados del análisis granulométrico Muestra M8.....	76
A.6 Resultados del análisis granulométrico Muestra M8.....	77
A.7 Resultados del análisis granulométrico Muestra M9.....	78

LISTA DE ANEXOS

- 1 COLUMNA SEDIMENTOLOGICA DE LAS CAPAS DE LA FORMACIÓN MESA ATRAVESADAS DURANTE LA PERFORACION DEL POZO ARTESIANO DE LA CALLE VICTORIA

INTRODUCCIÓN

La parte Oeste del municipio Angostura del Orinoco, del estado Bolívar, específicamente los Sectores Agua Salada, Parte alta de la Sabanita, Las Brisas todo el cinturón de barrios ubicados al sur de la avenida Perimetral, son los primeros consumidores per cápita de agua embotellada a nivel nacional.

El hábito de consumir agua purificada está tan arraigado en los Bolivarenses, que aún los hogares de bajos ingresos buscan opciones que consideran mejores para contrarrestar esta sequía, y la compra de agua en botellones, es la única a la que pueden acceder debido a su bajo costo.

Las purificadoras son pequeños negocios que se dedican al embotellamiento y distribución de agua en garrafones de 20 litros, operan de forma local y su precio oscila entre los 10 y 100 Bolívares Soberanos. Su aparición es el resultado del reforzamiento de creencias sobre la mala calidad del agua potable y a que estamos hablando de un mercado, en una amplia capa de hogares de bajos ingresos en Ciudad Bolívar.

Por esta razón, se perforó un pozo artesiano, con el fin de comercializar este producto y a la vez, describir la capa sedimentaria atravesada durante su perforación.

El presente trabajo consiste en caracterizar la granulométrica y la calidad del agua de las arenas acuíferas presentes en la Formación Mesa, la cual se llevó acabo por medio de la descripción de las muestras que conforman la columna estratigráfica atravesada, y a través de recolección de muestras, para estudios de laboratorio. Se presentan varios análisis granulométricos. Además se realizó la descripción del ambiente de depositación de las capas.

Durante la perforación del pozo artesiano, se observó una secuencia sedimentaria de ambiente transicional, que pertenecen a la Formación Mesa, conformadas por una secuencia de facies arenosas, la cual constituye el frente deltaico definido por barras de desembocaduras y barras laminares, cuyos canales distributarios principales avanzaron sobre el basamento erosionado de Imataca.

También el sistema deltaico está conformado en la parte inferior por un ambiente prodeltaico, el cual está definido por un ambiente paludal, cuyos sedimentos finos arcillo limosos y limo arenosos finos fueron depositados en la dirección noreste sobre relieves en forma de cubetas.

El siguiente trabajo fue estipulado en cinco capítulos estructurados de la siguiente manera. El capítulo I explica la situación a investigar, objetivos formulados, justificaciones y limitaciones; capítulo II generalidades este comprende la ubicación y descripciones físicas y geografías de la zona; Capítulo III comprende el marco teórico del problema planteado; Capítulo IV es la metodología del trabajo, refiriéndose así a los procedimientos utilizados en la realización de esta investigación y el capítulo V corresponde a los análisis e interpretación de resultados de los datos recolectados en campo y laboratorio, al final tenemos conclusiones y recomendaciones que se han generado en términos de los objetivos.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación u objeto de estudio

El agua, desde tiempos remotos ha sido un líquido de vital importancia para el desarrollo y sustento de la vida en la tierra, por lo cual, el hombre con el pasar de los años la ha estudiado para su aprovechamiento de una manera más eficiente; debido al crecimiento poblacional y desarrollo de las industrias, la demanda de agua ha crecido incesantemente; para el uso doméstico, instalaciones industriales y agricultura, entre otros. Aunque la mayor parte del agua necesaria se toma de los abastecimientos superficiales así como corrientes, lagos naturales o artificiales, el volumen extraído del subsuelo es considerable. El uso del agua subterránea requiere de su descubrimiento y, por lo tanto, debe hacerse previamente una exploración; el estudio apropiado de la misma, sirve para determinar su calidad para el uso o consumo de ésta.

La extracción de las aguas subterráneas viene haciéndose a través de la perforación de pozos, para lo cual, existe una gran variedad de métodos que los clasifican, en función del tipo de acuífero. Considerando la construcción de un pozo artesiano en el sector La Sabanita de Ciudad Bolívar, Estado Bolívar; se planteó efectuar una evaluación geológica, a fin de caracterizar los sedimentos presentes y a su vez, realizar una valoración de las condiciones del agua a extraer en dicho pozo.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar granulométricamente y determinar la calidad del agua de las arenas acuíferas presentes en la formación mesa, encontradas durante la perforación de un

pozo artesiano ubicado en la calle Victoria, sector La Sabanita, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las unidades litológicas atravesadas durante la perforación del pozo artesiano mediante la visualización directa con lupa.

2. Determinar la granulometría y el ambiente sedimentario de la arena acuífera a través de los análisis granulométricos y morfoscópicos.

3. Determinar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas de la arena acuífera del pozo y su calidad, mediante la comparación con la norma sanitaria de agua potable.

4. Establecer la columna sedimentaria atravesada durante la perforación del pozo artesiano para la actualización de la Formación Mesa en esta parte de la ciudad.

1.3 Justificación

En vista de la importancia de conocer las características granulométricas de la Formación Mesa, que pueden servir como reservorios de depósitos de agua potable y a la escasez, cada vez más acentuada del vital líquido en el sector La Sabanita de Ciudad Bolívar, se hace imprescindible conocer esta alternativa, con miras a paliar la actual situación de crisis de agua, por la cual atraviesa este populoso sector del Municipio Angostura del Orinoco.

La siguiente investigación se realizó, motivado a la necesidad de conocer las características granulométricas y la calidad del agua de las arenas acuíferas presentes

en la Formación Mesa, encontradas durante la perforación de un pozo artesiano para el consumo humano; por consiguiente, se requiere tener conocimiento de la geología local perteneciente a la zona de ubicación del mencionado pozo.

1.4 Alcance de la investigación

En la presente investigación se evaluó la Calidad del Agua, comprobando así sus condiciones físicas, químicas y bacteriológicas y si son idóneas para el consumo humano. También se hicieron ensayos granulométricos y descripciones geológicas del material extraído durante la perforación del pozo artesiano ubicado en la calle Victoria, número 15, sector La Sabanita, Ciudad Bolívar. Se estableció una columna sedimentaria, para esto se hizo la compilación de la mayor cantidad de datos posibles determinar la mayor cantidad de argumentos para definir su origen.

1.5 Limitaciones de la investigación

Ni hubo limitantes

CAPÍTULO II GENERALIDADES

2.1 Ubicación relativa del área de estudio

La zona de estudio se encuentra localizada en la calle Victoria, de La Sabanita, Sector vuelta del Cacho, municipio Angostura del Orinoco, en Ciudad Bolívar, estado Bolívar, Venezuela (Figura 2.1 y 2.2).

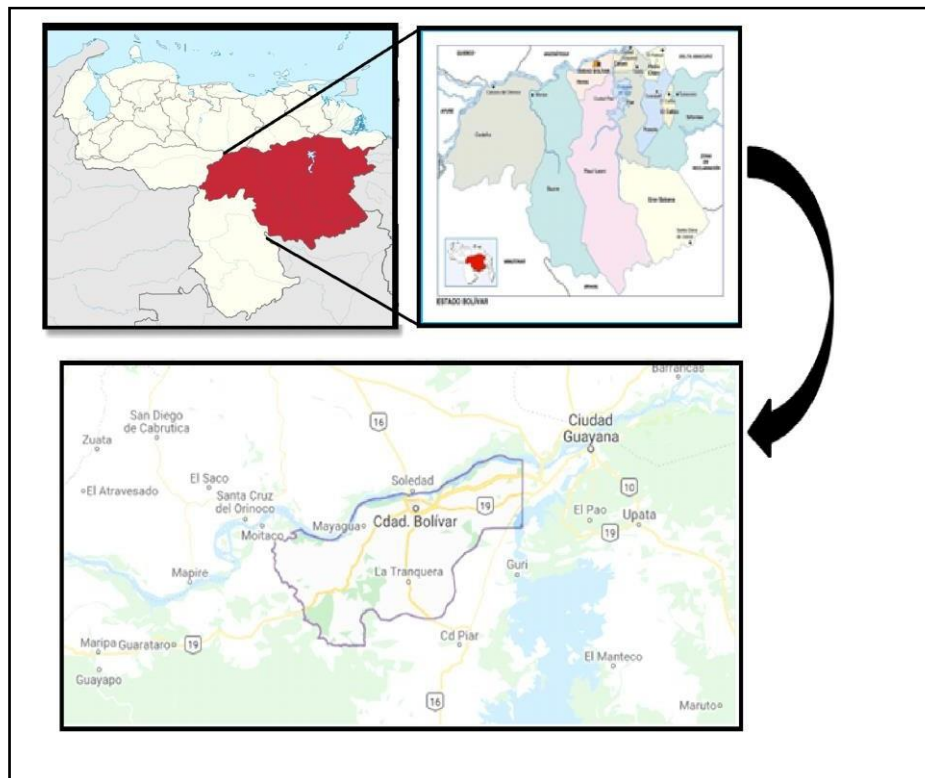


Figura 2.1 Ubicación relativa del sitio donde se perforó el pozo artesiano (Google Earth, 2017).



Figura 2.2 Vista del área donde se perforó el pozo artesiano, actualmente en producción.

El pozo artesiano tiene las siguientes coordenadas UTM Regven que se observan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Coordenadas Regven del pozo artesiano.

PUNTO	Norte (m)	Este (m)
1	896.830	438.421

2.1.1 Accesibilidad al área de estudio

El acceso al área donde fue excavado el pozo artesiano se logra a través de 2 arterias viales importantes que comunican al sector La Sabanita, con el resto de la ciudad, estas son la Calle Colon y la Avenida España.

2.2 Características físicas y naturales

2.2.1 Características climatológicas

El clima de las zonas de estudios es del tipo tropical húmedo de sabana, con dos períodos: uno lluvioso que dura de mayo a octubre llamado invierno y otro seco que

dura desde diciembre a abril denominado verano. Las consideraciones climatológicas se hacen en base a los datos obtenidos en la Estación Meteorológica Ciudad Bolívar perteneciente a La Fuerza Aérea Venezolana (FAV).

2.2.1.1 Temperatura

La temperatura media anual entre los periodos 1997 al 2006 varía desde 25,5°C, y 30,3°C. Se puede afirmar que el mayor incremento de temperatura es en los meses Abril y Mayo que van de los 28,8°C, a los 30,3°C, y las mínimas son en los meses de Enero y Diciembre con valores 25,5°C, a 27,5°C. El promedio medio anual para los años 1997-2006 es de 27,8°C (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Valores de temperatura media anual (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).

Estadístico	97	98		99	00	01	02	03	04	05	06
Valor Min	25,5	27,1		25,9	25,9	26,0	27,0	26,9	27,1	27,1	27,5
Valor Máx	28,8	29,9		28,5	28,1	29,3	28,9	29,8	30,0	29,5	30,3
Media	27,5	28,209		27,1	26,9	27,7	27,8	28,0	27,9	28,4	28,4

2.2.1.2 Humedad relativa

En cuanto a los valores de humedad se puede decir que para los meses Junio, Julio y Agosto se observan una humedad elevada con respecto a los otros meses. Con valores que oscilan entre 80%, 82% y 84%, y las mínimas varían entre los meses de Marzo y Abril con valores de 68%, 70%, 72%. El promedio medio anual entre los años 1997-2006 es de 79.3% (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Valores de humedad (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).

Estadístico	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
Valor Mín	72	67	72	75	60	76	72	71	72	70
Valor Máx	84	86	84	84	97	86	87	86	87	87
Media	78	77	80	80	78	81	80	81	80	78

2.2.1.3 Insolación solar

Los valores máximos de insolación se observan en los meses Febrero, Marzo, Septiembre y Octubre con valores que van de 8,1 Hrs/días, 9,8 Hrs/días. La mínima se encuentra en los meses Mayo, Junio y Julio con 5,4 Hrs/días, 6,5 Horas/días, y 6,8 Hrs/días. Su promedio medio anual para los años 1997-2006 es de 7,52 Hrs/días (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Valores de insolación media (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).

Estadístico	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
Valor Mín	6,5	5,4	6,1	6,7	6,8	5,9	5,4	5,3	5,9	6,2
Valor Máx	8,6	8,6	9,2	8,5	9,1	8,4	9,3	8,8	9,5	9,1
Media	7,5	7,4	7,2	7,3	7,8	7,5	7,6	7,7	7,4	7,8

2.2.1.4 Radiación solar

Los valores mínimos se reflejan en los meses Enero, Febrero y Diciembre entre 11,94 Jm², 15,16 Jm², los valores máximos se encuentran en los meses Marzo, Abril y Mayo 17, 66 Jm², 22,78 Jm². El promedio medio anual para los años 1997-2006 es de 16,59 Jm² (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Valores de radiación solar (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).

Estadístico	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
Valor Mín	15,20	15,38	14,65	11,45	10,76	11,21	12,04	16,19	16,17	15,16
Valor Máx	21,00	20,71	17,66	17,71	15,16	14,18	21,72	21,71	22,78	20,84
Media	17,33	18,01	15,79	15,35	13,39	12,88	16,61	19,12	19,02	18,49

2.2.1.5 Pluviosidad

La precipitación máxima anual varía entre los meses Mayo, Junio, Julio y Agosto con 111mm, 357 mm, y los meses de Enero, Febrero y Marzo es poca la precipitación, alcanzando valores de 0 a 9mm., El promedio medio en los años 1997-2006 es de 1008,87mm (Tabla 2.6).

Tabla 2.6 Valores de precipitación (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).

Estadístico	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
Valor Mín	9	0	1	8	0	4	0	0	1	1
Valor Máx	168	357	300	182	201	111	233	199	281	357
Media	931	1326	1630	1166	827	635	818	807	1032,7	916

2.2.1.6 Evaporación

La evaporación media anual se ha estimado en 1427,8mm., motivado por la alta radiación solar que recibe durante todo el año la zona, la tasa de evaporación es elevada, especialmente en la época de pleno verano e inicio de invierno (Tabla 2.7).

Tabla 2.7 Valores de evaporación total. (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).

Estadístico	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
Valor Mín	104	89	68	83	112	104	64	97	8	7
Valor Máx	199	292	189	170	269	228	283	379	16	22
Media	1755	1859	1257	1534	1623	1849	1905	2187	148	153

2.2.1.7 Viento

Los vientos se mantienen variante en los meses del año, donde hay un incremento es en los meses de enero, febrero y marzo. El promedio medio anual de 1997 al 2006 es de 11,68 m/sg (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 Valores de viento. (Estación F.A.V, periodo 1997-2006).

Estadístico	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
Valor Min	9,6	6,5	6,9	7,4	7,2	9,7	6,5	7,6	7,6	3
Valor Máx	16,6	17,6	15,9	15,5	17,0	16,9	17,3	16,2	16,2	15,1
Media	12,8	11,4	10,5	11,9	12,3	13,3	12,0	11,3	10,8	10,5

A continuación se describe en la Tabla 2.9, el resumen climatológico elaborado por la estación meteorológica de la Fuerza Aérea Venezolana, con datos obtenidos durante los meses de Enero y Agosto de 2007, para proveer datos comparativos, entre éstos y los datos históricos tomados desde el año 1997 al 2006.

Tabla 2.9 Resumen climatológico 2007 (Estación F.A.V 2007).

PARAMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	MEDIA
Presión HPA	11,6	11,2	10,5	99,0	10,1	98,0	10,2	98,0	43,6
Temperatura °C	28,1	28,5	29,4	30,5	29,9	26,1	27,1	27,0	28,3
Humedad %	77	72	70	68	74	83	86	87	77
Viento m/s	12,8	12,3	12,4	14,8	12,2	9,0	7,6	5,8	10,9
Precipitación mm.		6,3		6,5	114	213	16	260	615
Insolación(hrs./día)	8,2	9,8	9,2	9,5	78	5,6	7,4	6,6	16,8
Evaporación mm.				21	17				38
Radiación Jm ²	2110	2131	2140	2102	1138	1425	2014	1804	1858

2.3 Fauna

La Fauna silvestre del área de estudio se caracteriza principalmente por ser relativamente escasa y poco variada. La mayoría de especies presente en el área se encuentran ampliamente distribuidas en el resto de la región Guayana y en condiciones de adaptación y desarrollo heterogéneas. En el área de estudio se obtuvieron reportes de la fauna presente, en el grupo de mamíferos tenemos: Conejo de monte (*Sylvilagus brasiliensis*), Oso hormiguero (*Tamandúa tetradactyla*), Conejo sabanero (*Sylvilagus floridanus*), Acure (*Dasyprocta agouti*), Murciélago narigudo (*Rynchonycteris naso*), Cachicamo (*Dasyus kappleri*), Lapa (*Agouti paca*), Rabipelado (*Didelphys marsupialis*), Murciélago orejudo (*Micronycteris magolatis*); dentro de la fauna avícola destacan:

Gavilán primito (*Falco sporvendes*), Gavilán habado (*Buteo magnirostris*), Zamuro (*Coragyps atratus*), Aclaraban (*Vanellus chilensis*), Perico cara sucia (*Aratinga pertinax*), Garrapatero (*Crotophaga ani*), Caricare (*Polyborus plancus*); y, finalmente en el grupo de los reptiles tenemos: Iguana (*Iguana iguana*) Ratoncita (*Cielia cielia*), Rana (*Leoptodactylus wagneneri*), Lagartija (*Goriatodes humeralis*) y Mato (*Ameiva ameiva*). (Inventario de los recursos naturales C.V.G. TECMIN, 1991).

2.4 Vegetación

De acuerdo con la clasificación de las Zonas de Vida de Holdridge (1947) y plasmado en el inventario de los recursos naturales C.V.G. TECMIN, (1991), el área en estudio corresponde al bioclima de “Bosque Seco Tropical”, distinguiéndose en el área dos tipos de formaciones vegetales como son: Cultivos de subsistencia y “Asociación de Sabana Arbolada Tropical (Mixto)”, siendo estas formaciones las más representativas del área de estudio.

2.5 Geomorfología

El estudio geomorfológico describe las formas de relieves, su origen y evolución, así como, también los procesos que cambian el relieve. La geomorfología del área de estudio está caracterizada por un paisaje de “peniplanicie baja, suavemente ondulada”, con un patrón de drenaje dendrítico a rectangular denso, con pendientes que oscilan entre 4 % y 2%. El drenaje preferencialmente discurre de Oeste a Este. También, este drenaje forma las estructuras conocidas como cárcavas, el cual es un tipo de relieve formado sobre sedimentos arenosos fácilmente erosionable con desarrollo de drenajes dendríticos densos y pendientes escarpadas vertical y suaves entre 5 % y 8%, así como también desniveles mayores de 90 m de altura.

2.6 Suelos

Los suelos correspondientes a Ciudad Bolívar según C.V.G. TECMIN (1991), se clasifican como Entisoles y Utisoles, los cuales presentan las siguientes características:

2.6.1 Entisoles

C.V.G. TECMIN (1991) expresa que, estos ocurren comúnmente en bioclimas Tropófilos y Ombrófilos Macrotérmicos, distribuidos básicamente dentro de los paisajes de peniplanicies, lomeríos, planicies y localmente montañas. Los suelos pueden variar desde muy superficial debido a contactos litológicos. Ellos demuestran un número de características morfológicas y físico-químicas, que varían de acuerdo a su distribución geográfica y su posición en el paisaje.

Son de color que varían desde negro y marrón grisáceo muy oscuro hasta marrón amarillento. Las texturas son mayormente arenosas y franco arenosas. Generalmente se estima una baja a muy baja capacidad de retención de humedad, una permeabilidad

rápida en la mayor parte del perfil. Por último presenta, un drenaje algo excesivo hacia las áreas más accidentadas e imperfectos a pobre en las zonas más bajas, en un nivel freático estacional.

Estos suelos se localizan en superficies con topografía escarpadas a muy escarpadas, lo cual ha determinado condiciones de activos procesos erosivos, esto ha traído como consecuencia interrupciones en el proceso de evolución pedogenética, cada vez que nuevos materiales han sido expuesto a intemperización.

2.6.2 Ultisoles

Estos suelos representan el orden de mayor extensión en Ciudad Bolívar (C.V.G TECMIN, 1991). Ocurre en diferentes ámbitos bioclimáticos, geomorfológicos y geológicos. Generalmente se encuentran asociados a ambientes Tropófilos y Ombrófilos Macrotérmicos.

Geomorfológicamente se distribuyen en una amplia gama de paisajes que incluyen montañas, lomeríos, planicies y peniplanicies. Geológicamente se desarrollan a partir de rocas pertenecientes a la Provincia de Imataca; también evolucionan de materiales depositacionales, de edad reciente o antigua representados estos últimos por la Formación Mesa. Las características fisicoquímicas y morfológicas cambian de acuerdo a su distribución geográfica y posición en el paisaje.

Son suelos de colores marrón muy oscuros, marrón rojizo oscuro, marrón rojizo, rojo y marrón amarillento claro, localmente la motriz asociada con manchas de colores y proporciones variables. Las texturas más comunes son francos arcillo arenosa y arcillosa; eventualmente ocurre estratos asociados, en particular gravas y guijarros de cuarzo y nódulos de hierro.

En general, los suelos son bien drenados, sin embargo, en las áreas en donde existen lomeríos escarpados el drenaje es excesivo. Dichos suelos representan un avanzado estado de desarrollo pedogenético (proceso de desarrollo de suelo), resultado de intensos procesos de intemperización, durante largos periodos de tiempo, actuando sobre superficies geomorfológicas de relativo alto grado de estabilidad y condiciones climáticas (altas precipitaciones y temperaturas). Como resultado de la investigación se ha reconocido que dentro de los suelos existe un gran grupo correspondiente al área de Ciudad Bolívar.

2.7 Geología Regional

La Geología Regional, comprende dos unidades estratigráficas bien definidas, denominadas Complejo de Imataca, y depósitos sedimentarios de la Formación Mesa. Por encima de la Formación Mesa se localizan los sedimentos fluviales recientes, ubicados en la Margen Sur del Río Orinoco.

2.7.1 Complejo de Imataca

No aflora en el área de estudio, pero según estudios previos puede encontrarse a profundidades superiores a 80 m.

2.7.2 Formación Mesa

La Formación Mesa, es la Unidad estratigráfica más joven de la Cuenca Oriental de Venezuela, su nombre se deriva de las extensas mesas que se forman en las regiones donde aflora. Según varios autores la edad de esta formación es Plio-Pleistoceno, el espesor de la unidad es variable, disminuye de norte a sur y aumenta de este a oeste, está constituida por capas arenosas poco consolidadas interestratificadas con arcillas

limo-arenosas abigarradas y moteadas, que a veces contienen arenisca ferruginosa. Kalliokoski (1965) en González de Juana (1980) y otros señalan que la Formación Mesa parece depositada sobre una superficie irregular de roca precámbrica en el Escudo de Guayana debido a los afloramientos irregulares de cuarcita parcialmente ferruginosa que se elevan por encima de la formación en el área de Ciudad Bolívar.

González de Juana y otros (1980) indican que la Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio- deltaica y paludal, lo cual dio como resultado un extenso delta que avanzo hacia el este de la forma que hoy avanza en el Delta de río Orinoco.

La parte superior de la formación está formada por capas de arena franco-arenosa muy porosa, estratificada con arcillas limo-arenosas abirragadas que a veces contienen areniscas ferruginosas. La costra de las Mesas o cubiertas pétreas en la superficie de la misma, consiste en un casquete de gravas ferruginosas endurecidas, con un aspecto masivo, lo cual es en gran parte de origen residual y solidificado por cimentación como consecuencia de la evaporación de aguas subterráneas (González de Juana y otros, 1980).

2.7.2.1 Localidad tipo de la Formación Mesa

No se ha designado una sección tipo, debido a que la formación aflora en casi todas las mesas con secciones representativas. En particular, se han mencionado las mesas de Guanipa (Anzoátegui), Sonoro y Santa Bárbara (Monagas) y los escarpados de Santa Rosa (Anzoátegui). Estas localidades se encuentran en las Hojas 7342, 7343, 7344, 7442 y 7444, escala 1:1000.000 Cartografía Nacional. (González de Juana y otros, 1980).

2.7.2.2 Descripción litológica de la Formación Mesa

En los límites Norte y Sur de la Mesa de Guanipa (González de Juana 1980), La Formación Mesa consiste de arena de grano grueso a grava, con cemento ferruginoso cementada y muy dura; conglomerado rojo a casi negro, arena blanco-amarillenta, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina de conglomerado, arena, y algunas arcillas moteadas. Al noroeste de Santa Rosa existe una capa lenticular de conglomerado, de más de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arena (González de Juana y otros, 1980).

En Santa Bárbara de Maturín, la parte superior (76m) consiste en gravas con intercalaciones de arena y arcilla roja y amarillo intenso: la parte inferior (60m) formada por clásticos finos (arena gris y blanco, intercaladas con arena arcillosas y arcillas gris abirragadas). Al suroeste de Maturín, la Formación Mesa está compuesta por arcillas moteadas y abirragadas con nódulos sin arena. En los llanos centro-orientales, la formación está constituida por arena no compactada. Los sedimentos de la Formación Mesa, gradan de Norte a Sur, de más grueso a más fino al alejarse de las cadenas montañosas del norte; desde la parte central de Monagas al macizo de Guyana, gradan de más finos a más grueso (González de Juana y otros, 1946).

En la sección de río Cristalino, río La Palencia, río del Medio, Caripito y Las Parcelas, la formación está constituida por conglomerados con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente .15 metros de diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo (González de Juana y otros, 1980).

2.8 Geología local

2.8.1 Litología de la Formación Mesa

Los sedimentos de esta formación forman capas arenosas con estratificación cruzada y laminar, poco consolidadas, la cual suprayacen a facies arcillo limosas moteadas abigarradas de tendencia caolíniferas. Parte de estos sedimentos arenosos han sido explotados para usos como agregados finos de construcción. Esta formación está muy bien representada por dos ambientes fluviodeltaicos definidos por una sedimentación de barras arenosa de canales depositadas en un ambiente de alta energía y una sedimentación arcillo limosa depositadas en un ambiente palustre de baja energía. Estas dos secuencias, se alternan en profundidad y fueron depositadas discordantemente sobre el peniplano de las rocas de la Provincia de Imataca durante la época Plio-pleistoceno. Los espesores de esta formación son variables: se encuentran espesores de 80 metros en el sector las Brisas y de 110m en zonas de El Hipódromo, esta continúa extendiéndose hacia el Sur y Oeste de la zona (González de Juana y otros, 1980).

De acuerdo con algunos autores, estos consideran que el origen en su mayoría es producto de una sedimentación deltaica y palustre, como resultado de un extenso delta que avanza hacia el Este (González de Juana y otros, 1980).

CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

El IAMIB en el año 2011 ejecutó un plan de exploración geológica en tres sectores, ubicado a una distancia de 1.2 km de Ciudad Bolívar, con el objetivo de evaluar varios depósitos de arcillas, para suministro de materia prima a la Planta de Alfarería, que se construyó en el sector las Brisas, vía Maripa, Ciudad Bolívar. Las áreas seleccionadas como prospectivas fueron: el Fundo San Benito, cantera Comercial El Alba, ubicadas en el sector las Brisas, vía Maripa, y cantera Los Caminos de Dios, ubicada en el sector Los Próceres.

En esta primera campaña de perforaciones llevada a cabo en el año 2011, se logró cubrir un área de 16,03 has, de un total de las 50 hectáreas programadas, para estudios geológicos. Los sondeos fueron realizados en tres canteras, las cuales explotan arena de mina y material de relleno. El método empleado en la evaluación geológica de los yacimientos de arcillas, consistió en el diseño de un mallado de perforaciones de dimensiones de 100 x 100. Durante la ejecución de las perforaciones a percusión y rotación, se realizaron 44 perforaciones, para un total de metros lineales de 543,5 m, y se recolectaron 32 muestras de arcillas de los núcleos de perforaciones. Las reservas de los depósitos de arcillas evaluados, se clasificaron en la categoría de probadas, probables, estas fueron cuantificadas aplicando el método de triangulación.

Las reservas probadas calculadas por sectores son: Comercial El Alba 509581,26 m³, Los Caminos de Dios 243.994,91 m³, Fundo San Benito 82.435,96 m³ y Comercial El Alba 509581,26 m³, y las reservas probables, se estimaron en 801.592,45 m³.

El programa de perforaciones de arcillas fue completado, con muestras de canales en los frentes de explotación, y además se realizaron varias excavaciones de trincheras en el piso de las canteras, para definir la secuencia estratigráfica de los sedimentos arcillosos.

Gutiérrez, E y Pérez, K. (2001) desarrollaron el trabajo de grado referente a la **“GEOLOGÍA Y CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SAN RAFAEL, BUENA VISTA Y SANTA BÁRBARA”** con la finalidad de definir las características geológicas de las cuencas; así como también evaluar la calidad del agua de estos ríos y determinar cuál es el grado de contaminación de los mismos y sugerir el tipo de tratamiento que deben recibir estas aguas.

Concluyeron que los valores determinados químicamente de Plomo y Zinc, en los sedimentos de los ríos San Rafael y Buena Vista, pueden atribuirse a los desechos de compuestos en el suelo y a las emanaciones. El Rio Buena Vista se considera del tipo 1-B, en las nacientes, por lo que puede ser tratado por procesos convencionales. El patrón de drenaje de la cuenca de los ríos San Rafael, Buena Vista y Santa Bárbara es de tipo dendrítico, debido a la geología del área, que es de suelos no consolidados. De acuerdo a los resultados obtenidos en el área de estudio, se puede concluir que el río más contaminado es el San Rafael, seguido por el río Buena Vista y por último el río Santa Bárbara.

De toda esta investigación, se aplicará la misma metodología de campo y las técnicas de muestreo de agua.

3.2 Definición de términos básicos

3.2.1 Arenas

Según Pettijohn (1957), el término de arena se emplea para los agregados de grano minerales o rocas mayores de 1/6 mm y menores que 2 mm de diámetro.

Las arenas están compuestas (Rivero y Balboa, 1972) de Dióxido de Silicio (SiO_2) en porcentajes que oscilan entre 95 y 98%, los demás constituyentes los forman el Al_2O_3 que se encuentran desde 0,1 a un 4%, el Fe_2O_2 cuyos límites varían desde 0,001 a 1,0% y el CaO y MgO que juntos contribuyen entre un 0,1 a 0,5% en la composición de las arenas.

3.2.2 Afloramiento

Amorós, J. y García, F. (1979) denominan área total en la que una unidad rocosa determinada o estructura, aparece en la superficie del terreno o inmediatamente debajo de los sedimentos superficiales, ya sea visible o no.

3.2.3 Aluviones

Material transportado por las aguas de corriente. Están constituidos por partículas que provienen de rocas “in situ”, pero que han sufrido modificaciones a las consecuencias de su acarreo por las aguas de corriente (Amorós, J. y García, F., 1979).

3.2.4 Arcillas

Está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las

impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la descomposición de rocas que contienen feldespato, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años (Pettijohn, F., 1975).

3.2.5 Geología de superficie

Corresponde a los rasgos geológicos generales que se pueden observar en la superficie de un área determinada (Amorós, J. y García, F., 1979).

3.2.6 Levantamiento geológico de superficie

Consiste en hacer un mapeo de las características observadas en la superficie de una determinada área, tal como delimitación de afloramientos rocosos, diaclasas, foliaciones, contactos geológicos, etc. Se debe realizar un levantamiento geológico de superficie de detalle o semi-detalle, dependiendo de las obras o intervenciones futuras y políticas a implementar (Pettijohn, F., 1975).

3.2.7 Limos

Partículas comprendidas entre 0,060 mm y 0,002 mm (algunas normativas indican que este último valor debe de ser 0,005 mm, pero no hay apenas consecuencias prácticas entre ambas restricciones). Retienen el agua mejor que los tamaños superiores. Si se forma una pasta agua-limo y se coloca sobre la mano, al golpear con la mano se ve como el agua se exhuda con facilidad.

3.2.8 Redondez de las partículas de sedimentos clásticos

La forma de los granos (fragmento clástico) de cada partícula que conforma un sedimento es una de sus características más obvias y tiene gran influencia en la

determinación de su comportamiento durante el transporte y la deposición. De igual manera constituye una importante características de su textura (Departamento de Geología, UDO, 2004).

Cuando se estudia la redondez de las partículas de un sedimento se están estudiando las condiciones de transporte de los mismos, es decir, si la muestra ha sufrido poco o mucho transporte

Además, intrínsecamente se estudian los niveles energéticos a los que ha estado sometida la muestra, relacionándolos con la distancia de transporte y la intensidad con la que ha ocurrido el proceso que les ha dado su forma (Departamento de Geología, UDO, 2004).

Con respecto a la cantidad de energía que es aplicada sobre cada una de las partículas, esta puede ser: alta, media, o baja. La primera, ha de mover granos de gran tamaño y disminuye el sentido de la energía aplicada, mientras que, para que las aristas de los granos sean angulosas es necesario menor cantidad de energía y de transporte, parámetros que se incrementan a medida que los granos se hacen más redondeados es decir a mayor energía más redondos son los granos (Departamento de Geología, UDO, 2004) (Figura 3.1).

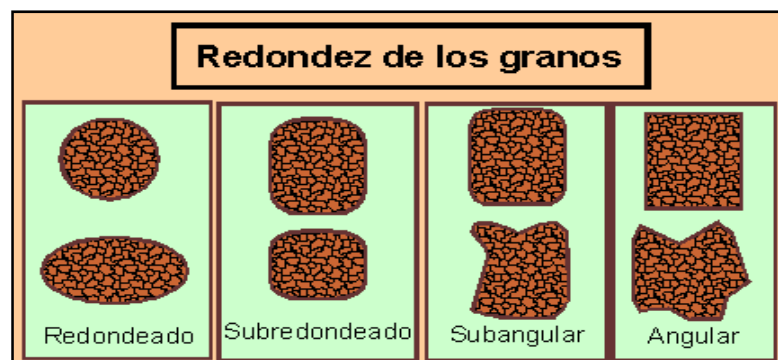


Figura 3.1 Redondez de los Granos (GeoVirtual2 2013).

3.2.9 Escala de Udden-Wentworth

Refleja factores como la cantidad de transporte que han sufrido las partículas, las condiciones energéticas del medio a las que han sido expuestas, la distancia de la fuente de origen, etc. Por ejemplo, bloques de 3 m, no podrán estar a una distancia muy lejana de su fuente de origen. Por el contrario partículas tamaño arcilla, ya han sufrido bastante desgaste y estarán muy lejos de su fuente (Petillon ,1957).

La escala granulométrica de Wentworth, ha sido utilizada clásicamente para diferenciar los tipos de sedimentos. Esta clasificación los divide en bloques, guijas, guijarros, gránulos, arenas, limos y arcillas. Términos como fino, medio y grueso son utilizados para subdividir las partículas mencionadas anteriormente (Petillon ,1957).

Los términos de la escala de Wentworth sólo se refieren al tamaño de las partículas y no a la composición de estas. Es importante aclarar que una partícula tamaño arcilla no será un mineral de arcilla (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Escala de tamaño de grano de Udden-Wentworth (Petillon J. 1957).

		mm	ϕ
		↑	↑
Aglomerado		1024	-10
		512	-9
		256	-8
	Gruesa	128	-7
		64	-6
Grava	Mediana	32	-5
		16	-4
	Fina	8	-3
		4	-2
Gránulo		2	-1
	Muy Gruesa	1	0
	Gruesa	0,5	1
Arena	Mediana	0,25	2
	Fina	0,125	3
	Muy Fina	0,062	4
	Grueso	0,031	5
		0,015	6
Limo	Fino	0,0078	7
		0,0039	8
Arcilla		0,0020	9
		↓	↓

3.2.10 Análisis Granulométrico

Los tamaños de las partículas que constituyen un suelo, ofrecen un criterio obvio para la clasificación del mismo. El análisis granulométrico intenta determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presentes en una masa de suelo. Para obtener un resultado significativo la muestra debe ser estadísticamente representativa, como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaños. Para lograr esto se obtiene la cantidad de materiales que pasa a través de un tamiz con una malla dada pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores al anterior y se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de los tamices (Bowles, J. 1981).

3.2.11 Análisis por tamizado

El análisis granulométrico por tamizado se realiza con el fin de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presentes en una masa de suelo dada. Obviamente, para obtener un resultado significativo de la muestra, debe ser estadísticamente representativo de la masa de suelo y por ello es recomendable tomar un mínimo de 500 gramos de la muestra total tomada en el campo, como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula individual el ensayo solo agrupa los materiales por rangos de tamaños. Para lograr esto se obtiene la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con una malla dada pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores al anterior. De esta manera se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de los tamices (Macabril, M. y Serrano, A. 2010).

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

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

La información obtenida en el análisis granulométrico, se presenta en forma de curva, para poder comparar suelos y visualizar fácilmente la distribución de los tamaños de los granos presentes. Los suelos típicos que contienen partículas que varían entre tamaños de 2,00 mm y 0,075 mm se consideran pequeñas, por lo cual sería necesario recurrir a una escala muy grande para poder dar el mismo peso y precisión de la lectura de todas las medidas, es necesario recurrir a una representación logarítmica para los tamaños de partículas (Macabril, M. y Serrano, A. 2010).

3.2.12 Sistemas de clasificación de suelo unificado

Este sistema se basa en el análisis de la curva granulométrica del suelo en estudio cotejando el resultado con lo establecido en su tabla de equivalencia (Figura 3.3).

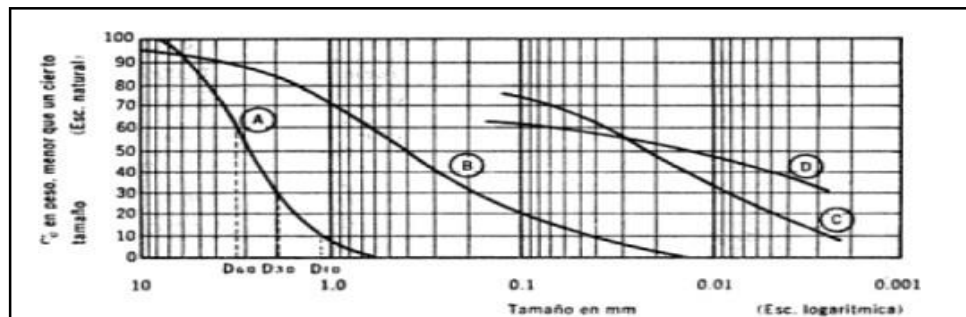


Figura 3.2 Curvas granulométricas (Juárez, E y Rico, A. 1980).

El sistema de clasificación de suelo unificado cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo a ambos por el cribado a través de la malla 200; Las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más

del 50% de sus partículas son gruesas, y finos, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas (Juárez, E y Rico, A. 1980).

3.2.13 Índice de redondez de los fragmentos clásticos

Es un índice que expresa la suavidad de los contornos de las partículas (Juárez, E y Rico, A. 1980).

3.2.14 Deltas

Un delta está constituido por tres partes que, de la más cercana al río o más proximal, a la más distal o más cercana al mar se denominan: la llanura deltaica, que es subaérea con un claro dominio del continente; el frente deltaico donde se desarrollan ya procesos de tipo marino, y el prodelta, permanentemente sumergido y donde siendo su materiales de procedencia fluvial (Macabril, M. y Serrano A, 2010).

3.2.15 Calidad de agua

La calidad del agua es la condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos. Está determinada por la hidrología y por el conjunto de características fisicoquímicas y biológicas que ella debe contener en su estado natural, y que pueden ser alteradas por el exceso de materiales extraños producto de la actividad humana (contaminación) o por la acción de la naturaleza (polución) (Microsoft Corporation, 1993-2003).

En las aguas naturales o crudas hay sustancias disueltas (materiales en suspensión, iones, etc.) que dan características especiales a éstas, por lo que es necesario conocer su presencia y sus cantidades máximas (Blanco, L. 1991; Aguirre y otros, 1992).

3.2.15.1 Parámetros que determinan la calidad del agua

Los parámetros o indicadores más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son el oxígeno disuelto, el pH, la cantidad de sólidos en suspensión, la demanda bioquímica de oxígeno y la cantidad de fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoniaco, compuestos fenólicos, hidrocarburos derivados del petróleo, cloro residual, cinc total y cobre soluble, entre otros. También se pueden emplear bioindicadores para evaluar la calidad media que mantiene el agua en periodos más o menos largos, para lo cual se usan diferentes grupos biológicos (Microsoft Corporation, 1993-2003).

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado valores índices que sintetizan la información proporcionada por dichas mediciones (Microsoft Corporation, 1993-2003).

Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de auto depuración (Microsoft Corporation, 1993-2003).

Los índices de calidad constan de los valores de diferentes parámetros preseleccionados a los que se aplica un “peso” o importancia relativa en el total del índice. Para su cálculo se seleccionaron el oxígeno disuelto, los coliformes fecales, el rango de pH, la demanda bioquímica de oxígeno, la cantidad de nitratos y fosfatos, el incremento de temperatura, la turbidez y la cantidad de sólidos totales (Microsoft Corporation, 1993-2003).

3.2.15.2 Parámetros físicos

Temperatura: Es la medida del calor almacenado en el agua. La capacidad del agua para almacenar calor es alta y esto hace que sea un elemento moderador del clima. La temperatura estable para su ingestión es de 10° C a 14° C (Blanco, L. 1991; Aguirre y otros, 1992).

La temperatura del agua de un río es un parámetro muy importante que afecta directamente sus características físicas, químicas y biológicas. Usando un mismo termómetro, la temperatura del agua debería ser chequeada en el lugar de prueba y en un lugar similar 1 kilómetro río arriba. Debe tenerse cuidado, cuando se tome la temperatura en este último sitio de muestreo, de que la cantidad de luz solar y la profundidad del río sean similares a las condiciones del primer lugar de muestreo (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2003).

- Turbidez: Se produce por la presencia de partículas insolubles (tales como la arcilla, el limo, la materia orgánica, el plancton, etc.) que se encuentran en suspensión en el agua. Hay que tener en cuenta que la turbidez es un efecto óptico causado por la dispersión de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua (Blanco, L. 1991; Aguirre y otros, 1992).

A medida que el agua se vuelve más turbia pierde la capacidad de soportar una amplia variedad de plantas y otros organismos acuáticos (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2003).

3.2.15.3 Parámetros químicos

- Sólidos totales: Es una medida de los materiales sólidos disueltos en el agua de un río, y que incluyen las sales, algunas materias orgánicas y un amplio rango de

nutrientes y materiales tóxicos (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2003).

Un nivel constante de minerales en el agua es requerido para el sustento de la vida acuática. La concentración de sólidos totales disueltos (TDS) muy elevada o muy baja limita el crecimiento y conduce a la muerte de la mayoría de las formas de vida acuática (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2003).

- El término se aplica al residuo que deja una muestra de agua después de evaporarse a una temperatura definida (por lo general entre 103-105° C). Los sólidos totales que están en un rango de 2.000 y 4.000 partes por millón (ppm) en el agua hacen que ella sea desagradable al paladar y tenga efectos laxantes en los seres humanos (Abud, J. y Mora, V. 2003). El nivel de pH: es una medida de acidez que expresa la concentración de iones hidrógeno o hidronios en el agua (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2003). La mayoría de las formas de vida acuática tienden a ser muy sensibles al pH. El agua que contiene una gran cantidad de polución orgánica tenderá generalmente a ser un poco ácida. El agua con un pH de 7 se considera neutra, si está por debajo de 7 es ácida y por encima de 7 se dice que es alcalina (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2003).

3.2.16 Calidad del agua

La calidad del agua es básicamente un medio comparativo de medir cualitativamente su pureza, a partir de múltiples resultados de pruebas realizadas a ésta y compararlas con los Límite máximo de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8, 9 10, 11 y 14 del decreto SG-018- 098.

Resulta importante monitorear la calidad del agua durante un período de tiempo de manera que se puedan detectar cambios en su ecosistema. El ICA puede dar una

indicación de la salud de un cuerpo de agua en un momento dado y en varios puntos, a la vez que puede ser usado para seguir la pista y analizar los cambios a través del tiempo (The National Sanitation Foundation-NSF International, 2003).

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

La investigación se ubica dentro de un contexto analítico-descriptivo; esta comprende la descripción, registros, análisis e interpretación de la naturaleza actual de acuerdo al objetivo general y de los objetivos específicos planteados, ya que se basara en la caracterizar granulométrica y calidad del agua de las arenas acuíferas presentes en la Formación Mesa, encontradas durante la perforación de un pozo artesiano, ubicado en la Calle Victoria, sector La Sabanita, Ciudad Bolívar, estado Bolívar (Arias, F., 2006).

4.2 Diseño de la investigación

Ésta investigación es clasificada según su diseño de campo no experimental, obedeciendo a lo expresado por Sampieri, (2003) “Un estudio no experimental; es aquella investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables, pues en ésta se observan fenómenos tales y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos”.

La presente investigación es de campo no experimental, ya que se aplica a nuestro trabajo investigativo porque a pesar de realizar salida a campo, fue posible obtener información directamente del área del subsuelo, sin alterar alguna variable relacionada al lugar.

4.3 Población de la investigación

Según Balestrini, M. (2001), “Una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación.

La población de la presente investigación es la columna atravesada por el pozo artesiano de La Sabanita, perforado a una profundidad de 48 m y los 6 m de agua.

4.4 Muestra de la investigación

Según Balestrini, M. (2001), “La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población”.

Para efecto de la presente investigación se recolectaron 7 muestras de sedimentos y 1 muestra de agua. Todas estas muestras fueron recolectadas durante la perforación del pozo.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizó la investigación bibliográfica y cartográfica previa sobre el área de estudio, así como la recolección de muestras de sedimentos, extraídas a través de muestreo de canal, a diferentes profundidades, las cuales se le realizaron análisis granulométrico por tamizado.

4.6 Fases de la investigación

Los datos necesarios para la investigación, serán tomados mediante distintas operaciones, las cuales están divididas por etapas (Figura 4.1).

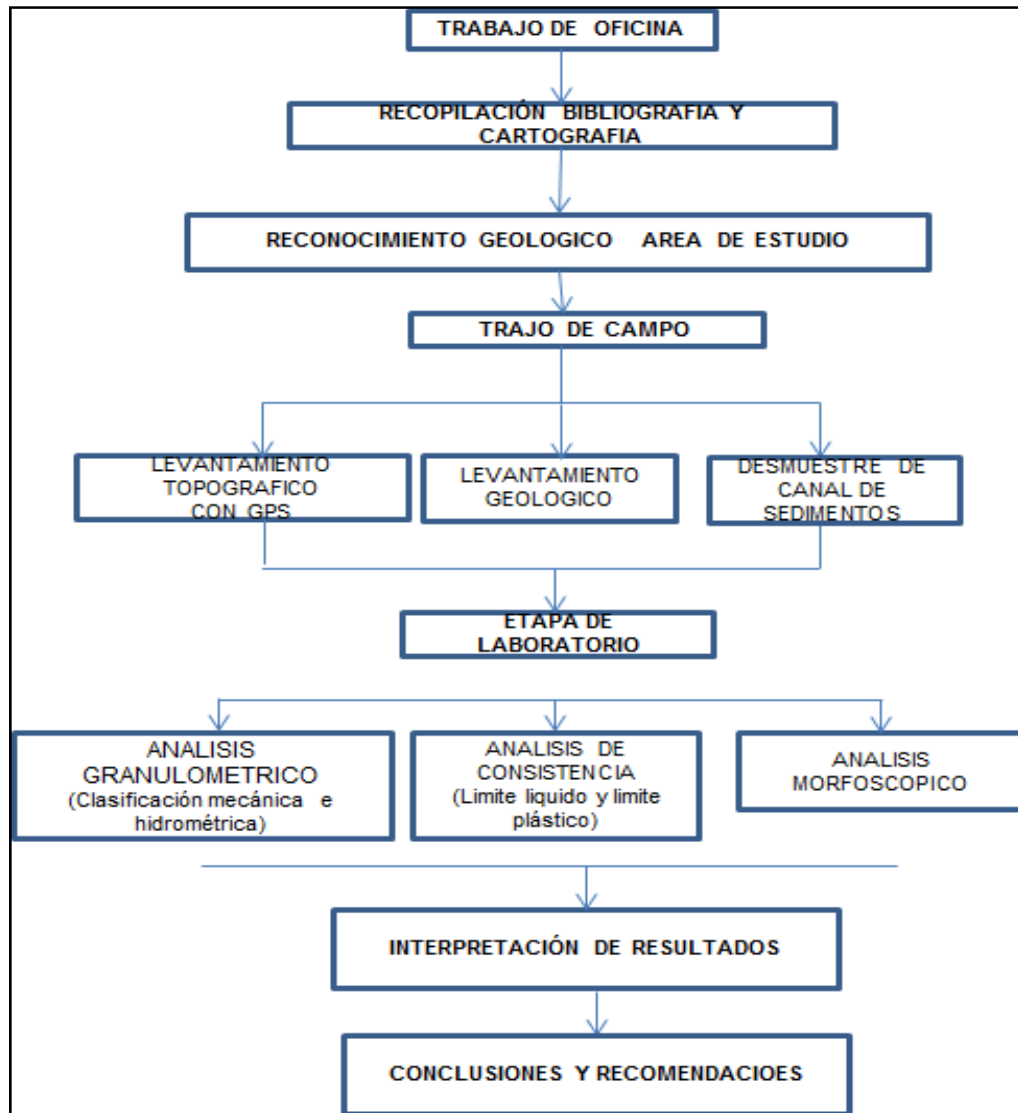


Figura 4.1 Flujograma de la investigación.

4.6.1 Trabajo de oficina

Comprende todas las actividades relacionadas con los trabajos previos a las visitas de campo.

4.6.1.1 Recopilación de la información bibliográfica y cartográfica

Para ésta etapa se revisó si existían trabajos previos llevados a cabo en el área (trabajos de grado, informes técnicos, etc.) provenientes de las fuentes de documentación de la Biblioteca de la Universidad de Oriente en Bolívar. Adicional a las fuentes bibliográficas impresas También se incluyó información obtenida a través de fuentes electrónicas como la Internet.

Para la información cartográfica se utilizó la hoja cartográfica 7440 de Ciudad Bolívar, a escala 1: 100.000 del Instituto cartográfico Simón Bolívar. También se interpretó la imagen satelital GOOGLE EARTH, año 2017, con la aplicación GOOGLE MAPS.

4.6.2 Trabajo de campo

Fueron las actividades relacionadas directamente con la perforación del pozo.

4.6.2.1 Levantamiento topográfico del punto de ubicación del pozo, con GPS

Este se realizó con la ayuda de un GPS marca GARMIN ETREX, tomando la lectura de coordenadas y elevación del punto de la perforación.

4.6.2.2 Descripción de los sedimentos atravesados durante la perforación

El seguimiento geológico se hizo en el canal de descarga de la broca barreno. Las bases de las diferentes capas atravesadas fueron estimadas de acuerdo al color, granulometría y profundidad.

4.6.2.3 Establecimientos de puntos de muestreo y toma de las mismas

Se tomaron 7 muestras de las secciones atravesadas y una muestra de agua. Las muestras de sedimentos fueron tomadas en la base; rotuladas e identificadas con el espesor correspondiente a cada una. El muestreo se hizo en la canal, cada vez que hubo un cambio granulométrico o de coloración de los sedimentos.

La muestra de agua se hizo durante la prueba de aforos, después de perforado y estabilizado el pozo.

4.6.3 Trabajo de laboratorio

Esta etapa comprende la preparación física de las muestras y los análisis de laboratorio

4.6.3.1 Determinación de la granulometría de los sedimentos

Las siete muestras de sedimentos tomadas del pozo, se analizaron en los laboratorios de GEOCIENCIAS de la Universidad de Oriente por el método mecánico del tamizado. La muestra de arcilla fue analizada por el método hidrométrico.

4.6.3.2 Procedimiento para el tamizado de muestras

Se debe obtener exactamente 500 grs. de suelo secado al horno tomado de una bolsa de muestra obtenida en el terreno.

Es necesario asegurarse de que la muestra sea representativa para lo cual se realizó un cuarteo el cual consiste en su reducción por selección de porciones.

La muestra recolectada en el campo, en general, es más voluminosa de lo necesario para el análisis. Se precisa por consiguiente, reducir esta cantidad, cuidando que la fracción separada para el análisis represente siempre lo más exactamente posible la composición media de la muestra original de campo.

Para esto se coloca la muestra en una hoja de papel grueso en una lona, que se inclina para mezclar bien la muestra. Esta se extiende con una espátula o listón de madera y se divide en 4 partes iguales, se elige una parte y se desecha las 3 restantes. Con la porción elegida se repite el proceso.

Seleccionar el juego de tamices que corresponda al tipo de material en estudio. Tomar cada tamiz y pesarlo para cálculos posteriores (Figura 4.2).



Figura 4.2 Pesado de los tamices para iniciar los ensayos granulométricos.

Pasar la muestra a través de una serie de tamices que varíen desde los diámetros mayores arriba hasta los diámetros inferiores abajo.

Colocar la serie de tamices en un agitador eléctrico automático y tamizar aproximadamente de 10 a 15 minutos.

Quitar la serie de tamices del agitador mecánico y obtener el peso del material que quedo retenido en cada tamiz. Sumar estos pesos y comparar el total con el peso total obtenido. Esta operación permite detectar cualquier pérdida de suelo durante el proceso de tamizado mecánico. Si se tiene una pérdida de más del 2% con respecto al peso original del residuo se considera que el experimento no es satisfactorio y por consiguiente debe repetirse.

4.6.3.3 Determinación de las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas del pozo

Una vez recolectadas las muestras de agua, se colocaron en una cava con hielo para ser preservados hasta su transporte a los laboratorios del Centro de Geociencias de la Universidad de Oriente en Bolívar, para sus respectivos análisis. La temperatura del agua y del ambiente fue medida in situ en cada estación de muestreo.

La metodología para determinar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos (Modificada de Abud, J. y Mora, F. 2003) fueron los siguientes:

- Análisis físico
- Temperatura

Método: Instrumental (Lectura Directa).

Equipo: Termómetro marca Hack, modelo 100/740.

Aplicación: Aguas minerales, tratadas, residuales, domésticas e industriales.

- Ph

Método: Instrumental (medición directa in situ).

Equipo: pHmetro Marca Hack. Modelo 100/740.

- Turbidez

Método: Instrumental (Nefelométrico).

Límite de detección: 0-100 unidades nefelométricas.

Instrumentos: Turbidímetro de Jackson, fuente de luz y tubos de muestras de vidrio claro y sin color.

Aplicación: en aguas naturales, tratadas, residuales, domésticas e industriales.

Reactivo: Agua exenta de turbiedad y Sulfato de hidracina.

Procedimiento de Captación: Analizar la muestra en menos de 19 horas. No almacenar las muestras durante bajos períodos. Conservar en lo oscuro y agitar rigurosamente antes de analizar.

- Análisis bacteriológicos
- Coliformes totales (número más probable, NMP)

Método: Tubos múltiples.

Equipo: Tubos de fermentación, Medidor de pH, Equipo de vidriería en general, Incubadoras, Baño de María, Aguja de incubación ligeramente curvada en la punta, Asa metálica estéril de 3 mm.

Reactivo: Caldo con lauril triptosa, Caldo lactosado de bilis verde brillante, Agar eosina, Azul de metileno, Oxalato de amonio cristal violeta, Yoduro de potasio, Agua destilada, Safranina, Alcohol etílico 95%, Acetona.

- Coliformes fecales (NMP)

Método: Tubos múltiples.

Equipo: Tubos de fermentación, Medidor de pH, Equipo de vidriería en general, Incubadoras, Baño de María, Aguja de incubación ligeramente curvada en la punta, Asa metálica estéril de 3 mm.

Reactivos: Caldo lactosado de bilis verde amarillenta, Lactosa, Triptona, Cloruro de sodio, Salicina, Tritón x-100 de la *Rohn and Haas Co*, Agua destilada.

- Análisis químico
- Oxígeno Disuelto (OD)

Método: Winkler-Titulación.

Límite de Detección: ± 50 mg/L.

Equipo: Botellas para el muestreo y la incubación de 300 ml y pipetas con punta alargada.

Aplicación: aguas naturales y residuales que no contengan nitrito de nitrógeno, ni hierro ferroso en altas concentraciones.

Reactivo: Sulfato de manganeso, Hidróxido de sodio, Yoduro y nitrato de sodio anhidro, Ácido sulfúrico, Almidón soluble, Cloroformo, Fluoruro de potasio 2H₂O, Tiosulfato de sodio 5H₂O, Biyodato y yoduro de potasio, Ácido sulfúrico 10%, Óxido de fenilarsina (PAO).

Procedimiento de captación: no permitir contacto de la muestra con aire, ni ser agitada. Usar una botella de Winkler de incubación de 300 ml. Captar en profundidad <1,5 ml. Para preservar agregar 2 ml. de sulfato manganoso y luego 2 ml. de yoduro-azida, o agregar 0,7 ml. de ácido sulfúrico concentrado. Para ambos casos almacenar de 10-20° C en lo oscuro.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Método: Incubación.

Límite de Detección: ,05 mg/L.

Equipo: Frascos de incubación de 250-300 ml. con tapa de asiento esmerilado, Incubación seca.

Aplicación: aguas naturales, desechos líquidos, domésticos e industriales.

Reactivos: Fosfato de potasio monobásico, Fosfato de potasio dibásico, Fosfato de sodio dibásico 7H₂O, Cloruro de amonio, Sulfato de magnesio 7H₂O, Cloruro de calcio, Cloruro férrico 6H₂O, Sulfito de sodio, Inhibidor de nitrificación, Glucosa, Ácido glutámico.

Procedimiento de captación: analizar prontamente la muestra, enfriándola a 4° C. si el análisis se va a realizar en las primeras 2 horas después de su captación, no se necesita enfriar. No analizar con más de 24 horas después de captada la muestra.

4.6.4 Análisis e interpretación de los resultados

Es la etapa final, donde en función de los resultados granulométricos se pudo elaborar la columna sedimentaria, además se determinó el ambiente de depositación de los sedimentos.

Con respecto a los valores físicos, químicos y bacteriológicos de las aguas del pozo; estos fueron comparados con los Límite máximo de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8, 9 10, 11 y 14 del decreto SG-018- 098 y se estableció la calidad del agua del pozo de la calle Victoria.

Una vez que se sintetizó la información de campo con la de laboratorio, se procedió a presentar las conclusiones que se han generado de la investigación, para cada objetivo específico.

CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

5.1 Descripción de las unidades litológicas atravesadas durante la perforación del pozo artesiano

Durante la perforación del pozo artesiano, ubicado en la Calle Victoria, Sector La Sabanita, se atravesaron 48 metros de rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Mesa (Figura 5.1).

El muestreo de esta columna y los análisis granulométricos permitieron diferenciar las diferentes unidades sedimentarias que luego sirvieron de base para definir los ambientes sedimentarios.



Figura 5.1 Secuencia de capas atravesadas durante la perforación del pozo. La punta del lápiz indica la cronología de depositación.

5.2 Determinación de la granulometría y el ambiente sedimentario de la arena acuífera

5.2.1 Determinación de la granulometría de la arena acuífera

Para la caracterización física de los sedimentos atravesados durante la perforación del pozo, se analizaron granulométricamente siete (7) muestras. Estas muestras fueron analizadas en los laboratorios de GEOCIENCIAS de la Universidad de Oriente.

5.2.1.1 Muestra desde la superficie hasta 14 m de profundidad

En la Tabla 5.1 se observan los datos granulométricos y su procesamiento en forma de curva granulométrica.

Tabla 5.1 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	7,15	2,76	2,76	97,24
40	0,425	21,17	8,17	10,93	89,07
60	0,250	45,36	17,50	28,43	71,57
100	0,150	110,32	42,56	70,99	29,01
200	0,075	75,19	29,01	100,00	0,00
PAN				100,00	
		259,19	100,00		100,00

En la Figura 5.2 se observa la curva granulométrica y los porcentajes de los materiales presentes; de tal manera que predominan las arenas finas en un 71.57 %; arenas medias en un 17.50 %, arenas gruesas 10.93 %. La fracción de materiales finos está ausente.

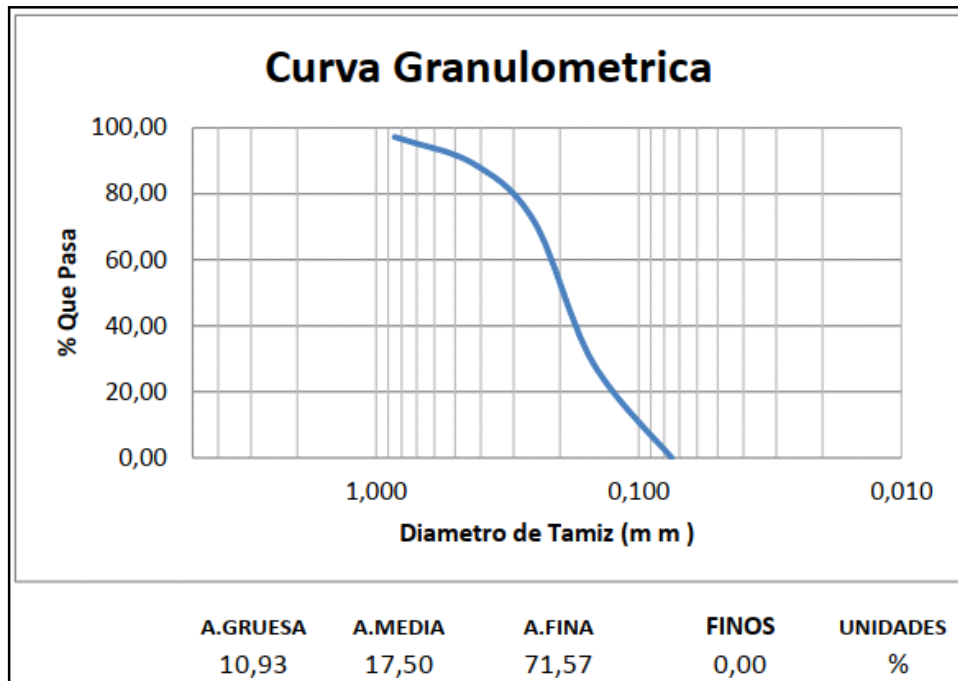


Figura 5.2 Curva granulométrica correspondiente al intervalo superficie-14 m de profundidad.

De acuerdo al Sistema de clasificación de suelo unificado, los materiales correspondientes a una arena fina a media.

5.2.1.2 Muestra desde las profundidades 14 m a 20 m

En la Tabla 5.2 se observan los datos granulométricos y su procesamiento en forma de curva granulométrica.

Tabla 5.2 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	3,36	2,26	2,26	97,74
40	0,425	12,46	8,39	10,66	89,34
60	0,250	39,14	26,36	37,02	62,98
100	0,150	73,17	49,28	86,30	13,70
200	0,075	20,34	13,70	100,00	0,00
PAN					
		148,47	100,00		100,00

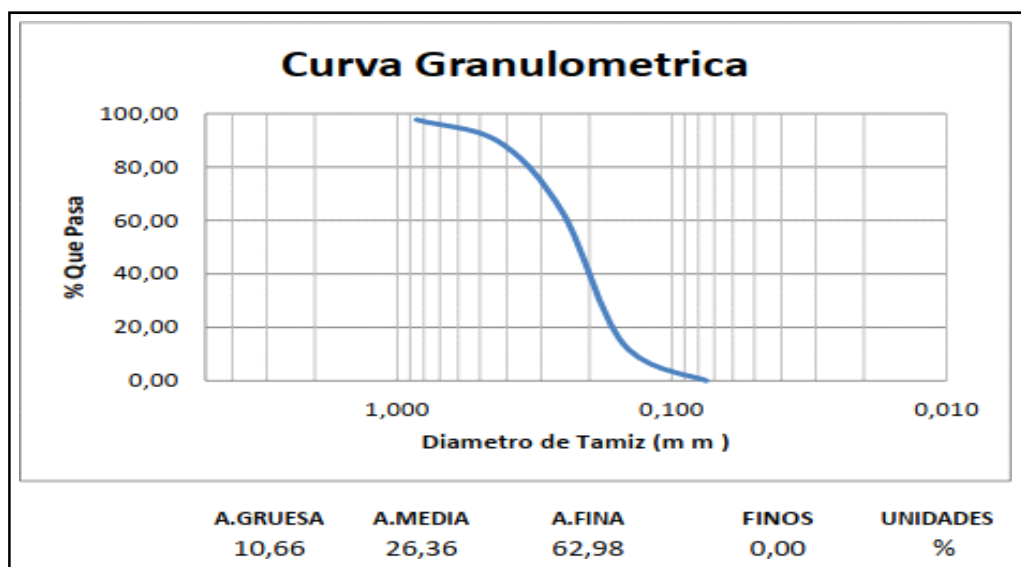


Figura 5.3 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 14 m a 20 m de profundidad.

En la Figura 5.3 se observa la curva granulométrica y los porcentajes de los materiales presentes; de tal manera que predominan las arenas finas en un 62.98 %; arenas medias en un 26.36 %, arenas gruesas 10.66 %. La fracción de materiales finos está ausente.

De acuerdo al Sistema de clasificación de suelo unificado, los materiales ensayados corresponden a una arena fina a media.

5.2.1.3 Muestra desde 20 m a 26 m de profundidad

En la Tabla 5.3 se observan los datos granulométricos y su procesamiento en forma de curva granulométrica.

Tabla 5.3 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	14,85	7,90	7,90	92,10
40	0,425	29,18	15,52	23,42	76,58
60	0,250	67,53	35,92	59,33	40,67
100	0,150	60,12	31,98	91,31	8,69
200	0,075	16,34	8,69	100,00	0,00
325				100,00	0,00
pan					
		188,02	100,00		100,00

En la Figura 5.4 se observa la curva granulométrica y los porcentajes de los materiales presentes; de tal manera que predominan las arenas finas en un 40.67 %; arenas medias en un 35.92 %, arenas gruesas 23.42 %. La fracción de materiales finos está ausente.

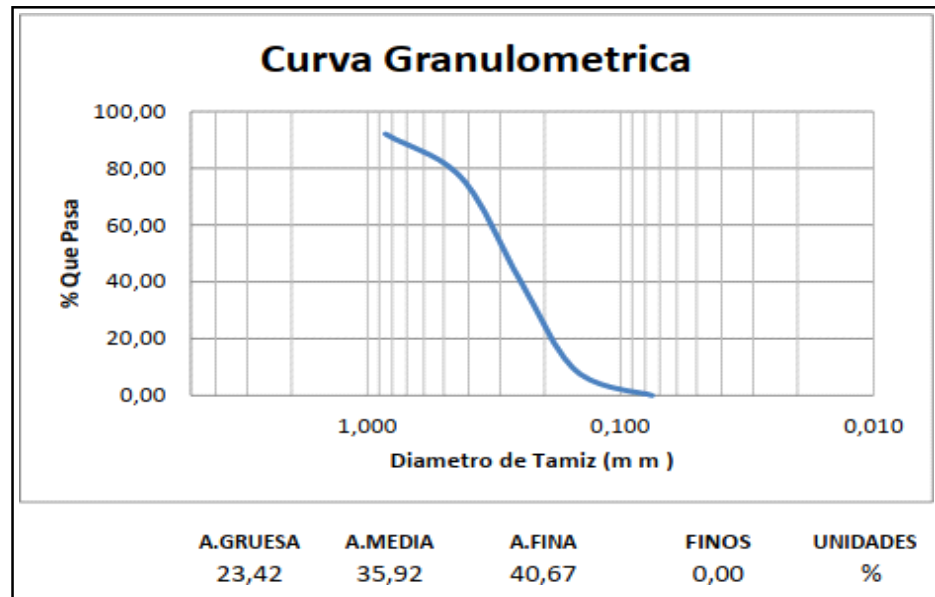


Figura 5.4 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 20 m a 26 m de profundidad.

De acuerdo al Sistema de clasificación de suelo unificado, los materiales analizados corresponden a una arena fina a media.

5.2.1.4 Muestra desde las profundidades 26 m a 30 m de profundidad

En la Tabla 5.4 se observan los datos granulométricos y su procesamiento en forma de curva granulométrica.

Tabla 5.4 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	3,36	2,26	2,26	97,74
40	0,425	12,46	8,39	10,66	89,34
60	0,250	39,14	26,36	37,02	62,98
100	0,150	73,17	49,28	86,30	13,70
200	0,075	20,34	13,70	100,00	0,00
PAN					
		148,47	100,00		100,00

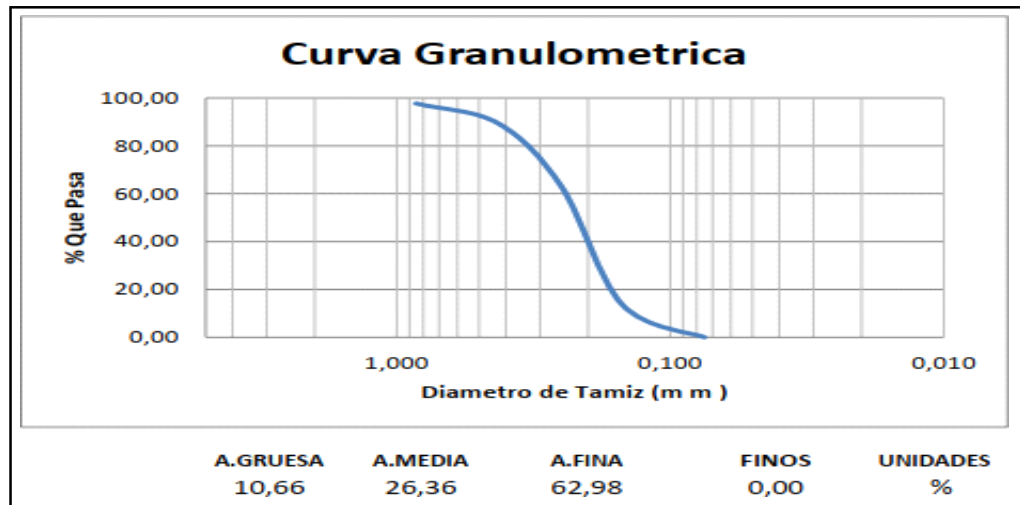


Figura 5.5 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 14 m a 20 m de profundidad.

En Figura 5.5 se observa la curva granulométrica y los porcentajes de los materiales presentes; de tal manera que predominan las arenas finas en un 62.98 %; arenas medias en un 26.36 %, arenas gruesas 10.66 %. La fracción de materiales finos está ausente.

De acuerdo al Sistemas de clasificación de suelo unificado, los materiales ensayados corresponden a una arena fina a media.

5.2.1.5 Muestra desde 30 m a 34 m de profundidad

En la Tabla 5.5 se observan los datos granulométricos y su procesamiento en forma de curva granulométrica.

Tabla 5.5 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	5,02	2,57	2,57	97,43
40	0,425	14,28	7,30	9,87	90,13
60	0,250	25,13	12,85	22,71	77,29
100	0,150	112,56	57,54	80,26	19,74
200	0,075	38,62	19,74	100,00	0,00
PAN					
		195,61	100,00		100,00

En Figura 5.6 se observa la curva granulométrica y los porcentajes de los materiales presentes; de tal manera que predominan las arenas finas en un 77.29 %; arenas medias en un 12.85 %, arenas gruesas 9.87 %. La fracción de materiales finos está ausente.

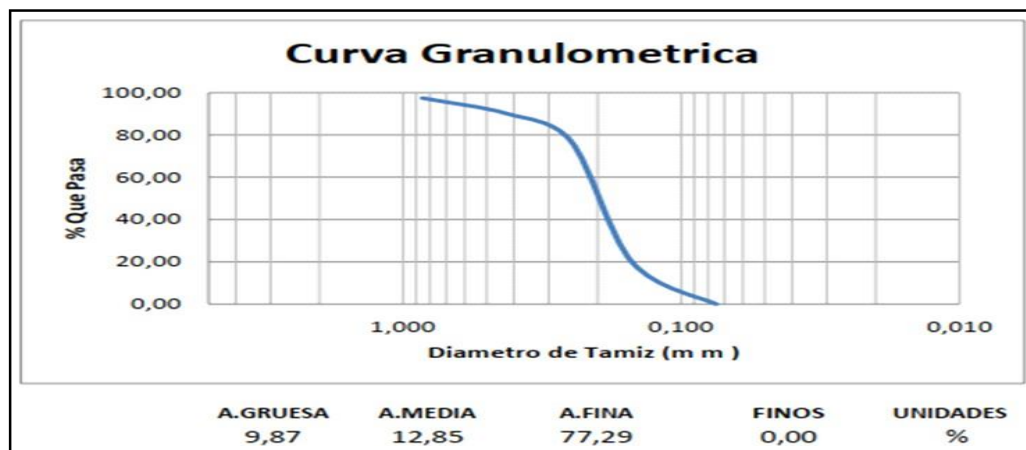


Figura 5.6 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 30 m a 34 m de profundidad.

De acuerdo al Sistema de clasificación de suelo unificado, los materiales analizados corresponden a una arena fina a media.

5.2.1.6 Muestra desde 34 m a 36 m de profundidad

En la Tabla 5.6 se observan los datos granulométricos y su procesamiento en forma de curva granulométrica.

Tabla 5.6 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	3,10	1,64	1,64	98,36
40	0,425	9,18	4,87	6,51	93,49
60	0,250	27,15	14,39	20,90	79,10
100	0,150	89,63	47,51	68,41	31,59
200	0,075	46,34	24,56	92,97	7,03
325	0,045	12,25	6,49	99,46	0,54
pan		1,02	0,54	100,00	0,00
		188,67	100,00		100,00

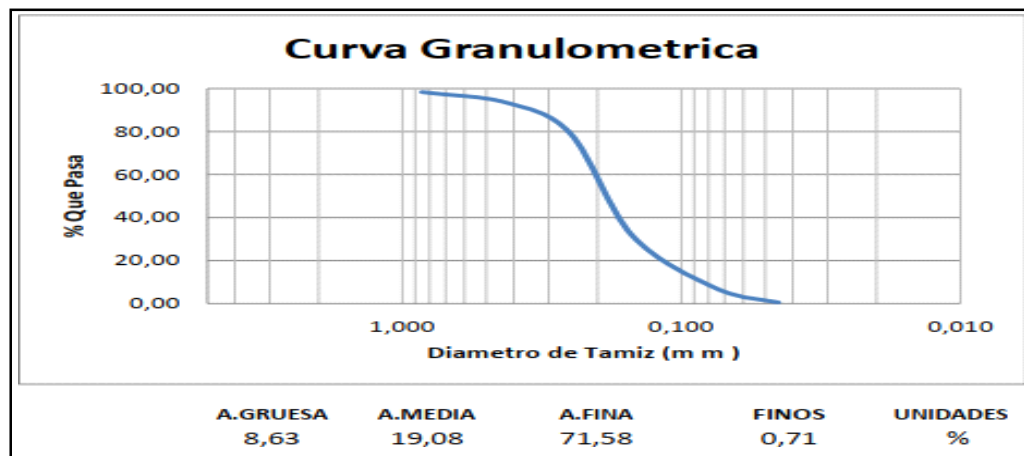


Figura 5.7 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 34 m a 36 m de profundidad.

En la Figura 5.7 se observa la curva granulométrica y los porcentajes de los materiales presentes; de tal manera que predominan las arenas finas en un 71.58 %; arenas medias en un 19.08 %, arenas gruesas 8.63 %. La fracción de materiales finos representa el 0.71 %.

De acuerdo al Sistema de clasificación de suelo unificado, los materiales analizados corresponden a una arena fina a media, sucias

5.2.1.7 Muestra desde 36 m a 40 m de profundidad

En la Tabla 5.7 se observan los datos granulométricos y su procesamiento en forma de curva granulométrica.

Tabla 5.7 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	4,01	2,12	2,12	97,88
40	0,425	11,30	5,97	8,09	91,91
60	0,250	25,82	13,64	21,73	78,27
100	0,150	81,37	42,99	64,73	35,27
200	0,075	51,08	26,99	91,72	8,28
325	0,045	13,52	7,14	98,86	1,14
pan		2,16	1,14	100,00	0,00
		189,26	100,00		100,00

La Figura 5.8 muestra la curva granulométrica y los porcentajes de los materiales presentes; de tal manera que predominan las arenas finas en un 69.98 %; arenas medias en un 13.64 %, arenas gruesas 8.09 %. La fracción de materiales finos representa el 8.28 %.

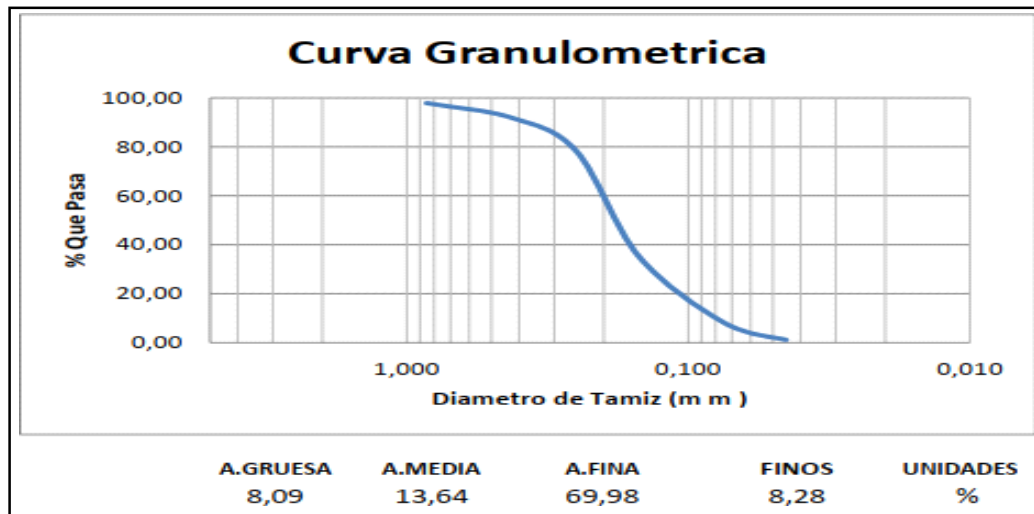


Figura 5.8 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 36 m a 40 m de profundidad.

De acuerdo al Sistema de clasificación de suelo unificado, los materiales analizados corresponden a una arena fina a media sucia.

5.2.1.8 Muestra desde 40 m a profundidad final

En la Tabla 5.8 se observan los datos granulométricos y su procesamiento en forma de curva granulométrica.

Tabla 5.8 Distribución de los materiales presentes en la muestra de sedimentos.

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
10	2,000	9,36	5,23	5,23	94,77
20	0,850	21,35	11,94	17,17	82,83
40	0,425	48,50	27,12	44,30	55,70
60	0,250	78,39	43,84	88,14	11,86
100	0,150	20,16	11,27	99,41	0,59
PAN		1,05	0,59	100,00	0,00
		178,81	100,00		100,00

En Figura 5.9 se observa la curva granulométrica y los porcentajes de los materiales presentes; de tal manera que predominan las arenas gruesas en un 44.30 %; arenas medias en un 43.84 %, arenas finas 11.86 %. La fracción de materiales finos no se encuentra .ausente.

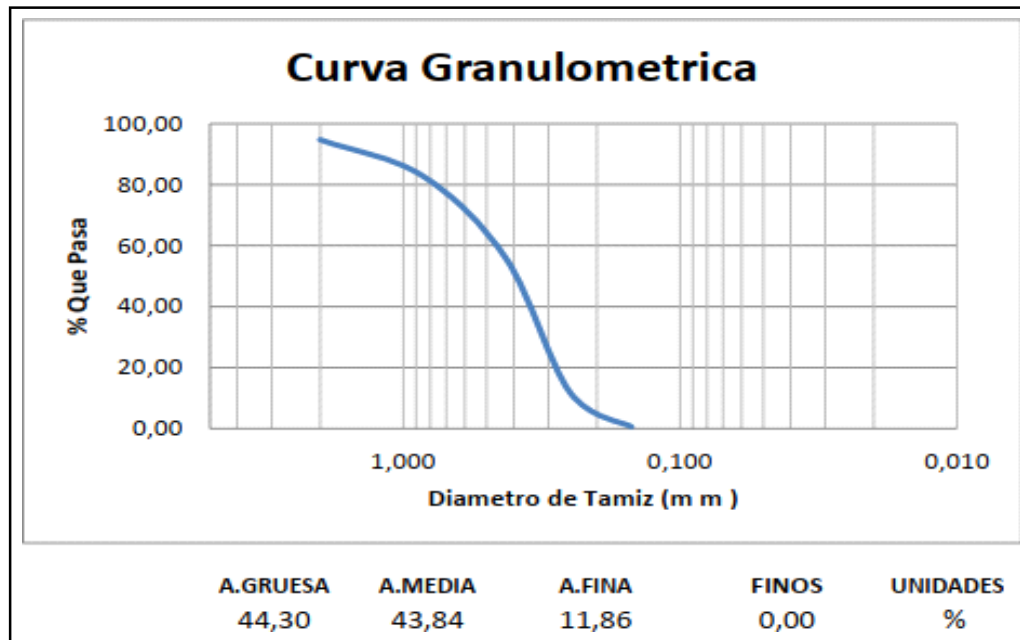


Figura 5.9 Curva granulométrica correspondiente a las profundidades desde 40 m a 48 m de profundidad.

De acuerdo al Sistema de clasificación de suelo unificado, los materiales analizados corresponden a una arena gruesa a media.

5.2.1.9 Resumen granulométrico de las muestras del Pozo de la Calle Victoria

En la Tabla 5.9 se hace un resumen de las granulometrías perforadas con el pozo de la Calle Victoria.

Tabla 5.9 Porcentajes de materiales perforados.

Profundidad (m)	% arena gruesa	% arena media	% arena fina	% limos y arcillas	Nomenclatura según Sistema Unificado
0-14	10.93	17,50	71.57	0.00	
14-20	10.66	26.36	62.98	0.00	
20-26	23.42	35.92	40.67	0.00	Arenas de grano fino a medio
26-30	10.66	26,36	62.98	0.00	
30-34	9.87	12.85	77.29	0.00	
34-36	8.63	19.08	71.58	0.71	Arena de grano fino a medio, algo arcillosa
36-40	8.09	13.64	69.98	8.28	
40-48	44.30	43.84	11.86	0.00	Arenas de grueso a medio

De la Tabla 5.9 se concluye que predomina la facies de arenas limpias, con poca arcilla.

5.2.2 Determinación del ambiente sedimentario de la arena acuífera

Durante la perforación del pozo de la Calle Victoria, se observaron secuencias sedimentarias de ambiente transicional progradacionales, que pertenecen a la Formación Mesa, constituidas por una secuencia de facies arenosas, la cual constituye el frente deltaico definido por barras de desembocaduras y barras laminares, cuyos canales distributarios principales avanzaron sobre el basamento erosionado de Imataca (Figura 5.10).

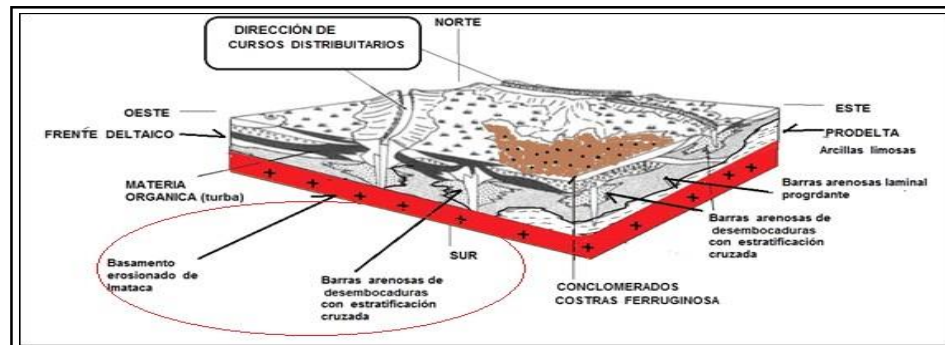


Figura 5.10 Modelo de sedimentación fluviodeltaica de la zona de estudio (Petijohn, F. 1957).

Durante el seguimiento geológico de la perforación se observó, en la base arenas gruesas gravosas. A partir de la base, la secuencia se hace granodecreciente y en el tope predomina una fracción grano fino de arcilla arenosa. Las facies arenosas se presentan con variables colores desde violáceos, amarillentos, blanquecinos y negruzcos; la variación de colores indica distintos niveles de oxidación de los minerales en este estrato. Los espesores promedio medidos varían entre 2 metros y 8 metros (Figura 5.11).

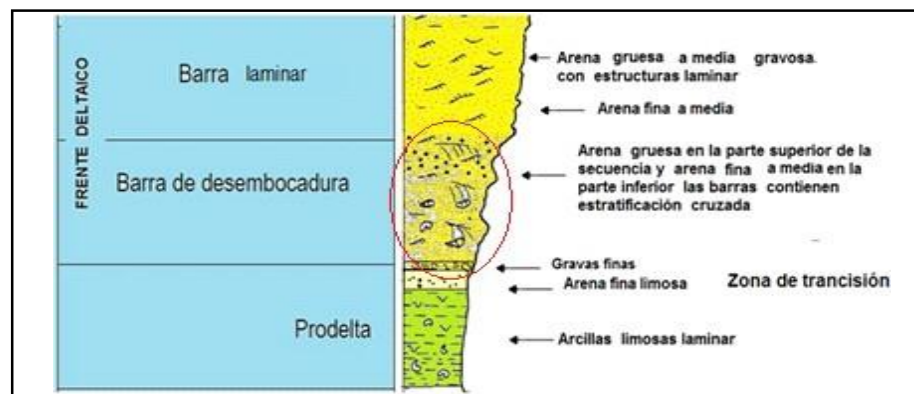


Figura 5.11 Modelo de la secuencia progradacional sedimentaria del avance deltaico (Petijohn, F. 1957).

5.3 Determinación de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas de la arena acuífera del pozo y su calidad, mediante la comparación con la norma sanitaria de agua potable

En la evaluación de los aspectos físico químicos de las muestras se tomaron los métodos especificados en el Standard Methods for the examination of wáter and wastewater, 2005; y las Normas COVENIN, aceptadas por el Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS), en Venezuela. Para su valoración se tomó como referencia los límites establecidos en los artículos No. 8,9,10,11 y 14 del decreto SG-018-098, extraordinario que emitió el MPPS; el cual establece los aspectos que deben presentar este tipo de agua, específicamente, las destinadas a consumo humano.

5.3.1 Parámetros físicos

Los resultados de los parámetros físicos: turbidez, temperatura ambiente y temperatura del agua, determinados para cada muestra colectada.

La Tabla 5.10 resume los valores obtenidos para las mediciones de los parámetros físicos realizados a las muestras de agua de la cuenca del morichal La Poza.

Tabla 5.10 Parámetros químicos evaluados en muestras de agua del pozo de la Calle Victoria.

Parámetro evaluado	Valor obtenido	Límite máximo de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8, 9 10, 11 y 14 del decreto SG-018- 098
pH	7.24	6.0-8.5
Turbiedad	0.20	< 5 UTN
Color	1.00	< 5 Pt-co
Olor	Ausente	Ausente

5.3.1.1 Turbidez

Los resultados de turbidez oscilaron entre de 110 UNT, hacia las nacientes y 120 UNT, hacia la parte media de la cuenca y los mismos fueron obtenidos durante la época de lluvia, a lo largo del recorrido de la cuenca.

Al revisar este intervalo de turbidez, con el rango permitido de 250 UNT, como proporción aceptable según decreto N° 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 11 de octubre de 1995), se concluye que el parámetro turbidez está dentro de los límites establecidos por la norma.

5.3.2 Parámetros químicos

Analizando los valores de los diferentes parámetros químicos estudiados en este trabajo, se encontraron los siguientes resultados (Tabla 5.11).

Tabla 5.11 Parámetros químicos evaluados en muestras de agua del pozo de la Calle Victoria.

Parámetro evaluado	Valor obtenido	Límite máximo de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8, 9 10, 11 y 14 del decreto SG-018- 098
Alcalinidad Total	5.32	< 250 mg/l
Dureza Total	5.98	< 250 mg/l
Dureza cálcica	4.30	< 250 mg/l
Dureza Magnésica	1.67	< 250 mg/l
Calcio	1.72	< 75 mg/l
Magnesio	0.66	30 mg/l
Aluminio	< 0.05	< 0.3 mg/l
Manganeso Total	< 0.01	< 0.5 mg/l

Continuación de la Tabla 5.11

Hierro Total	0.05	< 0.3 mg/l
Sodio	5.98	< 200 mg/l
Nitratos	0.06	< 10 mg/l
Nitritos	0.001	<0.005 mg/l
Sulfatos	0.01	< 500 mg/l
Cloruros	4.05	< 300 mg/l
Solidos disueltos	23	< 90 mg/l

5.3.2.1 Elementos trazas

También se analizaron las concentraciones presentes en el agua de los elementos trazas Ar, Co, Cd, Cr, Se, Hg, Ba y B (Tabla 5.12).

Tabla 5.12 Elementos trazas evaluados en muestras de agua del pozo de la Calle Victoria.

Parámetro evaluado	Valor obtenido	Límite máximo de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8 ,9 10 ,11 y 14 del decreto SG-018-098
Arsénico	< 0.001	< 0.05 mg/l
Cobre	< 0.001	< 0.20 mg/l
Cadmio	< 0.001	< 0.01 mg/l
Cromo	< 0.001	<0.05 mg/l
Selenio	< 0.001	< 0.01 mg/l
Mercurio	< 0.001	< 0.001 mg/l
Bario	< 0.001	< 1.0 mg/l
Boro	< 0.001	<1.0 mg/l

De la Tabla 5.12 se observa que las concentraciones de los elementos trazas medidos son inferiores a los límites máximos de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8, 9, 10, 11 y 14 del decreto SG-018-098.

5.3.3 Parámetros bacteriológicos

Los resultados arrojados por los análisis bacteriológicos son mostrados en la Tabla 5.13.

5.3.3.1 Coliformes fecales y coliformes totales

Los valores de los coliformes fecales, al igual que el de los coliformes totales fueron nulos, o sea que ambos tipos de coliformes estuvieron ausentes en la muestra.

Tabla 5.13 Valores de los coliformes en la muestra de agua recolectada del pozo.

Parámetro evaluado	Valor obtenido	Límite máximo de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8, 9, 10, 11 y 14 del decreto SG-018-098
Coliformes Totales	Ausentes	Ausentes
Coliformes fecales	Ausentes	Ausentes

De la Tabla 5.13 se observa que el agua extraída del pozo de la Calle Victoria está libre de microorganismos.

En conclusión, las aguas extraídas del pozo perforado en la calle Victoria cumple con todos los parámetros sanitarios establecidos para su venta como agua potable (Figura 5.12).



Figura 5.12 Vista del llenado de un envase con agua del pozo de la Calle Victoria.

5.4 Establecimiento de la columna sedimentaria atravesada durante la perforación del pozo artesiano de la Calle Victoria




En la Tabla 5.14 se muestra la columna sedimentaria descrita a lo largo de la perforación del pozo de la Calle Victoria.

La secuencia se inicia en la base con una arena gravosa multicolor, de 8 m de espesor. Suprayacente se depositó una arena suelta de 4 m, color beige, pobremente cementada, de grano muy fino. Suprayacente ocurre un cambio de facies hacia arcilla arenosa, de matriz arcillosa, granular suelta, de 2 m, de color marrón claro, no consolidada. Seguidamente se depositaron 4 m de arena de grano fino, pobremente cementada.




Seguidamente se depositó una arena suelta de grano medio, de 4 m, con fragmentos de cuarzos amarillentos y cristalinos. Suprayacente, se depositó una arena Fina, de 6 m de espesor, color amarillo ocre, con fragmentos de cuarzo cristalinos. A continuación se observó una arena suelta de grano muy fino, color amarillo ocre, subangulosa, de 6 m de espesor, con clastos de cuarzo amarillentos y transparentes.

Finalmente, en el tope se observó una arcilla arenosa de color rojo anaranjado, matriz arcillosa, con clastos de cuarzos cristalinos (ANEXO 1).


Tabla 5.14 Columna sedimentaria descrita a lo largo de la perforación del pozo de la Calle Victoria.

Prof (m)	Espesor (m)	Imagen	Litología	Descripción
14	Superficie		Arcilla arenosa	Sedimentos de color rojo anaranjado, matriz arcillosa, con clastos de cuarzos cristalinos y lechosos, subangulosos, de diámetro máximo 2 mm, cemento arcilloso, pobremente cementada, con partículas de óxidos de hierro y fragmentos de cuarzo.
20	6		Arena de grano muy fino	Arena suelta de grano muy fino, color amarillo ocre, subangulosa, con clastos de cuarzo amarillentos y transparentes. Partículas diseminadas de óxidos de hierro y feldespato.
26	6		Arena de grano fino	Arena suelta, de grano fino, color amarillo ocre, con fragmentos de cuarzo cristalinos y amarillentos, redondeado a subredondeado. También se observan fragmentos de rocas.

Continuación Tabla 5.14

30	4		Arena de grano medio	<p>Arena suelta de grano medio, con fragmentos de cuarzos amarillentos y cristalinos, subredondeados y subangulosos. También se observaron fragmentos de rocas y partículas de óxidos de hierro.</p>
34	4		Arena arcillosa	<p>Arena de grano fino, pobremente cementada, color amarillo ocre, con de granos de cuarzo amarillentos y transparentes, subangulosos y subredondeados y fragmentos de rocas.</p>
36	2		Arcilla arenosa	<p>Arcilla arenosa, de matriz arcillosa, granular suelta, de color marrón claro, no consolidada, consistencia blanda. Los clastos son de arena.</p>
40	4		Arena de grano muy fino	<p>Arena suelta, color beige, pobremente cementada, de grano muy fino, bien seleccionada, partículas redondeadas y subredondeadas.</p>

Continuación Tabla 5.14

48	8		Arena gravosa Arena gravosa multicolor, con fragmentos subredondeados y subangulosos de cuarzo lechoso, cuarzo cristalino, partículas de óxidos de hierro y de rocas.
----	---	---	---

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La litología de la Formación Mesa atravesada durante la perforación del pozo artesiano ubicado en la Calle Victoria, de la Sabanita, es un complejo ambiente transicional progradante, localmente se observa que la parte inferior de la facies es arenosa de estructura laminar y la parte intermedia y el tope es arcillo arenosa.

2. De acuerdo a los análisis granulométricos, las muestras de sedimentos recolectadas durante la perforación del pozo, corresponden mayoritariamente a arenas de grano fino a medio; con una con porcentajes promedios entre 40,67 % y 77.29 % de arena fina, 12.85 % y 43.84 % de arena media y 8.63 % y 44.30 % de arena gruesa.

3. La muestra que corresponde al intervalo 40 m a 48 m, es una arena de grano gruesa, con 8 m de potencia, la cual a la hora de la prueba de caudal estaba completamente llena de agua.

4. El ambiente de depositación está constituido por el frente deltaico de facies arenosas laminares y barras de desembocaduras de canal y por un ambiente prodeltaico definido por un ambiente paludal, correspondiente a sedimentos arenosos finos y arcillo limosos respectivamente. Tanto las facies arenosas del frente deltaico como las facies de ambiente paludal avanzaron sobre el basamento erosionado de Imataca.

5. Los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos determinados en una muestra de agua y su comparación con los límites máximo de las normas sanitarias de calidad de agua potable MPPS, artículos No. 8, 9, 10, 11 y 14 del decreto SG-018098 indican que los valores de los parámetros se encuentran por debajo del valor de la norma.

6. La columna estratigráfica del pozo de la calle Victoria, se hizo con los análisis granulométricos de las muestras recolectadas. La profundidad total del pozo fue de 48 m, de los cuales, los últimos 8 están llenos de agua.

Recomendaciones

1. Dosificar la extracción de agua para la venta, de manera que se racione el acuífero. De igual forma, controlar la perforación de otros pozos.

2. Mantener un monitoreo constante de las aguas del acuífero, para prevenir contaminaciones o reducción de los caudales.

3. Efectuar estudios geofísicos geoelectrónicos para cartografiar la secuencia arenosa y arcillo limosa, para correlacionar los estratos arenosos lateralmente y que puedan servir como guía para la perforación de futuros pozos.

REFERENCIAS

Abud, J. y Mora, V. (2003) **CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SAN RAFAEL EN LA ÉPOCA DE SEQUÍA Y LLUVIA (2000-2002), CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de ascenso inédito, Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra y Ciencias de la Salud, p p 23-56.

Aguirre P., López C., y Palmer Y. (1992), **DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SAN RAFAEL, BUENA VISTA, CAÑAFÍSTOLA, OROCOPICHE Y MARHUANTA**, trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente, Escuela de Geología y Minas, p p 17-69.

Amoros, J. y García, F. (1979) **GEOLOGÍA.** Manuales de orientación universitaria Anaya, España. Pp 482.

Arias, F. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA.** (5° Edición). Espisteme, CaracAguirre P.as, Venezuela.

Balestrini, M. (2002). **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** Consultores Asociados, Caracas, Venezuela.

Blanco, L. (1991) **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOHIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFISTOLA**, trabajo de grado inédito, Ciudad Bolívar: Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, p p 18-74.

C.V.G Técnica Minera C.A (1991). **INFORMA DE AVANCE NC-20-14 Y NB-20-2, CLIMA, GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELO, VEGETACION.** C.V.G TECNICA MINERA. Tomo I y II Pp 5-440.

Departamento de Geología (2004) **GUÍA PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**, Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar.

Fajardo, Brainer y Rebolledo, Germania (2005). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA FORMACIÓN MESA EN LA ZONA ALTA DE CIUDAD BOLÍVAR EN LOS BARRIOS NUEVA GUAYANA, JERUSALEN Y URBANIZACIÓN LAS BETRICES.** Trabajo de Grado Universidad de Oriente, Escuela Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Pp 8-46.

Freites José y Mastropietro Nicola (2011). **INFORME INEDITO EXPLORACIÓN DE DEPÓSITOS DE ARCILLAS EN CIUDAD BOLÍVAR MUNICIPIO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR.** Instituto Autónomo Minas Bolívar

González, de Juana C. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS.** Tomo I. Ediciones Fonives. Caracas-Venezuela. Pp 33-38, 712-714.

González Ojeda (2007). **CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS ARENAS DE MINA PRESENTE EN LOS FUNDOS MI RÓCHELA Y LOS PALOS GRANDES, UBICADOS EN LA JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO AUTÓNOMO HERES DEL ESTADO BOLÍVAR, CON FINES DE DETERMINAR SU USO EN LA PREPARACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICAS.** Trabajo Final de Grado para optar título de Geólogo. Universidad de Oriente. Bolívar, Escuela Ciencias de la Tierra, Ciudad Bolívar, Venezuela, Pp 4-32.

Gutiérrez, E y Pérez, K. (2001) **CARACTERIZACION GEOLÓGICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SAN RFAEL, SANTA BARBARA Y BUENA VISTA, EN CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado. Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias de la Tierra. Inedito, p.p 22-67.

Macabril, M. y Serrano, A. (2010). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA E HIDROLÓGICA DE LA CUENCA ALTA A MEDIA DEL RÍO SAN RAFAEL, CON FINES DE ORDENAMIENTO URBANÍSTICO Y MEJORAS. MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR.** Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar, trabajo de grado.

Mendoza Sánchez, Vicente (Dr.) (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO).** Minera Hecla Venezolana, C.A. VP Asuntos Mineros. Ciudad Bolívar-Venezuela. Pp.34-51.

Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos (1995). **GACETA OFICIAL EXTRAORDINARIA N° 5.021.** 18 de diciembre de 1995, Decreto N° 883.

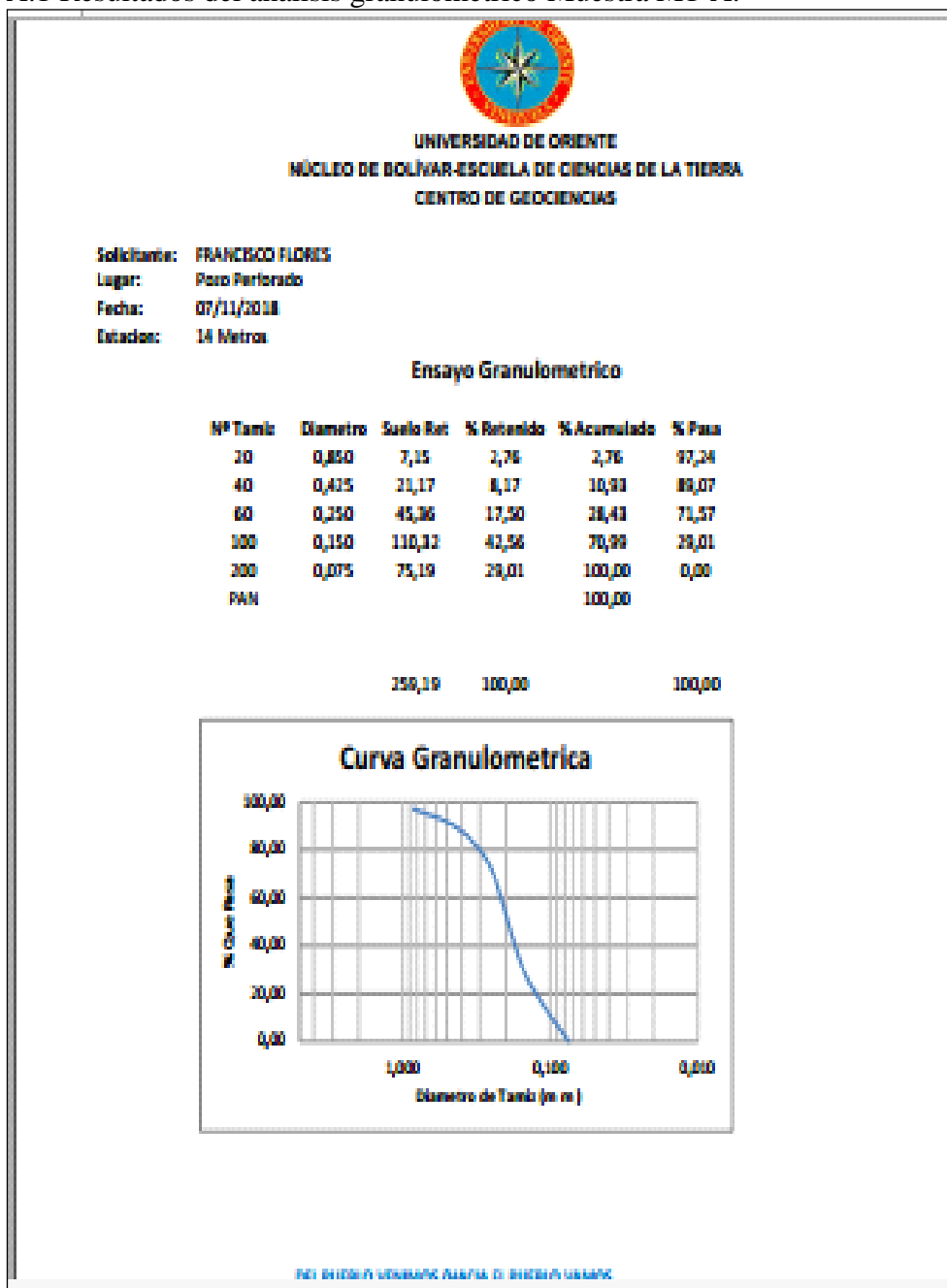
Petijohn, F.J. (1.957). **SEDIMENTARY ROCKS.** Tercera Edición Harper&Row, New York.

The National Sanitation Foundation-NSF International, (2003) **WATER QUALITY INDEX**. Consulta el 10 de Julio de 2018 [www.nsfconsumer.org/environment/wqi.asp.]

APÉNDICES

APÉNDICE A
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MUESTRAS DE ARENAS
Y ARCILLAS

A.1 Resultados del análisis granulométrico Muestra M1-A.



A.2 Resultados del análisis granulométrico Muestra M1-B.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR-ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

Solicitante: FRANCISCO FLORES

Lugar: Pozo Perforado

Fecha: 07/11/2018

Estación: 20 Metros

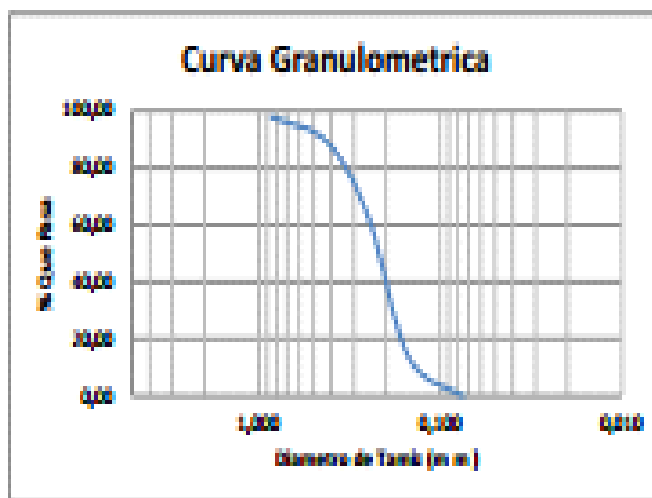
Ensayo Granulométrico

Nº Tamiz	Diametro	Caste Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	3,36	3,36	3,36	96,74
40	0,425	12,46	8,10	10,66	89,34
60	0,250	30,14	26,36	37,00	62,98
100	0,150	73,17	49,28	86,30	13,70
200	0,075	80,34	13,70	100,00	0,00
PAN					

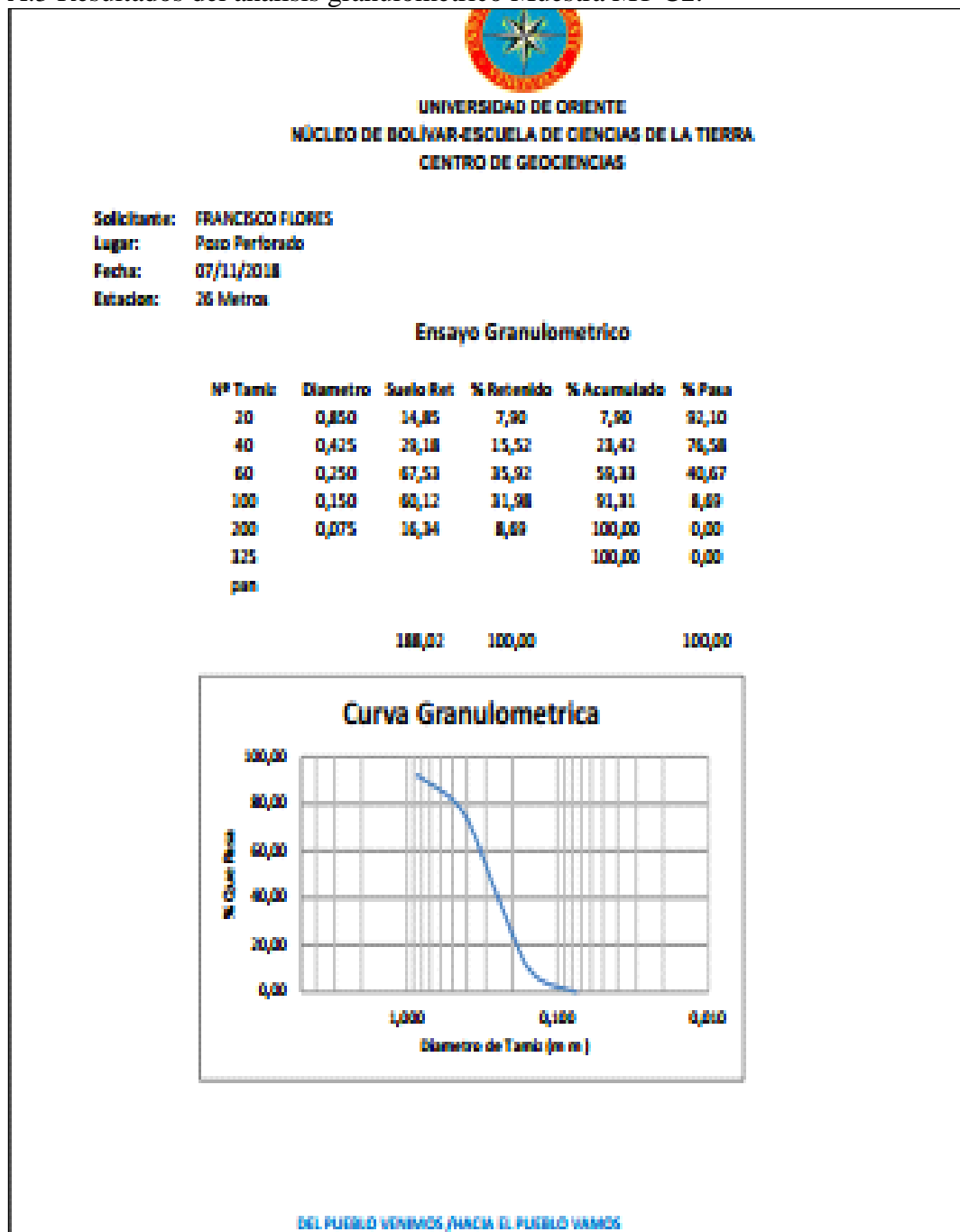
148,47

100,00

100,00



A.3 Resultados del análisis granulométrico Muestra M1-C2.



A.4 Resultados del análisis granulométrico Muestra M3.



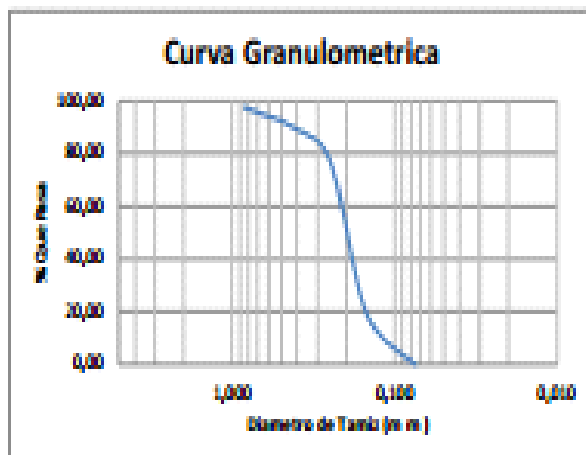
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR-ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

Solicitante: FRANCISCO FLORES
Lugar: Pozo Perforado
Fecha: 07/11/2018
Estación: 30 Metros

Ensayo Granulométrico

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret.	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	5,02	2,57	2,57	97,43
40	0,425	14,28	7,30	9,87	90,13
60	0,250	25,13	12,85	22,71	77,29
100	0,150	112,56	57,54	80,26	19,74
200	0,075	38,62	19,74	100,00	0,00
PAN					

195,61 100,00 100,00



A.5 Resultados del análisis granulométrico Muestra M8.

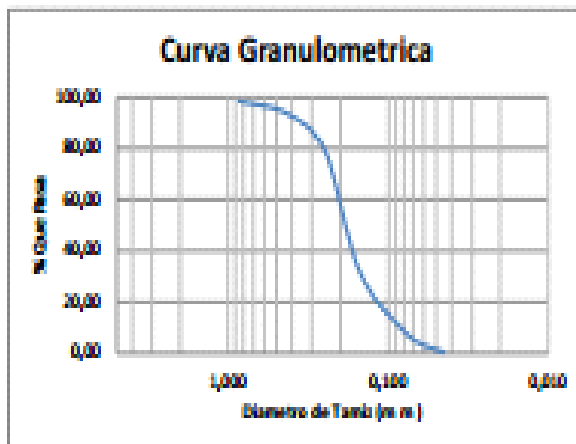


UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR-ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

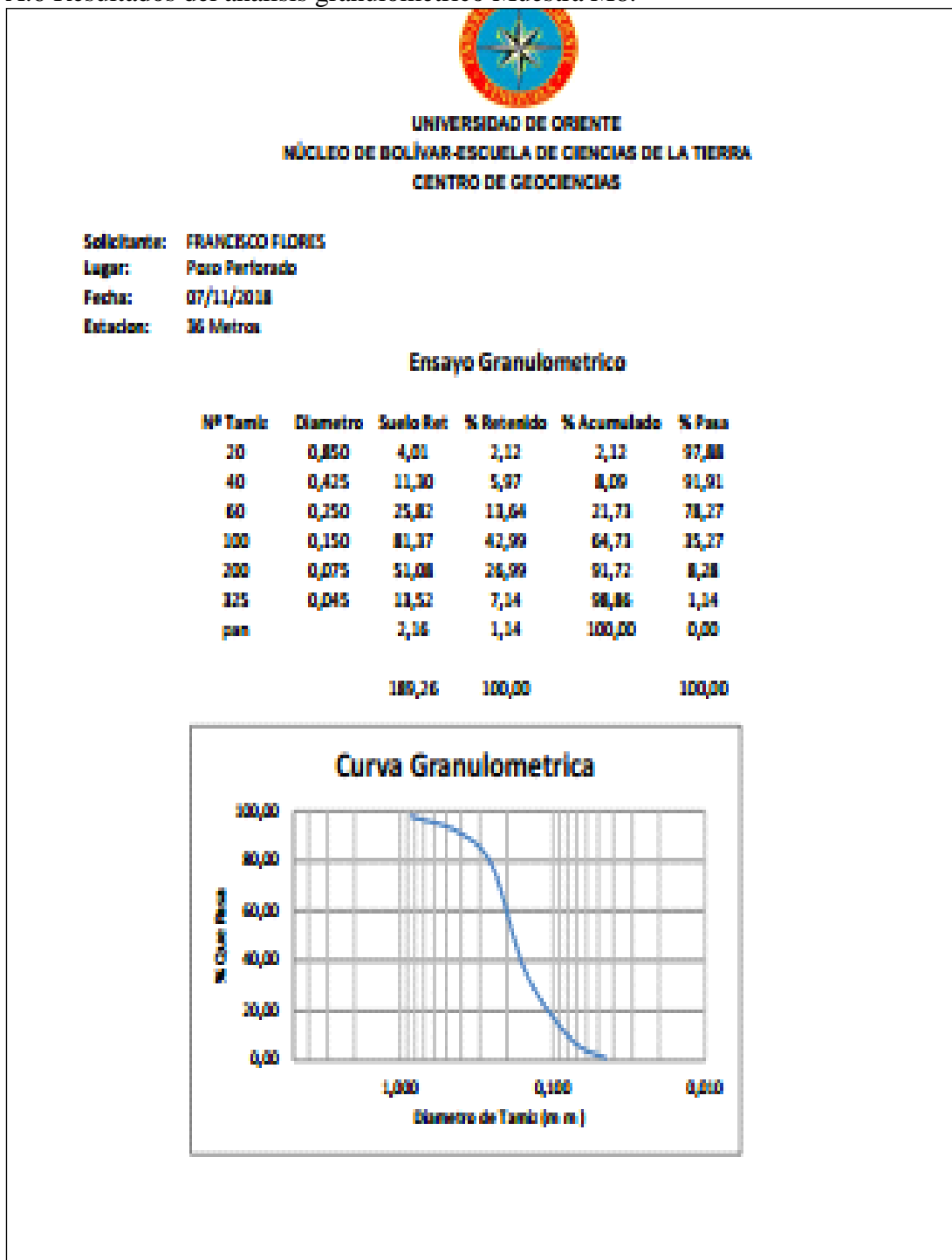
Solicitante: FRANCISCO FLORES
Lugar: Pozo Perforado
Fecha: 07/11/2018
Estado: 34 Metros

Ensayo Granulométrico

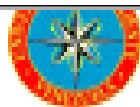
Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret.	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
20	0,850	1,10	1,64	1,64	98,36
40	0,425	5,18	4,87	6,51	93,49
60	0,250	27,15	14,39	20,90	79,10
100	0,150	89,63	47,51	68,41	31,59
200	0,075	46,34	24,56	93,97	7,00
325	0,045	12,25	6,49	96,46	0,54
pan		1,02	0,54	100,00	0,00
		188,67	100,00		100,00



A.6 Resultados del análisis granulométrico Muestra M8.



A.7 Resultados del análisis granulométrico Muestra M9.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR-ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CENTRO DE GEOCIENCIAS

Solicitante: FRANCISCO FLORES
Lugar: Pozo Perforado
Fecha: 07/11/2018
Estación: 40 Metros

Ensayo Granulométrico

Nº Tamiz	Diametro	Suelo Ret	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
10	2,000	9,36	5,23	5,23	94,77
20	0,850	21,35	11,94	17,17	82,83
40	0,425	48,50	27,12	44,30	55,70
60	0,250	78,39	43,84	88,14	11,86
100	0,150	30,16	11,27	99,41	0,59
PAH		1,05	0,59	100,00	0,00
		178,81	100,00		100,00

