

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DE LA CUENCA DE
TAGUANES, TINAQUILLO ESTADO COJEDES**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al título
de Ingeniero Geólogo
Por el Br. Padrón, Carlos Alberto

CARACAS, noviembre de 2002

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DE LA CUENCA DE TAGUANES, TINAQUILLO ESTADO COJEDES

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Olga Rey
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Simón Rodríguez

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al título
de Ingeniero Geólogo
Por el Br. Padrón, Carlos Alberto

CARACAS, noviembre de 2002

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado al Profesor **Omar Rojas**, quien en vida se ocupó de enseñar en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, desinteresadamente y con una gran pasión por su trabajo, dejando huellas imborrables para quienes lo recuerdan con mucho cariño. Muchas gracias donde quiera que este Profesor Omar..

A Dios Todopoderoso,
A mi Padres y a mi Esposa,
A todos..

Muchas Gracias.....

A Dios, por haberme dado vida, salud y fuerzas para seguir adelante en los momentos difíciles.

A mis padres, Zulay y Carlos, que en todo momento de mi vida me han apoyado y son parte de este sueño realizado. Los quiero mucho...

Maferefun Bogbo Egun, Maferefun Bogbo Orisha, Maferefun Olofi, Maferefun Baba Elegua todos los días de mi vida, Maferefun Orula, Iboru, Iboya, Ibochiche. A todos mis Egun familiares.

A mi esposa, mi inspiración y parte de mi vida, muchas gracias por creer en mi.

A toda mi familia, mis hermanos Jhonny, Carolina y Javier “ les dedico este trabajo para que les sirva de estímulo”, mi abuela Modesta, mis tíos, primos, mis suegros, mis cuñados, a todos muchas gracias por su apoyo.

A mi madrina Carmen, mi padrino Remigio, mi madrina Liannys, desde que los conozco me han ofrecido su cariño y su apoyo incondicional, muchas gracias por haber aparecido en mis sueños...

A la señora Teresa y la Señora Miguelina, el tiempo que estuve en su casa me sentí como uno más de la familia y hasta las quiero como mis abuelas, muchas gracias por sus atenciones y por su cariño.

A todos los miembros que integran el equipo de trabajo de la mejor biblioteca de la UCV, la señora Morela, el ahora Ingeniero Eduardo Castillo y todos los estudiantes pasantes de la biblioteca.

A todos mis compañeros de promoción, mis compañeros y profesores del Núcleo de Ingeniería Cagua, Profesor Ennodio “Reina, sus consejos fueron muy valiosos”, Profesor Juan Serrano, las profesoras Isabel y Rebeca, los profesores Sánchez, Uvieda, Retamozo, Señor Manuel, Sierra, muchas gracias a todos.

A mis compañeros, Nancy Escorihuela, José Rondón (El Flaco), José Paredes, Néstor Domínguez (Rascabucho), Alex Olivo, Orlando Rivero (Perolito), Mauricio Babutti, Gregory Gutiérrez (El Hampón), Iván Velozo, Francisco Moreno, Marco, Pedro, Giovanni, José Manuel, Franli, Hernán, y todo los que algún día me acompañaron a beber caña en Bellas artes.

PADRÓN CH, CARLOS A

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DE LA CUENCA DE
TAGUANES, TINAQUILLO, ESTADO COJEDES**

**Tutor Académico: Prof. Olga Rey. Tutor Industrial: Ing. Simón
Rodríguez. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de
Geología, Geofísica y Minas. 2002, 70 pp.**

**Palabras Claves: GRAVAS, ARENAS, FACIES, EXPLOTACIÓN MINERA,
USOS INDUSTRIALES.**

RESUMEN

El presente trabajo, tiene como objetivo el estudio sedimentológico de los depósitos holocénicos aflorantes en la zona de Taguanes, Tinaquillo, estado Cojedes. Además, se presenta un plan de extracción minera a cielo abierto, tomando en cuenta los parámetros geoeconómicos que avalan una minería intensiva.

Se identificaron, caracterizaron y delimitaron las facies existentes en la cuenca sedimentaria. Los cuerpos litológicos se caracterizaron mineralógicamente y texturalmente mediante tamizado donde se obtuvieron las distintas porciones granulométricas. A partir de los resultados sedimentológicos y trabajos de campo se evaluaron los parámetros geoeconómicos para realizar un plan de desarrollo minero.

En el área de estudio se observó la presencia de una gran reserva de gravas, arenas, limos y arcillas comercialmente explotables que se asocian exclusivamente con la cuenca holocénica (Rodríguez, 1996) que se extiende desde la zona de Tocuyito, estado Carabobo hasta Taguanes, Cojedes septentrional.

Los niveles se presentan como un manto uniforme de gravas, arenas gruesas a finas y limos de composición cuarzosa, débilmente estratificados, intercalados frecuentemente con arcillas lenticulares. Estos materiales se presentan en contacto discordante con Esquistos Las Brisas, importante unidad metamórfica al norte de Cojedes.

De acuerdo con la clasificación de facies de Miall (1978) y Rust (1978), se identificaron las facies Gms, Gm, Gt, St, Sh y F. La distribución lateral y vertical de las mismas, indica que el ambiente de depositación de estas unidades se corresponde con un abanico aluvial (partes proximal y media).

El abanico proximal está representado por depósitos de flujo de detritos (facies Gms, en menor proporción facies Gm y Sh) y rellenos de canales entrelazados dominados por gravas (facies Gt, Sh).

El abanico medio está caracterizado por el relleno de canales entrelazados (facies Gt, St), depósitos de inundación laminares (facies Sh, F) y en menor proporción depósitos de llanura de inundación (facies F).

El espesor promedio del intervalo económico supera los 35 metros, expuestos en los afloramientos de las distintas empresas areneras de la región, lo cual hace suponer la presencia de una alta reserva de material económico, esto sin tomar en cuenta las reservas que se encuentran en el subsuelo no cuantificadas por la inexistencia de perforaciones a lo largo de la cuenca.

La zona no presenta una cobertura vegetal importante, solo gramíneas, herbáceas bajas y chaparros, por lo que la puesta en marcha de proyectos de extracción en la zona de Taguanes no causará impactos ambientales negativos de gran magnitud.

Perfectamente los niveles económicos pueden ser explotados integralmente a cielo abierto y a gran escala a través de una extracción descendente con miras a la producción de materiales de alta calidad utilizables por diferentes sectores industriales.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
CAPITULO I.	
1 Introducción	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Objetivos Generales.....	2
1.3 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Ubicación Geográfica	3
1.4.1 Vías de Acceso	3
1.5 Metodología	3
1.5.1 Recopilación Bibliográfica	3
1.5.2 Trabajos de Campo	5
1.5.3 Etapa de Laboratorio.	5
1.5.4 Elaboración del Trabajo Final	6
1.6 Trabajos Previos	8
1.7 Agradecimientos.....	10
CAPITULO II	
2. Geografía Física	11
2.1 Relieve	11
2.2 Clima.....	11
2.3 Drenaje	12
2.4 Vegetación.....	12
CAPITULO III	
3. Marco Geológico Regional.....	13
3.1 Generalidades.....	13

3.2 Geología Regional.....	14
3.2.1 Formación Las Brisas.....	14
3.2.2 Peridotita de Tinaquillo.....	17
3.2.3 Formación Las Mercedes.....	20
3.3 Marco Estructural Regional.....	22
3.3.1 Traza Activa y Cinemática del Sistema de Fallas de La Victoria.....	22

CAPITULO IV

4 Geología Local	25
4.1 Generalidades	25
4.2 Definición de Facies	28
4.2.1 Facies Gms. Grava Soportada por Matriz.....	28
4.2.2 Facies Gm. Grava Soportada por Matriz Levemente Estratificada con Imbrincación.....	32
4.2.3 Facies Gt.....	34
4.2.4 Facies Sh.....	36
4.2.5 Facies St.....	38
4.2.6 Facies F	39

CAPITULO V

5 Modelo Sedimentológico	41
5.1 Asociación de Facies e Interpretación	41
5.1.1 Abanico Proximal	42
5.1.2 Abanico Medio	47

CAPITULO VI

6 Aspectos Mineros	51
6.1 Generalidades	51
6.2 Planificación y Extracción Minera	52
6.3 Perspectivas Económicas	59
6.3.1 Materiales Económicos Finales	60
6.4 Parámetros Ambientales Mineros	62

CAPITULO VII

7.1 CONCLUSIONES	65
7.2 RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	70

ÍNDICE DE APÉNDICE

APÉNDICE A. Análisis granulométricos de muestras de gravas, arenas, limos y arcillas en las distintas secciones expuestas en las empresas areneras de la región de Taguanes.

APÉNDICE B. Consideraciones generales de las arenas silíceas (CARR, 1994) tomado de (CHIQUITO,1999).

APÉNDICE C. Abanicos Aluviales

ANEXO.

Cartografía a escala 1:10.000, de los depósitos holocénicos del área de Taguanes y proposición de zonas con perspectivas de explotación minera.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica de la zona de estudio.....	4
Figura 2. Ubicación Geográfica de Esquisto de Las Brisas	14
Figura 3. Ubicación Geográfica de La Peridotita de Tinaquillo	17
Figura 4. Ubicación Geográfica de Esquisto de Las Mercedes	20
Figura 5. Fallas Activas de la Cuenca del Lago de Valencia y Regiones Vecinas, Venezuela Norcentral	23
Figura 6. Sección de gravas y arenas expuestas en la arenera El Pozote C.A.....	26
Figura 7. Facies Gms en la base de los afloramientos ubicados en la empresa arenera El Pozote C.A. Nótese la variación en el tamaño de los clastos, fabrica desordenada y mal escogimiento	30
Figura 8. Alternancia de facies Gms y Sh. Afloramiento de la arenera El Pozote. Se observa lenticularidad de la facies Sh y leve orientación de los clastos en la facies Gms.....	31
Figura 9. Orientación de los clastos en su eje mayor. Corte de afloramiento en dirección N-S.....	32
Figura 10. Variación lateral de facies. Arenera Taoro C.A.....	33
Figura 11. Corte de afloramiento representativo de la facies Gt ubicado en la arenera Taoro C.A.....	35
Figura 12. La figura muestra una arena de color ocre que varía hacia el tope a un color rojizo. Facies Sh. Empresa arenera El Pozote C.A	37

Figura 13. Máximos espesores de arena expuestos destacándose la facies Sh ubicado en la arenera Tracenca C.A.....	38
Figura 14. Corte de afloramiento representativo de la facies St ubicado en la arenera Tracenca C.A.....	39
Figura 15. Limos en finas laminaciones representativo de la facies F ubicado en la arenera Tracenca C.A.....	40
Figura 16. Bloque esquemático de la generación de abanicos aluviales en cuerpos acuosos.....	42
Figura 17. Disminución del tamaño de granos lateral y verticalmente en ciclos progresivos. Intercalación de gravas y arenas asociados a las litofacies Gms y Sh respectivamente. Afloramiento expuesto en la arenera El Pozote C.A.....	44
Figura 18. Columna estratigráfica representativa del abanico proximal, representada por flujos de detritos (Gms, Sh) y rellenos de canales entrelazados (Gt, Sh). Columna estratigráfica generalizada expuesta en los afloramientos de la arenera El Pozote C.A.	45
Figura 19. Columna estratigráfica representativa del abanico proximal, caracterizada por flujos de detritos (Gms, Sh) y canales entrelazados (Gt, Sh y Gm, Sh). Columna estratigráfica generalizada expuesta en los afloramientos de la arenera Taoro C.A.....	46
Figura 20. Corte diagramático generalizado Mesa de Carabobal-Hato Taguanes, Tinaquillo, estado Cojedes.....	48
Figura 21. Columna estratigráfica representativa del abanico medio caracterizados por depósitos de canales entrelazados (Gt, St) ó (Gms, Sh), flujos laminares (F, Sh) y llanuras de inundación (F). Columna estratigráfica generalizada de afloramientos expuestos en la arenera Tracenca C.A	49

Figura 22. Columna estratigráfica representativa del abanico medio caracterizados por depósitos de canales entrelazados (Gms, Sh) ó (Gt, Sh) y llanuras de inundación (F). Columna estratigráfica generalizada de afloramientos expuestos en la arenera Las Abejas C.A	50
Figura 23. Afloramientos cortados verticalmente expuestos en la empresa arenera El Pozote C.A.....	55
Figura 24. Planificación de cortes en forma de terrazas escalonadas.....	56
Figura 25. Alternancia de niveles arenosos contaminantes en la Explotación minera. Corte expuesto en la arenera Las Abejas.....	57
Figura 26. Explotación de gravas y arenas observándose niveles contaminantes infrayacentes sin control minero.....	58
Figura 27. Gravas de tamaño peñones y peña almacenados en las areneras por su poco valor comercial.....	61
Figura 28. Cambios en la topografía producto de las explotaciones mineras en la arenera El Pozote C.A.....	63
Figura 29. Depósitos de finos y extrafinos descargados en una piscina sin control ambiental.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de UDDEN (1914) y WENTWORTH (1922).....	7
Tabla 2. Facies y estructuras sedimentarias de depósitos de ríos entrecruzados antiguos y modernos (modificado por MIALI, 1977, 1978 y RUST 1978, 1979).....	29
Tabla 3. Porcentajes Promedio de Materiales Económicamente Aprovechables en la Región de Taguanes.....	53

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El área de Taguanes, al nor-este de Tinaquillo, estado Cojedes, contiene una importante reserva de gravas, arenas y arcillas de alta calidad, factibles de ser explotadas a cielo abierto. Esta zona, forma parte de una extensa cuenca holocénica que se extiende desde el sector de Tocuyito, estado Carabobo, hasta el noreste de Cojedes (Rodríguez, 1996).

Esta zona presenta un gran interés económico, sin embargo, son pocos los estudios que se han realizado, los cuales de alguna manera han influido para llevar a cabo una explotación minera eficiente. Como por ejemplo, hace pocos años atrás, una importante empresa invirtió una gran cantidad de dinero para la construcción de una procesadora de gravas y arenas, la más importante para la época en Latinoamérica. Diseñada para procesar altos volúmenes de gravas y arenas con capacidad de abastecer gran parte de la región central del país.

Aunque se realizaron millonarias inversiones en infraestructura, equipamiento y personal calificado, no se realizó un estudio geológico detallado en la zona, que permitiera cuantificar los volúmenes y calidad de las gravas y arenas presentes en la localidad. Esto trajo como consecuencia, la pérdida en su totalidad de esta infraestructura debido a que en la zona adyacente no se encontraron niveles de gravas y arenas óptimas para la explotación y desarrollo minero.

En la actualidad, un grupo de empresas reconocidas en la región central de Venezuela, realizan un desarrollo minero integral y son grandes productoras de arenas, gravillas y material grueso, materiales utilizados por los sectores de la construcción, agregados y ornamentación. Otros usos potenciales de los diferentes productos finales incluyen cemento, vidrio, "sandblasting", materiales de molienda y ferroaleaciones (RODRÍGUEZ, 1996).

Los depósitos de la cuenca de Taguanes, están caracterizados por extensos niveles de gravas y arenas cuarzosas, intercalados con niveles de arcilla, los cuales normalmente se presentan en forma lenticular, y en contacto discordante con rocas metamórficas de Esquistos Las Brisas.

1.2 OBJETIVOS GENERALES

El objetivo fundamental, es realizar un estudio detallado de la variación de facies tanto horizontal como vertical, determinar el ambiente de depositación, y calidad de las gravas y arenas aflorantes en la región de Taguanes, Tinaquillo, estado Cojedes.

Además, se contempla la proposición de un plan de extracción minera a cielo abierto, tomando en cuenta los parámetros geoeconómicos que avalan una minería intensiva. Entre estos parámetros se encuentran, la morfología de los yacimientos, su extensión, uniformidad de la mena, la ausencia de intervalos contaminantes (limos, arcillas) y la presencia de estructuras sedimentarias negativas en el desarrollo minero.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dadas las características del estudio se establecen los siguientes objetivos específicos:

- * Identificar, caracterizar y delimitar las facies existentes en la cuenca sedimentaria.
- * Caracterizar mineralógicamente y texturalmente los cuerpos de arena y gravas.
- * Elaboración de las columnas estratigráficas mostrando variaciones de facies.
- * Cartografía a escala 1:10.000, de los depósitos holocénicos del área de Taguanes y proposición de zonas con perspectivas de explotación minera.

1.4 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio abarca aproximadamente 30 Km² y se encuentra a unos 4 Km al nor-este de la ciudad Tinaquillo, municipio Tinaquillo, distrito Falcón, estado Cojedes, entre las coordenadas E 578.000 – E 584.000 y N 1.100.000 – N 1.105.000. La zona se ubica a unos 60 Km del área metropolitana de Valencia, estado Carabobo, una de las regiones con mayor crecimiento urbanístico e industrial del país y a 220 Km de la ciudad de Caracas (Fig. 1).

1.4.1 VÍAS DE ACCESO

La zona se encuentra comunicada con la población de Tinaquillo, y con la carretera pavimentada de primer orden VEN-5 que se dirige desde Valencia hasta San Carlos y las ciudades piemontinas de los llanos occidentales. Esta carretera se transforma en autopista en San Carlos y en Campo de Carabobo (RODRÍGUEZ, 1996).

Además, existen vías alternas pavimentadas que comunican la población de Tinaquillo con los afloramientos ubicados en las areneras de Taguanes.

1.5 METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos propuestos, se tomaron una serie de acciones en la búsqueda de integración tanto de campo como de laboratorio, los mismos están caracterizados por etapas, y los procedimientos se presentan a continuación:

1.5.1. Recopilación bibliográfica y trabajos previos (mapas de la zona, informes, fotografías aéreas)

La obtención de la información bibliográfica resultó bastante complicada debido a los pocos trabajos realizados en la zona de Taguanes, sin embargo, los trabajos consultados aportaron valiosa información en la solución de los problemas planteados en este trabajo.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

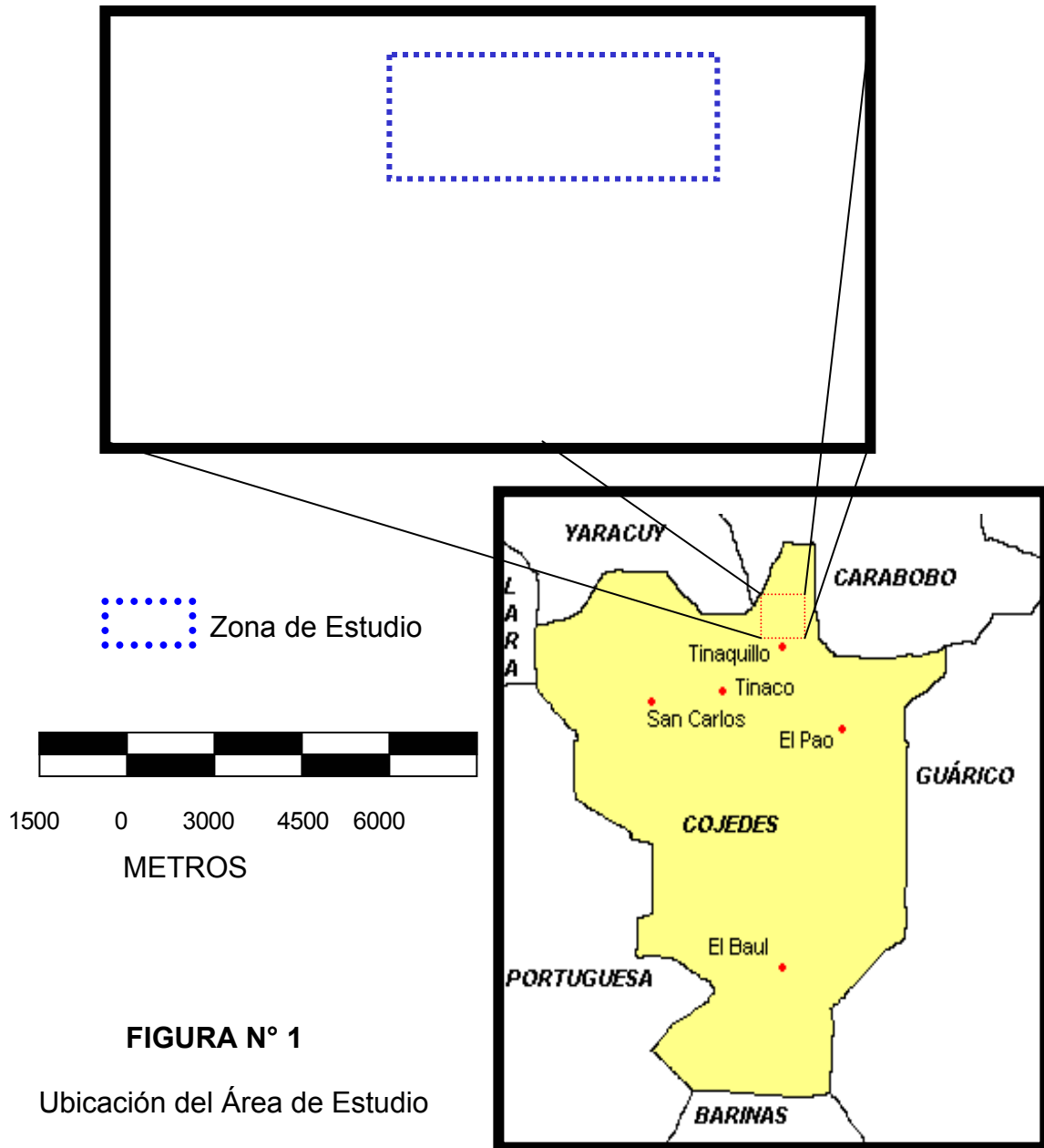


FIGURA N° 1

Ubicación del Área de Estudio

Mayormente los textos que aportaron mayor cantidad de información son los congresos geológicos, tanto nacionales como internacionales, tesis de grado del área minera, un significativo número de trabajos inéditos realizados por el Ministerio de Energía y Minas y la Corporación Regional del Centro e informes técnicos realizados para las empresas areneras de la región.

1.5.2. Trabajo de Campo

Este trabajo se realizó en 2 etapas, una etapa preliminar de campo, donde se reconocieron y definieron las áreas de trabajo y los posibles afloramientos que aportaran la mayor información para la ejecución del trabajo.

Una segunda etapa, donde se ejecutaron las descripciones macroscópicas de los cuerpos aflorantes a detalle en las secciones expuestas, toma de muestras para análisis petrográficos y definición de facies en afloramiento. Además, se realizó un estudio geoeconómico en cada empresa arenera y su repercusión en la explotación minera e impacto ambiental.

1.5.3. Etapa de Laboratorio

Se realizó el análisis granulométrico a 28 muestras obtenidas en los distintos grupos litológicos aflorantes. El procedimiento empleado se indica a continuación:

En primer lugar se cuartearon las muestras hasta obtener una porción representativa. Para las gravas aproximadamente se pesaron 700 gramos y para las muestras de arena y limos unos 300 gramos. Luego de ser pesadas, las muestras se secaron en un horno a 150° C para eliminar el grado de humedad presente y obtener mejores resultados en los análisis.

Luego de pasadas 6 horas o hasta eliminar totalmente la humedad en las muestras, se lavaron sobre un tamiz con abertura 200 para eliminar la cantidad de arcilla presente en la porción.

Seguidamente de haber realizado este procedimiento, las muestras nuevamente se colocaron en el horno para eliminar la humedad. Pasado el tiempo estipulado se pesó la muestra y la diferencia en peso de las porciones

determinaron el porcentaje en peso de la arcilla eliminada en el lavado de las muestras.

Con la muestra restante se realizó el tamizado para obtener los distintos tamaños de granos y los porcentajes en peso de cada fracción granulométrica. Cabe destacar, que este procedimiento se realizó bajo rigurosas normas de análisis granulométricos.

Cabe señalar que los análisis granulométricos realizados a las gravas, no todos se realizaron por tamizado, debido a que los clastos mayores de 10 cm de diámetro dificultan el proceso de tamizado y la Norma Covenin expresa en su texto, que para obtener resultados confiables no se pueden retener mas de 200 gramos de muestra por tamiz.

Para solventar esta situación, las medidas se realizaron directamente en afloramiento con una cuadrícula de 100*100 cm dividida en 100 puntos que representan 100 % de una porción de afloramiento. Se contaron las intercepciones de los puntos con los clastos o la matriz y así se obtuvo la relación grano / matriz de la muestra. No es un procedimiento que cumple con las normas, pero es práctico y facilita en campo la obtención de las diferentes relaciones grano / matriz.

Luego de clasificadas y pesadas cada una de las porciones retenidas en cada tamiz, se definió la forma, tamaños de granos, redondez, esfericidad y textura superficial. Para definir el tamaño de grano de los sedimentos se utilizó la escala de Udden (1914) y Wentworth (1922), escala geométrica lineal que toma los diámetros en milímetros (Tabla N° 1).

Adicionalmente, se determinó la composición de las distintas muestras analizadas macroscópicamente. Para finalizar el análisis, los resultados obtenidos fueron graficados y analizados estadísticamente.

1.5.4. Elaboración del informe final

Comprendió trabajos de oficina, revisión de la información, integración de los datos y resultados, elaboración de columnas estratigráficas y mapas del área estudiada. Redacción del informe final.

Tabla 1 CLASIFICACIÓN DE HINDEN (1914) y WENTWORTH (1922)
(Tabla de Fracción de Longitud de Partícula 1979).

		(mm)	Φ	Terminología de Clases y Peñones Grados
Sin Litificar	Litificada			
G R A V A S	C O N G L O M E R A D O S	256	-12	Peñas
		64	-10	
		16	-8	
		4	-7	
		2	-6	
		1	-5	
		1/2	-4	
		1/4	-3	
		1/8	-2	
		1/16	-1	
A R E N I S C A S	A R E N I S C A S	1	0	Arenas muy gruesas
		1/2	1	Arenas Gruesas
		1/4	2	Arenas Finas
		1/8	3	Arenas Muy Finas
		1/16	4	Limos Gruesos
L I M O S	L I M O L I T A	1/32	5	Limos Medios
		1/64	6	
		1/128	7	
		1/256	8	
A R C I L L A	A R C I L L I T A		9	Limos muy Finos
			10	
			11	
			12	
			13	
			14	
			14	

1.6 TRABAJOS PREVIOS

Los trabajos previos que a continuación se mencionan solo reflejan información de las zonas adyacentes del área de estudio en cuestión. Merece la pena indicar que son pocos los trabajos que contemplan el estudio de los depósitos sedimentarios en la región de Taguanes y sus alrededores, en este sentido, tomando en cuenta la falta de información geológica de esta localidad y los pocos trabajos realizados, se tomaron en consideración las evidencias descritas por los autores, para tratar a la vez de definir detalladamente los distintos grupos litológicos presentes.

AGUERREVERE Y ZULOAGA (1937, 1938); examinaron superficialmente la región de Cojedes septentrional en el transcurso de su estudio de reconocimiento de las montañas del Caribe. Este trabajo es el primer estudio detallado de la región septentrional del estado Cojedes.

MACKENZIE, (1966); realizó un estudio estructural, mineralógico y petrológico de la Peridotita de Tinaquillo, para obtener información sobre las relaciones cronológicas y espaciales de los cuerpos ultrabásicos en los sistemas montañosos y sobre el origen de las peridotitas en general. En consecuencia, el estudio informa sobre la geología regional de la región de Tinaquillo-El Pao-San Carlos.

AUDEMARD, et al. (1995); realizaron un estudio del sistema de falla de La Victoria, trazas activas, complejidades estructurales, cinemática y sismicidad asociada. Estos encontraron numerosas evidencias de actividad cuaternaria, tanto de índole geomorfológico como geológico a lo largo de este accidente estructural: drenajes alineados anormalmente y deformaciones frágiles a escala de afloramiento en depósitos aluviales del Cuaternario inferior en la región de Tocuyito, estado Carabobo.

RODRÍGUEZ, (1995); estudia los caracteres estratigráficos, litológicos y morfológicos detallados de depósitos holocénicos de arcillas plásticas en Cojedes septentrional. Comenta que esta secuencia constituye una extensa formación aun no descrita ni definida en detalle que aflora desde Taguanes, Tinaquillo, estado Cojedes hasta Tocuyito, estado Carabobo.

Agrega, que la unidad se encuentra en contacto discordante, hacia el norte, con rocas metamórficas ricas en vetas y masas de cuarzo lechoso de Esquistos Las Brisas. Estos depósitos cubren más de 100 Km² y conforman una faja litológica de gran importancia económica debido a los intervalos de cuarzo blanco clástico actualmente bajo intensa explotación a cielo abierto.

RODRÍGUEZ, (1995); en el marco de explotación minera a cielo abierto de niveles de arena y gravas recientes en Cojedes septentrional, específicamente entre las poblaciones de San Carlos y El Pao, indica las posibilidades de delimitación de los depósitos económicos de gravas y arenas asociados esencialmente con llanuras de inundación, terrazas, barras de sedimentación y niveles recientes.

RODRÍGUEZ, (1996); realizó un estudio en la zona de Valles de Marta, al norte de Taguanes, donde reporta grandes reservas de arenas y gravas cuarcíferas. Estos niveles los asocia exclusivamente con la cuenca holocénica que se extiende desde Tocuyito, estado Carabobo hasta Taguanes, Cojedes septentrional. Además resalta, que esta cuenca posee unas de las mayores reservas de arenas y gravillas de cuarzo de alta calidad del norte del país.

1.7 AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela, patrimonio cultural de la humanidad y la casa que vence las sombras por la educación impartida y por hacer sentirme orgulloso de ser un profesional egresado de esta institución.

A la Escuela de Geología, Geofísica y Minas, su Directora, profesora Mónica Martíz, sus profesores y jefes de departamentos, secretarías y todo su personal, muchas gracias.

A mi tutora Ing. Olga Rey, por ser tan excelente profesora y guía en este trabajo, por haberme soportado en los momentos de impaciencia y por ser además, una gran dama, muchas gracias profesora por su apoyo y consejos.

A mi tutor Ing. Simón Rodríguez por permitirme realizar este trabajo y por apoyar a los estudiantes de la Escuela de Geología, Geofísica y Minas.

A la Empresa Sílica C.A, por haberme recibido con las manos abiertas en sus instalaciones, a todo su personal, Ingeniero Reinaldo Quintiliani, Señor Eduardo, Freddy, Marcos Bueno, Señor Molina, Carlos Nieto, Neyda, Demetrio, Luisana, especialmente a la señora Mina “ su café es muy bueno”, a todos los obreros, empleados y a los camioneros quienes eran mis medios de transporte para llegar hasta la zona de trabajo, muy agradecido con todos ustedes.

A las empresas TAORO C.A, TRACENCA C.A y Hacienda Las Abejas, gracias por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones.

CAPÍTULO II

2. GEOGRAFIA FÍSICA

2.1 RELIEVE

Según COPLANARH (1974), el área de Tinaquillo está situada en el flanco sur de la Serranía del Interior. Se trata de una semillanura intermontañosa completamente cerrada, con zonas planas al este y otra donde se alternan áreas planas y onduladas al oeste con pendientes de alrededor del 30%.

La parte norte de esta superficie relativamente uniforme, (la región alrededor de Tinaquillo), tiene una elevación de 400 metros. El aspecto general es el de pequeñas colinas redondeadas de pocos centenares de metros de anchura, cuyas cimas forman una superficie uniforme de 30 a 60 metros de altura por encima de los lechos de las quebradas (MACKENZIE, 1966).

2.2 CLIMA

La presión atmosférica oscila por los 750 mm de mercurio, aumentando ligeramente los primeros meses del año y disminuyendo en los dos últimos meses de la estación de sequía.

Normalmente hay solo dos estaciones en las montañas del Caribe. La mayor parte de la precipitación se produce en forma de chaparrones intensos y breves casi a diario durante los meses de mayo a noviembre, entre diciembre y abril el clima es cálido y seco (MACKENZIE, 1966). La precipitación más alta del año se efectúa generalmente para mayo (70 mm). La temperatura media es de 27° C con puntas extremas de 40° C (COPLANARH, 1974).

2.3 DRENAJE

El drenaje es de tipo radial y converge hacia el río Tinaquillo, que siguiendo un curso suroeste, desemboca en el río Tamanaco, el cual se desplaza en dirección norte-sur, hasta descargar sus aguas en la Hoya del Orinoco.

En las áreas periféricas, la inclinación del terreno de los piedemontes favorece el escurrimiento superficial en detrimento de su infiltración, originando condiciones propicias de arrastre del material por erosión hídrica que se deposita al pie de las laderas (COPLANARH, 1974).

2.4 VEGETACIÓN

La vegetación es herbácea de sabana y de bosque tropical húmedo muy tupida, con sotobosques. Según RODRÍGUEZ (1996), el área se caracteriza por la presencia de una vegetación sumamente pobre, tipificada por chaparros y gramíneas. Esta pobreza en vegetación es consecuencia directa de la presencia de suelos arenosos sumamente ácidos, pobres en nutrientes y sin niveles húmicos.

La pobre vegetación presente sobre las áreas arenosas contrasta mucho con la tupida vegetación existente en las zonas montañosas altas enclavadas en rocas de la Formación Las Brisas.

La vegetación natural ha sido intervenida en la mayor parte del estado. El intenso uso agrícola y pecuario, la quema, los desarrollos mineros, la deforestación indiscriminada, han provocado la desaparición de la vegetación original, sustituyéndola esencialmente por arbustos y maleza (COPLANARH, 1974).

CAPÍTULO III

3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1 GENERALIDADES

Los depósitos cuaternarios que contempla el estudio están bordeados de terrenos de rocas ígneo metamórficas representados Esquisto de Las Brisas, Esquisto de Las Mercedes y la Peridotita de Tinaquillo.

Según MacKenzie (1966), más de la mitad de la región de Cojedes septentrional está formada por una intercalación de gneises cuarzo-plagioclásicos-hornbléndicos y rocas cuarzo-plagioclásicas del Cretácico. Estas rocas que se incluyen entre la más antiguas de la región, se consideran parte del Complejo de Sebastopol, en la actualidad forma parte del Pre Cambrico (?), están limitadas al noroeste por la falla de corrimiento de Manrique con buzamiento sudeste.

La zona al noroeste de la falla, que se extiende por decenas de kilómetros al noroeste del río Tirgua, contiene calizas cristalinas negras intercaladas con filitas grafiticas, que se han correlacionado conjuntamente con Esquisto de Las Mercedes (Jurásico-Cretácico) en la región de los Teques-Cúa.

El Complejo de Sebastopol se encuentra limitado al sur por fallas inversas de ángulo alto y rumbo al este que separan las rocas metamórficas de las lutitas grises no metamorizadas del Senoniense Superior-Paleoceno y de los basaltos al sur.

Al oeste de Tinaquillo, los gneises hornbléndicos han sido intrusionados por la Peridotita de Tinaquillo y alterados por metamorfismo de contacto a gneises plagioclásicos- hornbléndicos-piroxénicos-granatíferos. La mayor parte de la peridotita es una dunita no serpentinizada, pero que en el contacto con la falla de corrimiento de Manrique, ha sufrido una alteración de moderada a intensa transformándose en serpentina asbestífera.

La peridotita contiene grandes masas de rocas de composición gabroide que se interpretan como inclusiones de la roca caja alteradas por el metamorfismo de contacto. A lo largo de la parte meridional del frente de montañas, la peridotita y el Complejo Sebastopol se encuentran intrusionados por diques y pequeñas masas de granito.

La parte norte de esta superficie relativamente uniforme (alrededor de Tinaquillo), tiene una elevación de 400 metros y contiene arcillas y limos lacustres del Terciario tardío o Cuaternario. Al norte y este de los llanos de Tinaquillo, terrazas de gravas compuestas de guijarros, peñas y peñones de cuarzo cubren zonas considerables, con elevaciones ligeramente superiores a las sabanas adyacentes.

Al sur de Tinaquillo la superficie tiene declive suave hacia el sur y la superficie varía de sedimentaria a erosional, desarrollando montículos sobre los gneises hornbléndicos y rocas cuarzo-plagioclásicas.

3.2 GEOLOGÍA REGIONAL

Las rocas que se describen a continuación afloran en los alrededores del área de estudio. La información que a continuación se señala, fue tomada del Léxico Estratigráfico Venezolano Electrónico (1999).

3.2.1 ESQUISTO DE LAS BRISAS.

ESQUISTOS LAS BRISAS

MESOZOICO (Jurásico-Cretácico)

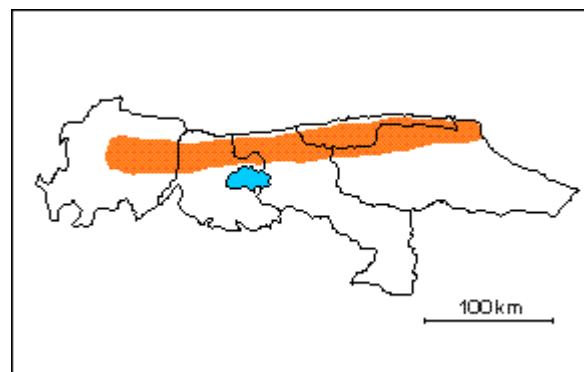


Fig. 2. Ubicación Geográfica de Esquisto de Las Brisas Tomado de Léxico Estratigráfico Venezolano (1999)

La primera referencia a esta unidad se debe a Aguerrevere y Zuloaga (1937), quienes la denominan Conglomerado Basal de Las Brisas y agregan una breve descripción.

Dengo (1951) amplía la descripción y propone incluir en la formación, los esquistos comprendidos entre la Caliza de Zenda y la Caliza de Antímano. También destacados unidades dentro de la formación: la Caliza de Zenda (que define como miembro) y el gneis microclínico, sin rango.

Localidad tipo: Sitio de Las Brisas, en el km 10 de la antigua carretera Caracas-Ocumare del Tuy, cerca de la represa de la Mariposa. (Hoja 6847, esc. 1:100.000, Cartografía Nacional).

Descripción litológica: La descripción original de Aguerrevere y Zuloaga (1937), menciona un conglomerado basal arcósico, con cantos rodados derivados de la roca basal de Sebastopol, redondeados a subangulares, hasta de 30 cm de diámetro, cantos de cuarzo y cemento, principalmente silíceo. Esta litología dista de ser la principal, ni mucho menos la única componente de la formación.

Dengo (1961) observa que la mayor parte está constituida por esquistos cuarzo-micáceos, en el que se incluye gneises microclínico, esquistos granatíferos, cuarcitas y calizas (ver además: Zenda, Miembro).

Seiders (1965) encuentra en el tope, conglomerados gnéisicos y areniscas esquistosas, con cantidad menor de caliza negra en capas delgadas, y grandes guijarros de granito, y resalta la ausencia de los esquistos sericíticos de Smith (1952). Morgan (1969) añade anfibolitas estratificadas concordantes, que interpreta como tobas, sills o flujos metamorizados.

Wehrmann (1972) afirma que Esquisto de Las Brisas, está constituida en un 90% de esquistos cuarzo-feldespático-moscovíticos; el 10% restante lo constituyen, en orden de abundancia, esquistos cuarzo-feldespáticos, epidóticos o cloríticos, calizas, cuarcitas y metaconglomerados. Menciona igualmente, mineralizaciones pobres de cobre en algunas calizas, en forma de sulfuros y sulfatos.

Taludkar y Loureiro (1982) analizan exhaustivamente los tipos litológicos, en un área reducida de la Cordillera de la Costa, sin relacionarla con las formaciones tradicionales, estableciendo la dificultad e inconveniencia en el uso de unidades litoestratigráficas, en estudios detallados de rocas metamórficas.

El grado de metamorfismo es bajo, aunque existen diferencias entre las opiniones de Dengo, Smith y Seiders, quienes opinan que predomina la facies de la anfibolita y el glaucofano, mientras que Wehrmann (1972) le asigna grados más bajos de presión (facies del esquisto verde).

Según MacKenzie (1966), al norte de Tinaquillo y este de la carretera principal, la única roca que aflora es un esquisto cuarzo-biotítico-muscovíticos. Aquí, más del 95 % de las rocas son esquisto cuarzo-biotítico-muscovíticos. Las variedades más ricas en cuarzo, que son las más abundantes, se componen de 85 % de cuarzo, 10 % de biotita pardo rojiza, 3 % de muscovita y una pequeña cantidad de sericita diseminada.

Con estos esquistos cuarzo-biotítico-muscovíticos se intercalan escasos lentes delgados de esquistos muscovíticos-granatíferos gruesos y abundantes lentes y capas delgadas de cuarzo plegadas con los esquistos. En la sección intensamente meteorizada de la carretera Tinaquillo-Campo de Carabobo se destacan nudos y cordones transversales de cuarzo. Localmente se observan pequeños granates dispersos.

Ambiente tectónico y petrogénesis: Prácticamente todos los autores que se han referido a estas rocas, han coincidido en afirmar que en su origen, fueron sedimentos pelíticos y psammíticos, depositados en la plataforma y el talud continental.

Contactos: Esquisto de Las Brisas descansa sobre el Complejo Basal de Sebastopol. El contacto, ya sea por la foliación discordante, sea por el hiatus de tiempo que separa ambas formaciones, es discordante, según la opinión generalizada, aunque algunos autores afirman haber observado localmente una aparente concordancia entre una y otra.

La relación con las rocas suprayacentes Esquisto de Antímano y Esquisto de Las Mercedes, es generalmente transicional, aunque a veces, el contacto es estructural. Los Esquistos de Las Brisas forma en la región capital, el núcleo de los anticlinorios que corren a lo largo de la faja de la Cordillera de la Costa.

Los afloramientos de Esquisto de Las Brisas, alcanzan dimensiones decakilométricas en sentido N-S, y hectakilométricas en su extensión longitudinal, E-W.

3.2.2 PERIDOTITA DE TINAQUILLO

PERIDOTITA DE TINAQUILLO

MESOZOICO ?
Estado Cojedes

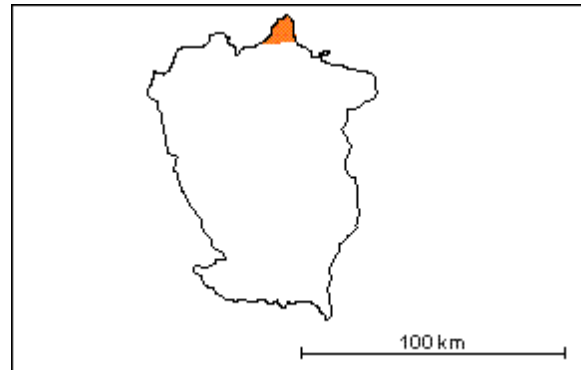


Fig. 3. Ubicación Geográfica de la Peridotita de Tinaquillo
Tomado de Léxico Estratigráfico Venezolano (1999)

La presencia de este cuerpo de rocas ultramáficas fue señalado por Aguerrevere et al. (1937), siendo luego estudiado en detalle por Mackenzie (1960) quien lo designó con el nombre de Peridotita de Tinaquillo. Bellizzia (1967) presenta una revisión de lo conocido a esa fecha sobre este y otros cuerpos de rocas ultramáficas de la Cordillera de la Costa.

Localidad tipo: No fue específicamente designada por el autor, pero está muy bien expuesta en la parte norte de las Tetras de Tinaquillo, a su vez ubicadas a unos 7 km al este del poblado de Tinaquillo, estado Cojedes. Hoja 6545, escala 1:100.000, Cartografía Nacional.

Descripción litológica: De acuerdo a Mackenzie (1960) en este cuerpo se diferencian varios tipos de rocas, como son peridotita no serpentinizada y serpentinizada, las cuales constituyen el 95% de la zona de afloramientos. El 5% restante está constituido por capas delgadas de piroxenita, anfibolita y metagabro, aunque por lo general escasean en las partes meridional y suroccidental y abundan en el extremo nororiental de la peridotita.

La peridotita de Tinaquillo es una masa ultrabásica de tipo alpino Benson (1926, en Mackenzie, 1966), compuesta principalmente de dunita no serpentinizada. Intrusiona a los gneises hornbléndicos en forma de masa tabular o sill de unos 3 kilómetros de espesor, que buza suavemente hacia el suroeste.

Una de las características de la peridotita es la presencia de hasta un 10% de enstatita lamelar en forma de granos equidimensionales y bastoncitos achatados en los planos de esquistosidad. La serpentinita consiste en su casi totalidad en antigorita y aflora principalmente en una faja ancha en la zona septentrional a lo largo del corrimiento de Manrique. El metagabro presenta textura gnéisica granoblástica con granate de la variedad piropo - almandino.

Ostos (1990) indica que la unidad está caracterizada por la presencia de harzburgita (75%), dunita (20%), serpentinita (5%), metagabro (10%) y piroxenita; presenta foliación milonítica y una lineación mineral bien desarrollada. La harzburgita es la litología predominante y muestra una textura porfidoclástica muy bien desarrollada, con estantita y espinela formando los porfidoclastos más comunes.

La piroxenita es el tipo de roca menos frecuente, presentándose en cuerpos ya sea cortando o paralelos a la foliación. La dunita está interestratificada con la harzburgita, con capas de hasta 30 cm de espesor. La serpentinita se localiza principalmente hacia la zona del contacto septentrional del cuerpo con Esquisto de Las Mercedes, si bien algún grado de serpentización también aparece hacia el contacto meridional con el Gneis de La Aguadita.

El metagabro presenta algunos raros porfidoblastos de hornblenda y porfidoclastos de granate de unos 1,5 cm de longitud; este autor indica que estas rocas reflejan evidencias de dos eventos metamórficos, el más antiguo correspondiendo a la facies de la granulita y el más joven de la facies de la anfíbolita.

Ostos (1985), señala que las rocas ultramáficas de la unidad son tectonitas metamórficas y reflejan en su textura el segundo evento metamórfico que afectó estas rocas, por consiguiente representan un punto decisivo contra la interpretación previa de una intrusión como una masa caliente de cristales.

Mackenzie (1966), por metamorfismo de contacto la peridotita ha alterado una ancha zona de gneises hornbléndicos al sur a gneises plagioclásicos- hornbléndicos-piroxénicos-granatíferos. El sill se trunca al noroeste por la falla de corrimiento de Manrique que buza al sureste; hacia el este se encuentra cubierto por aluvión cuaternario.

Estos límites definen una masa elíptica irregular alargada en sentido noreste, con ejes mayor y menor de 13 a 7 kilómetros, respectivamente. Sin embargo, la existencia de metamorfismo de contacto cerca de Tinaquillo indica que la intrusión se extiende hacia el este por debajo del aluvión por lo menos hasta la carretera actual.

Paleoambiente: La Peridotita de Tinaquillo sufrió un evento de alta temperatura (1400°C) el cual está probablemente relacionado con la cristalización de la peridotita en el manto o asociado a un proceso de recristalización debido a flujo en el estado sólido, acompañado de fusión parcial.

Cualquiera de estos procesos debe haber ocurrido en el manto superior donde la espinela es la fase estable (Ostos, 1985). Posteriormente y en base a estudios geoquímicos de elementos mayoritarios, trazas y ETR, en muestras de gabro de esta unidad, el mismo autor (1990, p. 124) concluye que presentan una abundancia de elementos mayoritarios y trazas similares a los basaltos de dorsales oceánicas, cuencas marginales y toleítas de arco de islas; siendo el ambiente tectónico de dorsales oceánicas el más fuertemente sugerido por los diagramas de variación que involucran el Ni y los elementos de las tierras raras, razón por la cual se considera una ofiolita.

Espesor: La Peridotita de Tinaquillo es una masa ultramáfica de forma tabular de unos 3 km de espesor (Mackenzie, 1966).

Extensión geográfica: La unidad está constituida por un sólo cuerpo con dimensiones de 13 por 7 km, expuesta al noroeste de Tinaquillo, sector norcentral del estado Cojedes.

Contactos: Hacia el sur el cuerpo peridotítico se encuentra en contacto tectónico concordante con el Gneis de La Aguadita del Complejo de El Tinaco, desarrollando una zona de rocas cataclásticas y de intensa deformación; mientras que hacia el norte y noroeste, cabalga sobre Esquisto de Las Mercedes a través del Corrimiento de Manrique (Mattson, 1985; Ostos, 1985).

Geoquímica: Al igual que el Complejo de Loma de Hierro, la Peridotita de Tinaquillo desarrolla un perfil de meteorización de lateritas níquelíferas, que Pasquali (1967) clasifica en tres grupos: lateritas transportas con bajo contenido de níquel; lateritas "in situ" con buen drenaje y contenido promedio de níquel de 0,65.

3.2.3 ESQUISTO DE LAS MERCEDES

ESQUISTO DE LAS MERCEDES
MESOZOICO
(Jurásico - Cretácico)

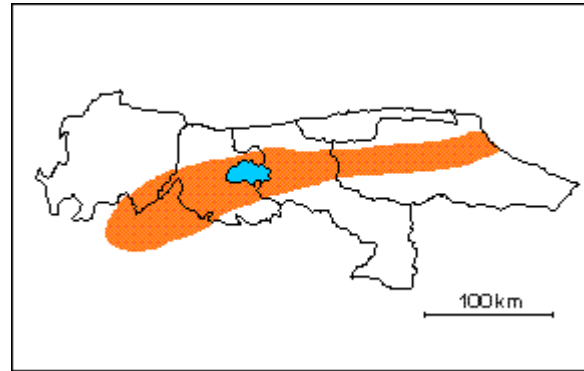


Fig. 4. Ubicación Geográfica de Esquisto de Las Mercedes
Tomado de Léxico Estratigráfico Venezolano (1999)

Originalmente fue referida por Aguerrevere y Zuloaga (1937-a, b), quienes la denominan esquistos de Las Mercedes. Posteriormente (1938-a, b), formalizan el nombre de la unidad con el nombre actual.

Localidad tipo: Antigua hacienda las Mercedes al este de Caracas (Hoja esc. 1:100.000, Cartografía Nacional) hoy Urbanización Las Mercedes. Debido al crecimiento del urbanismo con la consecuente desaparición de los afloramientos de la localidad tipo, Wehrmann (1972) propone trasladar la sección de referencia a la carretera Petare-Santa Lucía, donde se expone la sección completa de la formación hasta su transición con la Formación Chuspita. Igualmente hay una sección bien expuesta en la autopista Caracas - Valencia, en el tramo Hoyo de la Puerta - Charallave.

Aguerrevere y Zuloaga (1937), la definen como esquistos principalmente calcáreos, con zonas grafitosas y localmente zonas micáceas, de un tinte rosado a gris, con zonas blancas cuando están frescas.

Según Wehrmann (1972) y la revisión de González de Juana (1980) la litología predominante consiste en esquisto cuarzo - muscovítico - calcítico - grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes, que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado "Caliza de Los Colorados".

Las rocas presentan buena foliación y grano de fino a medio, el color característico es el gris parduzco. La mineralogía promedio consiste en cuarzo (40%) en cristales dispuestos en bandas con la mica, muscovita (20%) en bandas lepidoblásticas a veces con clivaje crenulado, calcita (23%) en cristales con maclas polisintéticas, grafito (5%), y cantidades menores de clorita, óxidos de hierro, epidoto y ocasionalmente plagioclasa sódica.

El mármol intercalado con esquistos se presenta en capas delgadas usualmente centimétricas a decimétricas, son de color gris azulado, cuya mineralogía es casi en su totalidad calcita, escasa dolomita y cantidades accesorias de cuarzo, muscovita, grafito, pirita y óxidos de hierro.

Aguerrevere y Zuloaga (1937), incluyen dentro de los Esquistos una zona constituida por calizas oscuras y densas, en capas delgadas, interestratificadas con capas de esquistos micáceos y arcillosos, todo intensamente plegado, que denominan Fase Los Colorados, y que constituyen excelentes estratos guía. Dengo (1949), Seiders (1965), y Wehrmann (1972), no coinciden con esta formación, ya que según ellos, tales calizas se encuentran en diferentes niveles en la sección.

Característico de las rocas, es la presencia de pirita, que al meteorizar, infunde una coloración rosada a rojo ladrillo. Smith (1952), opina que la coloración rosada proviene de la meteorización de la sericita. Otra característica es la extraordinaria proporción de vetas de calcita recristalizada, en colores blanco, pardo y marrón, que ha sido identificada erróneamente como ankerita o siderita. En muestras de sondeos profundos con muestras no meteorizadas, esta coloración marrón de la calcita está ausente.

Muy poco se ha escrito sobre el ambiente en el cual se depositó Esquisto de Las Mercedes. Oxburgh (1965), sugiere dos fuentes principales de sedimento: una meridional, suplidora de cuarzo puro, y una occidental (Complejo de El Tinaco), para el material cuarzo-feldespático más joven. Presenta un esquema transgresivo hacia el sur, sobre una plataforma somera, en la cual se depositaron lutitas negras, con un facies oriental más arenosa.

Talukdar y Loureiro (1982), sugieren un ambiente euxínico en una cuenca externa a un arco volcánico. La estructura finamente laminada de las calizas, indica la sedimentación en un ambiente pelágico, mientras que los escasos restos de fósiles hallados, indican lo contrario.

Extensión geográfica: En toda la extensión y en los flancos del macizo central de la Cordillera de la Costa, entre Carenero, estado Miranda, hasta el estado Cojedes.

Contactos: La mayoría de los autores hasta los años 70 han considerado el contacto entre Esquisto de Las Mercedes y Las Brisas, como concordantes y de tipo sedimentario. Mientras que autores más recientes considera que es de tipo tectónico conservando paralelismo en la foliación en ambas unidades (González de Juana, *et al*; 1980).

Ostos (1990) señala que el contacto con Esquisto de Las Brisas lo interpreta como de corrimiento. En el estado Cojedes el mismo autor, señala que la Peridotita de Tinaquillo está en contacto con Esquisto de Las Mercedes a través del corrimiento de Manrique.

Paleoambientes: Talukdar y Loureiro (1982) sugieren un ambiente euxínico en una cuenca externa a una arco volcánico, donde la estructura finamente laminada de la caliza, indica la sedimentación en un ambiente pelágico. Navarro et al. (1988) interpretan que estas rocas se formaron en un ambiente de facies pelágicas de sedimentación oceánica en las cuencas del Caribe y de Altamira.

Los escasos restos de fósiles hallados indican ambientes más someros, pero es probable que sean retrabajados y hayan sido acarreados a los ambientes pelágicos por corrientes de turbidez.

3.3 MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL

3.3.1 TRAZA ACTIVA Y CINEMÁTICA DEL SISTEMA DE FALLA DE LA VICTORIA

La estructura más importante en la zona de estudio, se encuentra al norte de la localidad de Taguanes, la cual está definida por la falla de corrimiento de Manrique, estructura asociada al sistema de falla de La Victoria.

Según Audemard *et al.* (1995), el sistema de Falla de La Victoria es un accidente complejo, caracterizado por varias trazas dispuestas “en echelon” y con solapamiento dextro (Fig. 5).

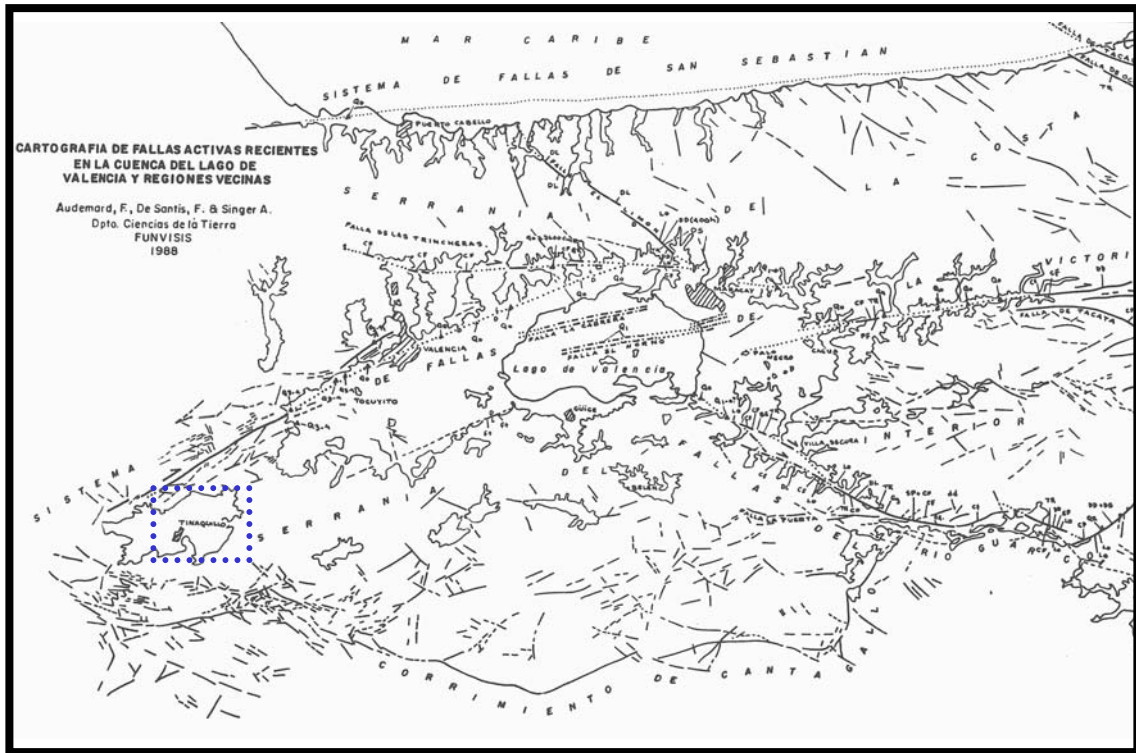


Figura 5. Fallas Activas de la Cuenca del Lago de Valencia y Regiones Vecinas, Venezuela Norcentral. Tomado y modificado de Audemark *et al.*, (1995).

LEYENDA

- Fallo activa observada
- Fallo activa inferida y sellada por depósitos cuaternarios
- - - Fallo activa reconocida por geofísica
- - - Fallo observada y sin evidencias de actividad neotectónica
- Fotolineación prominente

..... Zona de Estudio

CARACTERÍSTICAS DE LOS MOVIMIENTOS CUATERNARIOS

L / D Levantado / Deprimido (componente vertical)

- ↙ Sinestral
- ↘ Dextral
- ▲▲▲ Inverso

La cartografía geológica de la traza activa del sistema de falla de La Victoria ha permitido, en primer lugar, establecer de forma definitiva el carácter dextral de este accidente durante el Cuaternario (Fig. 5).

Por otra parte, ha contribuido igualmente a descartar una eventual prolongación del sistema hacia el oeste, a lo largo de los valles intramontañosos de Bejuma y Nirgua y en dirección de la depresión de Yaracuy (Audemard *et al.*, 1988 en Audemard *et al.*, 1995), ya que éste se extiende por unos 350 Km desde de Tinaquillo, estado Cojedes hasta Cabo Codera, estado Miranda con un rumbo WSW-ENE, donde converge en el mar con la falla de San Sebastián.

Igualmente, Audemard *et al.* (1995), determinaron que este sistema de falla ejerce un cierto control estructural en la geometría actual y en la formación de dos importantes depresiones intra-cordilleranas de origen reciente: la cuenca del Lago de Valencia y del Tuy medio.

Existen numerosas evidencias de actividad cuaternaria, tanto de índole geomorfológico como geológico a lo largo de este accidente estructural: drenajes alineados anormalmente y deformaciones frágiles a escala de afloramiento en depósitos aluviales del Cuaternario inferior en la región de Tocuyito, estado Carabobo, sedimentos del Holoceno fallados tanto en el subsuelo del Lago de Valencia como en su margen oriental, aspecto rectilíneo de los Valles de Aragua y desplazamiento dextral en bayoneta del río Guaire en la margen norte de la cuenca del Tuy medio.

Sin embargo, la prueba mas irrefutable de su actividad es la más frecuente sismicidad de baja magnitud registrada en los últimos años a lo largo de este sistema de fallas entre Tinaquillo y Paracotos, constituyéndose así en el segundo accidente estructural de mayor potencial sismogénico para la región norcentral del país, después de la falla de San Sebastián.

CAPÍTULO IV

4. GEOLOGÍA LOCAL

4.1 GENERALIDADES

Los depósitos presentes en la región de Taguanes, están caracterizados por potentes paquetes horizontales de gravas, arenas y limos con niveles arcillosos lenticulares. Estas litofacies generalmente se observan entre los 0 y 40 metros de espesor, en afloramientos expuestos en las distintas empresas areneras de la zona (Fig. 6).

Localmente, los niveles de gravas no sobrepasan los 3 metros de espesor en todas la secciones expuestas y están conformados por clastos que varían entre los 2 y los 10 cm de diámetro en promedio, aunque en las zonas ubicadas más al norte se observan clastos que alcanzan hasta 25 cm en su eje mayor.

Estos clastos en un 97 % son de composición cuarzosa, subangulares a subredondeados. El porcentaje restante (3 %) está conformado por clastos de esquistos muy meteorizados, subangulares de pocos centímetros de diámetro. También se presentan en baja frecuencia clastos de gneis de composición cuarzosa y chert, este último rara vez se observa.

Los niveles de gravas están asociados a altos contenidos de matriz. Generalmente esta matriz se presenta con mal escogimiento, el tamaño de grano varía desde arena gruesa (1 a 2 mm) hasta arcilla. Esta matriz no presenta una coloración común a lo largo de todas las secciones, lateral y verticalmente esta coloración varía de ocre a rojo muy intenso. Mineralógicamente está compuesta por granos de cuarzo lechoso subangulares en un 97 %, el resto (3%) están representados por micas, esquistos y fragmentos de chert.

Las gravas de la cuenca de Taguanes están dispuestas en ciclos grano decrecientes de base a tope, lateralmente disminuye el tamaño de grano hacia el sureste. Las estructuras sedimentarias son poco comunes en estos niveles. Las más características son la estratificación cruzada horizontal y festoneada observándose frecuentemente hacia el tope de los ciclos.



Fig. 6. Sección de gravas y arenas expuestas en la arenera El Pozote C.A.

Hacia el norte del área de estudio, específicamente en la arenera Taoro, un afloramiento cortado en dirección norte-sur, destaca la presencia de imbricación bien marcada. Aunque no es común observar esta estructura sedimentaria en estos depósitos, este afloramiento es uno de los pocos donde se presenta, además, es uno de los más representativos porque se detallan los ciclos grano decrecientes y variaciones laterales.

Los paquetes de arenas y limos, se presentan en niveles poco consolidados que alcanzan los 2 metros de espesor con regularidad. Los granos de arena varían entre 0.090 y 2 mm, los granos de los limos entre 0.075 y $3.9 \cdot 10^{-3}$ mm. Están compuestos principalmente por granos de cuarzo en un 97 %, subangulares a subredondeados y el color varía de ocre claro a tonos amarillentos, hasta rojos de gran intensidad. Generalmente los tonos rojizos predominan en las arenas.

Al igual que las gravas, las arenas presentan un alto porcentaje de matriz, caracterizada por su mal escogimiento, el tamaño de grano varía desde limos gruesos (0.075 a 0.090 mm) hasta arcilla, esta última más abundante.

Las estructuras sedimentarias más comunes en los niveles arenosos son la estratificación horizontal que ocurre con regularidad y estratificación cruzada festoneada, observándose exclusivamente en los niveles hacia el tope de las secciones aflorantes, como por ejemplo en la arenera Tracenca C.A al sureste del área de estudio.

La arcilla presente en el área de Taguanes se caracteriza por una roca uniforme, gris oscuro, plástica a semiplástica, intercalados con limos y arenas de grano fino (0.125 a 0.250 mm) a medio (0.250 a 0.5 mm). El espesor de los niveles arcillosos supera los 1.50 metros y se mantiene relativamente constante, sin embargo, comúnmente se presentan en forma de lentes.

Los niveles de arcillas se presentan horizontales, excepto en las áreas de contacto con las rocas metamórficas, donde las capas se caracterizan por inclinaciones suaves. Las mejores secciones y los mejores niveles económicos afloran al norte de la población Taguanes (Rodríguez, 1995).

Estratigráficamente la secuencia sedimentaria se ubica en contacto discordante sobre las rocas metamórficas Esquistos de Las Brisas, rocas que afloran extensamente al norte de Taguanes, a unos pocos metros de la arenera Taoro C.A.

Las rocas metamórficas de esta unidad se caracterizan por su esquistosidad, alto replegamiento, cizallamiento local y gran concentración de vetas y masa de cuarzo lechoso y cuarzo ahumado, fuente de los niveles cuarzosos en los intervalos sedimentarios (Rodríguez, 1996).

Aparentemente, de acuerdo a los trabajos de perforación de pozos de agua ejecutados en las arenas El Pozote y Taoro, los niveles económicos repetitivos de arenas y gravas se ubican en contacto discordante sobre esquistos cuarzo micáceos, típicas rocas presentes en Esquistos de Las Brisas, conformando así el basamento metamórfico a lo largo de la zona de Taguanes.

4.2 DEFINICIÓN DE FACIES

La descripción de las facies está basada en la terminología propuesta por MIALL (1977, 1978) y RUST (1978, 1979). Tomado de MIDDLETON, D & TRUJILLO (1984) (Tabla N° 2).

Las características más importantes para definir las facies son: tipo de soporte, tamaño de clastos, estructuras sedimentarias y litología en general. Adicionalmente, otras características utilizadas incluyen la fábrica conglomerática, escogimiento, variación y geometría de los cuerpos.

A continuación, se definen las siguientes facies representativas en la Cuenca de Taguanes:

4.2.1 Facies Gms. *Grava soportada por matriz.*

Esta facies consiste de gravas embebidas en una matriz formada por arenas, limos y arcilla. Se presentan en secuencias masivas no mayores de 5 metros de espesor. El tamaño de la gravas varía principalmente desde peñas (19,0 a 101.50 mm) a guijarros (4.75 a 15.80 mm). En menor proporción se observan peñones (250 mm a 280 mm), expuestos en superficie de las empresas areneras El Pozote C.A y Las Abejas C.A.

Los clastos tamaño peña a guijarros son subredondeados y discoidales. A medida que disminuye el tamaño de grano incrementa la angularidad, variando de angulares a subredondeados. Esta característica se observa en los afloramientos de las empresas areneras Tracenca C.A y Las Abejas.

Los peñones son subredondeados a redondeados, esféricos y en gran proporción consisten de gneises de composición cuarzosa (98%) con marcas de arrastre seguramente generadas por el transporte, además, presentan alto grado de meteorización. En menor proporción (2%), se presentan clastos de esquistos micáceos angulares a subangulares con alto grado de meteorización.

Tabla 2. **FACIES Y ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS DE DEPÓSITOS DE RÍOS ENTRECruzADOS ANTIGUOS Y MODERNOS** (MODIFICADO POR MIALl, 1977, 1978 y RUST 1978, 1979). Tomado de MIDDLENTON & TRUJILLO (1984).

CÓDIGO DE FACIES	DESCRIPCIÓN DE LITOFACIES	ESTRUCTURA SEDIMENTARIA	INTERPRETACIÓN
Gms	Grava soportada por matriz, en forma masiva.	Ninguna	Flujo de masas y detritos
Gm	Gravas soportada por matriz, bimodales a polimodales, masivo o levemente estratificados.	Estratificación horizontal. Imbricación	Barras longitudinales y capas de gravas difusas.
Gt	Gravas soportadas por matriz con estratificación cruzada festoneada.	Estratificación cruzada festoneada	Rellenos de canal
Gp	Gravas soportadas por matriz con estratificación planar o tabular.	Estratificación planar o tabular.	Barras linguoides o transversales.
St	Arenas finas a muy gruesas con estatificación cruzada festoneada.	Estratificación cruzada festoneada	Dunas
Sp	Arenas finas a muy gruesas con estatificación cruzada planar o tabular	Estratificación cruzada planar o tabular	Barras linguoides y dunas
Sh	Arenas finas a muy gruesas con estatificación horizontal	Estatificación horizontal, lineaciones	Tope de barras de arena
F	Arcillas, limos y arenas laminadas.	Finas laminaciones	Depósitos de inundación



Fig. 7. Facies Gms en la base de los afloramientos ubicados en la empresa arenera El Pozote C.A. Nótese la variación en el tamaño de los clastos, fabrica desordenada y mal escogimiento.

Cabe destacar que los tamaños de estos clastos no se ven reflejados en los análisis granulométricos, ya que estos resultados se obtuvieron a partir de mediciones directas en el afloramiento.

El estudio granulométrico realizado a 10 muestras, en las distintas secciones de las empresas areneras en la región de Taguanes, indica que las gravas presentan una distribución polimodal, son inmaduras, la fabrica es desordenada y el soporte es de matriz (Fig. 7), por lo que se definen texturalmente como mal escogidas. Las gravas representan en promedio un 62 % del porcentaje total en peso de cada una de las muestras (ver apéndice Figuras A1, A3, A7, A9, A16, A17, A19, A21, A23, A25).

La matriz consiste de arenas, limos y arcillas. El tamaño de grano en las arenas varía de arena muy gruesa (1 a 2 mm) a muy fina (0.09 a 0.106 mm), subangulares a subredondeados. Mineralógicamente están formadas

por cuarzo (98%), chert y micas (2 %). Las arenas representan en promedio un 25 % del porcentaje total en peso de cada una de las muestras. La matriz arenosa se presenta muy mal escogida (ver apéndice Figuras A1, A3, A7, A9, A16, A17, A19, A21, A23, A25).

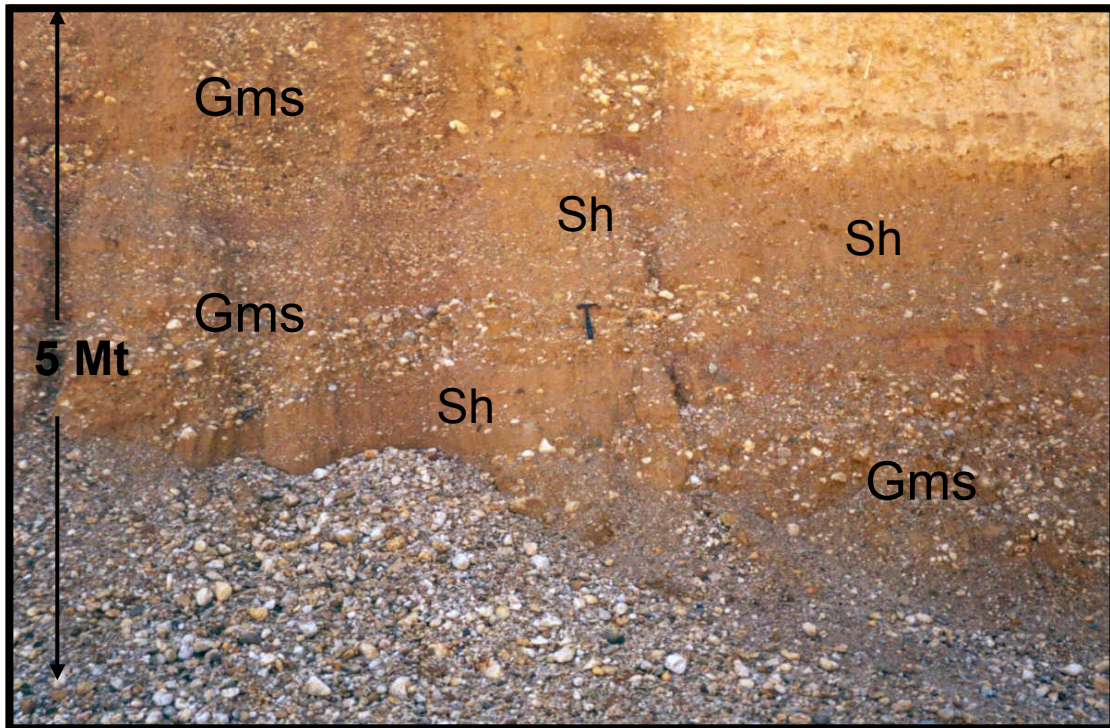


Fig. 8. Alternancia de facies Gms y Sh. Afloramiento de la arenera El Pozote. Se observa lenticularidad de la facies Sh y leve orientación de los clastos en la facies Gms.

Los limos y las arcillas representan en promedio un 13 % del porcentaje en peso total de las muestras, según los resultados de los análisis granulométricos (ver apéndice Figuras A1, A3, A7, A9, A16, A17, A19, A21, A23, A25). En esta facies los más altos índices de matriz arcillosa se observan en las empresas Taoro C.A y Tracenca C.A.

La facies Gms no presenta estructuras sedimentarias, sin embargo, se observaron en ocasiones clastos elongados con el eje mayor (a) orientado en dirección E-W.

La facies Gms está asociada con las facies Sh y F (Fig. 8). Los contactos supra e infrayacentes son planos.

4.2.2 Facies Gm. *Gravas soportadas por matriz, levemente estratificada con imbricación.*

Esta facies consiste de gravas embebidas en una matriz formada por gránulos, arenas, limos y arcillas. Se presentan en capas estratificadas con espesores no mayores a los 2 metros. En las gravas, los clastos se observan localmente imbricados.

Lateralmente esta facies se extiende por decenas de metros, con la particularidad que el tamaño de grano en las gravas disminuye hacia el sur del área de estudio, pasando transicionalmente a limos de la facies F.

El estudio granulométrico realizado a 4 muestras recolectadas en la arenera Taoro C.A, indica que el tamaño de grano de las gravas varía desde peñas (19,0 a 101.60 mm) a guijarros (4.75 a 15.80 mm), con un tamaño promedio de 45 mm de diámetro y máximo de 80 mm (ver apéndice Figuras A11, A12, A15, A18).

Composicionalmente, están representados por clastos de cuarzo subredondeados a redondeados (97%) y fragmentos de esquisto meteorizados subangulares a subredondeados (3%). Las gravas representan en promedio un 57 % del porcentaje en peso total de las muestras.



Fig. 9. Orientación de los clastos en su eje mayor. Corte de afloramiento en dirección N-S

El análisis granulométrico indica que estas gravas presentan una distribución polimodal, por lo que se definen como mal escogidas (ver apéndice Figuras A11, A12, A15, A18). La fábrica es imbricada, caracterizada por los clastos localmente orientados con una dirección preferencial sobre su eje mayor (eje A) unos 10° en dirección sureste (Fig. 9).

La matriz, consiste de gránulos (2 a 4 mm), arenas polimodales (1/16 a 2 mm), limos (1/256 a 1/16 mm) y arcillas. Los gránulos son subredondeados a redondeados de composición cuarzosa (97 %), el 3% restante lo conforman clastos subangulares a subredondeados de esquistos. Los gránulos alcanzan un 8 % del porcentaje en peso total de las muestras.

El tamaño de grano en las arenas varía de muy fina a muy gruesa, predominando los tamaños retenidos en los tamices 25 y 50 correspondientes a 0.71 y 0.30 mm de diámetro (ver apéndice Figuras A11, A12, A15, A18). Mineralógicamente están constituidos por granos subangulares a subredondeados de cuarzo (97 %) y granos subangulares a subredondeados de micas, chert y fragmentos de esquistos en un (3%). Las arenas representan un 30 % del porcentaje en peso total de las muestras analizadas.

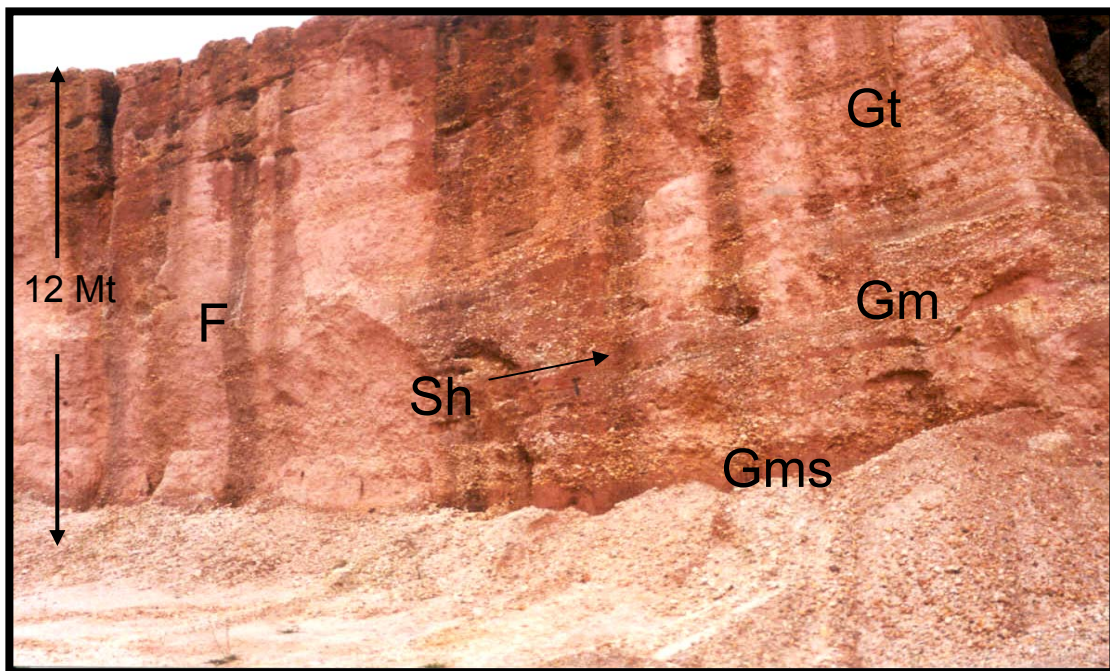


Fig. 10. La figura muestra los cambios en facies en dirección N-S. Arenera Taoro C.A.

Los limos y las arcillas representan en promedio un 13 % del porcentaje en peso total de las muestras, según los resultados de los análisis granulométricos. En esta facies los índices de matriz arcillosa son poco significativas, algunas veces no alcanza 10 % del porcentaje en peso total de las muestras analizadas.

La facies Gm se observa intercalada con todas las facies gravosas, comúnmente la facies Gms y con la facies arenosa Sh (Fig. 10). Los contactos supra e infrayacentes son irregulares y en algunos casos están truncados.

4.2.3 Facies Gt. *Gravas con estratificación cruzada festoneada.*

Esta facies consiste de gravas embebidas en una matriz formada por arenas y arcilla. Presenta estratificación cruzada festoneada, internamente los festones se caracterizan por la alternancia de niveles de guijarros (5 a 15 mm) y arenas muy gruesas (1 a 2 mm). El rango de altura en los festones está entre 70 y 150 cm.

El estudio granulométrico en 5 muestras recolectadas en los cortes expuestos en las areneras el pozote C.A, Taoro C.A y Tracenca C.A, indica que el tamaño de grano en las gravas corresponde a la categoría de guijarros (4.75 a 18.8 mm), disminuyendo hacia el sureste hasta alcanzar medidas de gránulos (2.8 a 3.4 mm) (ver apéndice Figuras A5, A8, A13, A14, A27). Esta disminución de tamaño en esta dirección sólo se observa en un corte de afloramiento N-S ubicado en la empresa Taoro (Fig. 11).

Los guijarros regularmente varían entre los 10 mm y 15 mm de diámetro, son subredondeados a redondeados con alta esfericidad, compuestos en un 97 % de cuarzo y el 3 % restante lo conforman granos subredondeados de esquistos y chert. Según los análisis granulométricos estos presentan moderado escogimiento. La fábrica es desorganizada en toda la sección estudiada. Representan en promedio un 30 % del porcentaje en peso total de las muestras (ver apéndice Figuras A5, A8, A13, A14, A27).

En ocasiones, hacia la base de los afloramientos se observaron clastos tamaño peña (260 mm) subredondeados a redondeados y discoidales, compuestos por un 97 % de cuarzo y un 3% de esquistos meteorizados.

Las peñas no sobrepasan el 10 % del porcentaje promedio total en peso de las muestras.

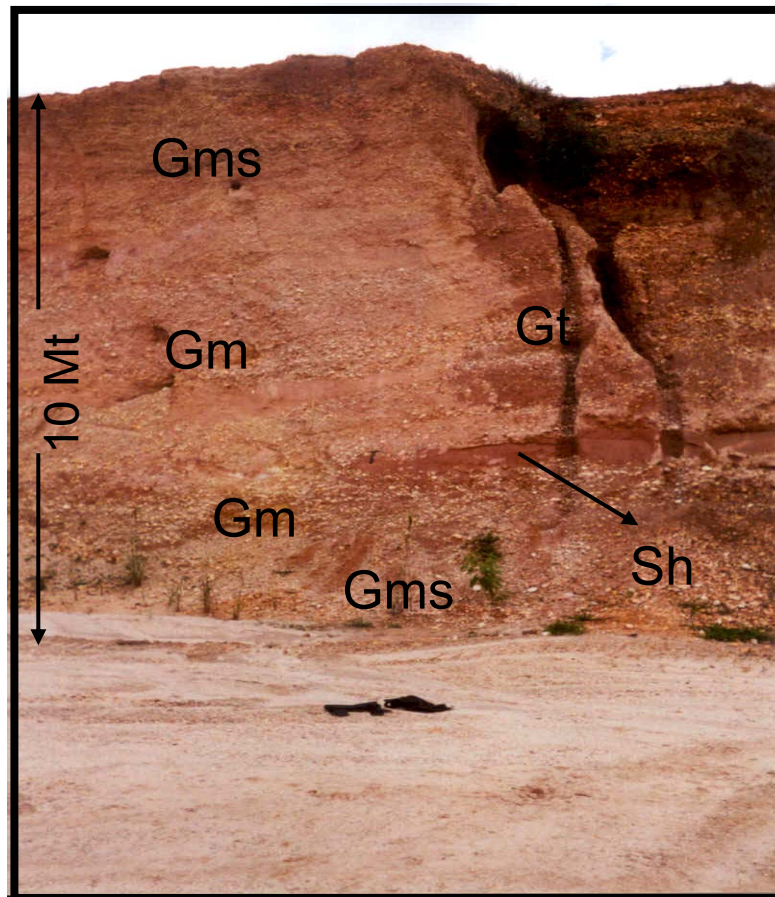


Fig. 11. Afloramiento representativo de la facies Gt en la arenera Taoro C.A. La facies Gt se trunca hacia la base de la secuencia.

La facies Gt, según los análisis granulométricos, presenta una matriz polimodal con alto contenido de arcilla. El contenido de matriz incrementa en la medida que disminuye el tamaño de grano en las gravas, en dirección sureste.

El tamaño de grano en las arenas varía de muy gruesas (1 a 2 mm) a muy finas (0.09 a 0.01 mm). Las clases modales más frecuentes están representados en los tamices con abertura 25 (0.71 mm) y 50 (0.30 mm) de diámetro (ver apéndice Figuras A5, A8, A13, A14, A27).

Las arenas están compuestas por granos angulares a subangulares de cuarzo (97%) y fragmentos angulares de esquistos y micas (3 %) . Según los análisis granulométricos alcanzan en promedio 35 % del porcentaje total en peso (ver apéndice Figuras A5, A8, A13, A14, A27).

En cuanto a la arcilla, algunas veces, alcanza valores de un 25 % del porcentaje en peso y se observa hacia el tope de los afloramientos y lateralmente en las zonas más al sur.

La facies Gt se observa asociada a las facies gravosas Gms y Gm (Fig. 11). Los contactos supra e infrayacentes son erosivos y en ocasiones se observan truncados.

4.2.4 Facies Sh. Arenas estratificadas horizontalmente

La facies Sh está caracterizada por arenas muy gruesas (1 a 2 mm), finamente estratificadas en una matriz formada por limos y arcillas. El espesor individual de los estratos es de aproximadamente 1 cm.

El espesor de esta facies incrementa hacia el tope de la secuencia, variando de 30 cm hasta 50 cm (Fig. 12). Este aumento en el espesor está acompañado de un incremento en el porcentaje de matriz arcillosa, alcanzando hasta un 36 % del porcentaje en peso de las muestras estudiadas. Los mayores espesores de arena se presentan en la empresa Tracenca C.A, llegando alcanzar unos 3 metros (Fig. 13).

Las arenas están constituidas por granos subangulares a subredondeados de cuarzo (97 %) y fragmentos angulares de esquistos y micas (3 %). Las arenas alcanzan valores de hasta 70 % del porcentaje total en peso (ver apéndice Figuras A2, A4, A6, A10, A20, A22).

Esta facies regularmente se observa en forma de cuñas truncadas o lentes que no alcanzan los 2 metros de espesor en las secciones. El mejor ejemplo se puede observar en un corte con dirección E-W ubicado en las inmediaciones de la empresa El Pozote (Fig. 12), donde los espesores de la facies Sh se intercalan con la facies Gms.

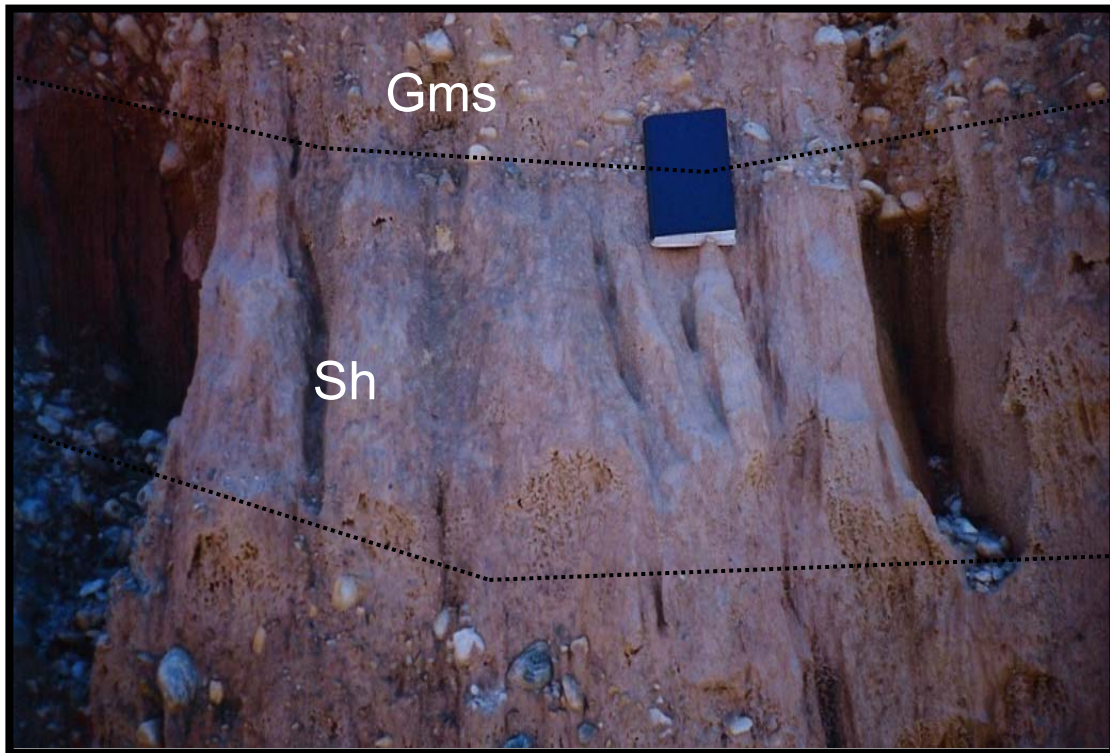


Fig. 12. La figura muestra una arena de color ocre que varía hacia el tope a un color rojizo. Facies Sh. Empresa arenera El Pozote C.A.

Las arenas pertenecientes a esta facies presentan un escogimiento moderado y son bimodales según los análisis granulométricos. La fábrica es desorganizada (ver apéndice Figuras A29 hasta A34).

La matriz presenta altos porcentajes de limos y arcilla que alcanza valores de hasta 30 % del porcentaje promedio total en peso (ver apéndice Figuras A2, A4, A6, A10, A20, A22).

Los contactos supra e infrayacentes de esta facies son planos a lo largo de las secciones. Esta facies se presenta intercalada con todas las facies gravosas, comúnmente la facies Gms.

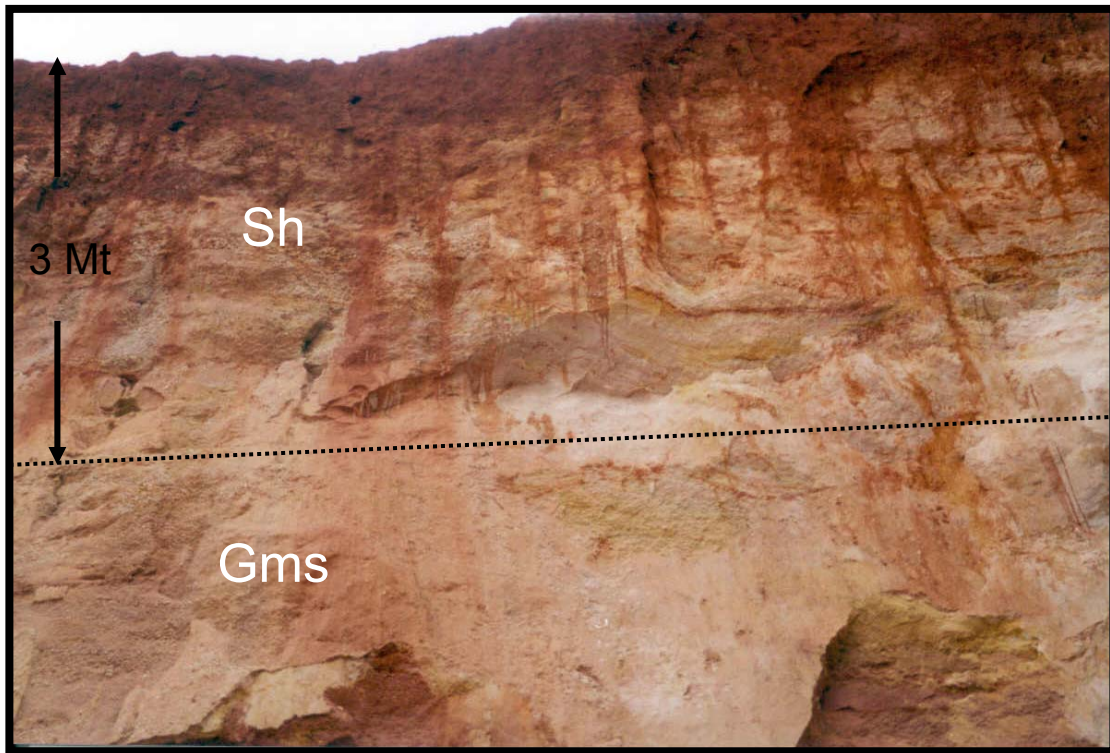


Fig. 13. Máximo espesor de arena aflorante ubicado en las inmediaciones de la arenera Tracenca C.A.

4.2.5 Facies St. Arenas con Estratificación Cruzada Festoneada

Esta facies está representada por arenas de grano muy grueso (1 a 2 mm) a muy fino (0.09 a 0.10 mm), en una matriz compuesta por limos y arcillas. Presenta estratificación cruzada festoneada, internamente los festones se caracterizan por la alternancia de niveles de arenas gruesas (0.5 a 0.85 mm) y arenas finas (0.125 a 0.20 mm). El rango de altura en los festones está entre 15 y 30 cm. Esta facies presenta espesores de aproximadamente 150 cm.

Los granos son subangulares a subredondeados, compuestos por un 97 % de cuarzo y el 3 % restante por granos angulares a subangulares de esquistos y micas.

Las arenas son moderadamente bien escogidas y alcanza valores de un 80 % del porcentaje total en peso de las muestra analizadas. La matriz está compuesta por limos y arcilla, alcanzado valores de 20 % del porcentaje total en peso de las muestra analizadas (ver apéndice Figuras A28, A36,).

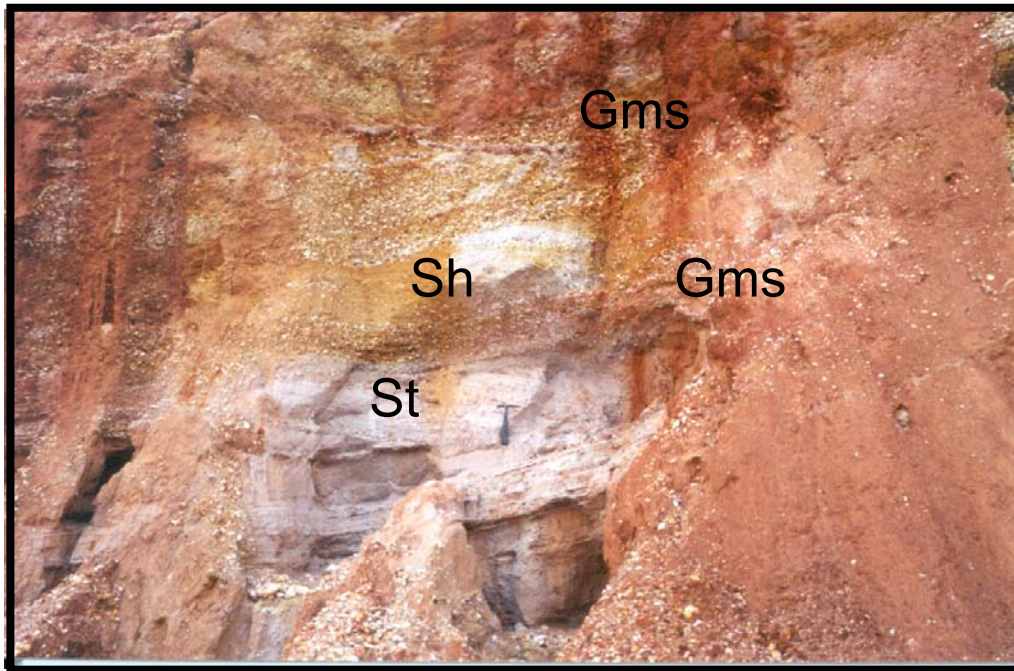


Fig. 14. Afloramiento representativo de la facies St, en la empresa Tracenca C.A

Esta facies sólo se observa en los afloramientos de la arenera Tracenca C.A y se caracterizan por su color rojizo (Fig. 14), se presenta intercalada con la facies Gms. Los contactos infra y suprayacentes son del tipo planar.

4.2.6 Facies F. Arenas muy finas, limos y arcillas.

Esta facies consiste de arenas muy finas (0.09 a 0.10 mm), limos (0.075 a 0.09 mm) y arcillas masivas. Usualmente presentan en lentes menores de 30 cm de espesor y una extensión lateral de hasta 1 metro. El espesor máximo observado fue de 2 metros.

Las arenas están formadas por granos subangulares de cuarzo (95 %) y fragmentos de esquistos meteorizados y micas (5 %). Presentan una distribución bimodal y están moderadamente bien escogidas. Alcanzan un 65 % del porcentaje total en peso (ver apéndice Figuras A24, A26, A35).

Los limos y las arcillas alcanzan valores de hasta 45 % del porcentaje total en peso (ver apéndice Figuras A24, A26).

Esta facies se observa intercalada con las facies gravosas (Gms y Gt) y en menor proporción asociada a la facies arenosas (Sh). La facies se puede observar regularmente en el tope de los afloramientos ubicados en la empresa arenera Las Abejas. (Fig. 15)

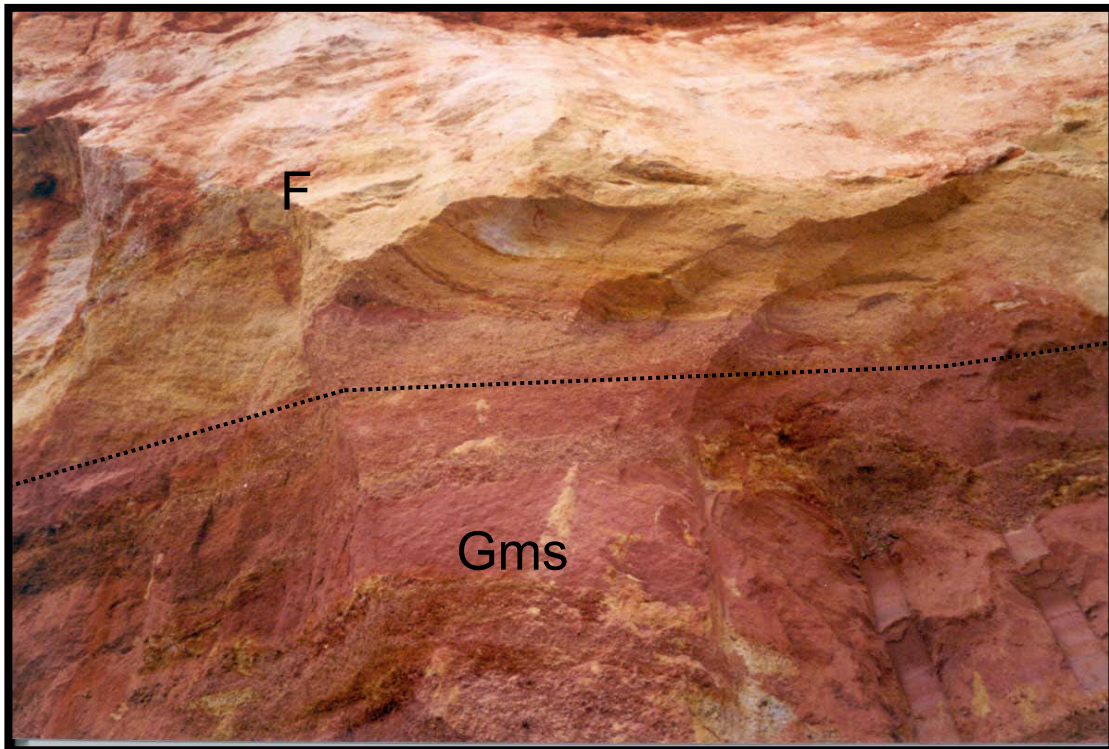


Fig. 15. Limos en finas laminaciones que representan la facies F. Esta facies se lenticulariza lateralmente.

CAPITULO V

5. MODELO SEDIMENTOLÓGICO

ASOCIACIÓN DE FACIES E INTERPRETACIÓN

La distribución lateral y vertical de las facies descritas en el capítulo anterior, indican que el ambiente de depositación de los cuerpos litológicos en la cuenca de Taguanes ocurrió en abanicos aluviales.

Rodríguez (2002, en comunicación personal), describe en la zona de Barrera, en las cercanías del Campo de Carabobo, estado Carabobo, niveles arcillosos que presentan contenidos de moluscos de origen lacustre, asociándolos a los niveles expuestos en las areneras de la región de Taguanes.

Estas características permitirían asociar el ambiente de depositación con abanicos deltáicos progradantes en cuerpos de aguas (fan deltas), sin embargo, en la zona de estudio no se encontraron evidencias de ningún tipo de fauna lacustre.

Según su morfología, los abanicos aluviales dominados por flujos de detritos se caracterizan por presentar en su parte proximal flujos de detritos que se adelgazan rápidamente hacia el abanico medio interdigitando con depósitos de canales entrelazados y de flujos laminares “sheet flows” hacia el abanico distal. Este tipo corresponde por lo general a abanicos pequeños que muestran altas pendientes y escasa vegetación Stanistreet & McCarthy (1993, en Limarino, 2001).

Tomando en consideración los trabajos de campo y laboratorio, en la cuenca de Taguanes sólo se reconocieron la parte proximal y la parte media del abanico, sus características se describen a continuación:

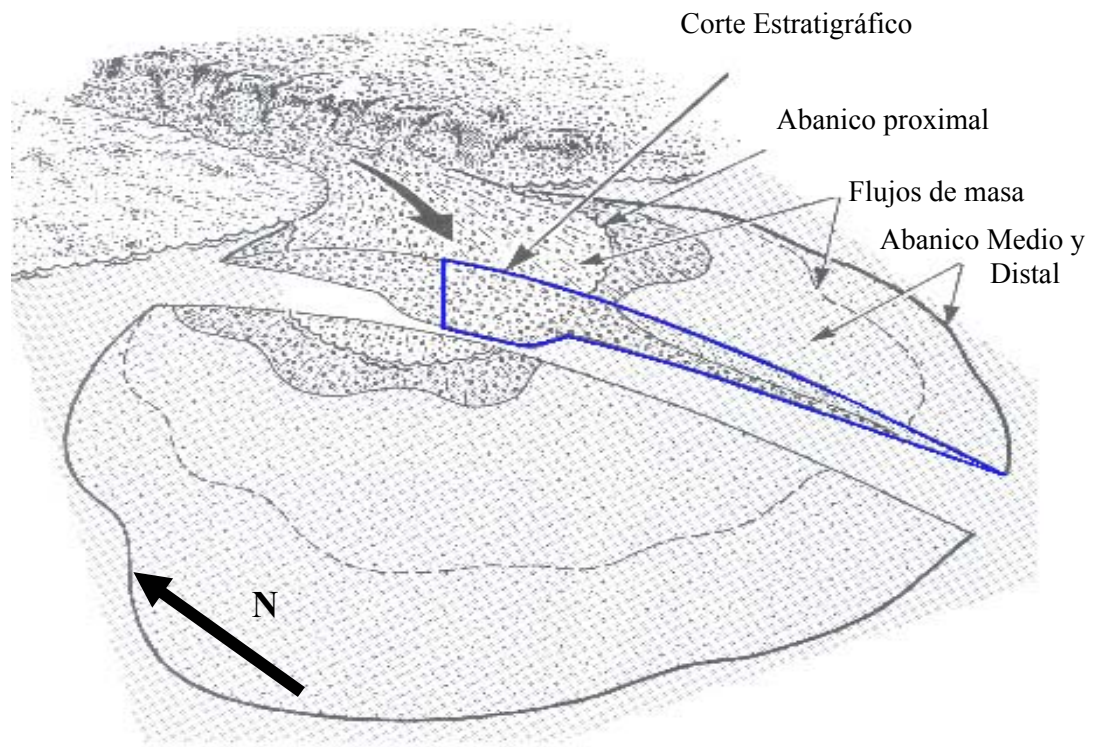


Fig. 16. Bloque esquemático de la generación de abanicos aluviales. (Tomado y modificado de Nemeč, et al; 1984)

Abanico Proximal

Los depósitos pertenecientes al abanico proximal están localizados al norte de la zona de Taguanes (ver mapa anexo), y están representados por flujos de detritos y en menor proporción canales entrelazados dominados por gravas (Fig. 18 y 19).

Los depósitos de flujos de detritos están representados por la facies Gms, caracterizadas por gravas soportadas por una matriz areno-lodosa. Los clastos están poco redondeados, el escogimiento es pobre, presentan una fabrica desordenada y ausencia de estructuras sedimentarias. Los espesores varían entre los 3 y 5 metros.

En ocasiones pueden observarse lentes o delgados niveles arenosos pertenecientes a la facies Sh como producto de régimen de flujos elevados.

Los factores que controlan la generación de flujos de detritos son la presencia de abundantes precipitaciones generalmente en cortos períodos de tiempo, y a intervalos regulares, pendientes fuertes, pobres cubiertas vegetales y una fuente de aporte de materiales finos (limo y arcilla) (Bull, 1972 en Macellari, 1985).

En los afloramientos de la arenera Taoro C.A, asociados a los flujos de detritos se observó la facies Gm caracterizada por gravas con soporte de matriz, en ocasiones los clastos se observan imbrincados a lo largo de su eje mayor (a), paralelo a la dirección de flujo en dirección sureste y gradan hacia el tope a sedimentos arenosos indicando disminución en las condiciones de flujo. El espesor de estos depósitos varía entre 1.5 y 2 metros.

La presencia de gravas débilmente estratificadas indica probablemente que se depositaron durante períodos de crecidas de ríos (Hein & Walker, 1977 en Middlenton & Trujillo, 1984), estas descargas de flujo aguas abajo incrementan la horizontalidad en la capas de gravas estratificadas, tal como ocurre en las secuencias expuestas de la arenera Las Abejas C.A (Fig. 22).

En este sentido, estas capas se depositan en barras longitudinales y por disminución en las condiciones de flujo, el material fino es depositado en el tope de las barras longitudinales (estas características son similares a la interpretación para esta facies en el modelo Scott de Miall, 1978).

Los depósitos de canales entrelazados dominados por gravas están caracterizados por secuencias granodecrescentes asociadas las facies Gt y Sh, representan el relleno de canales menores de acuerdo con Miall (1978). Los espesores varían entre 30 cm hasta 3 metros.

Los contactos entre las facies son del tipo planar, sin embargo, algunas veces se observan erosivos, como es el caso de las secuencias ubicadas en la empresa arenera Taoro C.A (Fig. 19).

Las potentes secuencias en la zona proximal sugieren condiciones de flujo de alta energía (Middlenton & Trujillo, 1984). La inmadurez textural de los depósitos (pobre escogimiento, alto contenido de matriz) indican:

a) poca colisión grano-grano entre el material no cohesivo y b) la energía del flujo era incapaz de escoger los granos mas grandes y de cribar los finos, por lo que, las clastos y la matriz fueron transportados y depositados juntos (Fig. 20) (Middlenton & Trujillo, 1984).

Los depósitos de abanico proximal son comunes en las secciones ubicadas en las areneras el Pozote C.A y parte de la arenera Las Abejas C.A, siendo mas abundante hacia el noreste, en la arenera Taoro C.A (Fig.17).



Fig. 17. Disminución del tamaño de granos lateral y verticalmente en ciclos progresivos. Intercalación de gravas y arenas asociados a las facies Gms y Sh respectivamente. Afloramiento expuesto en la arenera El Pozote C.A.

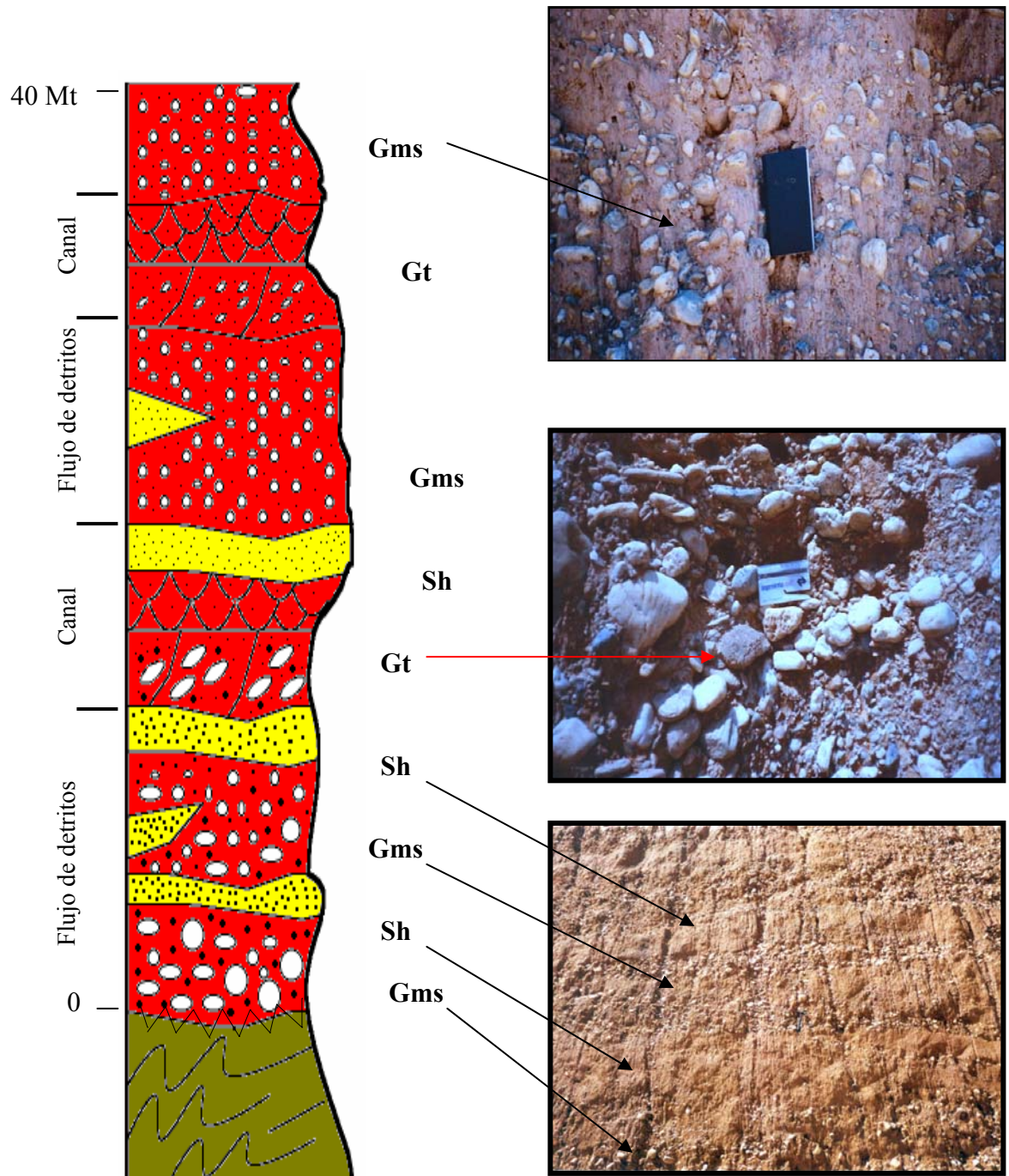


Fig. 18. Columna estratigráfica representativa del abanico proximal, representada por flujos de detritos (Gms, Sh) y rellenos de canales entrelazados (Gt, Sh). Columna estratigráfica generalizada expuesta en los afloramientos de la arenera El Pozote C.A.

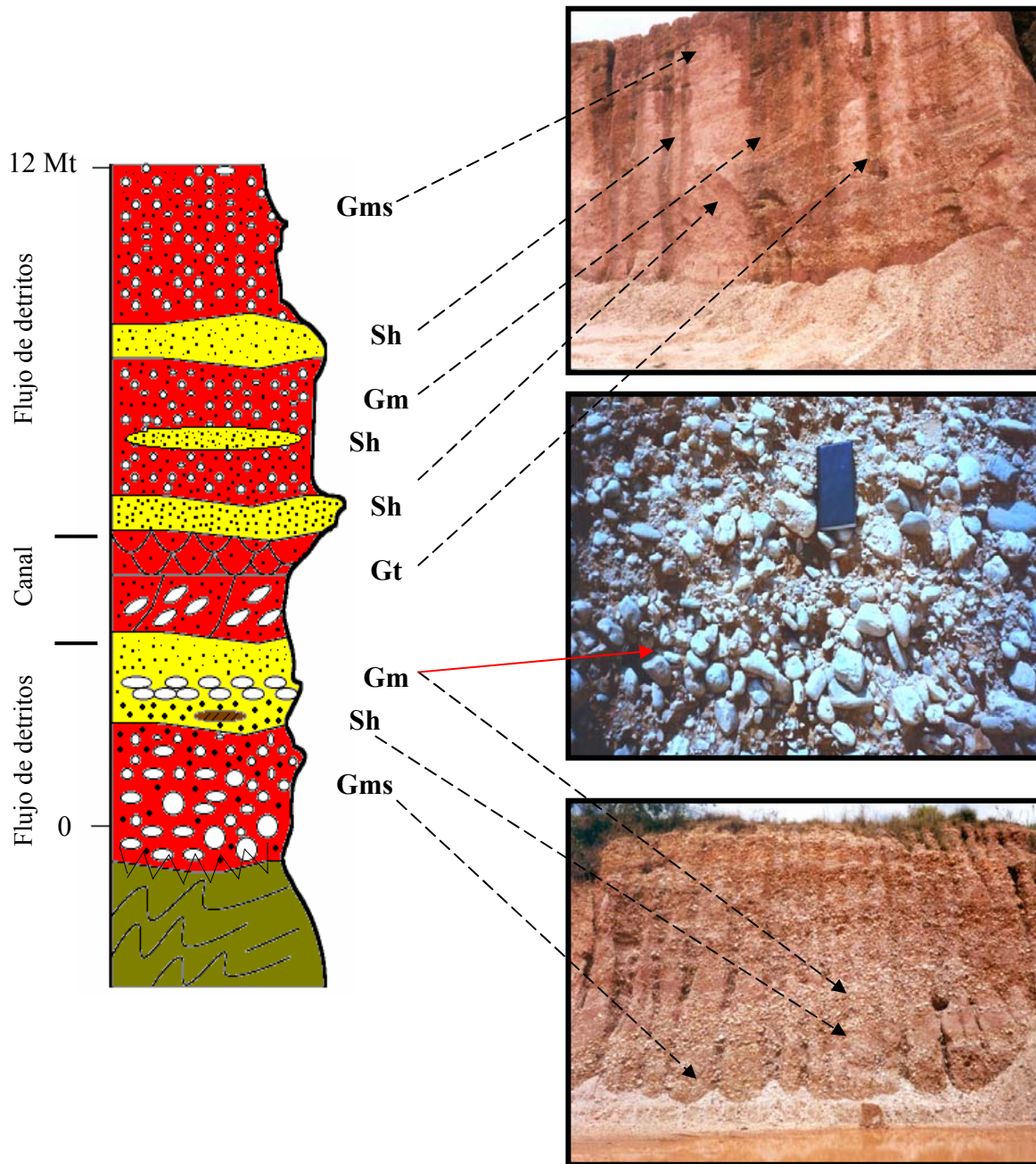


Fig. 19. Columna estratigráfica representativa del abanico proximal, caracterizada por flujos de detritos (Gms, Sh) y canales entrelazados (Gt, Sh y Gm, Sh). Columna estratigráfica generalizada expuesta en los afloramientos de la arenera Taoro C.A.

Abanico Medio

En dirección hacia el sur del área de estudio, y verticalmente subiendo en la sección se observa la gradación a depósitos del abanico medio (ver mapa anexo), caracterizados por el relleno de canales entrelazados, depósitos de inundaciones laminares (sheet floods) y depósitos de llanura de inundación (ver Figuras 21 y 22).

Estos depósitos están caracterizados por secciones granodecrecientes que se repiten con espesores de 8 a 10 metros. Los depósitos de canales entrelazados están representados por secuencias granodecrecientes, caracterizados por la asociación de facies Gt y St ó Gms, Sh. Estas asociaciones de facies son comunes en las secciones ubicadas en las areneras Tracenca C.A y parte de la arenera Las Abejas.

La facies Gms representa depósitos residuales acumulados en el fondo de los canales (lag deposits) que gradan a depósitos más finos representados por la facies Gt y St. El espesor de la secuencias de canal varia entre los 2 y 3.5 metros.

El tope de estas secuencias están caracterizados por delgados niveles de finos (facies F) que representan los depósitos de la llanura de inundación (Fig. 22), tal como se observa en la arenera las Abejas C.A; o gradan a depósitos de inundaciones laminares caracterizado por intercalaciones de arenas de la facies Sh y finos de las facies F depositados durante las crecidas, tal como se observa en los cortes de la areneras Tracenca C.A. El espesor promedio de los depósitos de inundaciones laminares es de 2 metros.

El carácter migratorio de los canales entrelazados da como resultado la erosión de los depósitos acumulados en la llanura de inundación. Los contactos entre estas facies generalmente son planos, sin embargo, algunas veces se presentan erosionados.

No se observaron cortes en donde afloren los depósitos del abanico distal, sin embargo, en los alrededores de la empresa hoy desmantelada Cementos Caribe, se pueden apreciar niveles masivos de limos y arcillas de pocos metros de espesor que corresponden a las facies distales del abanico.

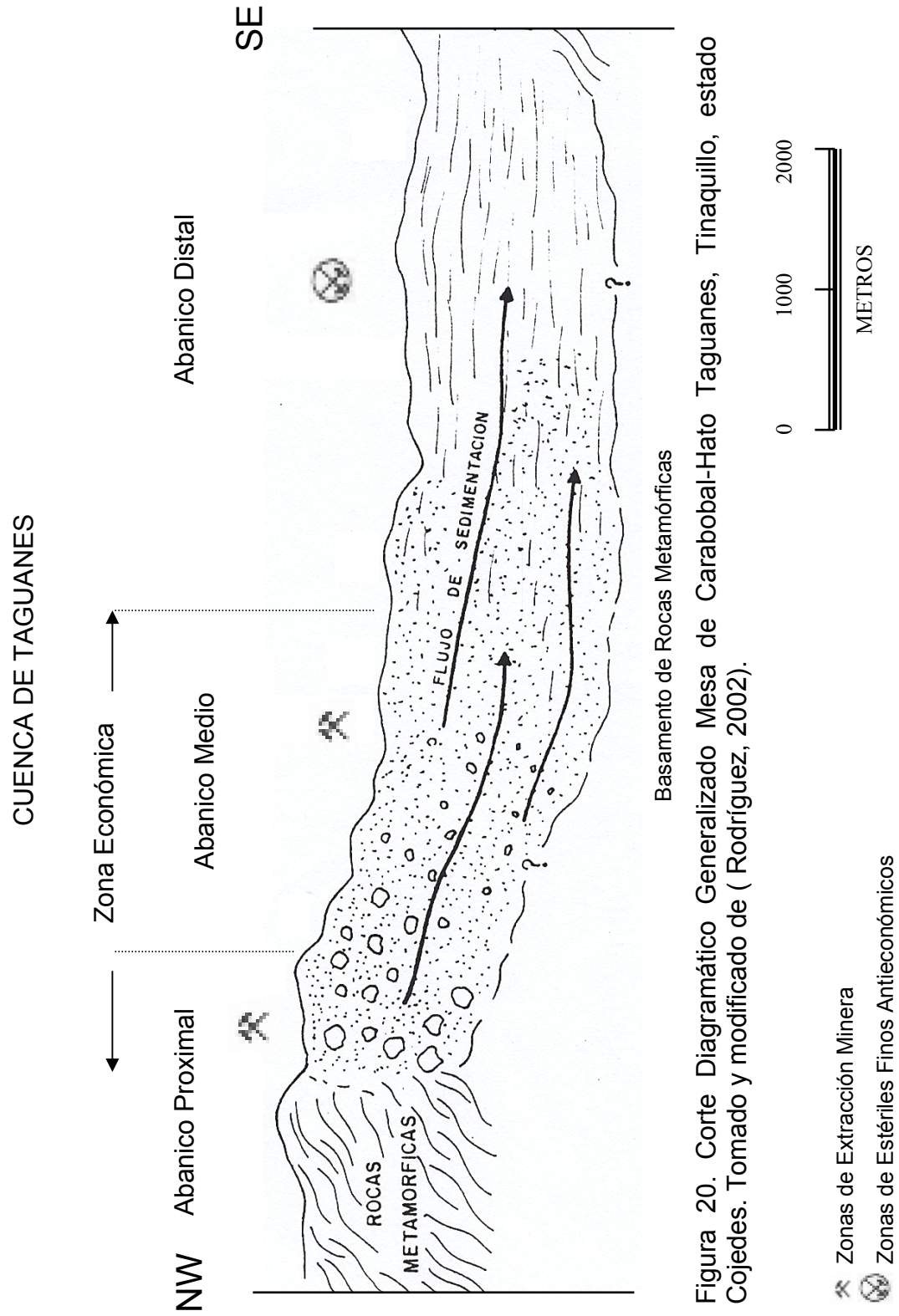


Figura 20. Corte Diagramático Generalizado Mesa de Carabobal-Hato Taguanes, Tinaquillo, estado Cojedes. Tomado y modificado de (Rodríguez, 2002).

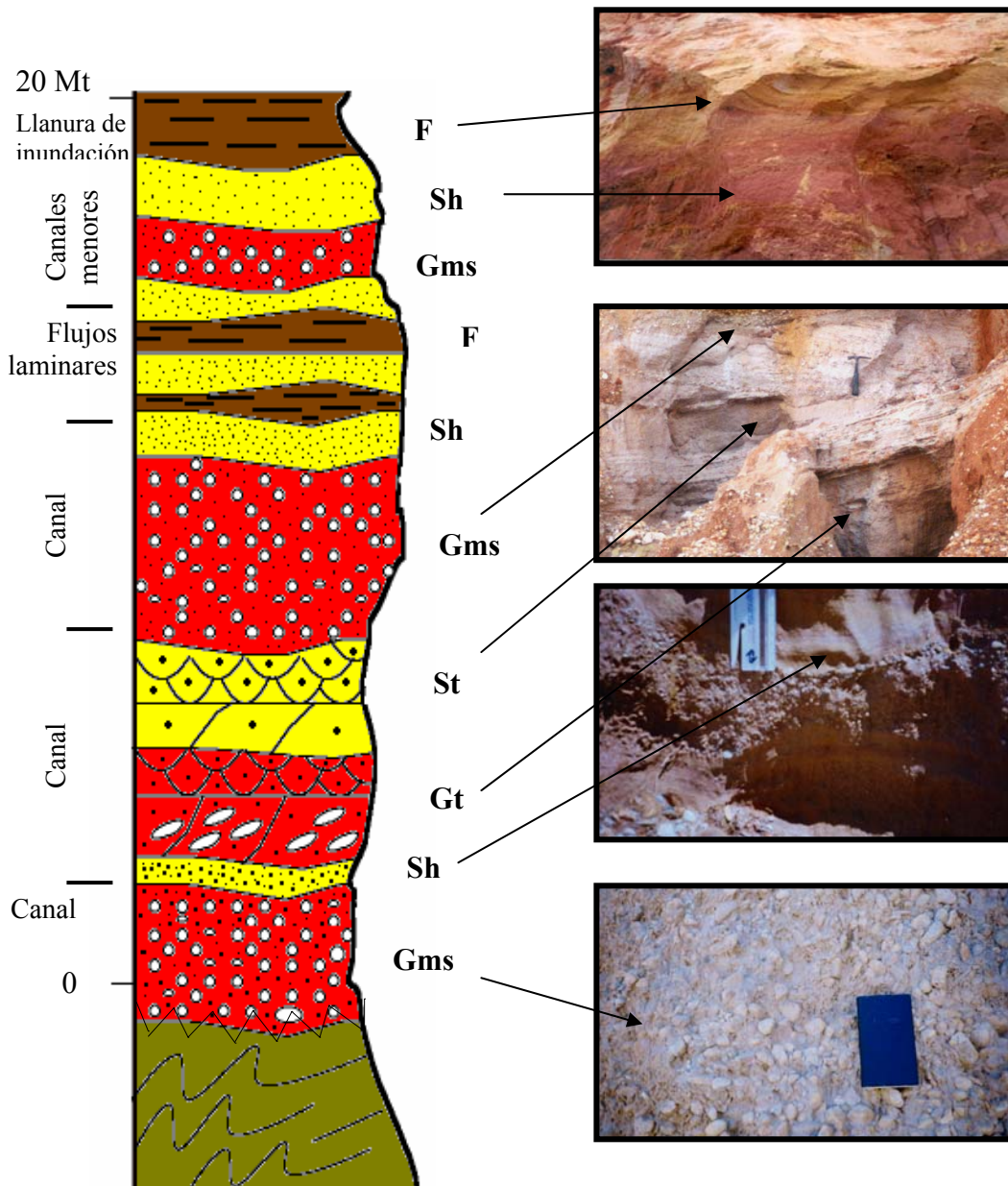


Fig. 21. Columna estratigráfica representativa del abanico medio caracterizados por depósitos de canales entrelazados (Gt, St) ó (Gms, Sh), flujos laminares (F, Sh) y llanuras de inundación (F). Columna estratigráfica generalizada de afloramientos expuestos en la arenera Tracena C.A.

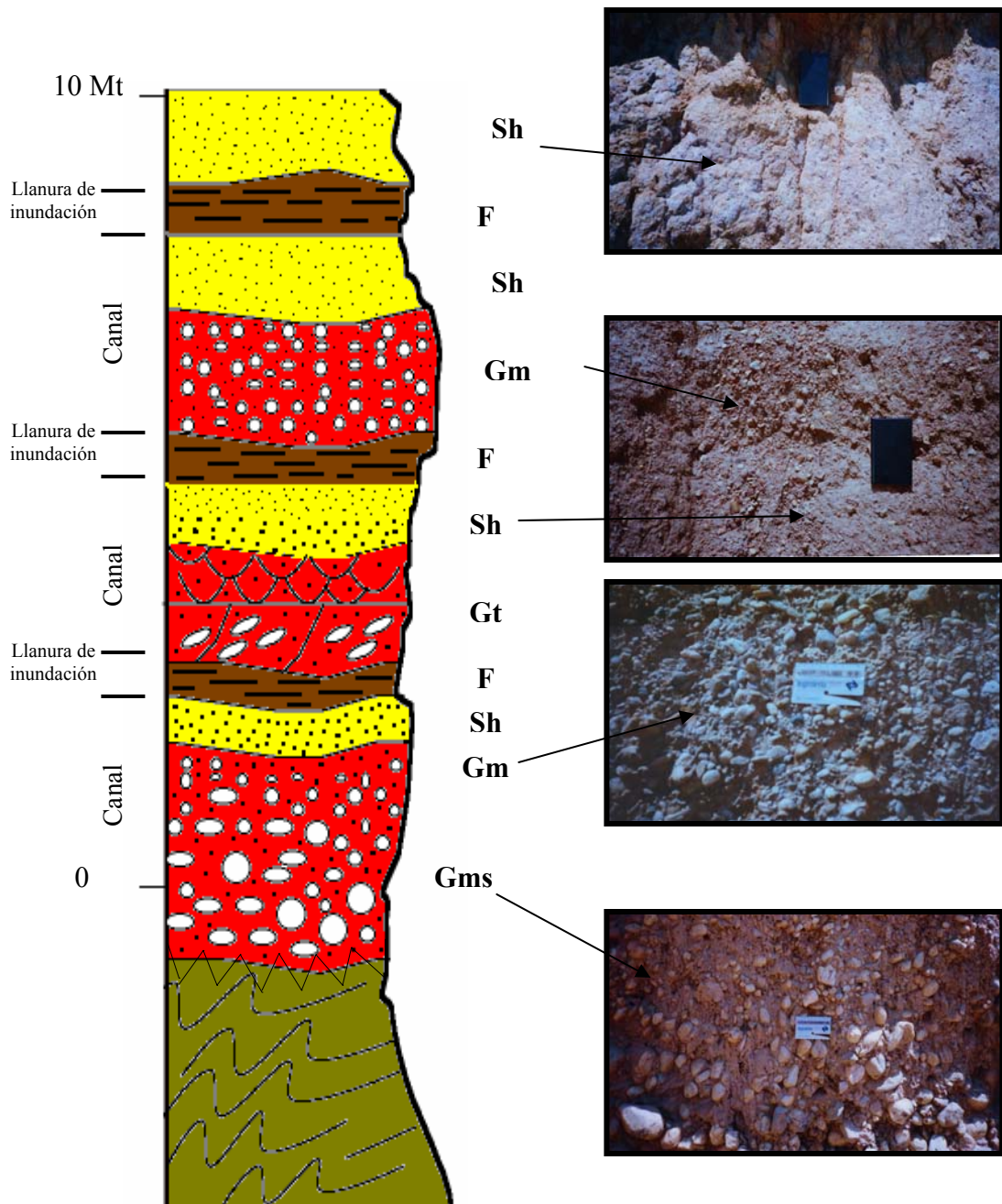


Fig. 22. Columna estratigráfica representativa del abanico medio caracterizados por depósitos de canales entrelazados (Gms, Sh) ó (Gt, Sh) y llanuras de inundación (F). Columna estratigráfica generalizada de afloramientos expuestos en la arenera Las Abejas C.A.

CAPITULO VI

6. ASPECTOS MINEROS

6.1 GENERALIDADES

Regionalmente no hay duda que los depósitos de arenas y gravas cuarzosas de la cuenca holocénica Tocuyito-Taguanes conforman una de las principales reservas de clastos naturales de alta calidad del norte de Venezuela.

Las características de los depósitos, su morfología, sus reservas y su cercanía a importantes mercados y vías de comunicación, hace de esos depósitos una de las principales fuentes de materia prima para numerosas industrias.

Ciertamente, estos depósitos a diferencia de otras concentraciones de clastos naturales, constituyen estratos bien definidos, extensos y localmente con pequeñas variaciones de facies. Conforman yacimientos fácilmente explotables y muy aptos de ser explotados a gran escala por métodos convencionales de una minería intensiva a cielo abierto.

Por lo general, la zona de Taguanes presenta estratos muy gruesos, sobre los 40 metros de espesor, extensos, relativamente uniformes y con contactos bien establecidos. Estos parámetros son extremadamente positivos ya que facilitan enormemente la planificación minera de una extracción intensiva a cielo abierto.

De acuerdo a los estudios de campo, las reservas de los depósitos son muy altas, especialmente de aquellos ubicados al norte de la población de Taguanes, por encontrarse en la parte más proximal del abanico (ver mapa anexo) y cercanos al contacto con las rocas metamórficas de la Formación Las Brisas.

Adicionalmente, los depósitos se ubican cerca de excelentes vías de comunicación, las cuales unen a las zonas potencialmente económicas con los importantes mercados del norte del país.

6.2 PLANIFICACIÓN Y EXTRACCIÓN MINERA

La investigación detallada realizada sobre toda la zona demostró que de acuerdo a sus características litológicas el área de estudio se divide en 3 zonas: el abanico proximal, donde se encuentran las mayores reservas de materiales económicos; la zona media del abanico, caracterizada por la presencia de gravas y arcillas, pero con altos contenidos de matriz arcillosa y la zona distal del abanico, estéril de poca posibilidades económicas.

El intervalo económico conforma un manto uniforme, extenso, muy espeso, perfectamente delimitado, con algunas variantes importantes que dificultan la extracción minera. Los cambios verticales y laterales de facies a cortas distancias, intervalos contaminantes como niveles de limo y arcilla, lenticularizaciones y acuñamientos de las facies son algunas de estas complicaciones.

Sin embargo, estos parámetros morfológicos no son impedimento alguno para planificar una minería intensiva a cielo abierto utilizando métodos normales de extracción, siempre y cuando se ejecute la metodología correcta en la explotación minera. Estos cambios, en general no ocurren con frecuencia y se pueden ubicar perfectamente en cada uno de los afloramientos expuestos en la zona de Taguanes.

Según los análisis de campo y laboratorio, los cambios laterales y verticales de facies resultan el principal problema en la extracción de los materiales económicos. Estos cambios realmente afectan a las empresas areneras ubicadas en la parte más proximal del abanico (ver mapa anexo).

Sin embargo, esta zona de estudio representa la región de mayor interés económico debido a sus características litológicas. En esta área las concentraciones de gravas y arenas presentan las características más óptimas para su explotación. En la actualidad las empresas Taoro C.A, El Pozote C.A se ubican en esta zona y un poco mas al sur, cercano a la parte media, la empresa Las Abejas.

Observando los resultados mostrados en la tabla N° 3, las empresas ubicadas en esta zona pueden aprovechar hasta un 75% en promedio del material explotado, aunque estos valores no son constantes a lo largo de toda la secuencia. Los trabajos de campo señalan que los tamaños de las gravas disminuyen hacia el tope, aunado a que verticalmente aumenta la cantidad de matriz arcillosa.

Tabla N° 3. **Porcentajes Promedio de Materiales Económicamente Aprovechables en la Región de Taguanes.**

Tamaño de Granos Porcentajes Promedio (%)		Empresas Areneras			
		El Pozote C.A	Taoro C.A	Tracenca C.A	Las Abejas
GRAVAS	Clastos	54.75	48.52	49.08	76.22
	Matriz Arenosa	36.13	17.03	35.43	16.64
	Matriz Arcillosa	9.12	34.45	15.49	7.14
ARENAS	Granos	67.10	70.35	76.06	46.33
	Matriz	32.89	29.65	23.94	53.67
Porcentaje (%) de material comercialmente aprovechable		70-75	70-75	65-70	65-70

Tomando en consideración esta variante, verticalmente el porcentaje de material aprovechable se reduce hasta un 60 %, lo que quiere decir, los porcentajes de matriz alcanzan un 40 %, algunas veces 50% en peso promedio.

Por desconocimiento de las empresas areneras ubicadas en la zona proximal del abanico, el tratamiento a este material se realiza como un todo, sin percatarse que la mezcla de todo el producto bruto aumenta la cantidad de proporción de arcilla en el material, trayendo como consecuencia un material de poca calidad.

Por supuesto, cada una de estas empresas emplean métodos de explotación similares, pero en realidad en cada una de estas zonas se deben realizar tratamientos distintos debido a los cambios sedimentológicos y estratigráficos a lo largo de las secciones.

Por ejemplo, la empresa Taoro C.A sólo presenta variaciones importantes de facies en los afloramientos expuestos en dirección N-S. Estos afloramientos muy bien se pueden explotar delimitando la zona donde ocurren los cambios bruscos en el tamaño de grano. Los materiales ubicados más al norte de estos afloramientos presentan material por excelencia a ser explotado, destacándose que los valores de arcilla no rebasan el 10% del porcentaje total en peso, además, no presentan ningún tipo de estructura que dificulte el proceso de explotación.

En dirección E-W, los cambios laterales de facies no interfieren en el proceso de explotación, pero cabe destacar, los porcentajes de matriz son más altos alcanzando hasta un 35 % del porcentaje en peso. Los afloramientos ubicados en esta dirección también presentan niveles de arena con un espesor promedio de 1 metro a lo largo de las secciones con porcentajes similares de matriz arcillosa que las gravas.

Tanto la cantidad de matriz arcillosa, como el espesor de las arenas, indican que no es necesario la eliminación de estos niveles arenosos, por el contrario se pueden tratar de forma integral sin producir volúmenes grandes de finos y extrafinos.

Un poco más al sur de la empresa Taoro, se encuentra una de las empresas mas importantes de producción de áridos naturales en la región de Taguanes como es la empresa El Pozote C.A. Esta empresa tiene una de las mejores instalaciones para procesar grandes cantidades de materiales y presenta una infraestructura para la producción de arenas de filtrado.

Sin embargo, esta empresa no alcanza los niveles óptimos de producción debido a la errada ejecución de explotación en la zona. Los afloramientos expuestos en El Pozote alcanzan hasta 40 metros de espesor destacándose la zona por presentar considerables cambios de facies verticales. Dichos cambios no son tomados en consideración en los procesos de extracción de los materiales, reduciendo así la factibilidad de materiales económicamente aprovechables.

La mala ejecución de la explotación minera en consecuencia ha llevado a la elaboración de cortes verticales (Fig. 23), que hoy en día no se pueden explotar económicamente por la peligrosidad de que estos afloramientos se derrumben.



Fig. 23. Afloramientos cortados verticalmente expuestos en la empresa arenera El Pozote C.A

Los distintos niveles que se presentan en estos afloramientos se pueden delimitar sencillamente en la zona, y un método apropiado es cortar los distintas secciones en forma de terrazas escalonadas, en intervalos no superiores a los 10 metros de altura, debido a que los cambios de facies verticales de gran importancia ocurren aproximadamente entre los 8 y 10 metros de altura a lo largo de las secuencias económicas.

Como se observa en la Figura 24, la elaboración de cortes en forma de terraza escalonadas permitirá no solo la explotación de material en forma planificada, sino que además se podrán delimitar los niveles según su contenido de arcilla. No cabe duda que en los niveles ubicados hacia el tope, el tratamiento repercutirá en los costos operativos, sin embargo, según la Tabla N° 3, este material se puede aprovechar económicamente hasta un 65%.

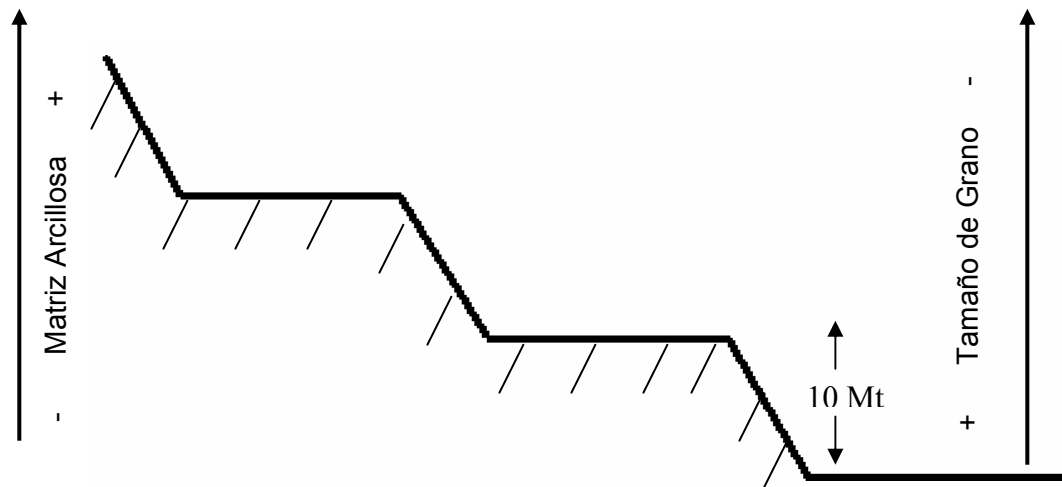


Fig. 24. Planificación de cortes en forma de terrazas escalonadas.

Al igual que la empresa Taoro C.A, esta empresa descarga bajos volúmenes de material fino y extrafinos disminuyendo considerablemente el impacto ambiental en esta localidad. Vale la pena agregar que este material en casi un 55% puede ser reutilizado para la elaboración de vidrio y otros usos importantes, lo que puede en cierta manera lograr la reducción de estos depósitos estériles en cada una de las empresas ubicadas en esta zona.

Otra característica muy importante de esta zona es que se producen altos volúmenes de clastos mayores a 10 cm de espesor, considerados antieconómicos para algunos productores, en este sentido, ningún material presente en esta zona se debe desechar ya que muy bien estos materiales se pueden procesar hasta que alcancen un tamaño económicamente rentable o también pulverizarlos para la elaboración del vidrio debido a su alto contenido de sílice.

En cuanto a la zona media (ver mapa anexo), caracterizada por una enorme reserva de arenas y limos (aunque se observan gravas no superiores a los 2 cm de diámetro), en la actualidad se ubican las plantas procesadoras Tracencia C.A y Las Abejas que generan altos volúmenes de limos.

La concentración de limos y arcillas trae como consecuencia una alza en los costos de procesamiento, debido básicamente, a una disminución en la producción de arenas y gravas de cuarzo, y problemas relacionados con almacenamiento de finos y extrafinos arcillosos. Por otro lado, los problemas de control ambiental son serios, y conllevan a constantes cambios en la topografía local (Rodríguez, 2002).

Observando la Tabla N° 3, para la zona media el porcentaje promedio de material económicamente aprovechable varía entre un 65% y 70% si los procesos de producción son un 100% óptimos. Claro está, que estos porcentajes en la práctica son inferiores por la inexistencia de una planificación minera.



Fig. 25. Alternancia de niveles arenosos contaminantes en la explotación minera. Corte expuesto en la empresa arenera Las Abejas.

Actualmente las empresas que funcionan en la zona de Taguanes ubicadas en la zona media presentan deficiencia en la explotación de los materiales económicos (Fig. 25).

Si bien, tratan rudimentariamente de eliminar los niveles contaminantes de limos y arcilla mediante terraceo de la topografía hacia el tope de las secciones, estos no toman en consideración que existen niveles contaminantes infrayacentes, en consecuencia los porcentajes de arcilla en los materiales invariablemente serán muy altos (Fig. 26).

Las consecuencias van mas allá del aumento del porcentaje de arcilla, además, los costos operativos se duplican ya que algunas veces se deben realizar relavados en las gravas y arenas comerciales para eliminar los grados de arcillas. Estos residuos finos luego de ser procesados se depositan en piscinas de barro que causan gran impacto en la contaminación ambiental (Fig. 28).

Adecuadamente, estos problemas se pueden eliminar bajo una estricta planificación y extracción minera. Los niveles contaminantes se deben eliminar de tope a base, ya sea por cualquier método, pero se deben excluir para reducir considerablemente el grado de niveles contaminantes.



Fig. 26. Explotación de gravas y arenas donde se observa que se cortan los niveles contaminantes infrayacentes sin ningún control minero.

La zona distal de la cuenca (ver mapa anexo) conforma un área totalmente estéril en lo que respecta a gravas y arenas de interés económico (Rodríguez, 2002). Presenta altos volúmenes de limos y arcillas, material contaminante y económicamente no rentable, por ende esta zona carece totalmente de importancia comercial.

De acuerdo a todo lo anterior, los parámetros morfológicos y la ubicación actual de los yacimientos, da base para planificar una extracción intensiva a cielo abierto con una dirección general E-W paralelo a la topografía y en forma normal descendente, es decir, de tope a base, a lo largo del primer nivel económico, en forma paralela a la estratificación general de la secuencia, tomando en cuenta las consideraciones expuestas anteriormente.

6.3 PERSPECTIVAS ECONÓMICAS

Ciertamente las secciones investigadas conforman niveles que pueden ser perfectamente explotados a cielo abierto sin gran producción de estériles finos y extrafinos y con bajos costos de minería.

Varios factores avalan desarrollos mineros con miras a la extracción de gravas y arenas en la zona. Estos factores incluyen el tipo de yacimiento, calidad de los mismos, su ubicación geográfica y cercanía a los mercados potenciales de gravas y arenas (Rodríguez, 1995).

Los depósitos se ubican muy cerca de excelentes vías pavimentadas que unen al estado Cojedes con la parte central del país y con los llanos occidentales. La zona está atravesada por buenas vías engranzonadas de penetración, las cuales llegan hasta los mismos yacimientos.

Aun cuando el estado Cojedes septentrional no conforma un área de muy alta población, la zona de San Carlos, Tinaco y Tinaquillo, así como las numerosas zonas rurales, requieren de un alto volumen de agregados finos, esencialmente arena lavada importante para el sector de la construcción (Rodríguez, 1995).

6.3.1 MATERIALES ECONÓMICOS FINALES

Las características litológicas, mineralógicas y químicas hacen pensar que la posible producción de numerosos materiales con utilización potencial es muy significativa. Ciertamente, la presencia de numerosos niveles de arenas y gravas conformados casi exclusivamente por cuarzo, indican una utilización no solamente en el sector construcción, sino en otros diferentes campos industriales.

Debido a que el material a producir está conformado por más de un 97% de SiO_2 , la utilización del mismo se podrá ver dirigida hacia campos tan sofisticados como ferroaleaciones, cuerpos de molienda y cemento.

En vista de sus características propias, el material a ser extraído y procesado en cada una de las areneras de la región de Taguanes, podrá ser utilizado eventualmente en sector de la construcción, en el sector de la molienda industrial, ferroaleaciones, cemento, "sandblasting" y ornamentación (Rodríguez, 1996).

Las características de la arena gruesa y gravilla fina triturada, conformada esencialmente por cuarzo, hacen del producto un excelente material para los sectores de la construcción. El sector de la construcción, sin duda es el mayor consumidor de material.

Las gravas de tamaños peña y peñones, con alta redondez y esfericidad, podrán ser utilizadas como material de molienda (Fig. 27) de alta calidad en las plantas de procesamiento de cerámica y porcelana. En la actualidad este tipo de material es procesado en la zona andina (Rodríguez, 1996).

El material grueso no redondeado podrá ser utilizado para la manufactura de ferroaleaciones, esencialmente ferrosilicio, el cual requiere material cuarzoso grueso con mas de 97 % de SiO_2 .



Fig. 27. Gravas de tamaño peñones y peña almacenados en las areneras por su poco valor comercial.

El cemento y el “sandblasting” son áreas industriales las cuales podrían utilizar arenas de grano medio a grueso con alto contenido de SiO_2 . Además, las guijarros de alta calidad, podan ser utilizados en el sector de la ornamentación, inclusive este material por su alta demanda se puede abrir a mercados internacionales. Algunas consideraciones para el uso de las arenas se pueden observar en el apéndice B de este trabajo.

Los niveles arcillosos presentes en la zona de Taguanes, no pueden compararse con secuencias de tanta importancia como los ubicados en la zona de Urama, Carabobo septentrional o en Aragua meridional, pero aun así es muy probable que puedan ser utilizados económicamente (Rodríguez, 1995).

La extracción de estas arcillas deberá ser a pequeña escala, en áreas con pequeñas superficies, donde la minería no afectará ambientalmente la zona. Todo el material extraído puede ser consumido inmediatamente por alfarerías ubicadas al norte de Cojedes y la zona metropolitana de Valencia (Rodríguez, 1995).

6.4 PARÁMETROS AMBIENTALES MINEROS

Debido a las características ambientales de la zona de Taguanes, el eventual futuro desarrollo minero a ser ejecutado en la región, no tendrá un gran impacto ambiental si se ejecutan con responsabilidad las correctas planificaciones de extracción minera.

Varias características del terreno, así como de las secciones económicas, y del mismo proceso minero a ser ejecutado, hacen pensar que el impacto ambiental en la región se debe estudiar con detenimiento.

En la actualidad, las empresas areneras de la región de Taguanes, constantemente aumentan la vulnerabilidad ambiental debido a los deplorables procesos de extracción de materiales económicos. Si bien estas empresas tienen estudios ambientales y geológicos elaborados para la explotación minera, en realidad no se cumplen a cabalidad (Fig. 28).

En estas empresas, las concentraciones de gravas y arenas cuarcíferas cuando se procesan económicamente, generan grados cuantificables de contaminación ambiental, producto de las concentraciones de niveles limosos y arcillosos a lo largo de la secciones económicas (Fig. 29).

Esto se evidencia en la Tabla N° 3, en donde los porcentajes de limos y arcillas varían entre un 10% y 54 %, lo que quiere decir, el almacenamiento de finos y extrafinos arcillosos conllevan a constantes cambios en la topografía local y serios problemas en el control ambiental (Rodríguez, 2002).

Irremediablemente, los almacenamientos de finos y extrafinos no se pueden eliminar fácilmente debido a las concentraciones en cada uno de los niveles económicos. Sin embargo, un 60 % aproximadamente de este material se puede aprovechar económicamente para uso exclusivo en la elaboración del vidrio. Si se ejecutan los estudios pertinentes en estos depósitos, seguramente se solventaría gran parte del problema, además de reducir los niveles de contaminación ambiental generados por los finos.

Indudablemente, las características relacionadas con la morfología, cobertura vegetal y edafología de la zona a ser afectada presentan parámetros ideales para la extracción a cielo abierto sin afectar con gran impacto el medio ambiente y las relaciones ecológicas locales.



Fig. 28. Cambios en la topografía producto de las explotaciones mineras en la arenera El Pozote C.A

Las zonas que pueden afectarse constituyen colinas bajas, relativamente alargadas con una cobertura vegetal extremadamente pobre, caracterizada solo por chaparros, herbáceas bajas, gramíneas y muy pocos guayabos salvajes (Rodríguez, 1996). No existen concentraciones boscosas de ninguna naturaleza y esto es consecuencia directa de los niveles litológicos presentes en el área, tipificados por niveles de gravas y arenas con altos contenidos de sílice.

Además, los volúmenes de nutrientes son muy bajos, contrario a las zonas altas montañosas del norte de Taguanes, caracterizados por una concentración boscosa debido a la presencia de suelos orgánicos y niveles litológicos ricos en Ca, Mg, Na y K (Rodríguez, 1996).

La zona no presenta niveles edafológicos orgánicos de importancia debido a la pobre cobertura vegetal imperante en toda la región. Esto trae como resultado que los niveles sedimentarios de gravas y arenas afloren extensamente, caracterizando la superficie por concentraciones típicas de material silíceo.

Debido a que el estrato económico es muy espeso, la minería a ser efectuada en forma intensiva se ubicará totalmente sobre un solo horizonte comercial, evitando de esta manera la producción de numerosas áreas de explotación, un hecho que podría impactar de alguna manera el ambiente local. La producción de clastos cuarzosos utilizando agua para los procesos de separación significa que la producción de polvo será mínima.



Fig. 29. Depósitos de finos y extrafinos descargados en una piscina sin control ambiental.

CAPITULO VII

7.1 CONCLUSIONES

La distribución lateral de los paquetes de gravas, arenas, limos y arcillas acumulados en la cuenca de Taguanes, lateral y verticalmente indica que el ambiente de depositación de los cuerpos litológicos ocurrió en abanicos aluviales.

De acuerdo a su morfología, los abanicos aluviales están dominados por flujos de detritos en su parte proximal, caracterizados por gravas soportadas por matriz areno-lodosa asociados a las facies Gms y menos frecuente, lenticularizaciones de la facies Sh.

La parte superior del abanico proximal, gravas soportadas por matriz con imbrincación, asociados a las facies Gm sugieren rellenos de canales entrelazados. Los clastos imbrincados sugieren la dirección de la paleocorriente orientada en sentido sureste. Hacia el tope del nivel gradan a la facies Sh, indicando disminución en las condiciones de flujo.

Los flujos de detritos se adelgazan lateral y verticalmente interdigitándose con depósitos de canales entrelazados, caracterizados por secuencias granodecrecientes asociadas a las facies Gms, Gt y St ó Gms, Sh, indican rellenos de canales, depósitos de inundaciones laminares y llanuras de inundación, típicas del abanico medio.

El abanico medio está caracterizado por un carácter migratorio de canales entrelazados, que da como resultado depósitos delgados de la llanura de inundación.

Aunque no se observaron en cortes los depósitos del abanico distal, estos probablemente estén representados por los niveles masivos de limos y arcillas de pocos metros de espesor presentes hacia el sureste del área de estudio.

Los depósitos de áridos naturales en la cuenca holocénica de Taguanes constituyen estratos extensos bien definidos, conformando yacimientos aptos a ser explotados a gran escala por métodos convencionales de minería a cielo abierto.

Los materiales acumulados en la parte proximal del abanico representa la zona de mayor interés económico, debido a sus altas concentraciones de gravas y arenas cuarzosas con bajos contenidos de arcilla.

La zona media del abanico, presenta reservas altas de gravas y arenas, sin embargo, los elevados volúmenes de arcilla sugieren grandes acumulaciones de finos y extrafinos que causan importantes daños ambientales.

La zona distal del abanico representa un área estéril, carente de materiales económicos y actividad comercial.

7.2 RECOMENDACIONES

- * Realizar estudio sedimentológico y estratigráfico en los alrededores de Barrera, estado Carabobo, a fin de interpretar regionalmente el ambiente de depositación de la cuenca de Taguanes.
- * Realizar análisis químicos y estudios de rayos x a gravas de tamaño mayores a 8 cm de diámetro para el uso y elaboración de vidrio.
- * Optimizar el proceso de extracción de materiales económicos con el fin de reducir grandes acumulaciones de finos y extrafinos, a su vez, reducir la vulnerabilidad de impacto ambiental.
- * Realizar estudios granulométrico, texturales y de composición a las acumulaciones de finos y extrafinos almacenados en las diferentes empresas areneras, con el propósito de utilizarlo en la elaboración del vidrio y otros usos industriales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguerrevere, S.E y Zuloaga, G (1937) *Observaciones Geológicas en la parte Central de la Cordillera de la Costa, Venezuela*. Bol. Geol. y Minas., Venezuela. Vol. 1: 3-22.
- (1938) *Nomenclature of the Formations of The Central Part of the Cordillera de la Costa, Venezuela*. Bol. Geol. Y Minas., Venezuela. Vol.2: 257-260.
- Audemark, F; De Santis, F; Ramos & Singer, A (1995) *Sistema de Falla de La Victoria, Venezuela Norcentral: Trazas Activas, Complejidades Estructurales, Cinemática y Sismicidad Asociada*. 9^{no} Congreso Geológico Latinoamericano. Caracas. Editado en Formato Diskette.
- Boggs, S.J (1995) *Principles Of Sedimentology and Stratigraphy*. 2^{da} (ed.) Prentice may, New Jersey. 774 pp.
- Carr, D.D (1984) *Industrial Mineral And Rocks*. 6° Edition. Colorado. S.M.M.E. 1213 pp.
- Chiquito, Daniel (1999) *Disminución por Métodos Magnéticos de los Niveles de Hierro en Arenas Silíceas Provenientes de la Arenera el Pazote, Tinaquillo, Estado Cojedes*. UCV. Caracas. Inédito. 143 pp.
- Corrales, Z.I; Sanuy J.R; Sanchez De La T, I; Vera, J.A; & Vilas M, L (1977) *Estratigrafía*. Editorial Rueda, Madrid. 718 pp.
- Douglas, J. C (1978) *Development of a Facies Model for Sandy Braided River Sedimentation : Comparison of the South Saskatchewan River and the Battery Point Formation*. En Miall, A.D (ed.), *Fluvial Sedimentology*. Canadian Soc. Pet. Geol., Mem. 5: 627-668.
- Ethridge, F & Wescott, W (1984) *Tectonic Setting, Recognition and Hydrocarbon Reservoir Potential Of Fan Delta Deposits*. En Koster, E & Steel, R, *Sedimentology of Gravels and Conglomerates*. Canadian Soc. Pet. Geol. Mem. 10: 217-235.

- Friedman, G & J. Sanders (1979) *Principles of Sedimentology*. John Wiley & Son, New York. 792 pp.
- Galli, Enrico (1996) *Planificación Minera y Yacimiento de Feldespato de Veta en el Hato Mataria, Tinaquillo, Estado Cojedes*. UCV. Caracas. Inédito. 106 pp.
- González de Juana; C. Iturralde, J y Picard, X (1980) *Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas*. Caracas. Foninves. 2 tomos. 1031 pp.
- Hulburt, Dana (1956) *Manual de Mineralogía*. 16^o Edición. Barcelona. Editorial Reverte. 524 pp.
- Kingsley, C.S (1984) *Dagbreek Fan Delta: An Alluvial Placer to Prodelta Sequence in The Proterozoic Welkom Goldfield, Witwatersrand, South Africa*. En Koster, E & Steel, R, Sedimentology of Gravels and Conglomerates. Canadian Soc. Pet. Geol. Mem. 10: 321-330.
- Kleinspehn, K; Steel, R; Johannessen, E & Netland, A (1984) *Conglomeratic Fan Delta Sequences, Late Carboniferous-Early Permian, Western Spitsbergen*. En Koster, E & Steel, R, Sedimentology of Gravels and Conglomerates. Canadian Soc. Pet. Geol. Mem. 10: 279-294.
- Krumbein, W.C (1963) *Stratigraphy and Sedimentation*. 2^{da} (ed.), W.H. Freeman and Co. 660 pp.
- Macellari, Carlos (1985) *Sedimentología de Conglomerados Orogénicos Mio-Pliocenos de la Depresión del Táchira (Andes Venezolanos)*. VI Congreso Geológico Venezolano. Tomo II. Caracas., 851-880.
- Mackenzie, D.B (1966) *Geología de la Región Norte Central de Cojedes*. Bol. Geol., Caracas, 8(15) : 3-72
- Miall, A.D (1978) *Lithofacies Types and Vertical Profile Models in Braided River Deposits*: Sumario. En Miall, A.D (ed.), Fluvial Sedimentology. Canadian Soc. Pet. Geol., Mem. 5: 597-604

- Middlenton, L & Trujillo, A (1984) *Sedimentology and Depositional Setting of the Upper Proterozoic Scanlan Conglomerate, Central Arizona*. En Koster, E & Steel, R, *Sedimentology of Gravels and Conglomerates*. Canadian Soc. Pet. Geol. Mem. 10: 189-201.
- Nemec, W; Steel, S; Porebski & Spinnangr. (1984) *Domba Conglomerate, Devonian, Norway: Process and Lateral Variability in a Mass Flow Dominated, Lacustrine Fan Deltas*. En Koster, E & Steel, R, *Sedimentology of Gravels and Conglomerates*. Canadian Soc. Pet. Geol. Mem. 10: 295-320.
- Ostos R, Marino (1985) *Interpretación Estructural de la Peridotita de Tinaquillo y su Roca Caja, Estado Cojedes*. UCV. Caracas. Trabajo de Ascenso. Inédito. 129 pp.
- Pettijohn, F. J.; Potier, P & Siever, R. (1972) *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, New York. 618 pp.
- Pettijohn, F. J (1976) *Rocas Sedimentarias*. 3^{ra} (ed.) Editorial Universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires. 731 pp.
- Reineck, H.E. & Singh, R (1973) *Depositional Sedimentary Enviroments*. Springer-Verlag Berlin. 439 pp.
- Rodríguez, S (1995) *Niveles Económicos de Arena y Gravas Recientes, Cojedes Septentrional*. Oficina Técnica de Geología y Minería. Caracas. Informe Técnico. Inédito. 33 pp.
- Rodríguez, S (1995) *Caracteres Estratigráficos, Litológicos y Morfológicos Detallados. Depósitos Postholocenos de Arcillas Plásticas Grises, Carabobo Meriodonal y Cojedes Septentrional*. Oficina Técnica de Geología y Minería. Caracas. Informe Técnico. Inédito. 26 pp.
- Rodríguez, S (1996) *Estudio Estratigráfico, Litológico y Morfológico detallado de Depósitos de Arena y Gravas Cuaríferas, Valle de Marta, Tinaquillo, Cojedes*. Informe Técnico. Inédito. Oficina Técnica de Geología y Minería, Caracas. 47 pp.

- Rodríguez, S (2002) *Importancia de los Estudios Geológicos Detallados en Campo de la Extracción de Rocas Industriales*. Casos Históricos Venezolanos. Bol. Geol., Caracas , (En Prensa).
- Rust, B.R (1978) *Depositional Models for Braided Alluvium*. En Miall, A.D (ed.), *Fluvial Sedimentology*. Canadian Soc. Pet. Geol., Mem. 5: 605-635.
- Urbani, F (2000) *Revisión de las Unidades de Rocas Ígneas y Metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela*. Geos, U.C.V, Caracas. (33) : 1-170.
- Venezuela-Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (1974) *Estudio Geomorfológico de los Llanos Centro Oriental, Región 7, Subregión 7c, zonas 7c1 y 7c2*. Coplananarh. Caracas, Venezuela. 129 pp
- Venezuela-Ministerio de Energía y Minas (1997) *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. MEM. Caracas. Venezuela. Vol. 2. 2 Tomos.
- Venezuela-Ministerio de Energía y Minas (1999) *Léxico Estratigráfico de Venezuela Electrónico*. MEM. Caracas. Venezuela. Editado en CD.

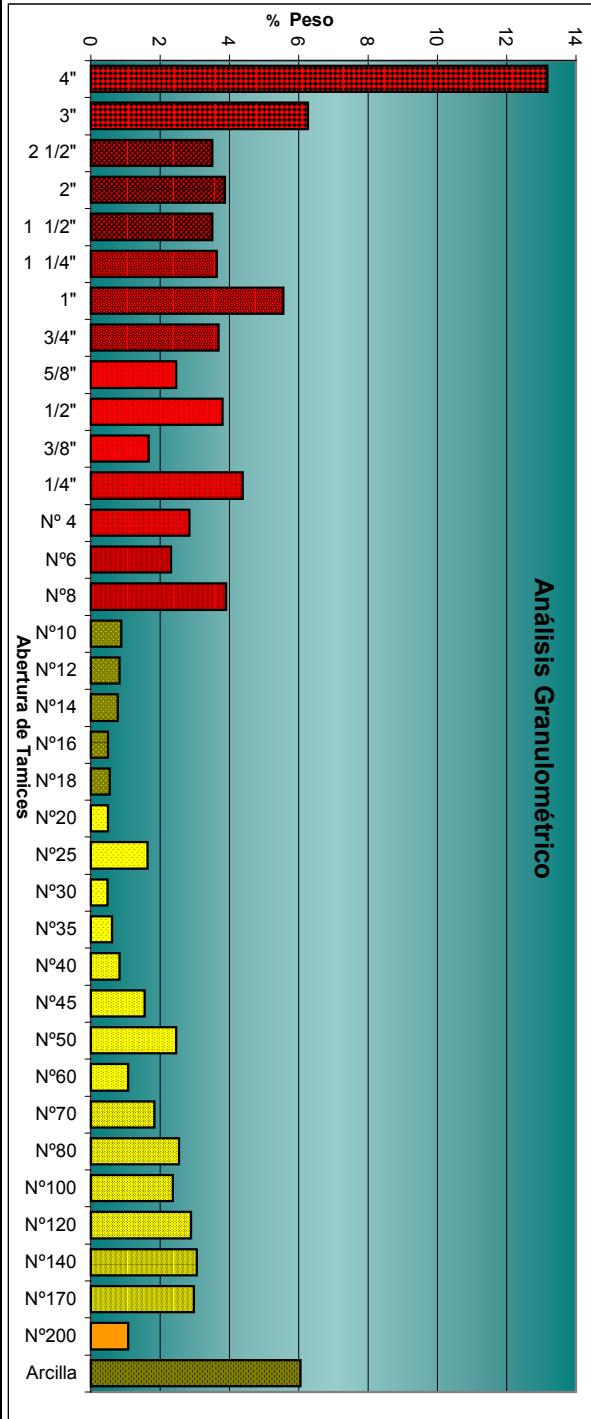
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Limarino, C (2001) *Ambientes Sedimentarios*.
[http:// www.limarino.org](http://www.limarino.org) (Consulta: 2002, agosto 20)
- <http://www.geocities.com/SiliconValley/bridge/3339/aluv.html>
(Consulta: 2002, agosto 20)

APÉNDICE A

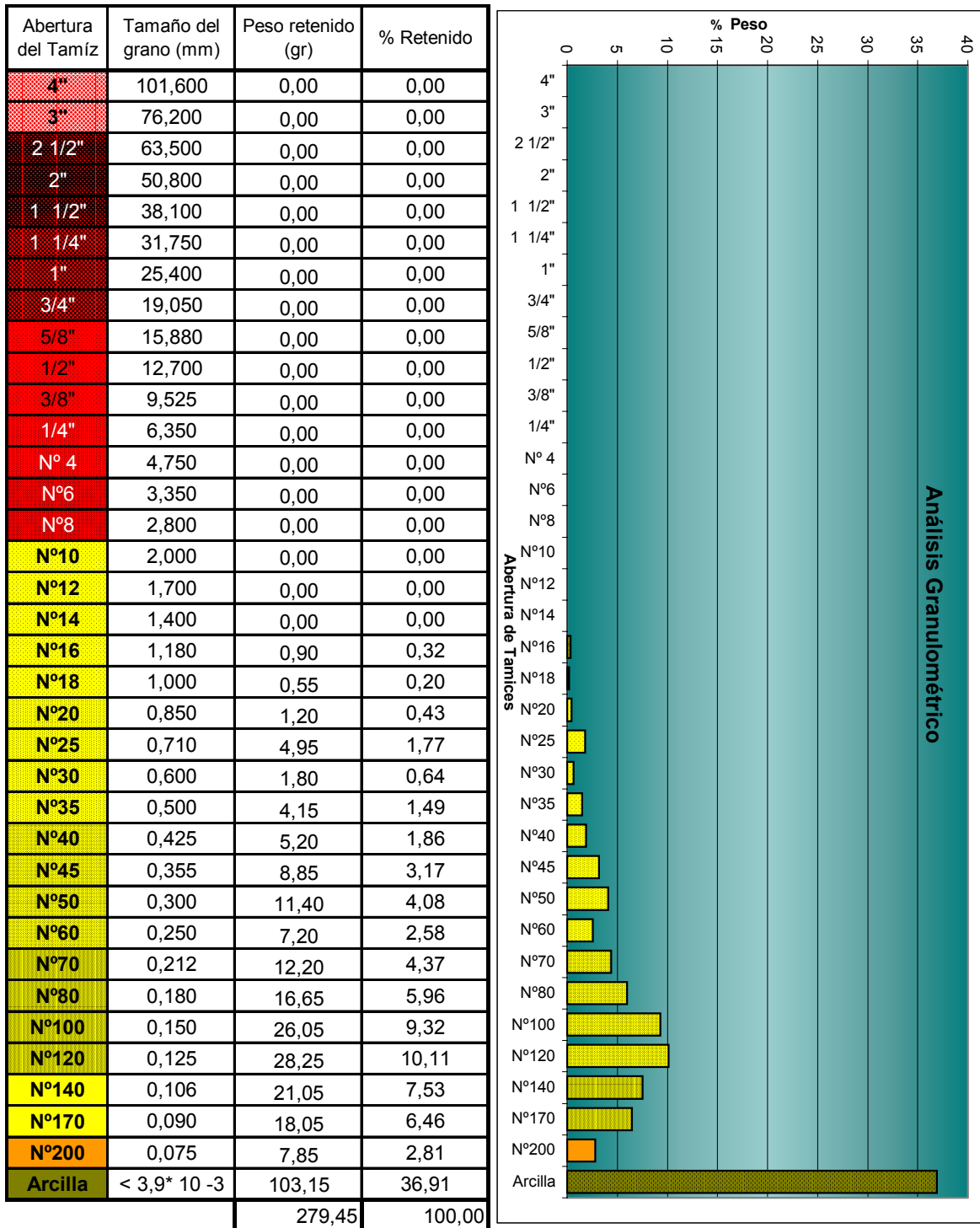
MUESTRA N° 1

Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	85,20	13,17
3"	76,200	40,55	6,27
2 1/2"	63,500	22,65	3,50
2"	50,800	25,05	3,87
1 1/2"	38,100	22,70	3,51
1 1/4"	31,750	23,55	3,64
1"	25,400	35,90	5,55
3/4"	19,050	23,90	3,69
5/8"	15,880	15,90	2,46
1/2"	12,700	24,60	3,80
3/8"	9,525	10,75	1,66
1/4"	6,350	28,35	4,38
N° 4	4,750	18,35	2,84
N°6	3,350	15,00	2,32
N°8	2,800	25,25	3,90
N°10	2,000	5,65	0,87
N°12	1,700	5,35	0,83
N°14	1,400	5,00	0,77
N°16	1,180	3,25	0,50
N°18	1,000	3,50	0,54
N°20	0,850	3,20	0,49
N°25	0,710	10,55	1,63
N°30	0,600	3,05	0,47
N°35	0,500	3,95	0,61
N°40	0,425	5,40	0,83
N°45	0,355	10,00	1,55
N°50	0,300	15,95	2,47
N°60	0,250	6,95	1,07
N°70	0,212	11,90	1,84
N°80	0,180	16,50	2,55
N°100	0,150	15,25	2,36
N°120	0,125	18,75	2,90
N°140	0,106	19,75	3,05
N°170	0,090	19,25	2,98
N°200	0,075	7,00	1,08
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	39,10	6,04
		647,00	100,00



A.1 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera El Pozote.

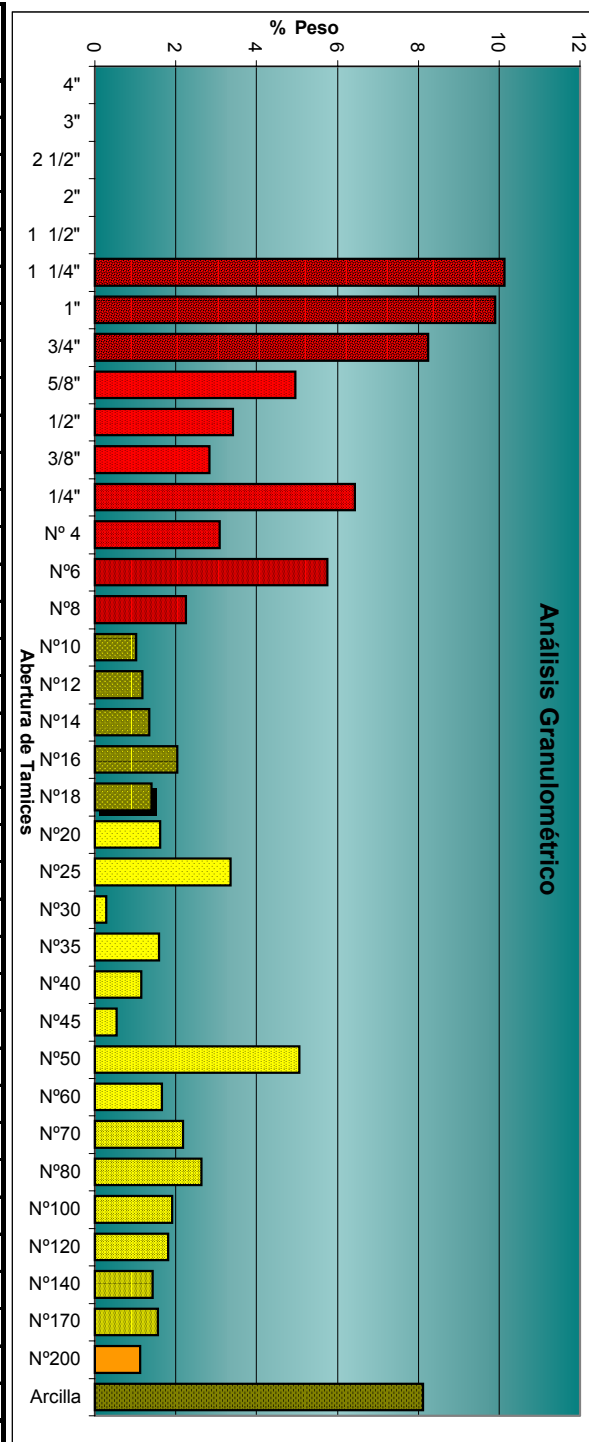
MUESTRA N ° 2



A.2 Análisis granulométrico de una muestra de arena en la facies Sh. Arenera El Pozote.

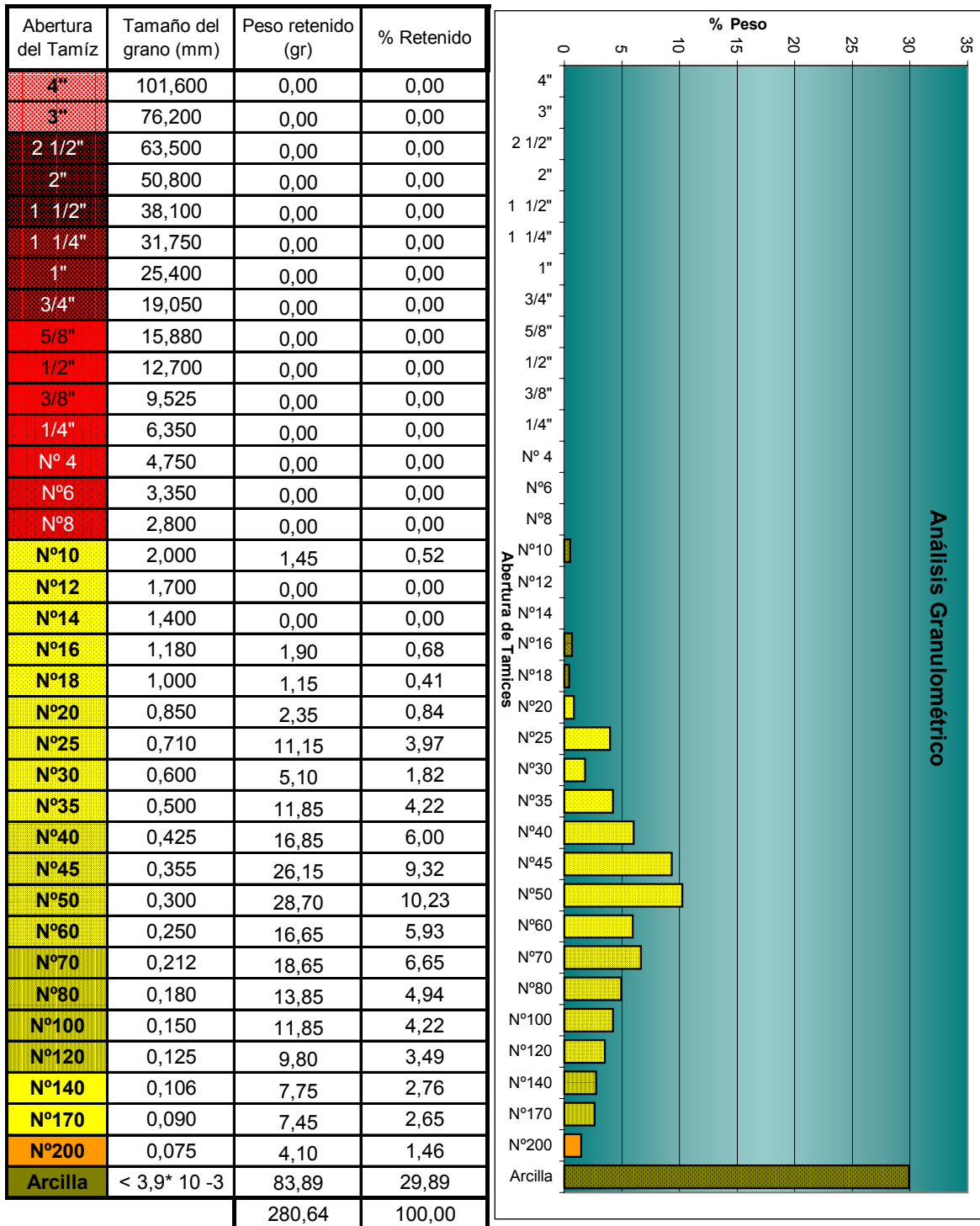
MUESTRA N° 3

Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	36,05	10,12
1"	25,400	35,25	9,90
3/4"	19,050	29,35	8,24
5/8"	15,880	17,65	4,96
1/2"	12,700	12,15	3,41
3/8"	9,525	10,10	2,84
1/4"	6,350	22,90	6,43
N° 4	4,750	11,00	3,09
N°6	3,350	20,50	5,76
N°8	2,800	8,00	2,25
N°10	2,000	3,65	1,03
N°12	1,700	4,20	1,18
N°14	1,400	4,80	1,35
N°16	1,180	7,25	2,04
N°18	1,000	5,00	1,40
N°20	0,850	5,75	1,61
N°25	0,710	11,95	3,36
N°30	0,600	1,00	0,28
N°35	0,500	5,65	1,59
N°40	0,425	4,10	1,15
N°45	0,355	1,90	0,53
N°50	0,300	18,00	5,06
N°60	0,250	5,90	1,66
N°70	0,212	7,75	2,18
N°80	0,180	9,40	2,64
N°100	0,150	6,80	1,91
N°120	0,125	6,45	1,81
N°140	0,106	5,10	1,43
N°170	0,090	5,55	1,56
N°200	0,075	4,00	1,12
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	28,90	8,12
		356,05	100,00



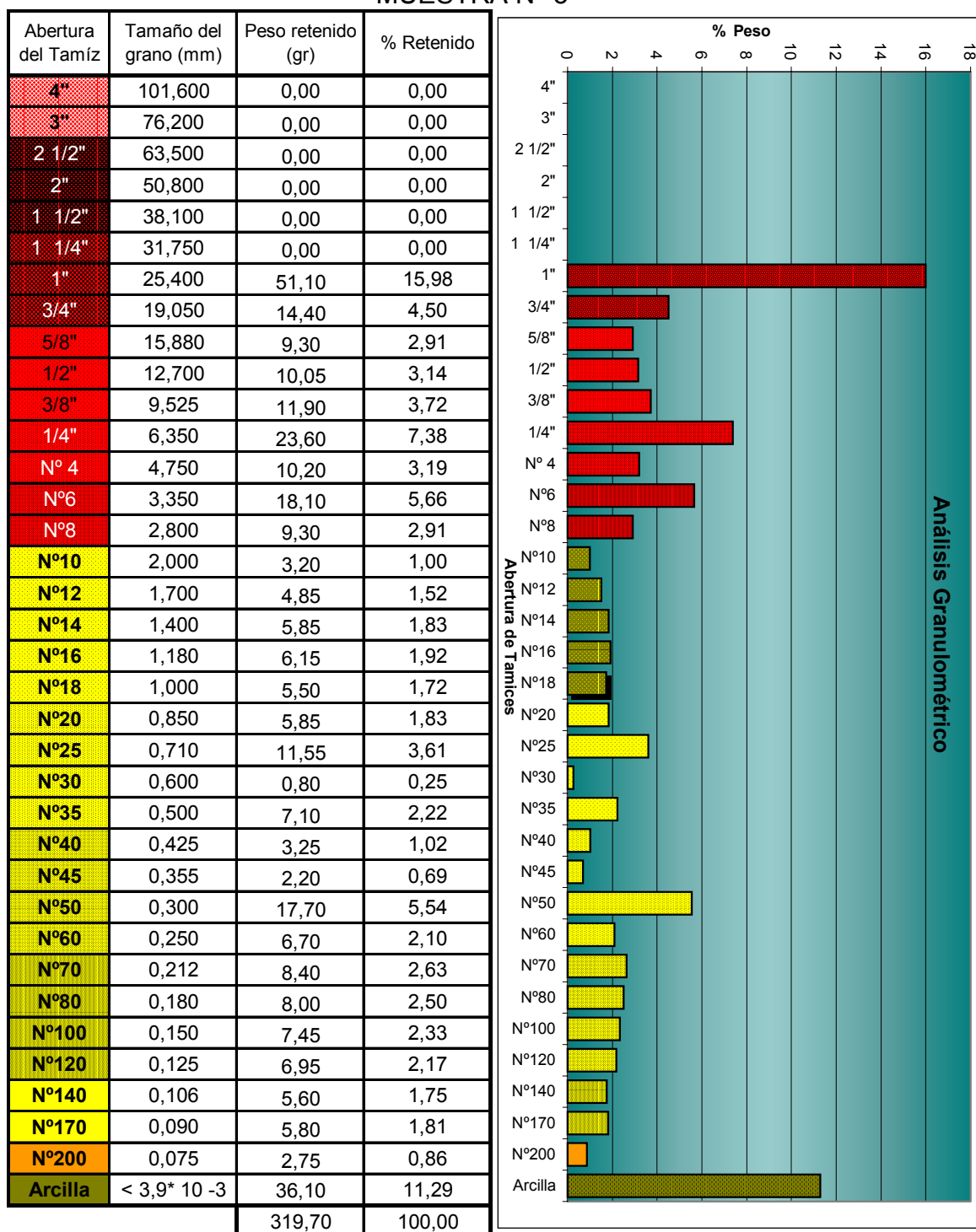
A.3 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera El Pozote.

MUESTRA N°4



A.4 Análisis granulométrico de una muestra de arena en la facies Sh. Arenera El Pozote.

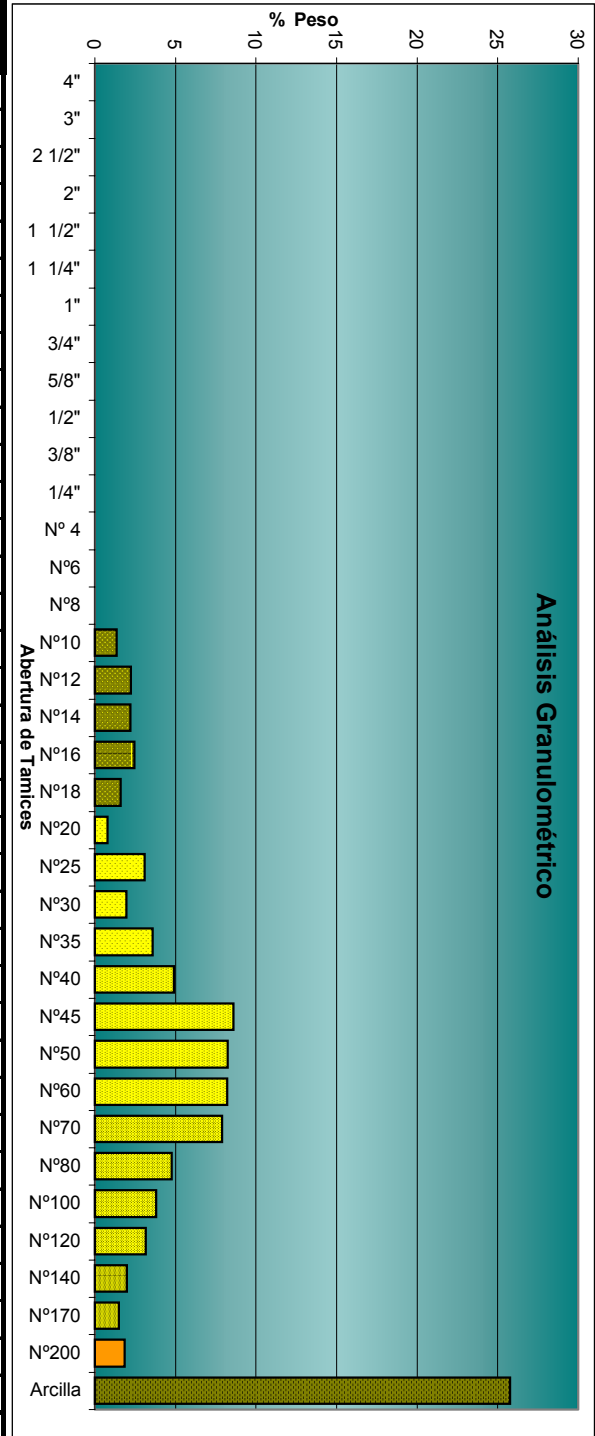
MUESTRA N° 5



A.5 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gt. Arenera El Pozote.

MUESTRA N° 6

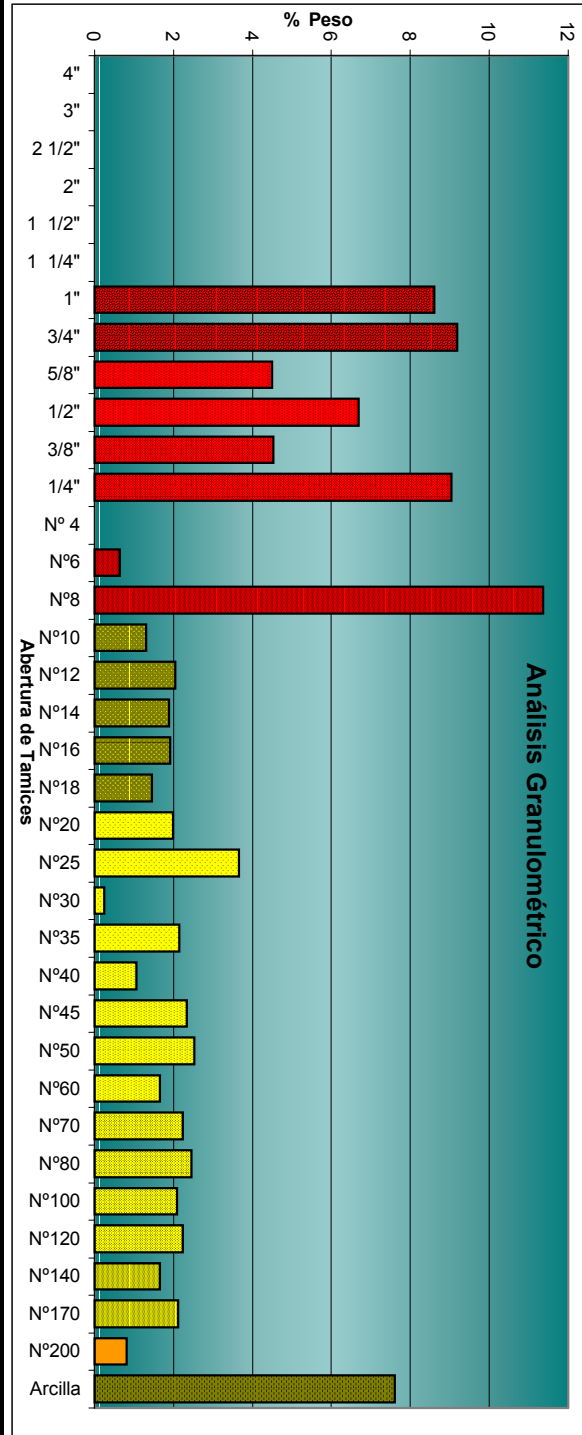
Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	0,00	0,00
3/4"	19,050	0,00	0,00
5/8"	15,880	0,00	0,00
1/2"	12,700	0,00	0,00
3/8"	9,525	0,00	0,00
1/4"	6,350	0,00	0,00
N° 4	4,750	0,00	0,00
N°6	3,350	0,00	0,00
N°8	2,800	0,00	0,00
N°10	2,000	4,25	1,35
N°12	1,700	7,00	2,23
N°14	1,400	6,95	2,21
N°16	1,180	7,75	2,47
N°18	1,000	5,05	1,61
N°20	0,850	2,50	0,80
N°25	0,710	9,70	3,09
N°30	0,600	6,15	1,96
N°35	0,500	11,25	3,58
N°40	0,425	15,45	4,92
N°45	0,355	27,00	8,59
N°50	0,300	25,95	8,26
N°60	0,250	25,75	8,20
N°70	0,212	24,80	7,89
N°80	0,180	14,95	4,76
N°100	0,150	12,00	3,82
N°120	0,125	9,95	3,17
N°140	0,106	6,30	2,01
N°170	0,090	4,65	1,48
N°200	0,075	5,85	1,86
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	80,95	25,76
		314,20	100,00



A.6 Análisis granulométrico de una muestra de arena en la facies Sh. Arenera El Pozote.

MUESTRA N° 7

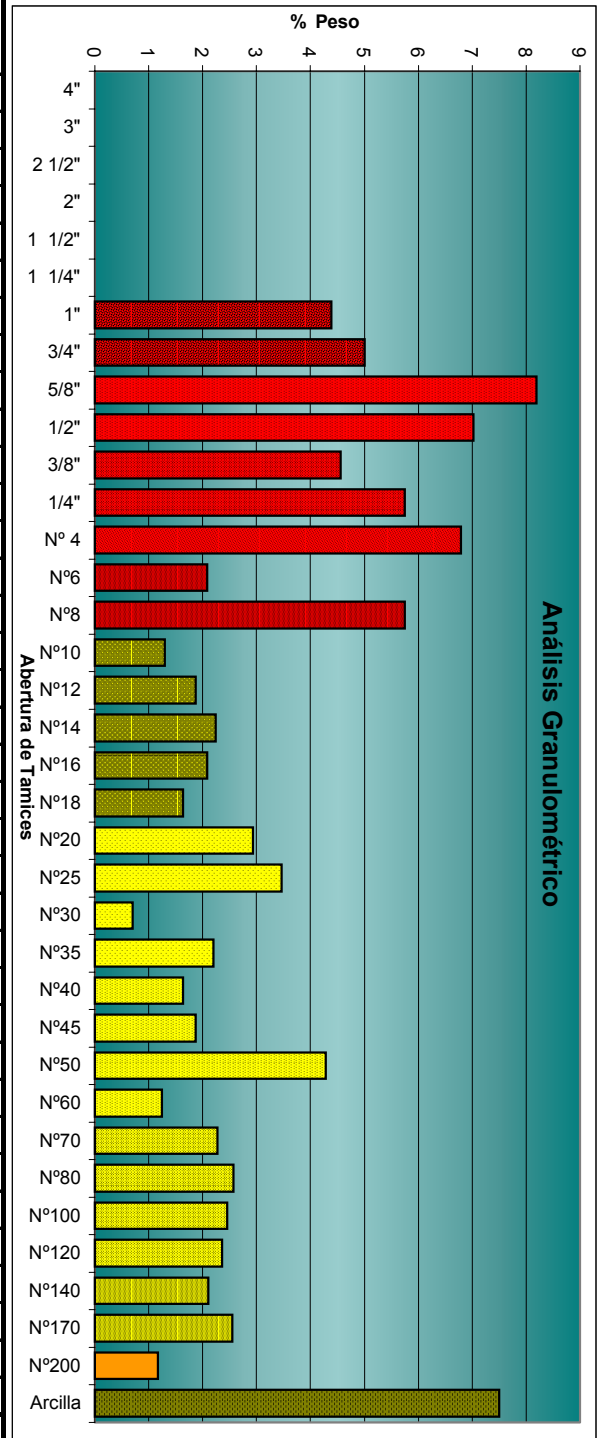
Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	41,00	8,61
3/4"	19,050	43,75	9,18
5/8"	15,880	21,40	4,49
1/2"	12,700	31,90	6,70
3/8"	9,525	21,55	4,52
1/4"	6,350	43,10	9,05
N° 4	4,750	0,00	0,00
N°6	3,350	3,05	0,64
N°8	2,800	54,15	11,37
N°10	2,000	6,25	1,31
N°12	1,700	9,75	2,05
N°14	1,400	9,00	1,89
N°16	1,180	9,10	1,91
N°18	1,000	6,90	1,45
N°20	0,850	9,50	1,99
N°25	0,710	17,45	3,66
N°30	0,600	1,15	0,24
N°35	0,500	10,25	2,15
N°40	0,425	5,05	1,06
N°45	0,355	11,15	2,34
N°50	0,300	12,00	2,52
N°60	0,250	7,90	1,66
N°70	0,212	10,65	2,24
N°80	0,180	11,70	2,46
N°100	0,150	9,95	2,09
N°120	0,125	10,65	2,24
N°140	0,106	7,85	1,65
N°170	0,090	10,10	2,12
N°200	0,075	3,90	0,82
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	36,25	7,61
		476,40	100,00



A.7 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera El Pozote.

MUESTRA N° 8

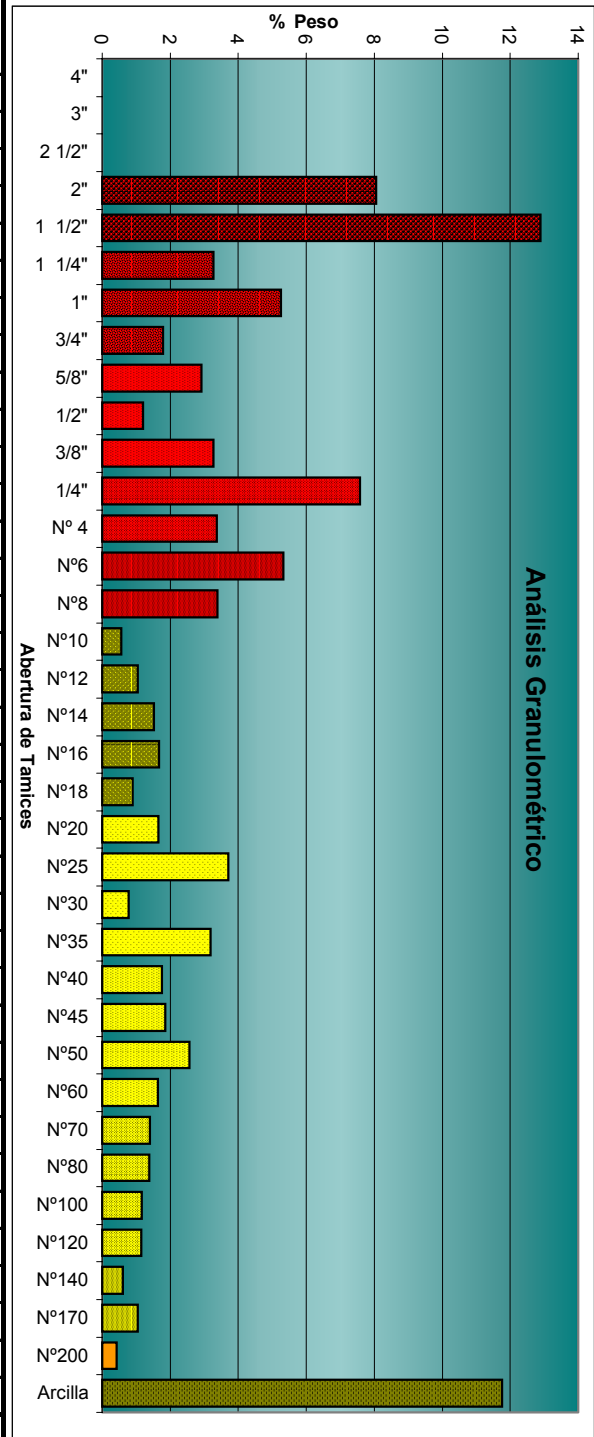
Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	18,75	4,39
3/4"	19,050	21,40	5,01
5/8"	15,880	35,00	8,19
1/2"	12,700	30,00	7,02
3/8"	9,525	19,50	4,56
1/4"	6,350	24,55	5,75
N° 4	4,750	29,00	6,79
N°6	3,350	8,90	2,08
N°8	2,800	24,55	5,75
N°10	2,000	5,55	1,30
N°12	1,700	8,00	1,87
N°14	1,400	9,60	2,25
N°16	1,180	8,90	2,08
N°18	1,000	7,00	1,64
N°20	0,850	12,55	2,94
N°25	0,710	14,80	3,46
N°30	0,600	3,00	0,70
N°35	0,500	9,40	2,20
N°40	0,425	7,00	1,64
N°45	0,355	8,00	1,87
N°50	0,300	18,30	4,28
N°60	0,250	5,30	1,24
N°70	0,212	9,70	2,27
N°80	0,180	11,00	2,57
N°100	0,150	10,50	2,46
N°120	0,125	10,10	2,36
N°140	0,106	9,00	2,11
N°170	0,090	10,90	2,55
N°200	0,075	5,00	1,17
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	32,05	7,50
		427,30	100,00



A.8 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gt. Arenera El Pozote.

MUESTRA N° 9

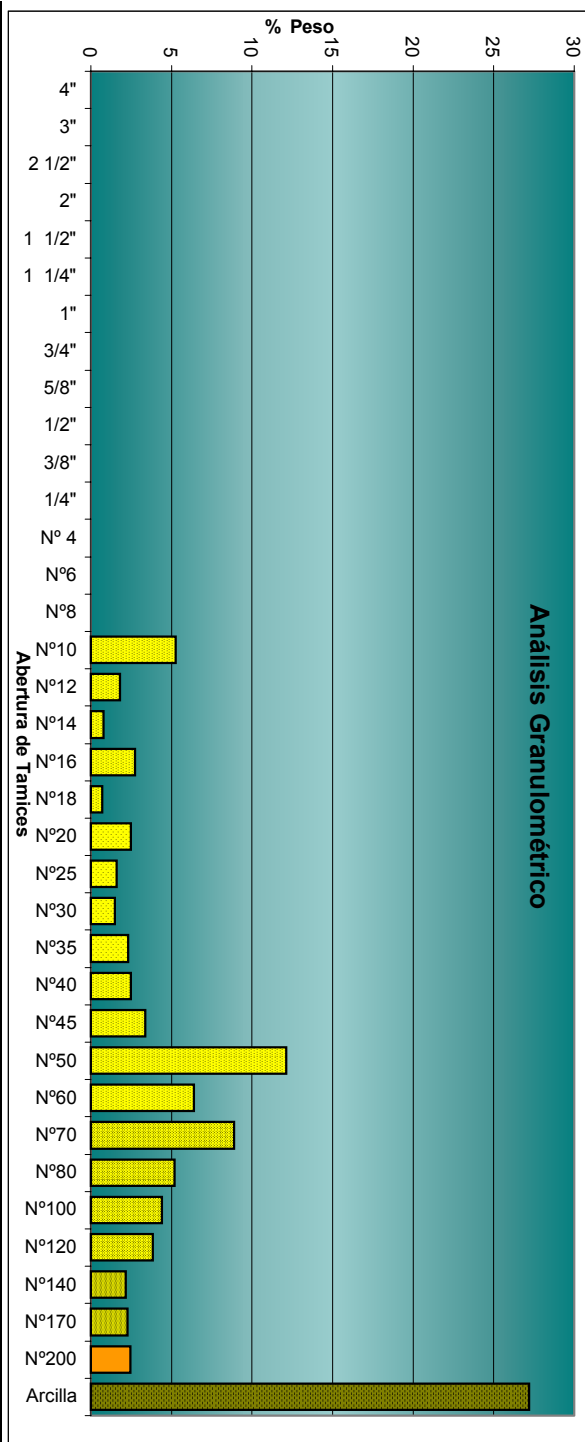
Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	69,00	8,05
1 1/2"	38,100	110,50	12,89
1 1/4"	31,750	28,00	3,27
1"	25,400	45,00	5,25
3/4"	19,050	15,25	1,78
5/8"	15,880	25,00	2,92
1/2"	12,700	10,30	1,20
3/8"	9,525	28,00	3,27
1/4"	6,350	65,00	7,58
N° 4	4,750	28,90	3,37
N°6	3,350	45,60	5,32
N°8	2,800	29,00	3,38
N°10	2,000	4,75	0,55
N°12	1,700	8,90	1,04
N°14	1,400	13,00	1,52
N°16	1,180	14,30	1,67
N°18	1,000	7,70	0,90
N°20	0,850	14,20	1,66
N°25	0,710	31,70	3,70
N°30	0,600	6,60	0,77
N°35	0,500	27,30	3,19
N°40	0,425	15,00	1,75
N°45	0,355	15,85	1,85
N°50	0,300	22,00	2,57
N°60	0,250	14,05	1,64
N°70	0,212	12,00	1,40
N°80	0,180	11,90	1,39
N°100	0,150	9,90	1,16
N°120	0,125	9,80	1,14
N°140	0,106	5,20	0,61
N°170	0,090	9,00	1,05
N°200	0,075	3,60	0,42
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	100,80	11,76
		857,10	100,00



A.9 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera Taoro C.A.

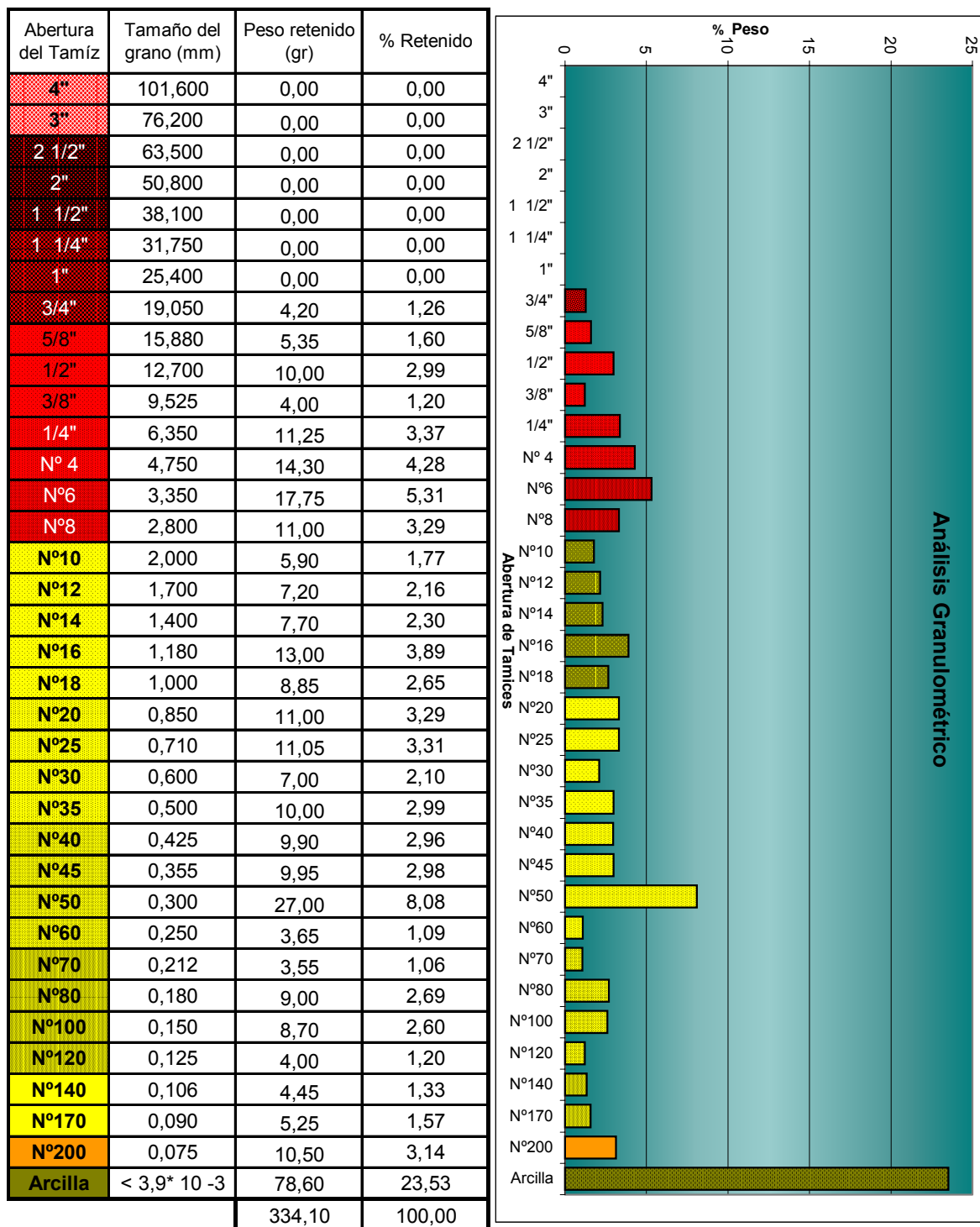
MUESTRA N° 10

Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	0,00	0,00
3/4"	19,050	0,00	0,00
5/8"	15,880	0,00	0,00
1/2"	12,700	0,00	0,00
3/8"	9,525	0,00	0,00
1/4"	6,350	0,00	0,00
N° 4	4,750	0,00	0,00
N°6	3,350	0,00	0,00
N°8	2,800	0,00	0,00
N°10	2,000	15,35	5,25
N°12	1,700	5,30	1,81
N°14	1,400	2,25	0,77
N°16	1,180	8,00	2,74
N°18	1,000	2,10	0,72
N°20	0,850	7,25	2,48
N°25	0,710	4,65	1,59
N°30	0,600	4,40	1,51
N°35	0,500	6,80	2,33
N°40	0,425	7,25	2,48
N°45	0,355	9,85	3,37
N°50	0,300	35,45	12,13
N°60	0,250	18,70	6,40
N°70	0,212	26,00	8,89
N°80	0,180	15,15	5,18
N°100	0,150	12,90	4,41
N°120	0,125	11,25	3,85
N°140	0,106	6,35	2,17
N°170	0,090	6,65	2,28
N°200	0,075	7,15	2,45
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	79,50	27,20
		292,30	100,00



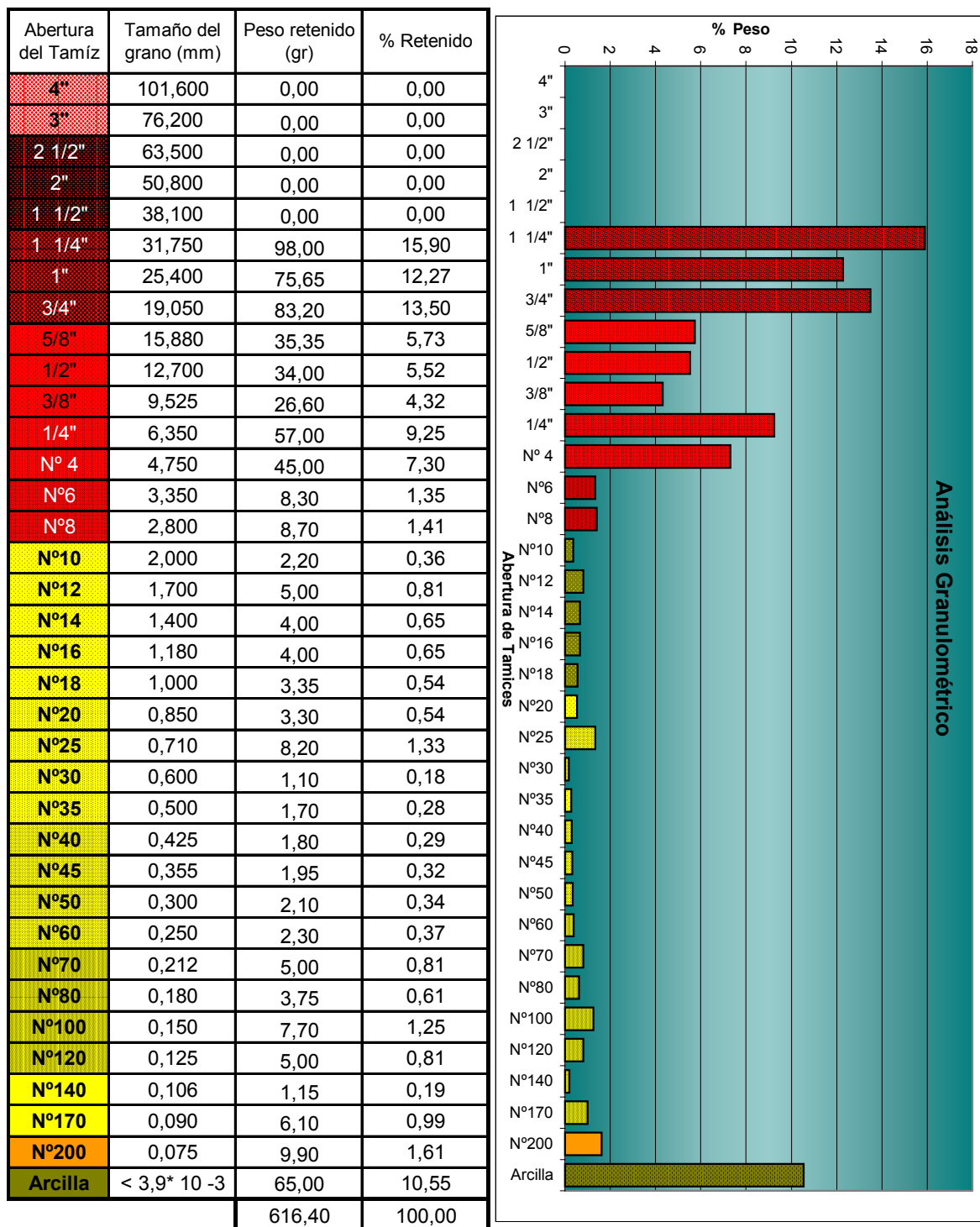
A.10 Análisis granulométrico de una muestra de arenas en la facies Sh. Arenera Taoro C.A.

MUESTRA N° 11



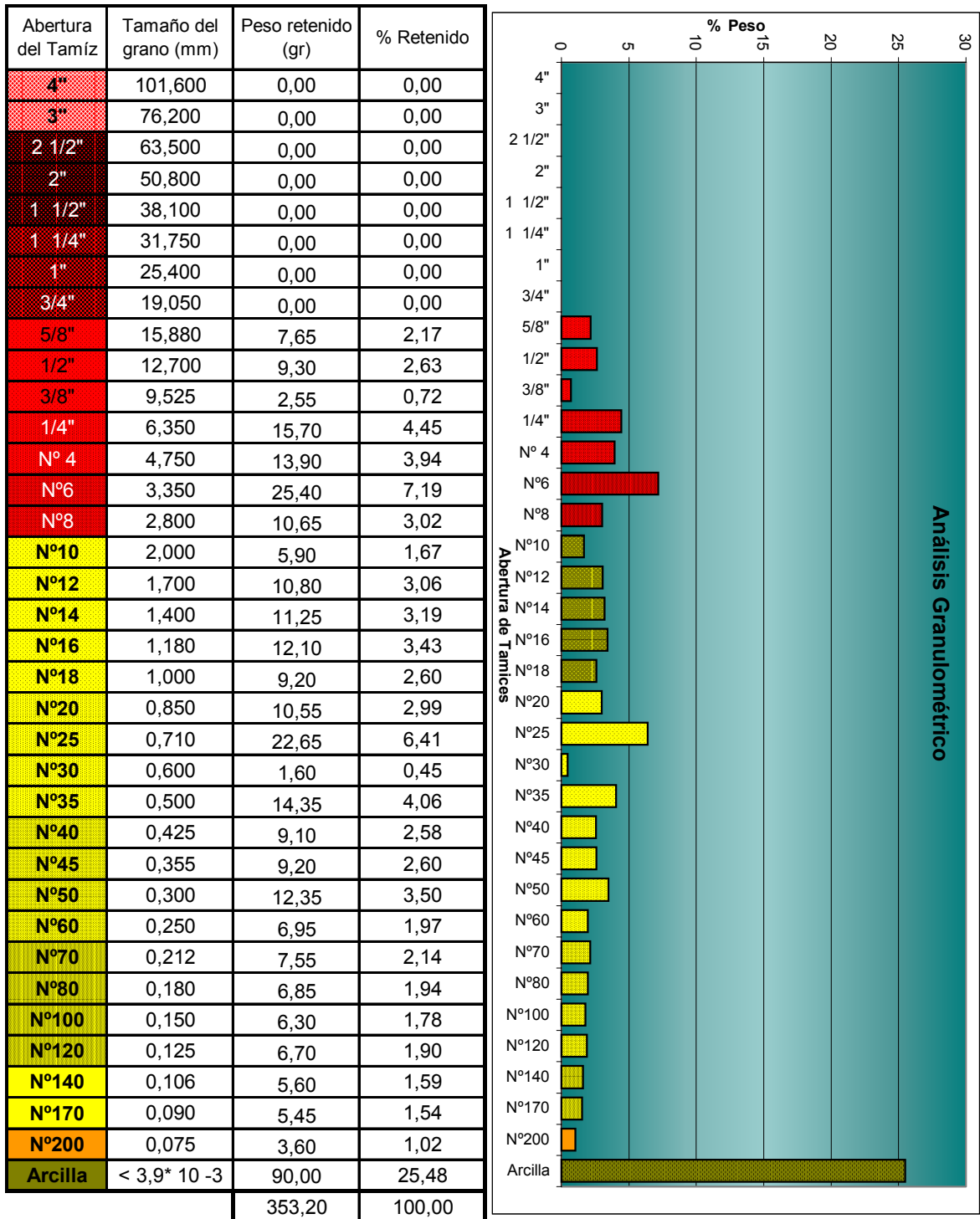
A.11 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gm. Arenera Taoro C.A.

MUESTRA N° 12



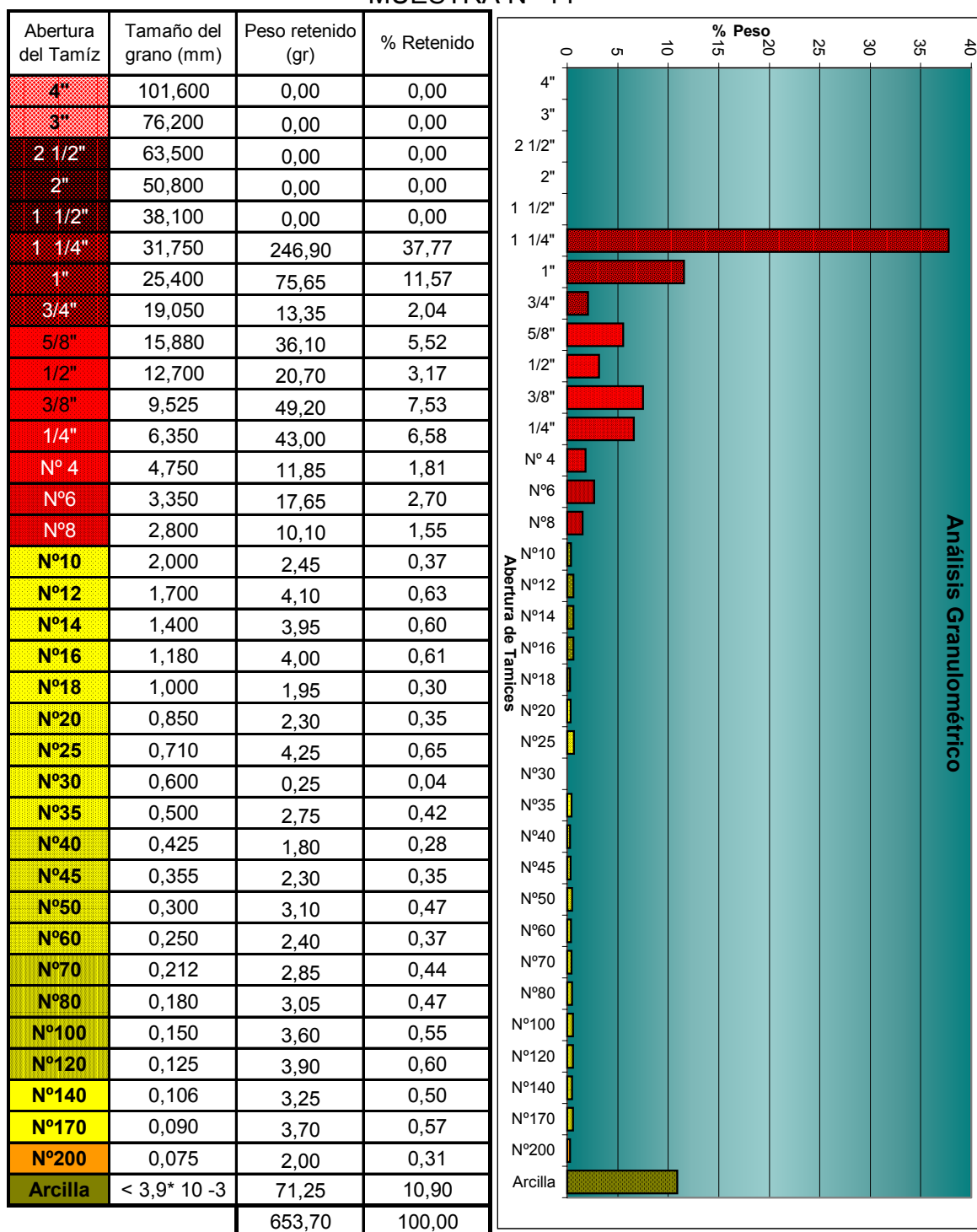
A. 12 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gm. Arenera Taoro C.A.

MUESTRA N° 13



A.13 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gt. Arenera Taoro C.A.

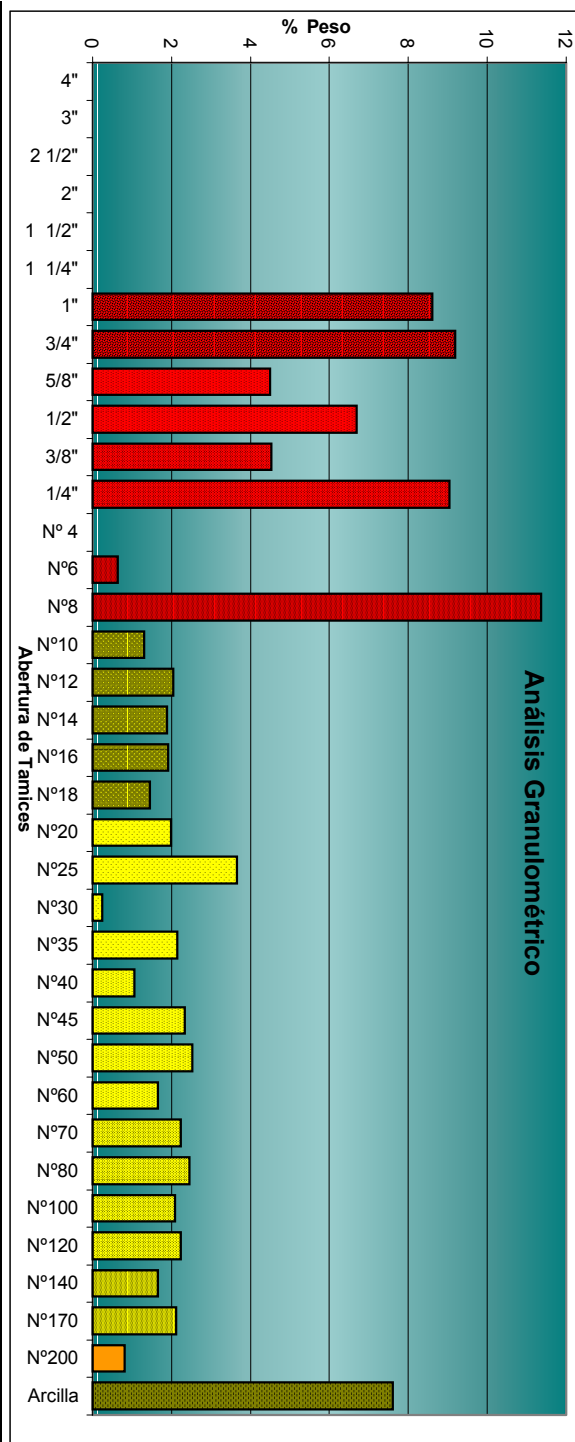
MUESTRA N° 14



A.14 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gt. Arenera Taoro C.A.

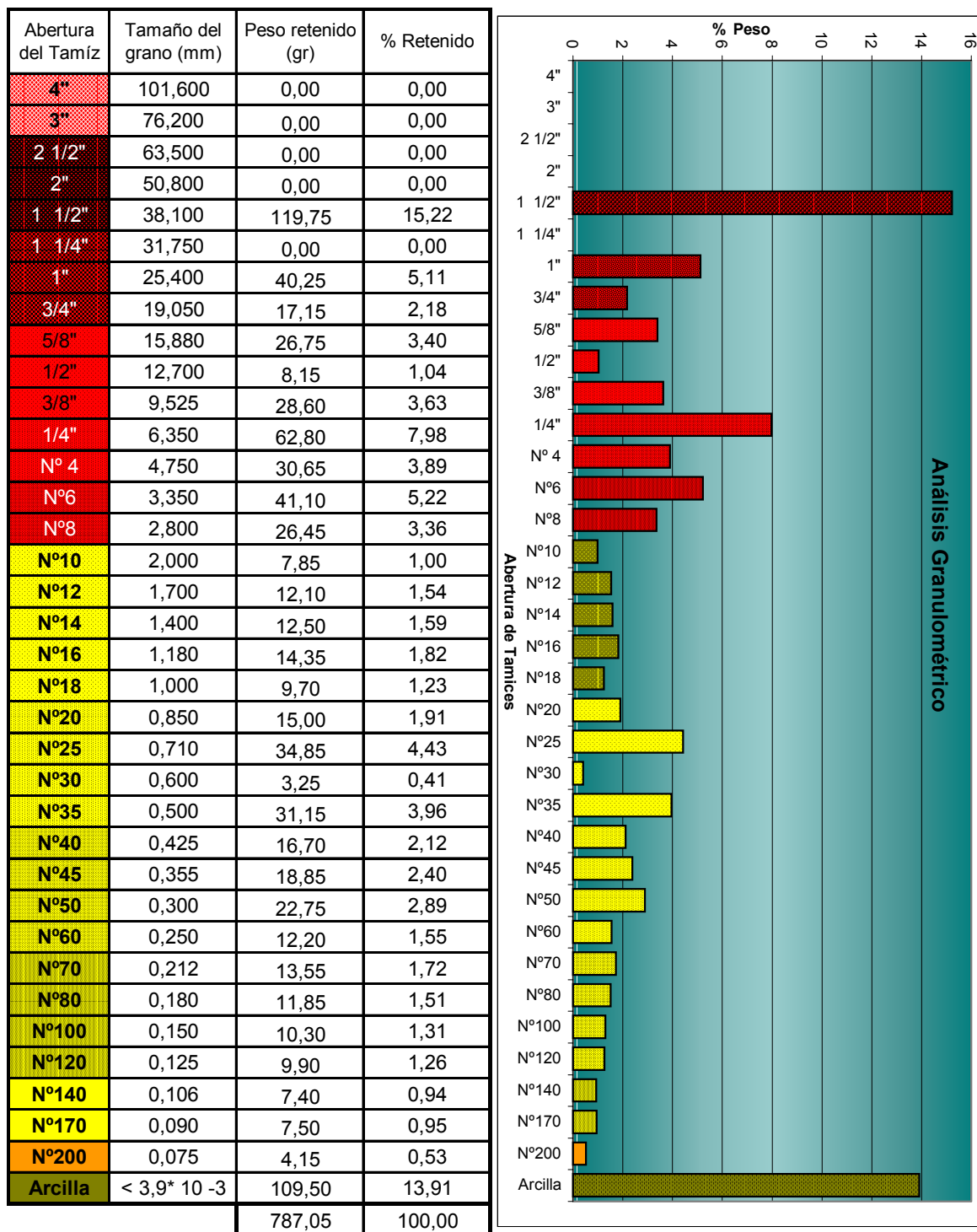
MUESTRA N° 15

Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	41,00	8,61
3/4"	19,050	43,75	9,18
5/8"	15,880	21,40	4,49
1/2"	12,700	31,90	6,70
3/8"	9,525	21,55	4,52
1/4"	6,350	43,10	9,05
N° 4	4,750	0,00	0,00
N°6	3,350	3,05	0,64
N°8	2,800	54,15	11,37
N°10	2,000	6,25	1,31
N°12	1,700	9,75	2,05
N°14	1,400	9,00	1,89
N°16	1,180	9,10	1,91
N°18	1,000	6,90	1,45
N°20	0,850	9,50	1,99
N°25	0,710	17,45	3,66
N°30	0,600	1,15	0,24
N°35	0,500	10,25	2,15
N°40	0,425	5,05	1,06
N°45	0,355	11,15	2,34
N°50	0,300	12,00	2,52
N°60	0,250	7,90	1,66
N°70	0,212	10,65	2,24
N°80	0,180	11,70	2,46
N°100	0,150	9,95	2,09
N°120	0,125	10,65	2,24
N°140	0,106	7,85	1,65
N°170	0,090	10,10	2,12
N°200	0,075	3,90	0,82
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	36,25	7,61
		476,40	100,00



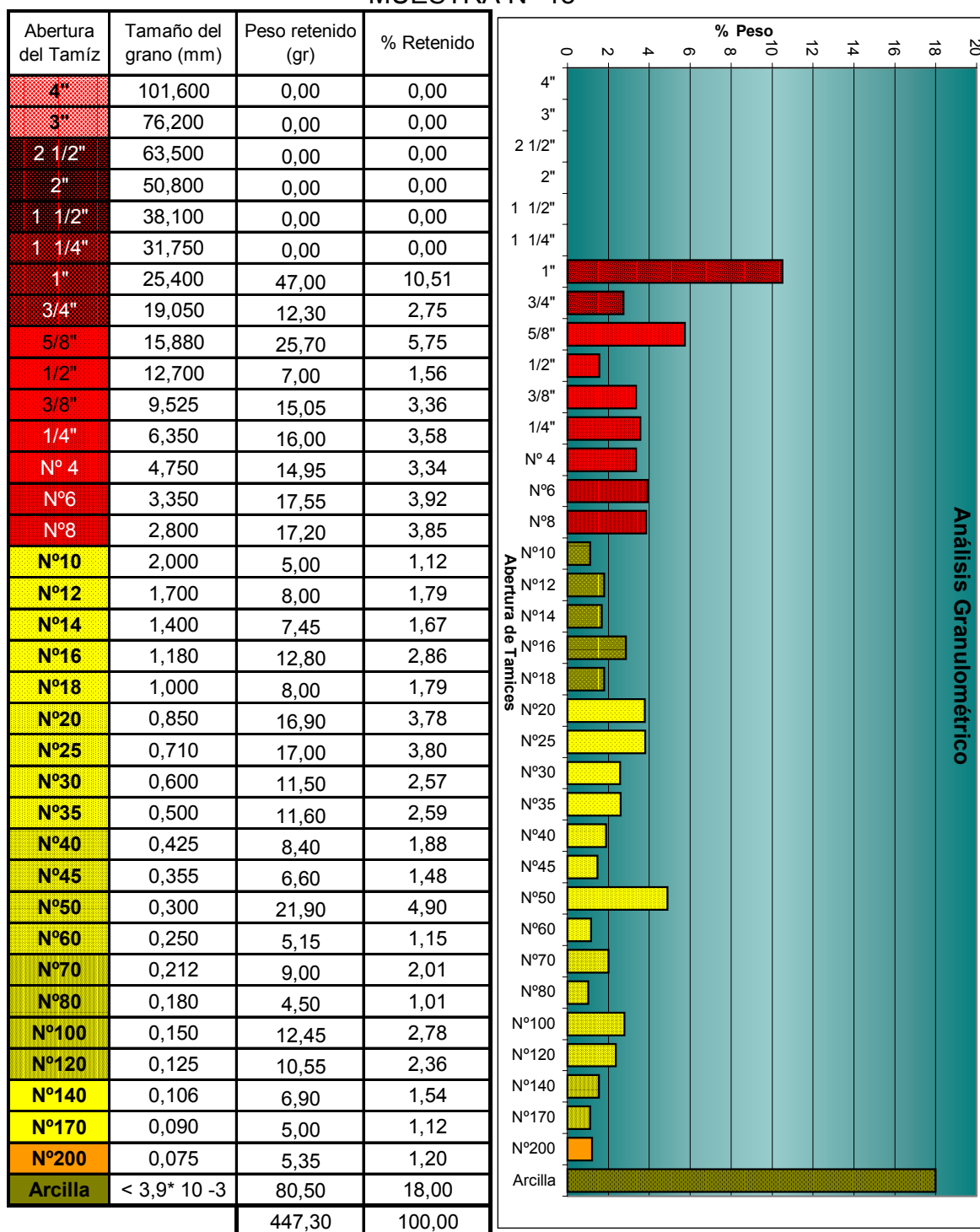
A.15 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gm. Arenera Taoro C.A.

MUESTRA N° 16



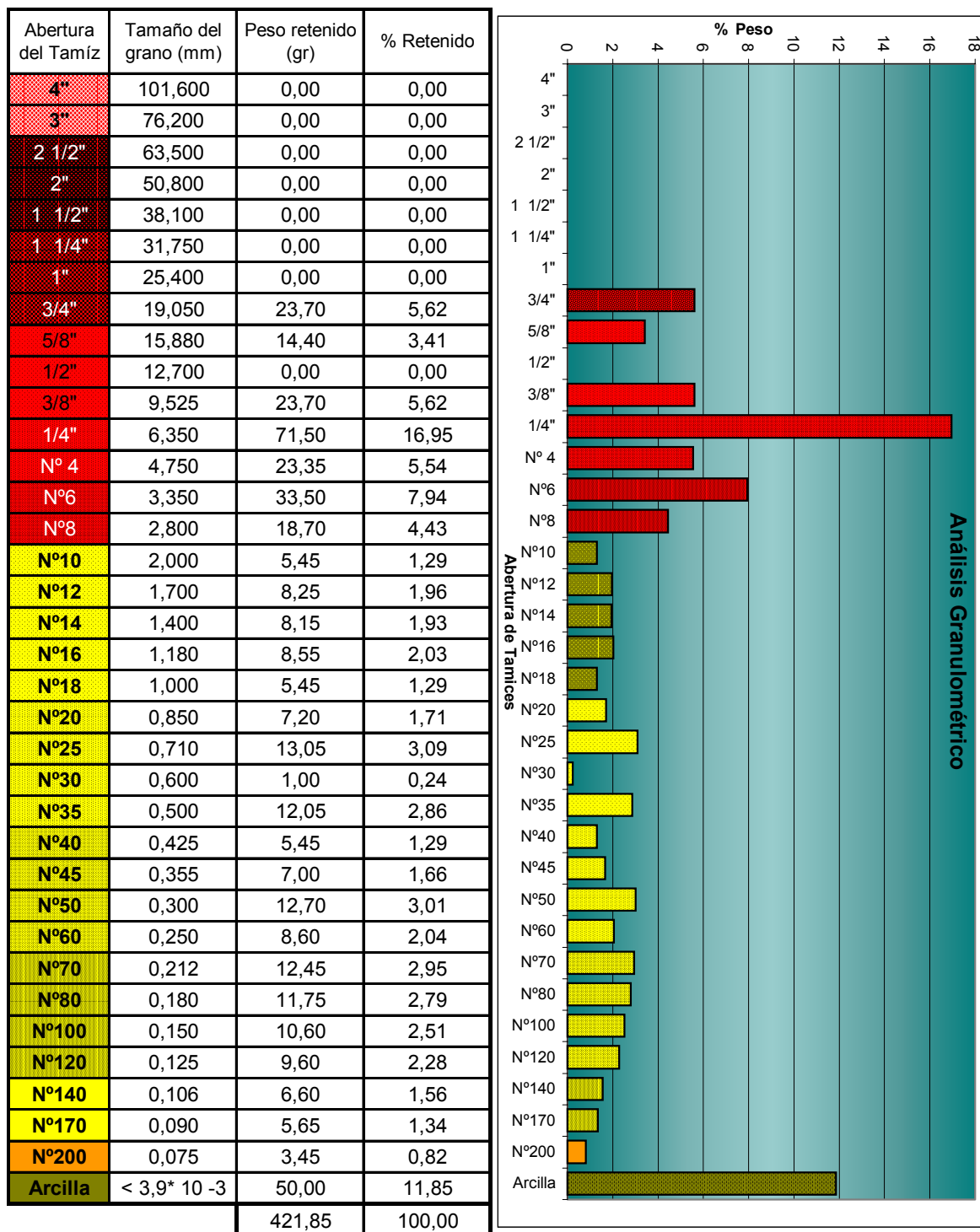
A.16 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera Taoro C.A.

MUESTRA N° 18



A.18 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gm. Arenera Taoro C.A.

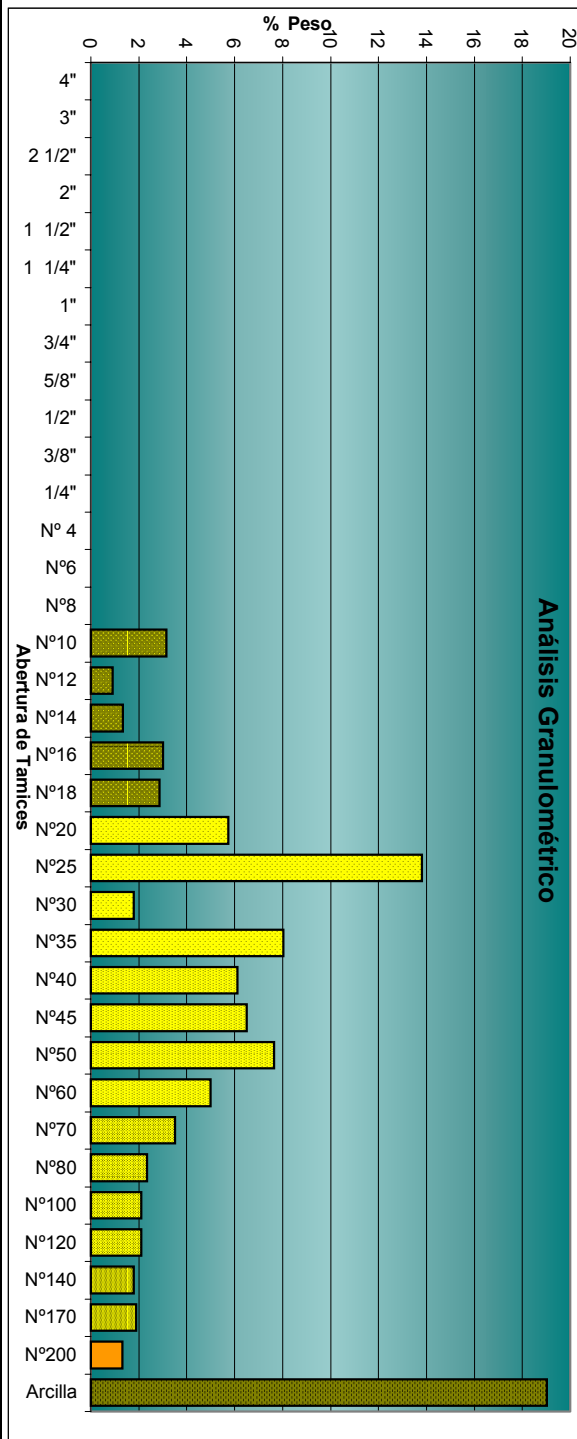
MUESTRA N° 19



A.19 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera Tracenca C.A.

MUESTRA N° 20

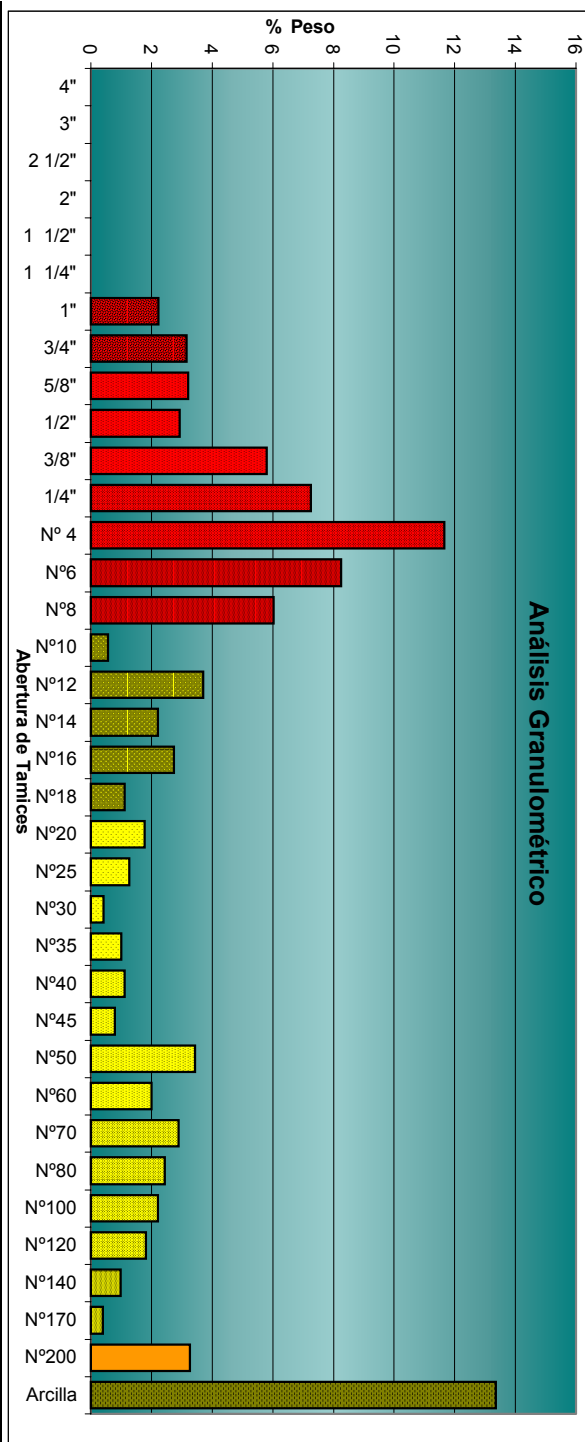
Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	0,00	0,00
3/4"	19,050	0,00	0,00
5/8"	15,880	0,00	0,00
1/2"	12,700	0,00	0,00
3/8"	9,525	0,00	0,00
1/4"	6,350	0,00	0,00
N° 4	4,750	0,00	0,00
N°6	3,350	0,00	0,00
N°8	2,800	0,00	0,00
N°10	2,000	8,65	3,15
N°12	1,700	2,50	0,91
N°14	1,400	3,70	1,35
N°16	1,180	8,25	3,01
N°18	1,000	7,85	2,86
N°20	0,850	15,75	5,74
N°25	0,710	37,90	13,81
N°30	0,600	4,95	1,80
N°35	0,500	22,05	8,04
N°40	0,425	16,80	6,12
N°45	0,355	17,85	6,51
N°50	0,300	20,95	7,63
N°60	0,250	13,70	4,99
N°70	0,212	9,65	3,52
N°80	0,180	6,40	2,33
N°100	0,150	5,80	2,11
N°120	0,125	5,75	2,10
N°140	0,106	4,95	1,80
N°170	0,090	5,15	1,88
N°200	0,075	3,60	1,31
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	52,20	19,02
		274,40	100,00



A.20 Análisis granulométrico de una muestra de arenas en la facies Sh. Arenera Tracenca C.A.

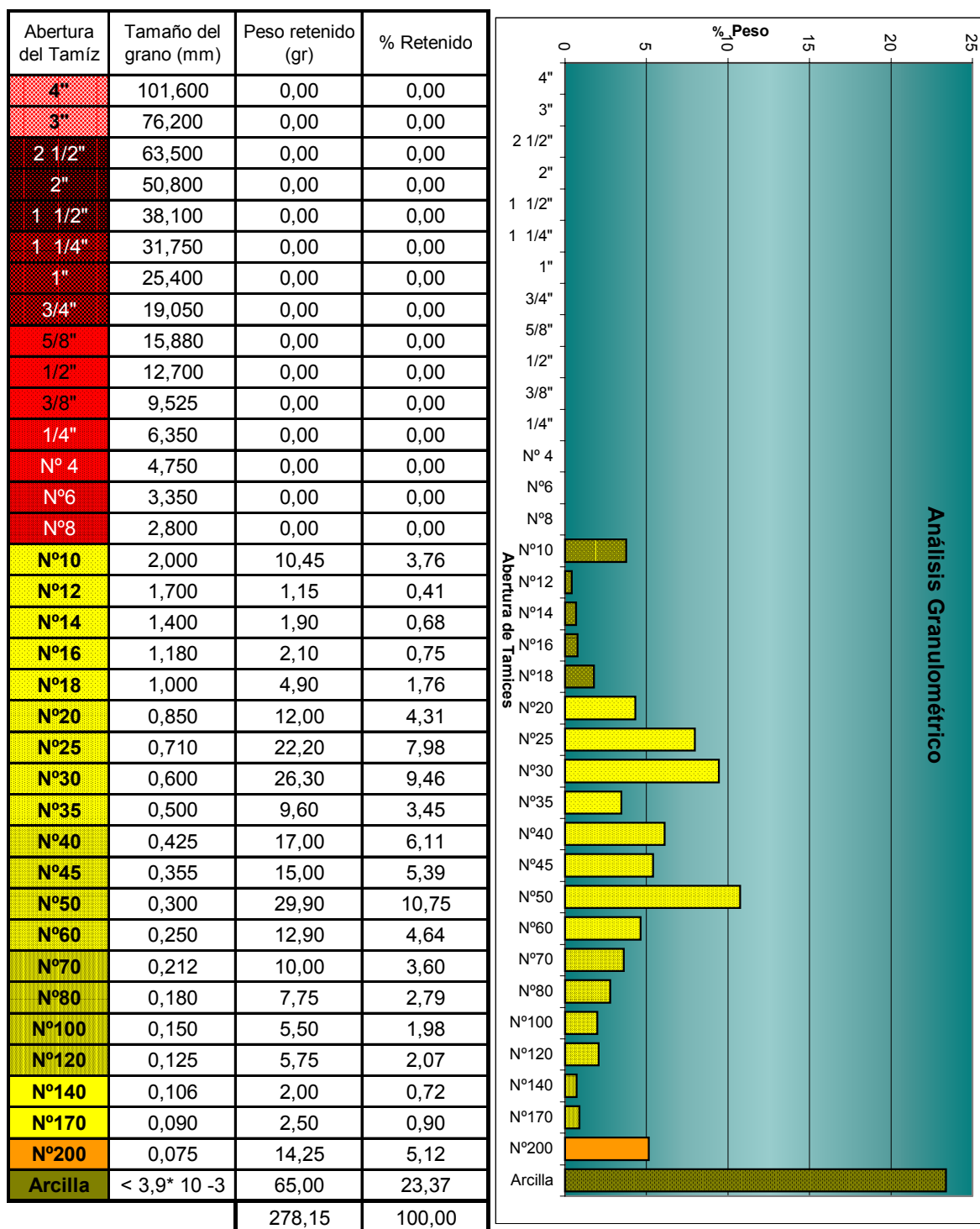
MUESTRA N° 21

Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	10,00	2,23
3/4"	19,050	14,15	3,15
5/8"	15,880	14,40	3,21
1/2"	12,700	13,10	2,92
3/8"	9,525	26,00	5,79
1/4"	6,350	32,55	7,25
N° 4	4,750	52,30	11,66
N°6	3,350	37,05	8,26
N°8	2,800	27,05	6,03
N°10	2,000	2,55	0,57
N°12	1,700	16,60	3,70
N°14	1,400	9,90	2,21
N°16	1,180	12,30	2,74
N°18	1,000	5,00	1,11
N°20	0,850	8,00	1,78
N°25	0,710	5,70	1,27
N°30	0,600	1,90	0,42
N°35	0,500	4,45	0,99
N°40	0,425	5,00	1,11
N°45	0,355	3,60	0,80
N°50	0,300	15,40	3,43
N°60	0,250	9,00	2,01
N°70	0,212	13,00	2,90
N°80	0,180	10,90	2,43
N°100	0,150	9,90	2,21
N°120	0,125	8,10	1,81
N°140	0,106	4,40	0,98
N°170	0,090	1,75	0,39
N°200	0,075	14,70	3,28
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	59,95	13,36
		448,70	100,00



A.21 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera Tracenca C.A.

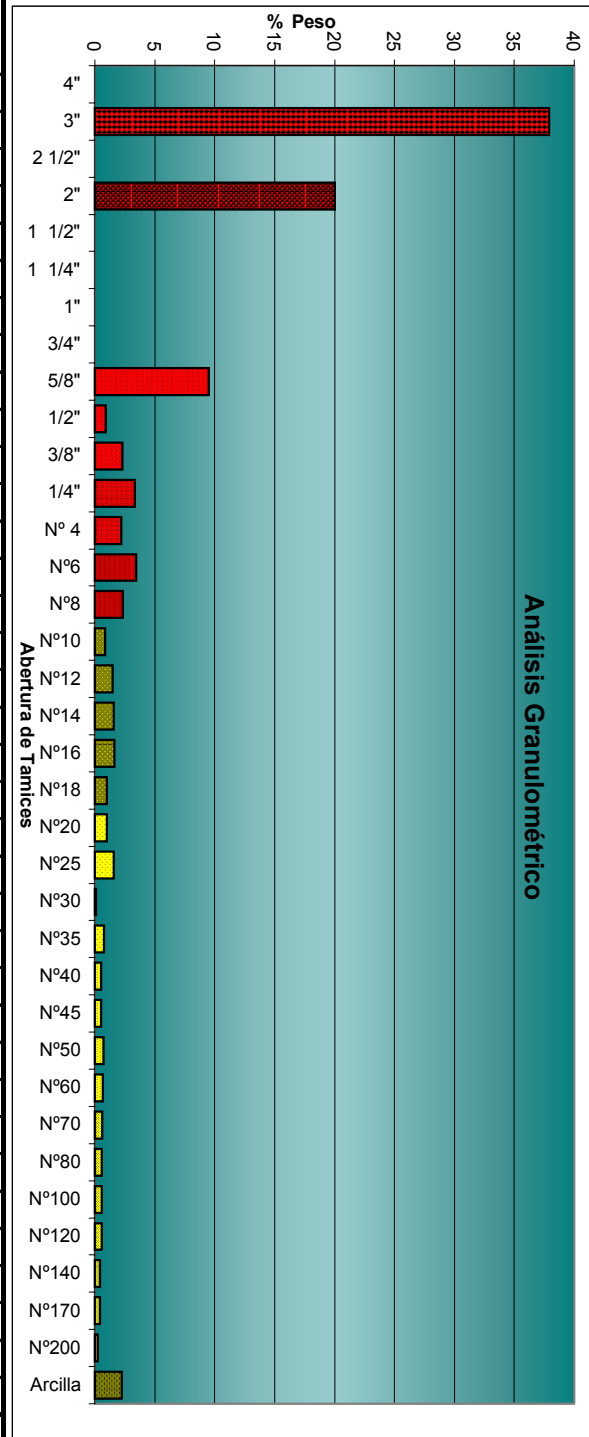
MUESTRA N° 22



A.22 Análisis granulométrico de una muestra de arena en la facies Sh. Arenera Tracenca C.A.

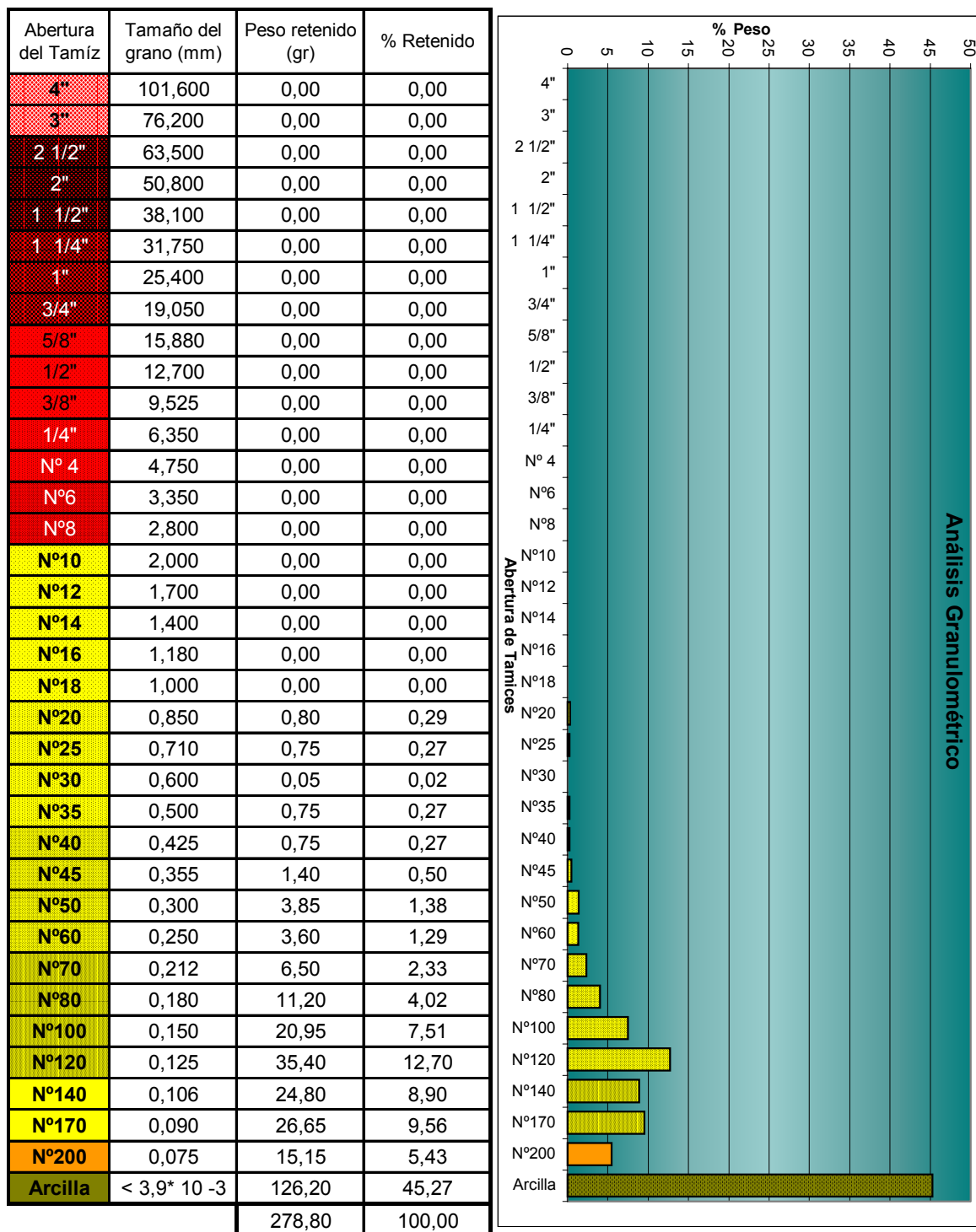
MUESTRA N° 23

Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	252,60	37,89
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	133,55	20,03
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	0,00	0,00
3/4"	19,050	0,00	0,00
5/8"	15,880	63,55	9,53
1/2"	12,700	5,90	0,89
3/8"	9,525	15,45	2,32
1/4"	6,350	22,25	3,34
N° 4	4,750	14,65	2,20
N°6	3,350	22,85	3,43
N°8	2,800	15,65	2,35
N°10	2,000	5,60	0,84
N°12	1,700	9,95	1,49
N°14	1,400	10,65	1,60
N°16	1,180	10,80	1,62
N°18	1,000	6,70	1,01
N°20	0,850	6,75	1,01
N°25	0,710	10,45	1,57
N°30	0,600	0,65	0,10
N°35	0,500	5,10	0,77
N°40	0,425	3,35	0,50
N°45	0,355	3,65	0,55
N°50	0,300	4,65	0,70
N°60	0,250	4,35	0,65
N°70	0,212	4,10	0,62
N°80	0,180	3,75	0,56
N°100	0,150	3,80	0,57
N°120	0,125	3,70	0,56
N°140	0,106	2,90	0,44
N°170	0,090	2,75	0,41
N°200	0,075	1,70	0,26
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	14,85	2,23
		666,65	100,00



A.23 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera Las Abejas.

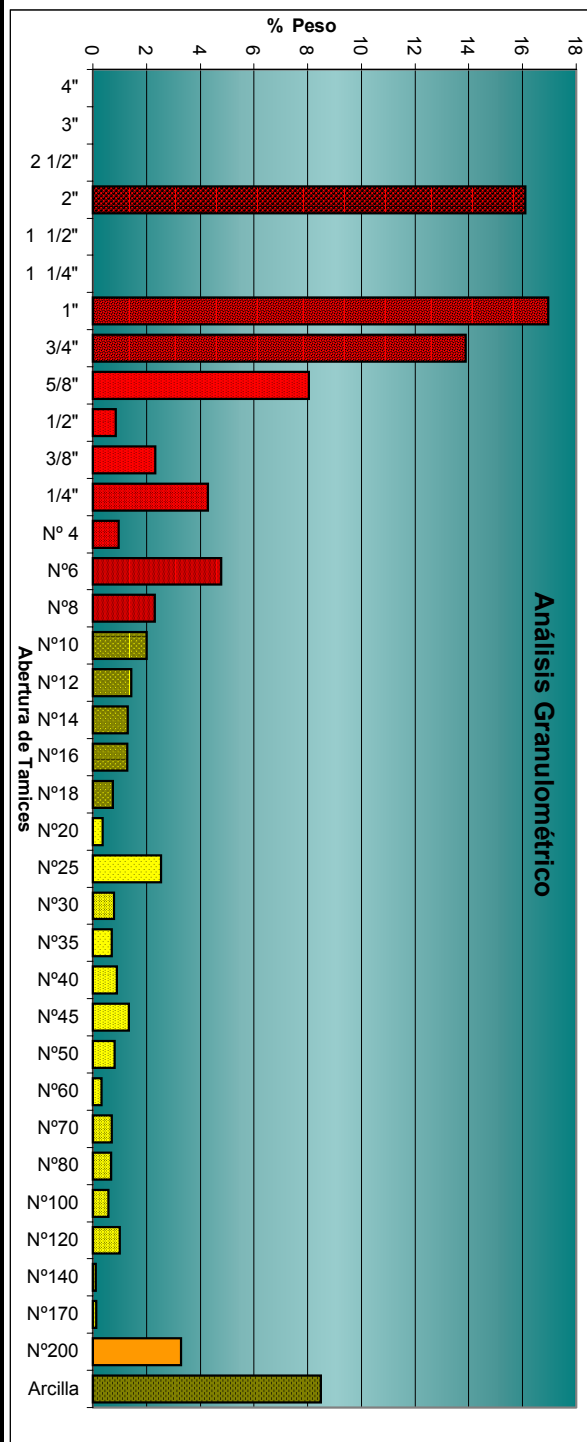
MUESTRA N° 24



A.24 Análisis granulométrico de una muestra de arena en la facies F. Arenera Las Abejas.

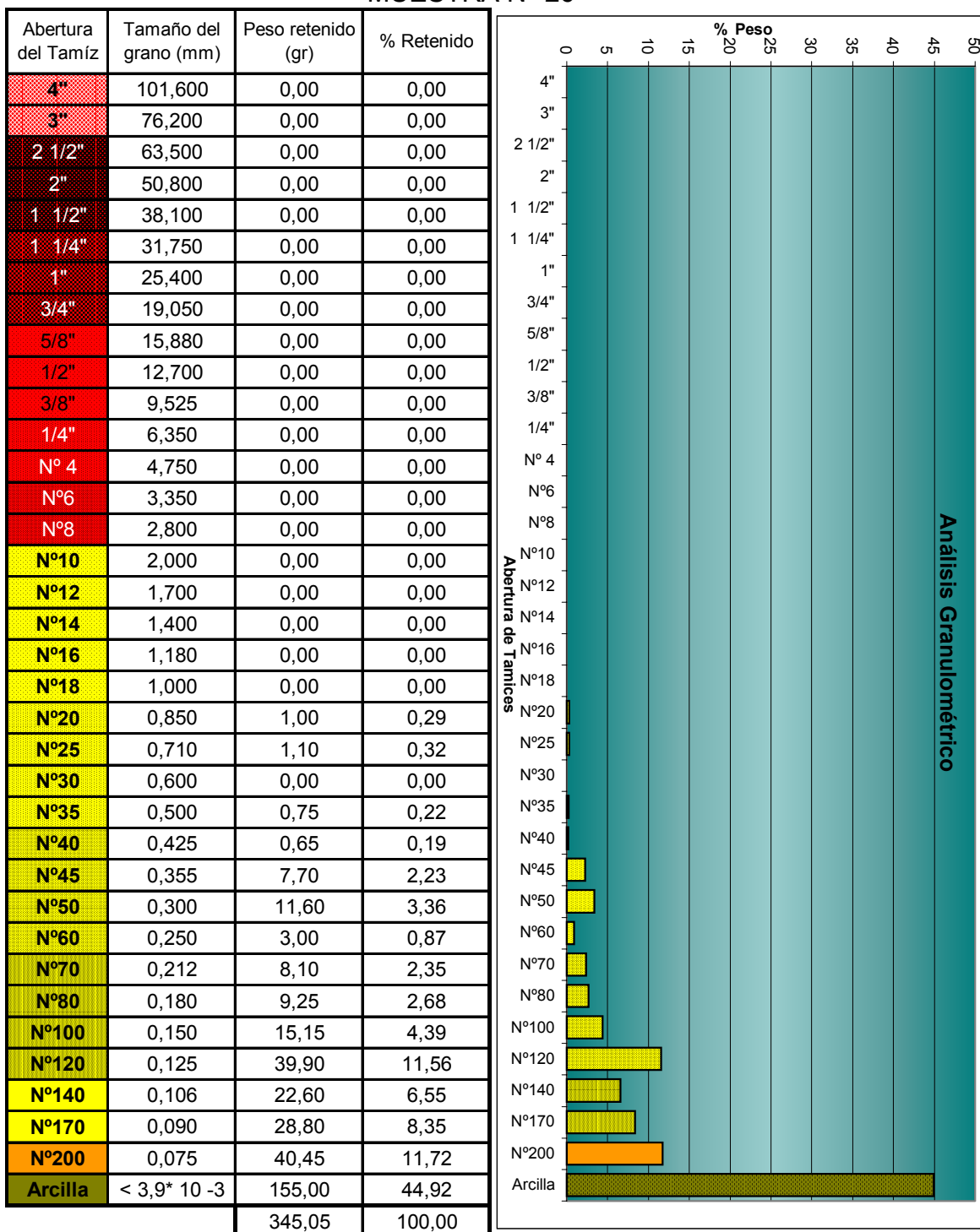
MUESTRA N° 25

Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	112,50	16,10
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	118,40	16,95
3/4"	19,050	97,00	13,89
5/8"	15,880	56,10	8,03
1/2"	12,700	6,00	0,86
3/8"	9,525	16,30	2,33
1/4"	6,350	30,00	4,29
N° 4	4,750	6,65	0,95
N°6	3,350	33,30	4,77
N°8	2,800	16,10	2,30
N°10	2,000	14,00	2,00
N°12	1,700	9,95	1,42
N°14	1,400	9,10	1,30
N°16	1,180	9,00	1,29
N°18	1,000	5,25	0,75
N°20	0,850	2,60	0,37
N°25	0,710	17,70	2,53
N°30	0,600	5,50	0,79
N°35	0,500	4,95	0,71
N°40	0,425	6,20	0,89
N°45	0,355	9,35	1,34
N°50	0,300	5,65	0,81
N°60	0,250	2,25	0,32
N°70	0,212	4,95	0,71
N°80	0,180	4,75	0,68
N°100	0,150	4,00	0,57
N°120	0,125	7,00	1,00
N°140	0,106	0,75	0,11
N°170	0,090	0,90	0,13
N°200	0,075	23,00	3,29
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	59,35	8,50
		698,55	100,00



A.25 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gms. Arenera Las Abejas.

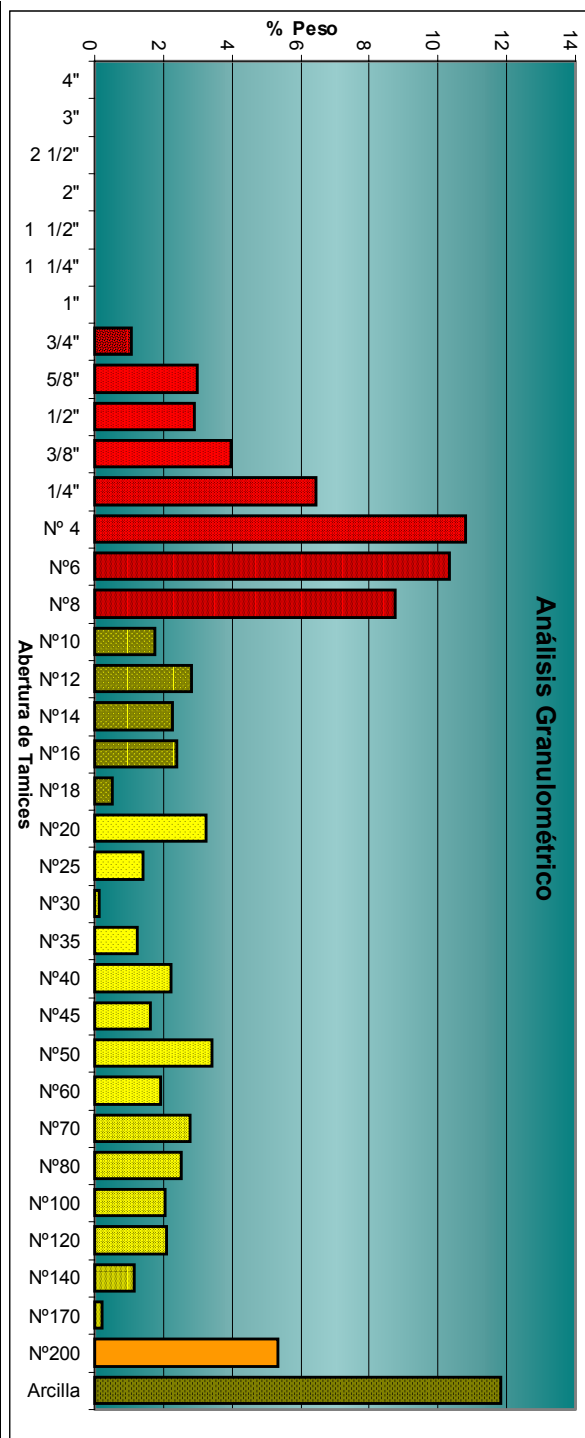
MUESTRA N° 26



A.26 Análisis granulométrico de una muestra de arenas en la facies F. Arenera Las Abejas.

MUESTRA N° 27

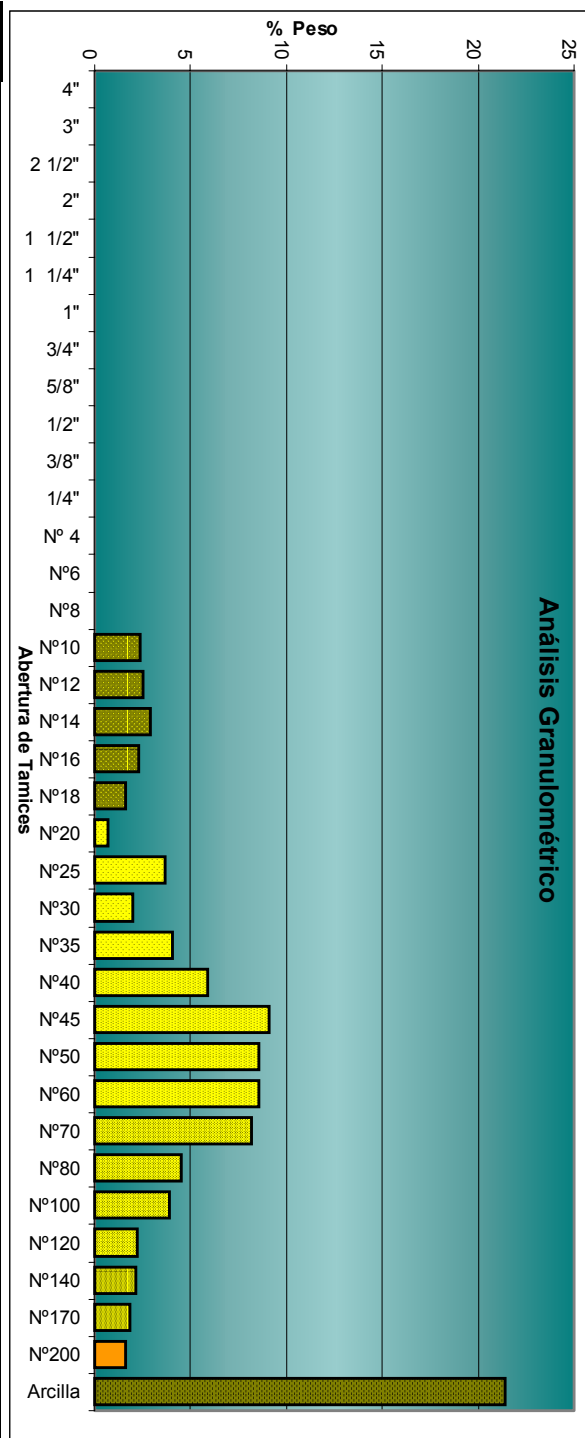
Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	0,00	0,00
3/4"	19,050	4,65	1,05
5/8"	15,880	13,25	2,99
1/2"	12,700	12,95	2,92
3/8"	9,525	17,65	3,98
1/4"	6,350	28,55	6,44
N° 4	4,750	47,90	10,81
N°6	3,350	45,75	10,32
N°8	2,800	38,70	8,73
N°10	2,000	7,80	1,76
N°12	1,700	12,45	2,81
N°14	1,400	10,00	2,26
N°16	1,180	10,55	2,38
N°18	1,000	2,25	0,51
N°20	0,850	14,30	3,23
N°25	0,710	6,30	1,42
N°30	0,600	0,50	0,11
N°35	0,500	5,40	1,22
N°40	0,425	9,90	2,23
N°45	0,355	7,15	1,61
N°50	0,300	15,10	3,41
N°60	0,250	8,45	1,91
N°70	0,212	12,30	2,77
N°80	0,180	11,10	2,50
N°100	0,150	9,00	2,03
N°120	0,125	9,25	2,09
N°140	0,106	5,20	1,17
N°170	0,090	0,90	0,20
N°200	0,075	23,60	5,32
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	52,40	11,82
		443,30	100,00



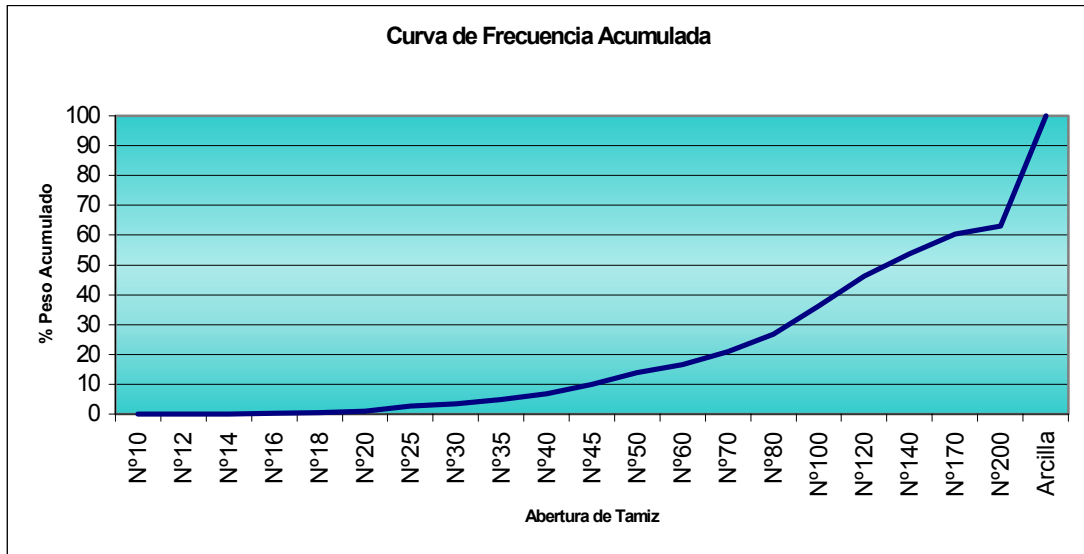
A.27 Análisis granulométrico de una muestra de gravas en la facies Gt. Arenera Tracenca C.A.

MUESTRA N° 28

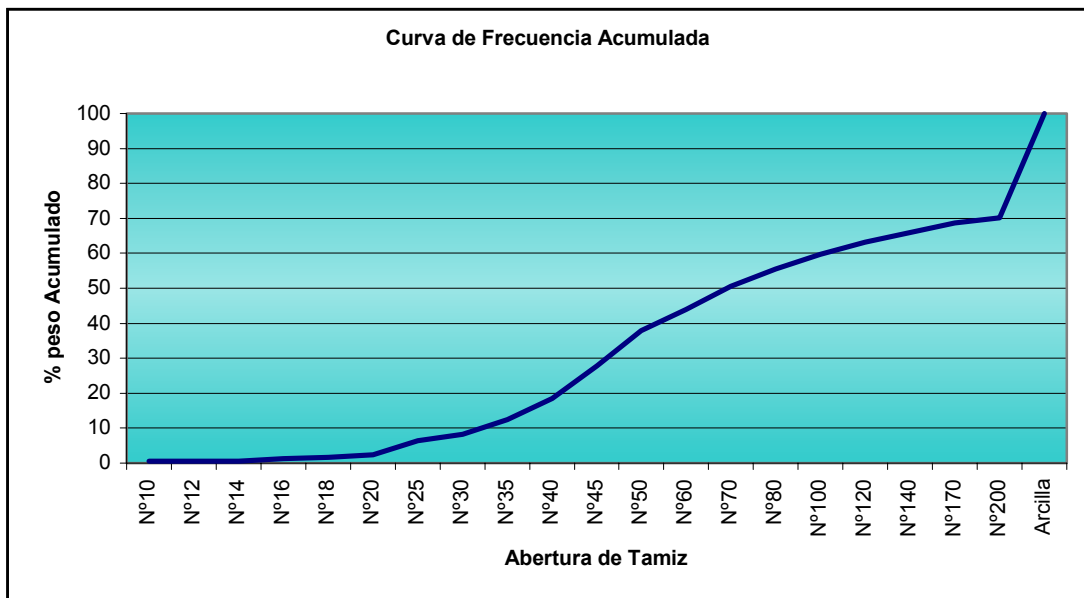
Abertura del Tamiz	Tamaño del grano (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido
4"	101,600	0,00	0,00
3"	76,200	0,00	0,00
2 1/2"	63,500	0,00	0,00
2"	50,800	0,00	0,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00
1 1/4"	31,750	0,00	0,00
1"	25,400	0,00	0,00
3/4"	19,050	0,00	0,00
5/8"	15,880	0,00	0,00
1/2"	12,700	0,00	0,00
3/8"	9,525	0,00	0,00
1/4"	6,350	0,00	0,00
N° 4	4,750	0,00	0,00
N°6	3,350	0,00	0,00
N°8	2,800	0,00	0,00
N°10	2,000	7,25	2,36
N°12	1,700	7,75	2,52
N°14	1,400	9,00	2,93
N°16	1,180	6,95	2,26
N°18	1,000	4,95	1,61
N°20	0,850	2,00	0,65
N°25	0,710	11,25	3,66
N°30	0,600	6,00	1,95
N°35	0,500	12,55	4,08
N°40	0,425	18,15	5,91
N°45	0,355	28,00	9,11
N°50	0,300	26,40	8,59
N°60	0,250	26,30	8,56
N°70	0,212	25,20	8,20
N°80	0,180	13,95	4,54
N°100	0,150	12,00	3,90
N°120	0,125	6,75	2,20
N°140	0,106	6,65	2,16
N°170	0,090	5,55	1,81
N°200	0,075	4,90	1,59
Arcilla	< 3,9* 10 ⁻³	65,75	21,40
		307,30	100,00



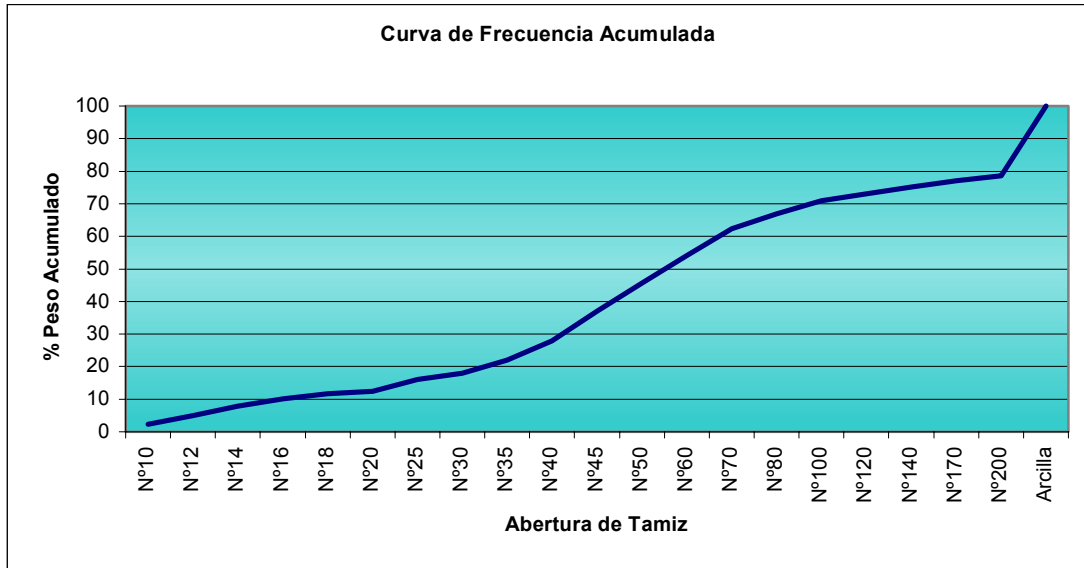
A.28 Análisis granulométrico de una muestra de arenas en la facies St. Arenera Tracenca C.A.



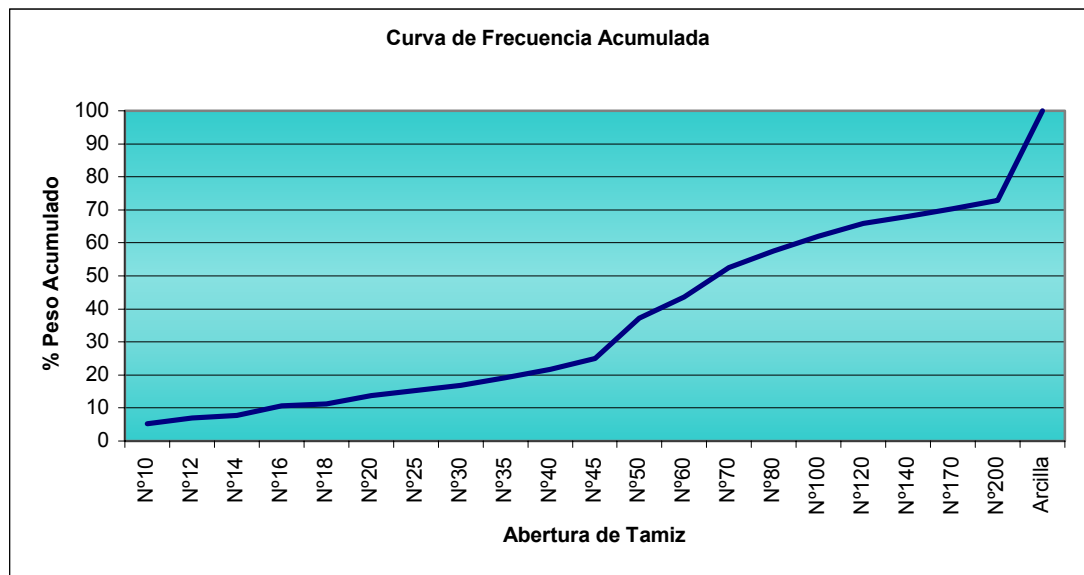
A.29 Curva de frecuencia acumulada de la muestra N° 2 obtenida en la facies Sh. Arenera El Pozote C.A.



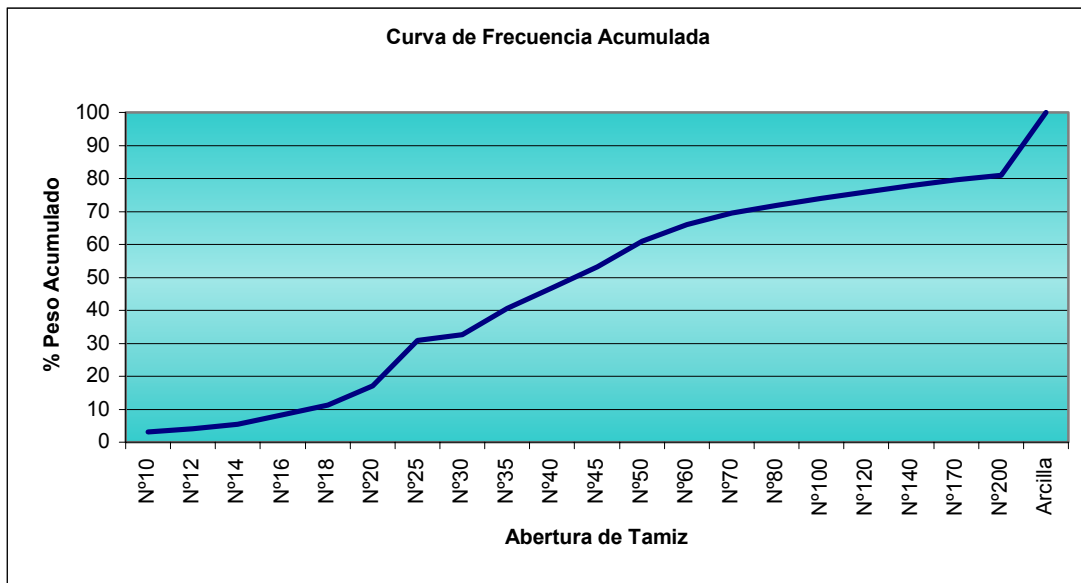
A.30 Curva de frecuencia acumulada de la muestra N° 4 obtenida en la facies Sh. Arenera El Pozote C.A.



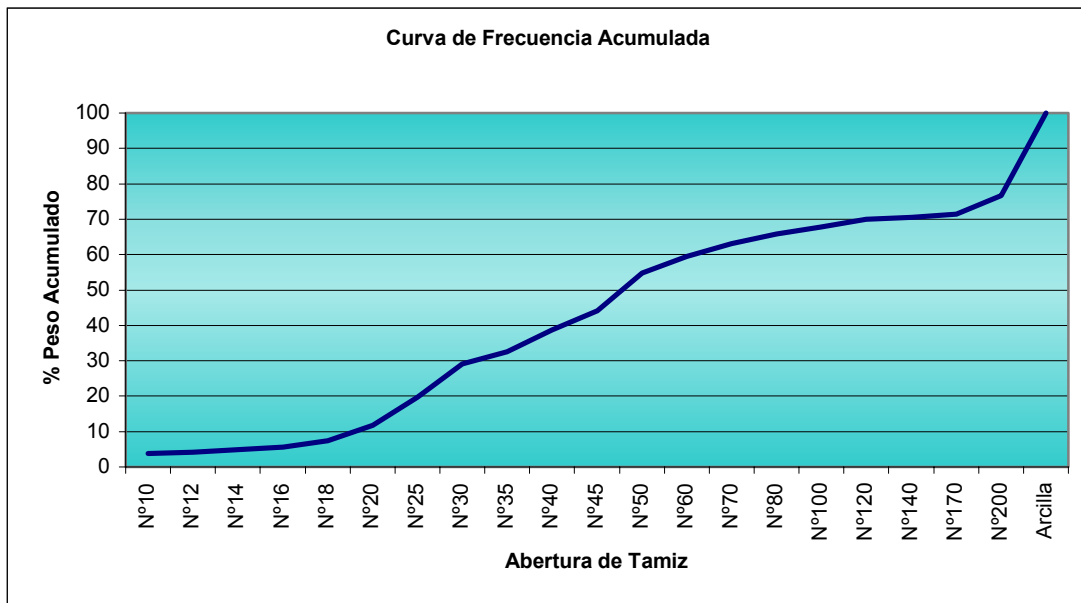
A.31 Curva de frecuencia acumulada de la muestra N° 6 obtenida en la facies Sh. Arenera El Pozote C.A.



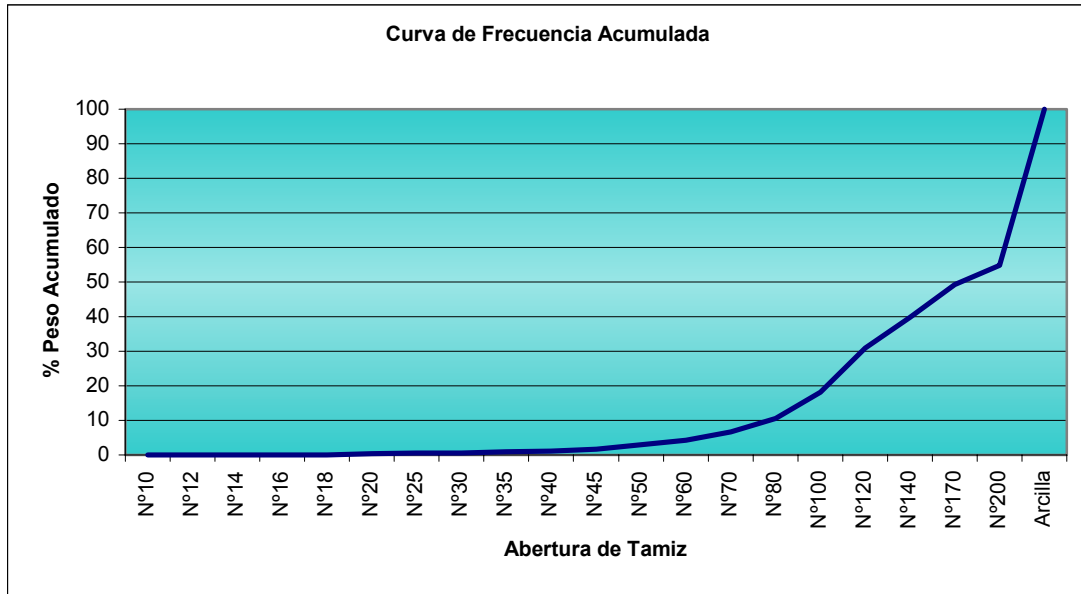
A.32 Curva de frecuencia acumulada de la muestra N° 10 obtenida en la facies Sh. Arenera Taoro C.A.



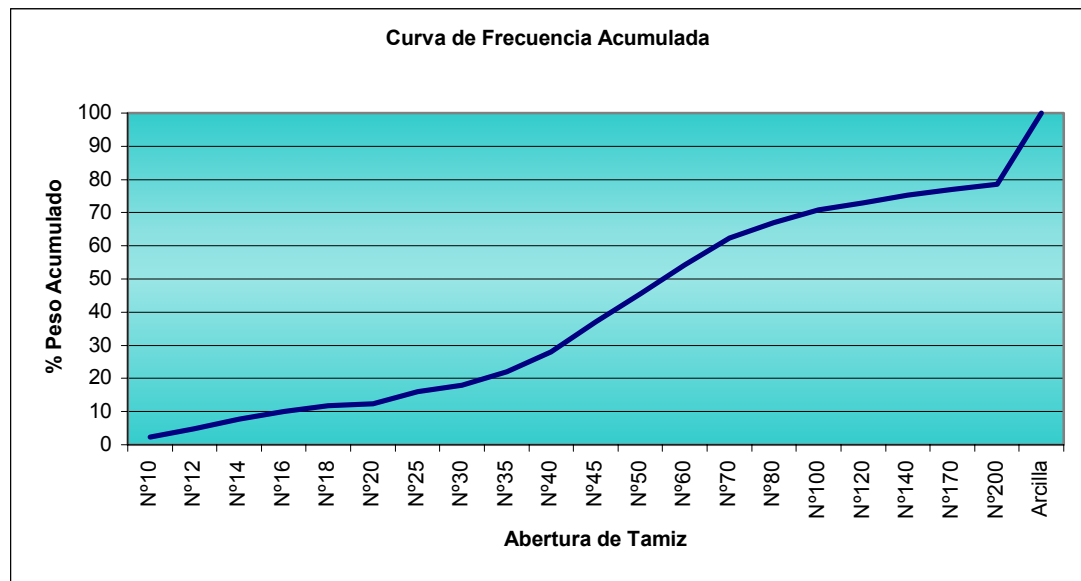
A.33 Curva de frecuencia acumulada de la muestra N° 20 obtenida en la facies Sh. Arenera Tracenca C.A.



A.34 Curva de frecuencia acumulada de la muestra N° 22 obtenida en la facies Sh. Arenera Tracenca C.A.



A.35 Curva de frecuencia acumulada de la muestra N° 24 obtenida en la facies F. Arenera Las Abejas C.A.



A.36 Curva de frecuencia acumulada de la muestra N° 28 obtenida en la facies St. Arenera Tracena C.A.

APÉNDICE B

APÉNDICE B

CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS ARENAS SILICEAS (CARR, 1994) tomado de CHIQUITO (1999).

GENERALIDADES

Sílice en la forma de arena y arenisca es uno de los mas comunes, y al mismo tiempo, especial mineral industrial. Se encuentra en todo tipo de roca de cualquier edad geológica, y virtualmente en cualquier parte del mundo. La sílice es usada en productos que abarcan casi todos los aspectos de la vida diaria.

Los elementos silicio (Si) y oxígeno (O_2), comprenden cerca del 60 % de la litosfera hasta una profundidad de 16 Km. La estructura cristalina del dióxido de silicio consiste de un átomo de silicio, unido y rodeado por cuatro átomos de oxígeno para formar una red tridimensional tetraédrica de SiO_4 . Esta red hace del mineral cuarzo el mas común sedimento en las areniscas. El cuarzo es uno de los mayores constituyentes de algunas rocas ígneas y metamórficas y es conocido como agente cementante en varios tipos de roca. Clasificación de los depósitos de arenas silíceas

Las arenas utilizadas para la industria del vidrio se conocen con el nombre de “arenas de alto contenido de sílice”, “arenas para vidrio” y “arenas silíceas”, para distinguirlas de las variedades impuras utilizadas en construcción, como abrasivos, para fundiciones, en la fabricación de explosivos, y otros.

La distinción entre arenas y areniscas se basa únicamente en el grado de cementación, el termino arenas referido al material suelto o muy pobremente consolidado, reservando el termino arenisca para la roca consolidada, no obstante muchas de las areniscas utilizadas para la fabricación de vidrios, son denominadas comercialmente como arenas.

Los depósitos de arenas utilizadas para la industria del vidrio pueden agruparse en dos categorías:

- Consolidados
- No consolidados

Los depósitos consolidados son en su mayoría de edad Paleozoica, tales depósitos son en general pobremente consolidados de manera que pueden ser desintegrados fácilmente por procedimientos hidráulicos.

Los depósitos no consolidados son comparativamente jóvenes, generalmente del Cuaternario.

COMO MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DE VIDRIO

La sílice es la componente principal en la fabricación del vidrio. Los fabricantes de vidrio desarrollan especificaciones modelo para cada fuente de arena silíceas usadas. Estas especificaciones en términos generales definen los límites y rangos de las propiedades químicas y físicas de las arenas, y son usadas en el cálculo de la fórmula requerida al momento de fundir.

Algunas especificaciones pueden ser críticas para un fabricante de vidrio y requieren de límites bastante estrictos en lo que respecta a la cantidad de impurezas en la arena. Por ejemplo, el total de óxido de hierro presente en la mezcla de fundición es extremadamente importante cuando se fabrica vidrio blanco o tipo flint. El hierro presente en casi toda la materia prima usada en la fundición de vidrio debe ser cuidadosamente controlada de manera de obtener un color consistente en el producto final.

El vidrio del tipo "soda-lima" fue uno de los primeros tipos de vidrio hechos por el hombre, y continúa siendo uno de los tipos de vidrio más importantes hoy en día. Es relativamente fácil de fundir y moldear y su costo por tonelada es menor que otros tipos de vidrio. Este tipo de vidrio es usado en la fabricación de recipientes, vidrios planos, bombillos incandescentes y fluorescentes, fibra de vidrio y otros productos.

Los minerales pesados como ilmenita, leucoxenos, cianita y circón, son impurezas sobre las cuales existen límites muy estrictos impuestos por los fabricantes de vidrio. Debido a su naturaleza refractaria no pueden ser fundidos o en su defecto son fundidos parcialmente, lo cual da como resultado presencia de partículas en el vidrio final. Los aluminosilicatos como la cianita, también contribuyen a producir una cantidad de alúmina no deseada en la mezcla.

Las tablas N° 1 y N° 2 presentan las especificaciones típicas para arena silícea usada en la fabricación de vidrios planos y envases de vidrio.

Los porcentajes mostrados representan un promedio de las especificaciones de varias compañías fabricantes de vidrio.

Tabla N° 1. Especificaciones de Arenas Silíceas para la Fabricación de Vidrio Plano (CARR,1994)

<i>Especificaciones Químicas</i>	
SiO ₂	99.5 % min.
Fe ₂ O ₃	0.04 % max.
Al ₂ O ₃	0.30 % max.
TiO ₂	0.10 % max.
Cr ₂ O ₃	2 ppm max.
Co ₃ O ₄	2 ppm max.
MnO ₂	0.002 ppm max.
H ₂ O	0.05 ppm max.
<i>Especificaciones Físicas</i>	
Tamaño (mm)	% Retenido Acumulado
1.18	0.0
0.85	0.01 max
0.425	0.10 max
0.106	92.0 min
0.75	99.5 min

Arena sílicea abrasiva

La arena sílicea es usada como un abrasivo para limpiar metales, concreto, ladrillos. Los requerimientos para este tipo de uso son principalmente, poseer una forma angular y una granulometría gradada. Una arena para usos abrasivos debe estar libre de impurezas como mica, materia orgánica, carbonatos y arcilla. Finalmente debe ser dura y duradera.

Tabla N° 2. Especificaciones de Arenas Síliceas para la Fabricación de Vidrio Flint para Envases (CARR,1994).

<i>Especificaciones Químicas</i>	
SiO ₂	98.5 % min.
Fe ₂ O ₃	0.035 % max.
Al ₂ O ₃	0.50 % max.
TiO ₂	0.03 % max.
CaO + MgO	0.2 % max
Cr ₂ O ₃	0.001 % max. .
ZrO ₂	0.01 % max.
H ₂ O	0.1 % max.

<i>Especificaciones Físicas</i>	
Tamaño (mm)	% Retenido Acumulado
1.18	0.0
0.85	0.0
0.425	4.0 max
0.106	25.0 min
0.75	95.0 min

Arenas Especiales

Este tipo de arenas es utilizado como suplemento de mezcla y en algunos productos industriales tales como: pinturas, plásticos, productos de goma, mezclas de caucho, papel, mezclas asfálticas, pastas y otros.

La tabla N° 3, muestra las especificaciones químicas y físicas para la elaboración de fibra de vidrio.

Tabla N° 3. Especificaciones de Arenas Silíceas para la Fabricación de Fibra de Vidrio (CARR, 1994)

<i>Especificaciones Químicas</i>	
SiO ₂	99 % min.
Fe ₂ O ₃	0.50 % max.
Al ₂ O ₃	0.30 % max.
Na ₂ O	0.10 % max.
K ₂ O	0.10 % max
LOI + H ₂ O	0.50 % max.

<i>Especificaciones Físicas</i>	
Tamaño (mm)	% Retenido Acumulado
0.250	0.01 max
0.075	0.60 max
0.045	3.0 max.

Arenas de Fracturación Hidráulica

Las arenas de fracturación hidráulica son usadas como agentes propelentes en los depósitos de petróleo y gas, con el fin de incrementar la permeabilidad de las formaciones geológicas y aumentar la producción. La arena debe predominar en dureza, y presentar una cantidad mínima de impurezas, sobre todo arcillas, feldespatos y calcita.

Arenas para Filtrado

Las arenas silíceas son ampliamente usadas en el filtrado de agua de los acueductos. Este tipo de arena debe encontrarse relativamente pura y libre de arcilla, polvo, elementos micáceos y materia orgánica. No hay especificaciones estrictas en lo que respecta a la forma del grano, a excepción, que los granos no deben ser elongados o planos. Igualmente deben poseer cierta uniformidad en el tamaño de grano, además de poseer intervalos de tamaño bastante reducidos (Tabla N° 4).

Tabla N° 4. Tamaño de Grano Típico y Composición Química de Arenas Silíceas para Filtrado (CARR,1994)

<i>Tamaño (mm)</i>	<i>Coficiente de Uniformidad</i>
0.40 a 0.50	1.60 max.
0.50 a 0.60	1.60 max.
0.60 a 0.70	1.60 max.
0.70 a 0.80	1.60 max.
0.80 a 1.00	1.65 max.
1.00 a 1.50	1.70 max.

<i>Composición Química</i>	
SiO ₂	99.39 %
Fe ₂ O ₃	0.24 %
Al ₂ O ₃	0.19 %
TiO ₂	0.12 %
CaO	0.01 %
MgO	0.004 %
LOI	0.046 %

APÉNDICE C

APÉNDICE C

ABANICOS ALUVIALES

Los abanicos aluviales son cuerpos sedimentarios, en forma de abanico, que se desarrollan al frente de los macizos montañosos. Básicamente se originan por la súbita pérdida de competencia (debido a la expansión del flujo y disminución del gradiente) que ocurre cuando los cursos fluviales (a menudo de naturaleza efímera) emergen desde el frente montañoso.

El término cono de deyección es empleado para acumulaciones de taludes formadas básicamente por procesos gravitacionales y que se caracterizan por su elevada pendiente. En algunos casos existe una continua transición entre conos o taludes de deyección y verdaderos abanicos aluviales. Por otro lado los abanicos deltáicos (fan deltas) son abanicos aluviales que desembocan directamente en un cuerpo de agua (lagos o en el mar). Finalmente el nombre abanico terminal (terminal fan) ha sido aplicado por algunos autores a acumulaciones en forma de abanico que se producen en posición distal al frente montañoso, resultando por lo general de la depositación de cursos fluviales efímeros.

Un perfil esquemático de un abanico aluvial en sección transversal y longitudinal es mostrado en la Figura 1, así como su relación con el punto de intersección. Obsérvese como el abanico en sección longitudinal muestra un perfil cóncavo hacia arriba mientras que es convexo cuando la sección es transversal.

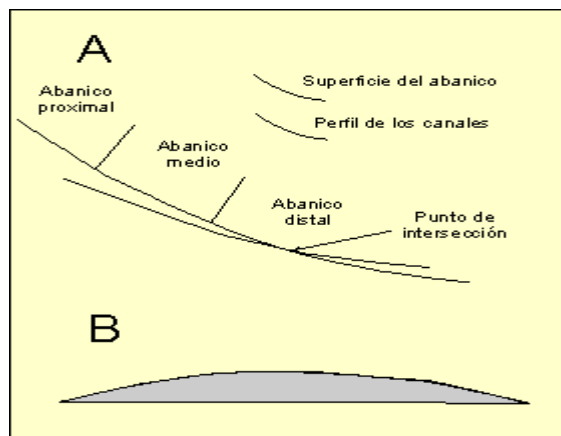


Figura 1. Representación esquemática de una sección longitudinal (A) y una transversal (B) de un abanico aluvial. Obsérvese la posición del punto de intersección. Tomado de Limarino (2001).

Desde los estudios pioneros de Blissenbach (1954) y Bull (1964) se han dividido a los abanicos en tres sectores principales: proximal (o abanico superior), medio y distal (o abanico inferior, véase Fig. 2). El abanico superior es el que muestra mayor pendiente, un escaso número de canales y mayor tamaño de grano, en el abanico medio se define claramente la red distributaria de canales, ha disminuido ligeramente la pendiente y el tamaño de grano. Finalmente, el abanico distal representa una transición a sistemas fluviales entrelazados.

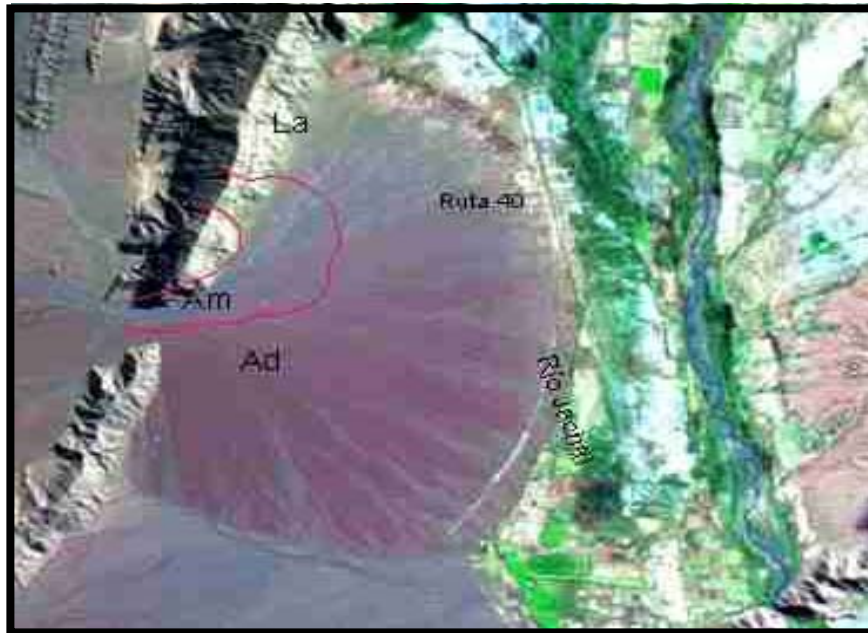


Figura 2. Imagen satelital de un pequeño abanico aluvial en las proximidades de Jachal (provincia de San Juan). Referencias: Ap abanico proximal, Am abanico medio, Ad abanico distal, La lóbulo activo. Tomado de Limarino (2001)

La coalescencia lateral de abanicos aluviales define lo que geomorfológicamente se conoce como bajada (Fig. 3). Inicialmente los abanicos aluviales fueron clasificados según el régimen climático donde se desarrollaban reconociendo dos tipos principales: 1. abanicos de clima áridos o semiáridos y 2. abanicos de clima húmedo. En este modelo los abanicos del primer tipo se encontraban dominados por flujos de gravedad y los segundos por corrientes fluviales.



Figura 3. Imagen radar 3-D del Valle de Karakax (oeste de China). Tomado de Limarino (2001)

MODELOS DE CLASIFICACIÓN DE ABANICOS

Esta clasificación presentaba dos dificultades principales. Por un lado, el estudio de abanicos actuales, especialmente en el norte de América del Sur y América Central mostró claramente que en abanicos de clima húmedo los flujos de gravedad eran un activo proceso de sedimentación. Por otro lado, es difícil reconocer en el registro geológico las condiciones climáticas imperantes durante la generación de un abanico por lo que la clasificación en cuestión no resultaba apropiada para depósitos antiguos.

Collinson (1996) en Limarino (2001) propuso clasificar a los abanicos de acuerdo al mecanismo de transporte y depositación dominante (Figura 4) reconociendo abanicos dominados por flujos de gravedad y por acción fluvial.

Un modelo de clasificación de abanicos basado en el mecanismo de transporte y en la morfología de la red de canales que componen el abanico fue ideada por Stanistreet y McCarthy (1993).

<p>Abanicos dominados por flujos de gravedad (gravity-flow fans)</p>	<p>Dominados por depósitos de flujos de gravedad tanto cohesivos como no cohesivos. Frecuentes conglomerados soportados por matriz y diamicrotas. Generalmente resultan abanicos de mediano y pequeño porte.</p>
<p>Abanicos dominados por acción fluvial (fluvial fans)</p>	<p>Dominados por flujos canalizados de baja densidad. Dominan los conglomerados y brechas soportados por clastos y depósitos de barras de canal con frecuente estratificación entrecruzada. En ocasiones forman abanicos de gran tamaño.</p>

Figura 4. Síntesis de los dos tipos de abanicos aluviales reconocidos por Collinson (1996). Tomado de Limarino (2001).

Los citados autores propusieron un modelo conceptual de clasificación de abanicos (Figura 5) colocando en el vértice superior aquellos dominados por flujos de detritos y en la base a los dominados por acción fluvial. Dentro de estos últimos dividieron a los conformados por canales entrelazados de los correspondientes a cursos de baja sinuosidad.

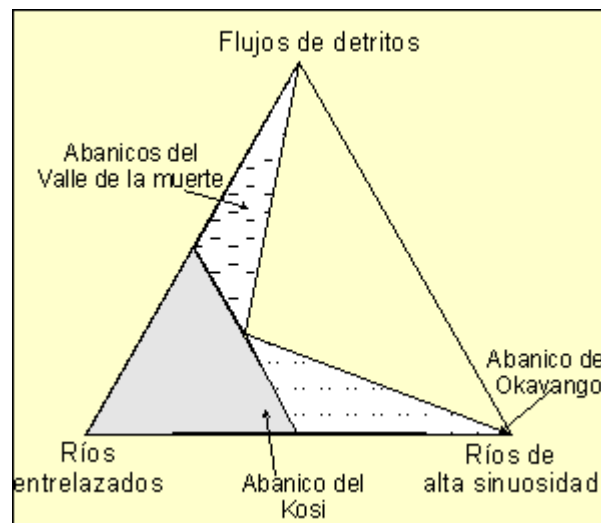


Figura 5. Modelo de clasificación de abanicos aluviales propuesto por Stanistreet y McCarthy (1993). Tomado de Limarino (2001).

De esta forma el modelo reconocía tres tipos básicos de abanicos aluviales cuya morfología es esquematizada en la Figura 6. Los abanicos dominados por flujos de detritos (A en la Figura 6) están dominados en el abanico proximal por flujos de detritos, los que se adelgazan rápidamente hacia el abanico medio interdigitado con depósitos de canales entrelazados y de crecientes no encauzadas (sheet flows) hacia el abanico distal. Este tipo corresponde por lo general a abanicos pequeños que muestran altas pendientes (0,1 a 0,01%) y escasa vegetación.

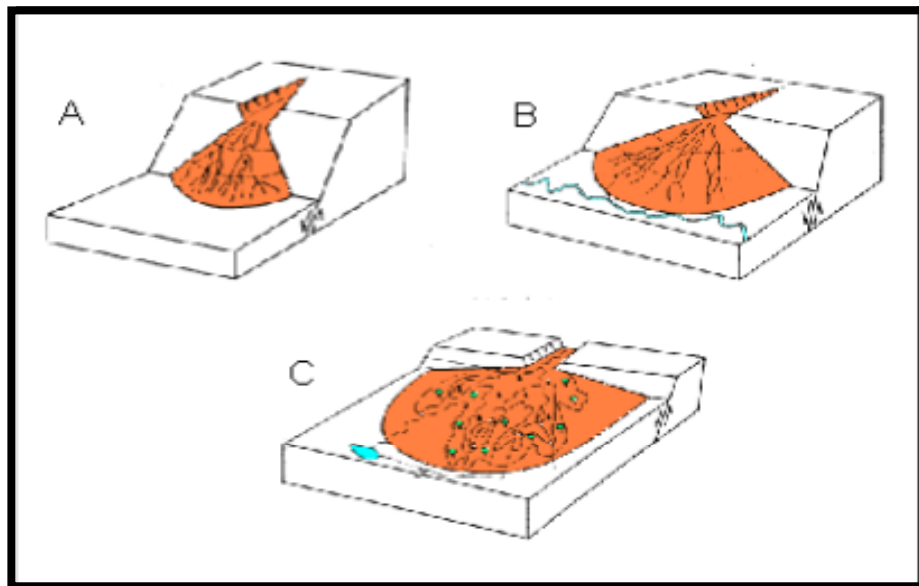


Figura 6. Representación esquemática de los tres tipos de abanicos representados en el diagrama triangular de la figura 5. Modificado de Stanistreet y McCarthy (1993). Tomado de Limarino (2001).

Los abanicos dominados por acción fluvial con canales entrelazados (B), muestran importante participación de depósitos de barras de canal desde el abanico proximal hasta el distal, dominando las barras longitudinales en el primer caso y las distales en el segundo. Este tipo de abanicos muestra pendientes menores al precedentemente descrito (0,001 a 0,0003%) y escasa vegetación, especialmente concentrada a lo largo del margen de los canales.

Finalmente el tipo de abanico dominado por canales meandrosos o anastomosados, presentan importante carga en suspensión (C en la Figura 6) están formados en el abanico proximal por cursos meandriformes con desarrollo de pantanos y lagunas en áreas de planicies de inundación que

frecuentemente pasan a sistemas anastomosados hacia el abanico medio y distal.

En la Figura 7 se muestra una imagen correspondiente al abanico aluvial de Catinzaco uno de los más extensos de la vertiente oriental del Famatina en la provincia de La Rioja, (noroeste de Argentina). Este abanico dominado por canales entrelazados (tipo B de la Figura 6) muestra en su parte proximal discreta participación de depósitos de flujos de detritos.

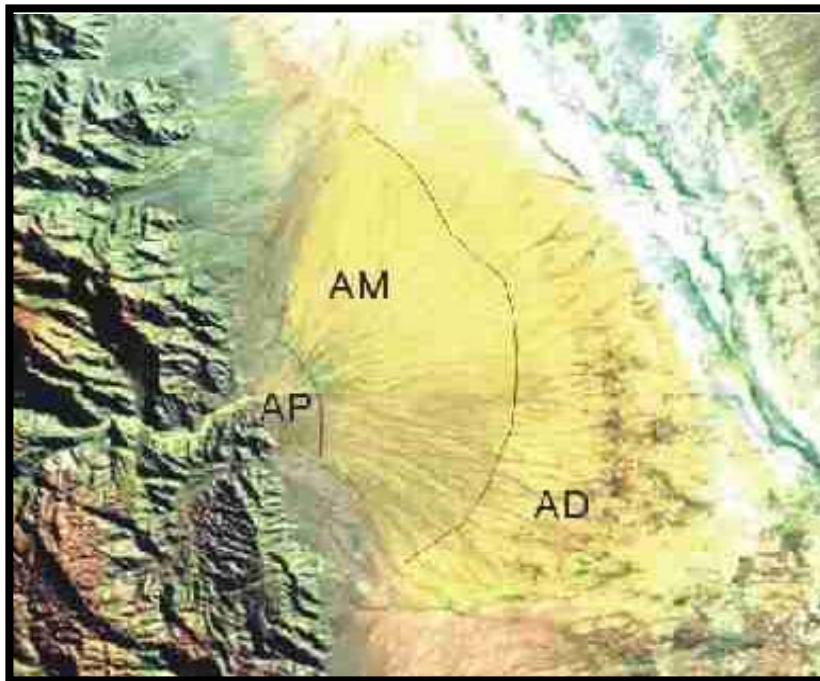


Figura 7. El abanico aluvial de Catinzaco, uno de los más extensos de la vertiente oriental de la Sierra de Sañogasta (Sistema del Famatina, provincia de La Rioja). Referencias: AP abanico proximal, AM abanico medio y AD abanico distal. Tomado de Limarino (2001)

Como puede verse en todas las clasificaciones previamente citadas un aspecto crítico de los abanicos aluviales es el mecanismo de transporte y depositación. En la Figura 8 se presenta un resumen de los distintos tipos de flujos presentes en áreas de abanicos y las características principales del depósito.

TIPOS DE FLUJO	CARACTERÍSTICAS DEL DEPÓSITO
Flujos de gravedad (gravity flows)	Incluye tanto depósitos de flujos cohesivos como no cohesivos. Corresponde a facies de cenoglomeraditas dominadas por parabrechas y paraconglomerados.
Flujos canalizados (stream flows)	Flujos fluidos por lo general de baja concentración. Corresponde a facies fanglomerádicas de geometría lenticular compuestas por orto brechas, conglomerados y areniscas con frecuente estratificación entrecruzada.
Flujos laminares de crecientes (sheet flows)	Incluye a los depósitos llevados tanto en tracción como suspensión durante las crecientes al producirse el desborde de los canales. Los depósitos muestran geometría tabular y están compuestos por areniscas, conglomerados y pelitas masivas o con laminación de diferentes tipos.
Depósitos de "tamiz o criba" (sieve deposits)	Realmente no corresponde a un flujo particular sino a la rápida depositación de sedimentos llevados como carga de lecho al producirse rápida infiltración. Origina lóbulos de conglomerados soportados clastos.

Figura 8. Tipos de flujo y características del depósito resultante en abanicos aluviales. Tomado de Limarino (2001).