



## TÍTULO

**PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE DEPÓSITOS DE ARENA CONTINENTAL ENTRE LAS DESEMBOCADURAS DE LOS RÍOS CHICO Y BAYANO (PANAMÁ) CON ENFOQUE DE GESTIÓN AMBIENTAL**

## AUTOR

**Roneldo Ariel Arjona Estrada**

**Director**  
**Curso**

**Esta edición electrónica ha sido realizada en 2011**

Manuel Olías Álvarez

I Máster Universitario en Geología y Gestión Medio Ambiental de los Recursos Minerales (2007)

**ISBN**

978-84-694-3725-4

©

Roneldo Ariel Arjona Estrada

©

Para esta edición, la Universidad Internacional de Andalucía



## Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

### Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

### Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadore (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
  - **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
  - **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
- 
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
  - *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
  - *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCÍA**  
**SEDE IBEROAMERICANA SANTA MARÍA DE LA RÁBIDA**

**PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE  
DEPÓSITOS DE ARENA CONTINENTAL ENTRE LAS  
DESEMBOCADURAS DE LOS RÍOS CHICO Y BAYANO  
CON ENFOQUE DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**RONELDO ARIEL ARJONA ESTRADA**

**FEBRERO, 2009**

**PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE  
DEPÓSITOS DE ARENA CONTINENTAL ENTRE LAS  
DESEMBOCADURAS DE LOS RÍOS CHICO Y BAYANO  
CON ENFOQUE DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Trabajo de Investigación presentado por:  
**RONELDO ARIEL ARJONA ESTRADA**

Del Programa de Master Universitario (Maestría) en Geología y Gestión  
Ambiental de los Recursos Minerales, vinculado a la Línea de Investigación  
"Contaminación de Suelos y Aguas"

VºBº Director del Trabajo

El Aspirante a Master



Fdo. Dr. MANUEL OLIAS ALVAREZ

**RONELDO ARIEL ARJONA ESTRADA**

## RESUMEN

El presente trabajo se ha centrado en la exploración de diferentes zonas con depósitos de arena costera en su origen que se clasifican como Continental en virtud de su ubicación tierra adentro entre las desembocaduras de los ríos Chico y Bayano. Se han identificado y cuantificado sus componentes básicos primarios y secundarios.

La caracterización del ambiente físico y biológico del área de Estudio nos ofrece los aspectos más relevantes del entorno investigado para la mejor comprensión de su evolución a través del tiempo y lo que se tiene hoy día como línea base.

El área investigada se encuentra localizada, según el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la Autoridad Nacional del Ambiente, (ANAM), dentro del Área Protegida denominada "*Humedal de Importancia Internacional de la Bahía de Panamá*".

La estructura metodológica comprende etapas como Reconocimiento, Prospección y Exploración habiendo tenido el investigador la oportunidad de poner en práctica una amplia gama de conocimientos adquiridos en las aulas de las universidades participantes.

El tiempo de ejecución del Proyecto para el inicio de la operación y prolongación de toda su vida útil minera es de más de diez años, con una reserva minable de arena continental establecida durante la presente investigación de  $R_m = 21,525,438 \text{ m}^3$ .

Con este trabajo se logran formalizar criterios de referencia sobre aspectos a no descuidar sobre la fragilidad del medio ambiente en las futuras etapas del proyecto.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres que nos inculcaron el gusto por saciar nuestra sed de conocimientos. A mis queridos hijos, hermanos, hermanas y parientes, en especial a mi amada esposa, colega que se constituyó en Consultora natural de este trabajo, gracias por su paciencia y sabios consejos.

A la memoria de nuestros mentores en el campo de la geología de Panamá, los geólogos Robert H. Stewart y Jay Stewart por la generosidad en prodigar sus profundos conocimientos al inicio de nuestra carrera que fue cuando más lo necesitamos.

## **AGRADECIMIENTO**

Al concluir esta etapa de nuestra formación académica con la entrega del presente documento, expresamos un sincero agradecimiento al Dr. Luís Carlos Contreras González y al diligente personal a su digno cargo, en la Sede Iberoamericana Santa María de la Rábida de la Universidad Internacional de Andalucía por su invaluable ayuda al hacernos partícipes de tan gratificante experiencia en el campo del saber. Así como también al distinguido cuerpo de profesores de la Universidad de Huelva, liderizados por el Dr. Gabriel Almodóvar, donde también entre otros agradecemos a los profesores José Liñan Nieto, Reinaldo Sáez y Emilio Pascual por sus valiosas enseñanzas.

Al tutor de este trabajo investigativo Dr. Manuel Olías Álvarez de la Universidad de Huelva por haber estado desinteresadamente a la orden para brindar el apoyo que de el hemos demandado y la muy apreciada confianza en la asignación de las tareas respectivas.

Mi sincero agradecimiento a los Señores Alfred Delano Bondurant y Ruth García de Bondurant por patrocinar el uso de la información de base para este proyecto, y a todas las personas que de una u otra forma con su entusiasmo y dedicación no dieron marcha atrás frente a las arduas tareas de toma de datos en parajes agrestes e hicieron posible la realización y presentación de este trabajo de graduación.

A todos los compañeros del curso con quienes disfrutamos estas ricas experiencias educativas, al calor de la hospitalidad y cultura del noble pueblo de Andalucía, por el cual profesamos sincero amor y simpatía.

## **INDICE GENERAL**

RESUMEN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	x
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3 MARCO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL	3
1.4 PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	6
1.5 SECTOR MINERO DE PANAMÁ	8
1.6 MARCO LEGAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL Y MINERA EN PANAMÁ	11
1.7 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.7.1 Objetivo General	13
1.7.2 Objetivos Específicos	14
<b>CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO Y BIOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>15</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO	15
2.1.1 Localización Regional y Acceso al Proyecto	15
2.1.2 Delimitación de los Polígonos de Investigación	16
2.1.3 Clima	21
2.1.4 Precipitación	22
2.1.5 Geomorfología	23
2.1.6 Marco Geológico	24
2.1.6.1 Geología Regional e Histórica del Istmo de Panamá	24
2.1.6.2 Geología del Área de Investigación	27
2.1.7 Características Hidrogeológicas del Área del Proyecto	28

2.1.8	Áreas Naturales Protegidas	29
2.2	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE BIOLÓGICO	29
2.2.1	Ecosistemas Frágiles del Área del Proyecto	29
2.2.1.1	Introducción	29
2.2.1.2	Definición de Manglar	30
2.2.1.3	Distribución Geográfica de los Manglares	31
2.2.1.4	Factores Ambientales Propios de Manglares	32
2.2.1.5	Vegetación de Manglares	35
2.2.1.6	Estructura de los Manglares	37
2.2.1.7	Herbazales y Arbustos del Área del Proyecto	39
2.2.1.8	Generalidades sobre Fauna de Manglar del Área del Proyecto	40
2.2.2	Características de la Fauna del Área Investigada	41
2.2.2.1	Invertebrados	41
2.2.2.2	Reptiles	42
2.2.2.3	Aves	43
2.2.2.4	Mamíferos	43
2.2.2.5	Anfibios	43
2.2.2.6	Peces	44
	<b>CAPITULO 3. METODOLOGÍA</b>	<b>45</b>
3.1	METODOLOGIA DE VALORACIÓN DEL YACIMIENTO	45
3.1.1	Aspectos Generales de la Clasificación de la Investigación	45
3.1.2	Condiciones de Ejecución del Proyecto	47
3.1.3	Sustentación del Horizonte de Investigación	49
3.1.4	Equipo de Perforación Utilizado Durante la Investigación	52
3.2	EVALUACION GEOLOGICA DE LOS POLIGONOS DE INVESTIGACION	54
3.3	INVESTIGACION GEOFISICA	56
3.4	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE RESERVAS DE MINERAL UTIL	58
	<b>CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>61</b>
4.1	USO PRINCIPAL DE LAS ARENAS DE LA REGIÓN	61
4.2	ESTRATOS GEOLÓGICOS REVELADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN	62
4.2.1	Perforación de Sondeos Mecánicos Exploratorios	62

4.2.2	Ejecución de los Sondeos Geoeléctricos, SEV	64
4.2.2.1	Sondeo Eléctrico Vertical, SEV No.1	65
4.2.2.2	Sondeo Eléctrico Vertical, SEV No. 2	66
4.2.2.3	Resultados de los Trabajos de Investigación Geofísica	68
4.3	DESCRIPCIÓN DE TÉCNICA DE CAMPO DEL MATERIAL (ARENA)	69
4.4	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LABORATORIO Y USO DEL MINERAL	73
4.5	RESULTADOS DE LOS CÁLCULO DE RESERVA DEL MINERAL UTIL	75
4.6	TEMAS ESPECIALES DE LA FASE DE EXPLOTACIÓN CON ENFOQUE DE GESTIÓN AMBIENTAL	77
4.6.1	Relación Agua Dulce – Agua Salada en Zonas Costeras	77
4.6.2	Alternativas de la Producción Más Limpia	79
4.6.2.1	Opciones de Producción Más Limpia para Prevenir la Contaminación del Recurso Hídrico	79
4.6.2.2	Producción Más Limpia Asociada al Flujo de Materiales en el Proceso de Explotación	83
4.6.2.3	Un Mejor Diseño, Piedra Angular del Manejo Ambiental en la Minería	84
4.6.2.4	Industria Minera Extractiva	87
4.6.2.4.1	Equipos y Maquinaria	87
4.6.2.4.2	Métodos de Avance de la Extracción	87
4.6.2.4.3	Altura o Profundidad de los Cortes	88
4.6.2.4.4	Criterios Generales para el Diseño de la Explotación Minera	89
4.7	MÉTODOS Y EQUIPOS DE EXPLOTACIÓN CONTEMPLADOS PARA LA MATERIALIZACIÓN DEL PROYECTO	91
4.7.1	Extracción de Arena Continental	91
4.7.1.1	Extracción con Excavadora	92
4.7.1.2	Extracción con Bombas de Succión de Arena	92
4.7.2	Transporte de la Arena Limpia al Sitio de Acopio	94
4.8	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)	94
4.8.1	Descripción de las Medidas de Mitigación Específicas	94
4.8.1.1	Impactos Positivos Significativos	95
4.8.1.2	Impactos Negativos Relevantes en la Operación del Proyecto	95
4.8.2	Cronograma de Ejecución y Plan de Monitoreo	99
4.8.2.1	Objetivo	99
4.8.2.2	Plan General de Ejecución con Participación Ciudadana	100
4.8.2.3	Plan de Abandono y Recuperación	104

<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>109</b>
<b>CAPITULO 6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>113</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>116</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
2-1	Localización regional del área de investigación. Fuente: Mapa Físico escala 1:1,000,000)	15
2-2	Localización de los Polígonos de Investigación. (Fuente: Mapa Topográfico, Escala 1:50,000)	16
2-3	Enfoque del entorno en el polígono "A", desembocadura del Río Chico	17
2-4	Vista general del paisaje en el polígono "B" sector "Rayero"	18
2-5	Paisaje ribereño del río Chico en el polígono "C", sector "El Mero"	19
2-6	Enfoque panorámico del paisaje en el polígono "D" sector "Rayero"	19
2-7	Vista general del Polígono "E"	20
2-8	Espesa vegetación de majaguales. Polígono "E"	21
2-9	Clasificación de Climas según Köppen. (Fuente: Atlas Nacional 2007)	22
2-10	Precipitación Media Anual en mm del área del Proyecto. (Fuente: Atlas Nacional, 2007)	23
2-11	Regiones Morfoestructurales de Panamá. (Fuente: Atlas Nacional, 2007)	24
2-12	Mapa Geológico del Área del Proyecto. (Fuente: Dirección General de Recursos Minerales, 1991, escala 1:250,000)	27
2-13	Mapa Hidrogeológico del Área del Proyecto. (Fuente: ETESA, 1999, escala 1:1,000000)	28
2-14	Mapa de las Áreas Protegidas. (Fuente: ANAM-SINIA-2008)	29
2-15	Influencia de las mareas en zonas de manglares, polígono "C"	36
2-16	Vista panorámica de los herbazales, polígonos "A" y parte del "B"	40
2-17	Embarcación pesquera típica en la desembocadura del río Bayano	44
3-1	Campamento ubicado en el sector del "Rayero", polígono "B"	48
3-2	Campamento "Sabaneta" en la desembocadura del río Bayano	48

3-3	Equipo de perforación utilizado para la prospección de los bancos de arena. Plataforma de perforación improvisada, montada sobre el tractor	52
3-4	Traslado de equipos en área sin acceso al tractor, polígono "C"	53
3-5	Técnica de perforación en áreas con espesa vegetación	54
3-6	Sección transversal de un depósito de costa. (Fuente: George Sowers, 1978)	55
3-7	Reflejo de la espesura de los manglares en ciertas áreas de los polígonos	56
3-8	Toma de datos de resistividad geoeléctrica (SEV)	57
3-9	Esquema de elementos que involucra un aparato de resistividad geoeléctrica. Arreglo de electrodos tipo Wenner. (Fuente: Johnson, 1975)	58
4-1	Capas productivas de arena limpia color gris y la meteorizada ("topsoil")	63
4-2	Material extraído durante los sondeos, correspondiente a lama	63
4-3	Mapa topográfico del polígono "A" con la ubicación de la Sección Litológica y Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)	64
4-4	Resultados del Sondeo Eléctrico Vertical, SEV No. 1	65
4-5	Resultados del Sondeo Eléctrico Vertical, SEV No. 2	67
4-6	Sección litológica A – A', polígono "A"	69
4-7	Gráfica para la representación de las curvas granulométricas y escala de tamaños adoptada por ASTM-ASCE. (Fuente: Sowers y Sowers, 1978)	72
4-8	Redondez de las partículas. (Fuente: Sowers y Sowers, 1978)	72
4-9	Cuña de agua salada en un acuífero costero. Se muestran los elementos de equilibrio hidrodinámico entre las aguas saladas y dulces. (Fuente: Custodio y Llamas, 1975)	78
4-10	Formación de conos de agua salada debajo de captaciones (pozos). (Fuente: Custodio y Llamas, 1975)	79

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
2-1	Cuadro Sinóptico de la Evolución Geológica del Istmo de Panamá	25
4-1	Identificación por el Tamaño de los Granos (Fuente: Sowers y Sowers, 1978)	70
4-2	Datos generales de las muestras analizadas	74
4-3	Reserva del mineral Útil por polígonos evaluados	76
4-4	Reserva Total del Mineral Útil Investigado - Polígonos (A+B+C+D+E)	77
4-5	Impactos Negativos Relevantes en la Operación del Proyecto	96
4-6	Plan de Ejecución con Participación Ciudadana	100
4-7	Flujograma de Ejecución y Tiempo de cada Fase, Años: 2008-2009	101
4-8	Componentes del Plan de Monitoreo	104
4-9	Análisis de Línea Base para la Identificación de Impactos	105
4-10	Plan de Abandono de las Obras	108

## **CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El crecimiento económico registrado en años recientes en la República de Panamá, sobre todo el del año 2007, unido al próximo desarrollo y finalización de obras de macro infraestructura, como los proyectos de ampliación del Canal de Panamá, la Cinta Costera y la Autopista Panamá-Colon, el auge de la construcción y de la oferta inmobiliaria, los distintos tratados internacionales firmados y la modernización del Estado, ubican a Panamá entre las economías más dinámicas del mundo en materia de inversión y desarrollo. En los últimos días, el Latin Business Chronicle ha publicado un reporte que coloca a la República de Panamá en el segundo lugar en crecimiento económico de América.

El Índice Mensual de Actividad Económica (IMAE) del país, acumulado de enero a junio de 2008, presentó un incremento de 8.24% debido a que los negocios en la construcción, explotación de minas y canteras; hoteles y restaurantes; otros servicios comunales, sociales y personales; transporte, almacenamiento y comunicaciones; comercio y servicios inmobiliarios mostraron un mayor crecimiento. El crecimiento favorable en los sectores construcción e inmobiliario se debe al aumento en la ejecución de proyectos residenciales, no residenciales y de ingeniería civil, desarrollados en la ciudad de Panamá y en el interior del país, mientras que el incremento en la extracción de minerales no ferrosos, mantiene el auge de la actividad minera.

Este crecimiento acelerado de la economía plantea grandes retos a los profesionales del campo de la geología y del medio ambiente en la República de Panamá, que deben abastecer con nuevas fuentes de materia prima, como por ejemplo la arena, para poder materializar la amplia gama de proyectos en

ejecución, manteniendo los ideales de crecimiento sostenible, en los cuales no se compromete la calidad del entorno para beneficio de las futuras generaciones.

## 1.2 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Empresa Promotora Cantera Las Vegas, S.A. conjuntamente con la Empresa Investigadora HidroGeo Servicios Consultores, S.A. han patrocinado la preparación del presente Informe de ***“Prospección y Exploración Geológica de Depósitos de Arena Continental entre las Desembocaduras de los Ríos Chico y Bayano con Enfoque de Gestión Ambiental”***, el cual forma parte de los requisitos como documento base para una investigación contemplada dentro del Programa de Master Universitario (Maestría) en Geología y Gestión Ambiental de los Recursos Minerales .

El Programa arriba mencionado de formación académica tiene como universidades participantes a la Universidad Internacional de Andalucía y la Universidad de Huelva, donde además colaboran la Agencia Española de Cooperación Internacional, la Junta de Andalucía y la Diputación de Huelva. La información generada por esta investigación tiene efectos positivos, ya que la zona evaluada se encuentra ubicada dentro del área protegida denominada “Humedal de Importancia Internacional Bahía de Panamá” y que requiere un manejo ambiental especial. Esta información puede ser utilizada por el Promotor del Proyecto para el aprovechamiento de este recurso natural de manera ordenada y con criterios científicos, ya que se encuentra dentro de la zona protegida, pero degradada anteriormente por actividades antrópicas.

El presente documento, para enfatizar su carácter didáctico o de capacitación para el ejercicio profesional del investigador, se ha preparado en cumplimiento con los requisitos establecidos en la Resolución No. DGRM-98-66 del 13 de

mayo 1998 de la Dirección General de Recursos Minerales, Ministerio de Comercio e Industrias de la República de Panamá, de conformidad con el Artículo 27 del Código de Recursos Minerales.

El Proyecto de investigación *“Prospección y Exploración Geológica de Depósitos de Arena Continental entre las Desembocaduras de los Ríos Chico y Bayano con Enfoque de Gestión Ambiental”* consta de tres fases de investigación, las cuales fueron realizadas en el periodo comprendido entre los años 2007-2008. Contempla aspectos importantes de aplicación de los conocimientos adquiridos a través de la etapa presencial de los respectivos cursos de Maestría de la UNIA como la geología, confección de mapas y perfiles geológicos, muestreo y otros detalles, de manera tal que se tenga la información de base fisiográfica y de orden técnico, accesible en este documento final consolidado. No obstante, paralelo al ejercicio de investigación propiamente dicho, se ha contado con el beneficio tutorial de prominentes figuras de las Universidades Participantes como el Doctor Gabriel Almodóvar y el Doctor Manuel Olías Alvarez.

### **1.3 MARCO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL**

En atención al carácter Internacional de este documento se hace necesario en esta introducción, delinear el marco económico y social de la Gestión Ambiental en la República de Panamá.

Con respecto a las realidades de nuestro País en materia de políticas ambientales debemos encarar el hecho de que en nuestra economía coexisten formas distintas de relación con el medio ambiente. Tal es el caso de la relación con el entorno natural de las empresas hidroeléctricas, donde hemos tenido la oportunidad de laborar eventualmente en un número plural de exploraciones geológicas, pudiendo comprobar que cuentan con estructuras tan complejas y sofisticadas como el propio Canal de Panamá, en donde también hemos tenido

la oportunidad de desempeñarnos a nivel privado. No obstante, actualmente el sector agropecuario realiza apenas sus primeras tentativas de aprovechamiento de nuestra capacidad de riego, mientras depende en exceso del uso de agroquímicos que pueden vulnerar el entorno.

La Autoridad Nacional del Ambiente en su documento sobre “Conservación para el Desarrollo Sostenible 2004-2009” indica que como resultado de las realidades citadas, la relación de la sociedad panameña con su entorno natural expresa también las contradicciones y conflictos propios de un periodo de transición, aún en curso entre el viejo modelo protegido imperante en nuestro país a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y el que va tomando forma en el marco del proceso de globalización del que somos parte. En el viejo modelo de desarrollo en efecto se asumía como sus principales ventajas comparativas la amplia oferta de bosques, tierras, aguas y fuerza de trabajo, que el país podía ofrecer a bajo costo.

En el modelo que emerge de la transición, en cambio van tomando formas nuevas ventajas competitivas de estos recursos ya conocidos y una sociedad multitécnica, multicultural que, además, vive pacíficamente a pesar de sus diferencias. Existen, pues, las condiciones para avanzar hacia modelos de gestión ambiental adecuados para aprovechar en beneficio del país las oportunidades que ofrece una economía mundial mucho más integrada que ha hecho de la crisis de su relación con la naturaleza un importante factor de demanda de bienes y servicios ambientales y de innovación en la gestión de los ecosistemas que pueden satisfacer esa demanda.

No estaría completa la breve revisión de nuestras realidades frente a la problemática del medio ambiente en Panamá, sin poner de relieve documentos como el del sector gubernamental “Visión Estratégica de Desarrollo Económico y

de Empleo hacia el 2009”, donde se le plantea a nuestra sociedad puntos fundamentales de acción como:

- Reducir la pobreza y mejorar la distribución de la riqueza.
- El fomento del crecimiento económico para la generación de empleos. Saneamiento de las finanzas Públicas.
- Desarrollo del capital Humano mediante la mejor educación a niños y jóvenes.

En este conjunto mayor se inserta justamente la estrategia de conservación para el desarrollo sostenible de la República de Panamá

En el caso concreto del momento económico histórico que vive la República de Panamá, con el turismo que marca como indicador su más alto nivel, registrando 1 millón 358 mil visitantes en 2007, cuya estadía en el país generó ingresos que representan el 14.4% del Producto Interno Bruto, ya en los primeros meses de 2008 se registró alrededor de un 11.6% de crecimiento en la llegada de turistas.

A nivel internacional se reportan situaciones que colocan a la República de Panamá en un nivel de éxito aún más alto. Según la Organización Mundial de Turismo, por ejemplo, el año pasado nuestro país creció un 27% en el número de visitantes, colocándonos por segundo año consecutivo como el más alto de Latinoamérica. La firma auditora internacional Deloitte, ubicó a la ciudad de Panamá en el puesto número dos de la clasificación mundial de ocupación hotelera (Occupancy Global Ranking Index), con un 84.7% de ocupación, superada solamente por la ciudad de Perth, en Australia, y por delante de la ciudad de Dubai. Este es el escaño más alto que jamás haya ocupado una ciudad latinoamericana en este ranking.

Con la presencia de nueva población de visitantes temporales o permanentes, donde se disfruta de las bondades naturales, de infraestructura económica y social como riqueza de flora y fauna silvestre, escasa incidencia de huracanes, impactantes escenarios paisajísticos tropicales, actividad comercial, calidad de vida social y cultural entre otras ventajas. Esto motiva a un número plural de visitantes a adquirir viviendas permanentes a integrarse a nuestra población nativa, estimulando la construcción y nuevos elementos en estas propiedades, algunos mega proyectos como la ampliación del canal de Panamá, también inciden, y en conjunto se crean presiones sobre la necesidad de materia prima para cristalizar esta nueva infraestructura desbordado la capacidad de los servicios públicos en general para mantener un orden razonable. Pese a que esto puede considerarse un aspecto positivo de desarrollo, al cual no podemos renunciar, también implica otras connotaciones y peligros que acechan al medio ambiente y la salud pública, si se mantienen los esquemas de manejo básicos de hace apenas un lustro atrás.

#### **1.4 PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

Sobre este fondo conceptual deseamos abordar el tema del recurso hídrico, el cual es un recurso de reconocida importancia para el desarrollo económico, social y el bienestar de pueblos y naciones. En base a su abundancia muchas culturas han florecido a lo largo de la historia. Con el devenir de un nuevo enfoque de respeto al medio ambiente, ante la mejor comprensión de los fenómenos naturales y el papel de las acciones del hombre sobre el entorno, se ha tomado conciencia que tales acciones tienen consecuencias, revisándose con más detalle en las últimas décadas las políticas de explotación medio ambiental. En tal sentido, tenemos la necesidad de divulgar técnicas de aprovechamiento de los recursos naturales que cumplan con los ideales de desarrollo sostenible, especialmente si se trata del agua que puede protegerse aún en zonas muy sensibles como los humedales costeros.

La Convención Ramsar, única convención ambiental mundial que trata un ecosistema en particular – los humedales, es un convenio intergubernamental que proporciona el marco para la acción nacional y la cooperación internacional en beneficio de la conservación y el uso racional de los humedales en el mundo. La Convención fue establecida en la ciudad de Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971. Actualmente, cuenta con 144 partes contratantes que han designado 1,401 sitios en el mundo, con un total de 122,845,706 hectáreas, de las cuales nuestro continente ha aportado 228 sitios con 47,929,018 hectáreas, designadas en los 27 países miembros de la región. Panamá se hizo signataria de la Convención Ramsar mediante la Ley 6 de 1989 y cuenta con cuatro sitios Ramsar (Bahía de Panamá, el Golfo de Montijo en Veraguas, San San Pond Sak en Bocas del Toro y Punta Patiño en Darién). De esta manera, debemos definir el concepto de humedal:

*“los humedales son las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Convención Ramsar.*

Tomemos, por ejemplo, el sitio Ramsar de la Bahía de Panamá, del cual forma parte nuestra zona investigada. A pesar de ser un compromiso internacional la protección de este humedal, las medidas de manejo y conservación todavía están pendientes de ser adoptadas. Es esperanzador que se tengan grandes expectativas por documentos sobre manejo provenientes de una ONG y una tesis Doctoral de un estudiante canadiense, que ayudarían a brindar marcos de referencia para implementar medidas de conservación en este sitio, pero todavía seguimos esperando y de allí, que sea meritorio que la empresa Cantera Las Vegas al patrocinar esta investigación, muestre interés en presentar un enfoque

de gestión ambiental que va de la mano con el óptimo aprovechamiento del recurso mineral.

Para completar esta revisión de las políticas ambientales actualmente en vigencia en la República de Panamá, no podemos pasar por alto el documento *“Guía de prevención de la contaminación del recurso hídrico, caracterización y tratamiento de aguas residuales para el sector de minerales no metálicos”*, atinadamente producido por la actual administración de ANAM en el año 2006 (Doctora Ligia Castro de Doens). Tratándose de una guía, cumple a cabalidad con el nivel de detalle necesario para orientar a la industria en general de los minerales no metálicos sobre temas de actualidad en la protección del medio ambiente.

## **1.5 SECTOR MINERO DE PANAMÁ**

El Sector Minero en la República de Panamá se puede dividir en dos categorías separadas: el sector metálico y el sector no metálico o de minerales industriales y agregados para la construcción. La extracción de minerales no metálicos, constituye el 90% de la producción del sector minero. El total de la extracción es para consumo interno y supe de caliza, piedra, tosca, cascajo, arena y arcilla a la industria de la construcción para infraestructuras habitacionales, de carreteras y caminos de acceso, escuelas, edificios, fábricas y toda obra civil, para facilitar el desarrollo de las actividades humanas. La actividad se viene desarrollando en este país desde la época colonial y está estrechamente ligada al crecimiento de la industria de la construcción.

Las modalidades de explotación son: yacimientos de roca y de lechos de río para obtener grava y arena. De hecho, tratándose este último mineral mencionado el principal tema de esta investigación, debemos destacar que se le clasifica de la siguiente manera; depósitos de arena marina en los litorales; depósitos de arena submarina y depósitos de arena continental como podrá

verse esta clasificación obedece principalmente a la ubicación del depósito y no a su origen o génesis.

La Dirección General de Recursos Minerales (DGRM) es la entidad delegada por el Ministerio de Comercio e Industrias, encargada de administrar, incentivar y regular la explotación de los recursos minerales que posee la República de Panamá, para que la actividad se ejecute en forma ordenada, velando por los intereses socioeconómicos y ambientales del país. La DGRM es el ente estatal que tradicionalmente se han encargado de otorgar los permisos de extracción para este tipo de minerales.

Por iniciativa del sector minero, entre 1988 y 1990, se desarrolló el Proyecto de Inventario Minero. Fue llevado a cabo por el sector y las entidades gubernamentales relacionadas con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Servicio Geológico Sueco; para identificar áreas con potencial de contener yacimientos metálicos y no metálicos, susceptibles de explotación económica a corto, mediano y largo plazo y elevar el nivel de conocimiento geológico sobre algunas zonas seleccionadas del territorio panameño y fortalecer institucionalmente a la DGRM.

Posteriormente en 1995, con el apoyo financiero del BID, el Gobierno Nacional inició la preparación de un Plan Maestro para el Desarrollo del Sector Minero en Panamá. Fue concebido para estimular el crecimiento del sector minero a través de la captación de inversiones, aumento de los ingresos fiscales y generación de empleos. El Plan se ha venido ejecutando por temas, dependiendo del financiamiento para los mismos. Actualmente, se está haciendo una revisión integral para la actualización del Código de Recursos Minerales, en el cual están participando todos los entes del sector público y privado, relacionados con esta actividad. Las modificaciones van orientadas a mejorar la inversión minera estableciendo mejores condiciones de seguridad jurídica, eliminando las

discreciones arbitrarias en los permisos de concesiones para exploración y explotación y desarrollando los temas de gestión ambiental, relación y participación con la comunidad.

Anterior a la revisión del Código, en 1998 se desarrolló el Plan Ambiental para el Sector Minero, el cual propuso para la minería no metálica el desarrollo de un sistema regulatorio, el reforzamiento de las instituciones, capacitación de personal, la elaboración de guías e introducción de eficientes procedimientos de manejo ambiental, a raíz de los problemas ambientales generados por la actividad.

Otras características socioeconómicas de la economía de Panamá se basan principalmente en los servicios de transporte, almacenamiento, comercio al por mayor y menor, intermediación financiera y actividades inmobiliarias. El sector de servicios constituye aproximadamente un 80% del Producto Interno Bruto. En tanto que el sector de minas y canteras es un 0.5% del PIB. A mediados de la década de los años 90's, la minería y la construcción fueron las actividades de mayor crecimiento en la economía nacional. Sus beneficios se reflejan en la industria de la construcción, minas, comercio, facilidades de vías de acceso, infraestructura de vivienda y operación en general. Además de la generación de puestos de empleo y pagos por seguro educativo y seguro social, la actividad brinda beneficios al Tesoro Nacional a través de los impuestos. El Código de Recursos Minerales establece como impuestos: el Canon Superficial que oscila entre B/.0.50 y B/.4.00 anuales por hectárea; Impuestos Municipales que se aplican desde B/.0.13 hasta B/.1.00 por m<sup>3</sup> dependiendo del mineral e Impuestos sobre la Renta del 30% de la ganancia bruta.

A partir del año 2000 se han venido registrando reducciones en estas actividades mineras. Al año 2000, la extracción de piedra, arena y arcilla generó 363 puestos de empleo, con un total de remuneraciones pagadas por el orden de 223,126 balboas.

De acuerdo con el Informe Económico Anual 2002 del Ministerio de Economía y Finanzas, la actividad de explotación de minas y canteras disminuyó en 6% respecto al año anterior debido a la baja producción de piedra, arena y arcilla, asociada a la conclusión de las primeras etapas de proyectos de infraestructura vial y portuaria, y a la caída del 10% del sector de la construcción residencial y de edificación de locales comerciales. No obstante, a finales del 2002 aumentaron los permisos de construcción en un 92.4%. La reactivación del sector se debe en gran parte a que la Banca, que estuvo contraída, ha empezado a aumentar su crédito a la vivienda y los promotores de dicha vivienda, se han visto incentivados a acelerar sus proyectos antes de la terminación de la excepción de impuestos. En el primer trimestre del año 2003 la industria de la construcción creció por encima de los índices del último quinquenio. Se precisa que el crecimiento del PIB del sector fue de un 15%, esperándose un crecimiento similar durante el resto de los años subsiguientes en vista del fuerte aumento de los permisos de construcción, que por consiguiente generaran un crecimiento de la minería no metálica en el país.

## **1.6 MARCO LEGAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL Y MINERA EN PANAMÁ**

El marco legal donde se desarrolla la actividad minera no metálica se encuentra en la Constitución Política de la República de Panamá en su Título III, Capítulo VII, trata sobre el Régimen Ecológico, en sus artículos del 114 al 117, dicta la obligación del Estado y todos los habitantes del territorio nacional a propiciar un desarrollo social y económico que mantenga el equilibrio ecológico. El sector minero es el primer sector económico de Panamá que se acoge a una reglamentación ambiental. El Código de Recursos Minerales establece las medidas de precaución que deben adoptarse para proteger el medio ambiente. El Código fue aprobado 1963 y entró en vigencia el 13 de julio de 1964. Anterior a este Código, este sector se regulaba con una versión del Código de Minas Colombiano. Desde su aprobación, ha pasado por varias modificaciones.

El 28 de septiembre de 1966 se promulgó el Decreto-Ley 35, por el cual se reglamenta el uso de las aguas. En su artículo 15 declara, que el derecho de aguas podrá ser adquirido sólo por permiso o concesión para uso provechoso, estableciéndose preferencias entre los diferentes usos. En sus artículos 32 al 43 describe los permisos y concesiones que deben tramitarse para el uso de agua y descargas de aguas residuales de toda actividad. El Decreto-Ley 35, sigue vigente por medio del Título XII de las Disposiciones Finales de la Ley 41 del 1 de julio de 1998, por la cual se dicta la Ley General de Ambiente de la República y se crea la Autoridad Nacional del Ambiente. Los requisitos para las solicitudes de permisos o concesiones para descargas de aguas usadas o residuales se presentan en la Resolución AG-0466-20021 de ANAM. El Ministerio de Salud, a través de la Resolución N° 77 de 20 de agosto de 1998, exige la realización del Estudio de Riesgos a la Salud y el Ambiente para aquellas actividades que puedan afectar la salud y/o el ambiente.

En el año 2000 entraron en vigencia los Reglamentos Técnicos de Normas de Aguas para la República:

- DGNTI-COPANIT 24-99. Reutilización de las Aguas Tratadas
- DGNTI-COPANIT 35-2000. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas.
- DGNTI-COPANIT 47-2000. Usos y disposición final de lodos.
- DGNTI-COPANIT 39-2000. Descarga de efluentes líquidos directamente a sistemas de recolección de aguas residuales. Se deben cumplir con los reglamentos según las fechas de emisión respectivas.

Estas son en términos generales nuestras referencias de regulación medio ambientales y podría ser que si se divulgasen esfuerzos aislados pero significativos, como el de la guía de la ANAM arriba mencionada, para tratar con respeto al medio ambiente, se logre poco a poco echar hacia delante esta etapa de

transición, entrando de manera formal a los nuevos enfoques de desarrollo sostenible ya citados.

Tal es el caso del proyecto de investigación que nos ocupa, realizado en el sitio de humedales de la Bahía de Panamá, sector entre las desembocaduras de los ríos Chico y Bayano, que puede revelarse como un referente para la sociedad panameña, dejando constancia de que con las técnicas adecuadas se pueden conciliar los objetivos de desarrollo con la presencia armoniosa del hombre en áreas protegidas sin menoscabo del patrimonio que debemos legar a las futuras generaciones.

Con este trabajo pretendemos hacer saber que los humedales costeros e insulares no sólo existen, sino que pueden y deben ser protegidos por encima de cualquier interés y que además, en efecto contamos con empresarios dispuestos a hacer la diferencia, dando todo el apoyo a quienes hemos conducido la investigación geológica en el marco de respeto a las nuevas Políticas establecidas por la ANAM y la DGRM. Al mismo tiempo con la aportación de la base metodológica, pretendemos dar apoyo al desarrollo del sector minero no metálico que ya se hace manifiesto, impulsando obras de gran envergadura para beneficio de todos los panameños.

## **1.7 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1 Objetivo General**

El Objetivo General del presente trabajo es la exploración de diferentes zonas con depósitos de arena costera en su origen que se clasifican como Continental, en virtud de su ubicación tierra adentro en la finca propiedad de la empresa Cantera Las Vegas, S.A., identificando y cuantificando sus componentes básicos primarios y secundarios, accesibles a tecnología convencional y especial de

exploración de yacimientos de arena. Se introdujeron además aplicaciones informáticas para un mejor análisis gráfico de la distribución espacial de los distintos componentes y la cuantificación de las reservas útiles.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Establecer criterios de referencia sobre las futuras etapas del proyecto, incluyendo divulgación de enfoques de gestión ambiental de las tareas de extracción, acordes con las nuevas disposiciones legales vigentes.
- Caracterizar la calidad ambiental de los manglares periféricos del proyecto como entorno protegido, así como también el vecino cauce del río Chico.
- Lograr crear conciencia de que las labores de abandono de las tierras afectadas por la extracción son de importancia y deben discutirse al detalle. Son tareas que deben establecerse con anticipación, mientras la propia riqueza del mineral pueda financiarlas.
- Demostrar que se puede fortalecer el mejoramiento de la empleomanía de la región e impulsar el desarrollo del País al aportar a los distintos engranajes de nuestra economía estas reservas de materia prima y al mismo tiempo no eludir nuestras responsabilidades de desarrollo sostenible.

## CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO Y BIOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO

#### 2.1.1 Localización Regional y Acceso al Proyecto

El área del proyecto está localizada a unos 23 km aéreos al Suroeste de la Ciudad de Chepo, Distrito del mismo nombre, en el Corregimiento de Santa Cruz de Chinina y a 42 km al este de la Ciudad de Panamá, República de Panamá. Cuenta con vía de acceso expedito marítima desde el puerto de Coquira o de la Ciudad de Panamá.

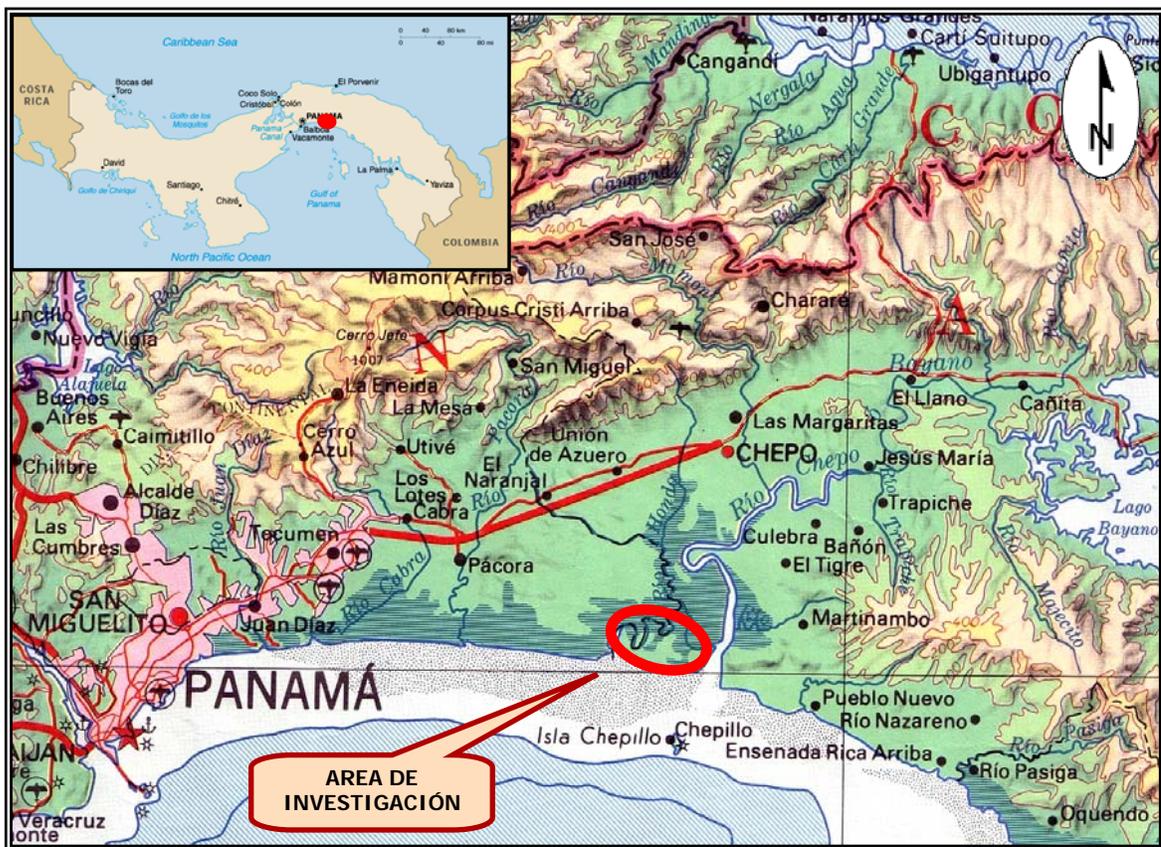


Figura No. 2-1 Localización regional del área de investigación.  
(Fuente: Mapa Físico escala 1:1,000,000)

## 2.1.2 Delimitación de los Polígonos de Investigación

El proyecto esta constituido por cinco polígonos de investigación, a los cuales se les ha asignado los distintivos de **A**, **B**, **C**, **D** y **E**, correspondientes en general a tres fases de investigación: Reconocimiento, Prospección y Exploración. Con respecto al tiempo de ejecución, la Fase I (Polígono A) se realizó en el mes de febrero de 2007; la Fase II (Polígonos B y C) en el mes de febrero de 2008 y la Fase III (Polígonos D y E) en el mes de marzo del mismo año.



Figura No. 2-2 Localización de los Polígonos de Investigación.  
(Fuente: Mapa Topográfico, Escala 1:50,000)

En tal sentido, en el área evaluada tenemos los siguientes polígonos:

**Polígono "A"**: este polígono tiene sus límites a través de los siguientes cuatro puntos de coordenadas UTM: E=701550 N=997300, E=703000 N=997300, E=701550 N=996700, y E=703000 N=996700. Comprende unas 87 hectáreas.



**Figura No. 2-3 Enfoque del entorno en el polígono "A", desembocadura del Río Chico**

Este polígono está enmarcado entre la margen izquierda del río Chico al oeste y el sector donde se tiene una pequeña base logística o campamento llamado "Rayero", teniendo al norte los manglares de meandros del río Chico y al sur la línea costera.

**Polígono "B"**: este polígono tiene sus límites a través de los siguientes cuatro puntos de coordenadas UTM: E=703000 N=997300, E=704750 N=997300, E=703000 N=996700, y E=704750 N=996400. Comprende unas 133 hectáreas.

La parte norte de este polígono está delimitada principalmente por densos manglares (sector Mero), el área central se conoce como "Rayero" y es un paisaje de relieve plano dedicado a potreros, donde se cuenta con un campamento con pozo de agua dulce y una vieja casa de madera. Al sur se limita con la trayectoria del llamado "Estero Gallito", con un contorno bastante irregular de manglares en estado decadente.



Figura No. 2-4 Vista general del paisaje en el polígono "B" sector "Rayero"

**Polígono "C"**: este sector es el más pequeño de los polígonos evaluados y se trata de un rectángulo de 675 m x 550 m, con los siguientes puntos de coordenadas UTM: E=701550 N=998150, E=702100 N=998150, E=701550 N=997475, y E=702100 N=997475. Comprende 37 hectáreas.

Este polígono está desplegado en su sector este, frente a una inflexión tipo meandro del río Chico, que va con rumbo norte antes de la desembocadura de este río que se produce un poco más al oeste. Localmente este sector es conocido como "El Mero".

Durante la ejecución de los trabajos de investigación encontramos un sembradío de cocos en el lugar con el banco de arena principal y se llamó "Cocal del Sr. Adán", debido a que un tal Sr. Adán aparentemente está arraigado en ese lugar.



Figura No. 2-5 Paisaje ribereño del río Chico en el polígono "C", sector "El Mero"

**Polígono "D"**: este polígono tiene sus límites a través de los siguientes cuatro puntos de coordenadas UTM: E=704750 N=997300; E=706200 N=997300; E=704750 N=996400, y E=706200 N=996000. Comprende unas 160 hectáreas.



Figura No. 2-6 Enfoque panorámico del paisaje en el polígono "D" sector "Rayero"

La parte norte de este polígono esta delimitada principalmente por densos manglares, al oeste colinda con el área que se conoce como una continuación del sector de “Rayero” y tiene un paisaje de relieve plano, dedicado a potreros, similar al de “Rayero”, pero sin ningunas instalaciones de apoyo logístico. Al sur se limita con la trayectoria del llamado “Estero Gallito” con un contorno bastante irregular de manglares, y al este con el “Estero Los Pitalillo”.

**Polígono “E”**: se trata de una figura rectangular con los siguientes puntos de coordenadas UTM: E=706600 N=997200, E=707750 N=997200, E=706600 N=996500, y E=707750 N=996500. Comprende unas 81 hectáreas.



**Figura No. 2-7 Vista general del Polígono “E”**

La parte norte de este polígono esta delimitada por una zona de densos manglares que tiene una inflexión del río Viejo antes de su desembocadura en el río Bayano. El área central esta dominada por el paraje plano llamado localmente “El Zaino”. El paisaje de relieve plano esta constituido por altos

herbazales y una vegetación de enmarañado crecimiento de enredaderas leñosas, llamadas majaguales en la periferia de los manglares.



Figura No. 2-8 Espesa vegetación de majaguales. Polígono "E"

### 2.1.3 CLIMA

El clima del área del Proyecto esta determinado por la localización geográfica, la altura sobre el nivel del mar, el relieve y la extensión territorial. Para la clasificación climática se utilizó el sistema del climatológico alemán W. Köppen, teniendo en cuenta las características pluviométricas y térmicas del área de influencia, (Figura No. 2-9).

Según esta clasificación, regionalmente tenemos el ***clima tropical de sabana (Awi)***, con las siguientes características: ***Precipitación anual mayor que 1,000 mm, estación seca prolongada (varios meses con lluvia menor de 60 mm) en el invierno del hemisferio norte; temperatura media del mes más fresco mayor que 18°C, diferencia entre la temperatura media del mes más cálido***

*y el mes más fresco menor de 5°C.* Este tipo de clima, como norma general en nuestro país, es el propio de tierras bajas afectadas por la deforestación y dedicadas a potreros, áreas pobladas y agricultura de subsistencia.

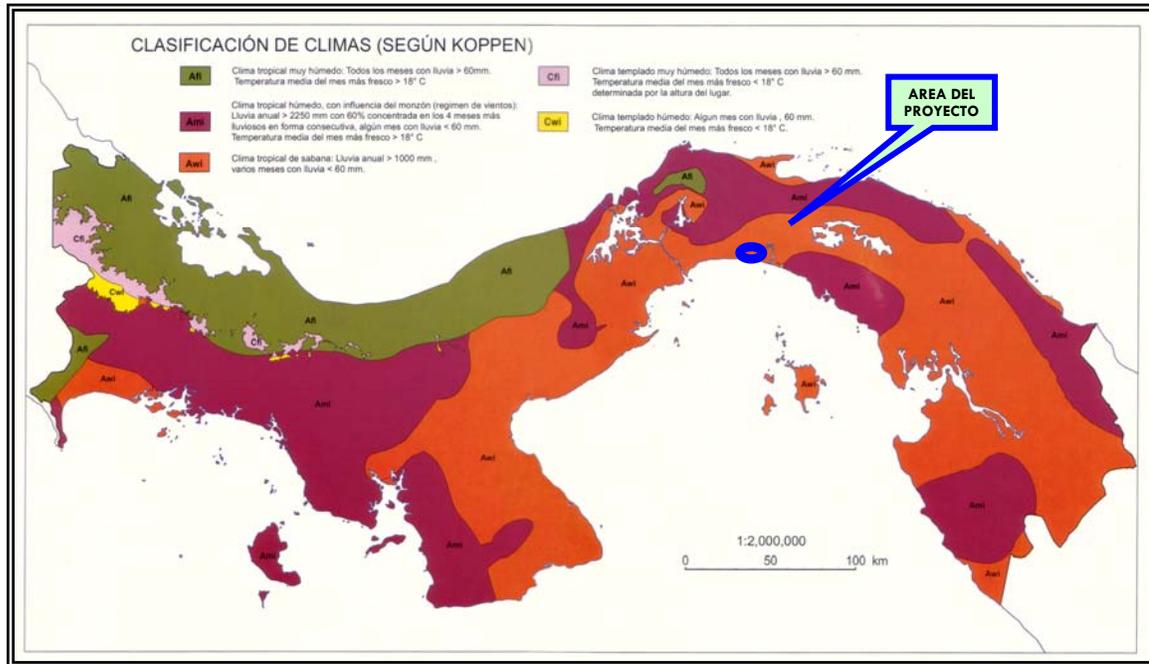


Figura No. 2-9 Clasificación de Climas según Köppen.  
(Fuente: Atlas Nacional, 2007)

## 2.1.4 PRECIPITACIÓN

El régimen anual de precipitación característico del área del Proyecto es de tipo monomodal, con un período seco de 5 meses de Diciembre a Abril, acentuado de Febrero a Marzo y un período lluvioso de 7 meses, de Mayo a Noviembre, siendo mayores las lluvias en Octubre, (Figura No. 2-10).

Este período se caracteriza por los máximos de precipitaciones coincidentes con el paso de la ITCZ (Zona de Convergencia Intertropical) en dirección al norte (junio) y en sentido meridional (octubre) en su desplazamiento, siguiendo la trayectoria de la declinación anual del sol. La Precipitación en la zona de estudio es por el orden de 1,700 mm por año.

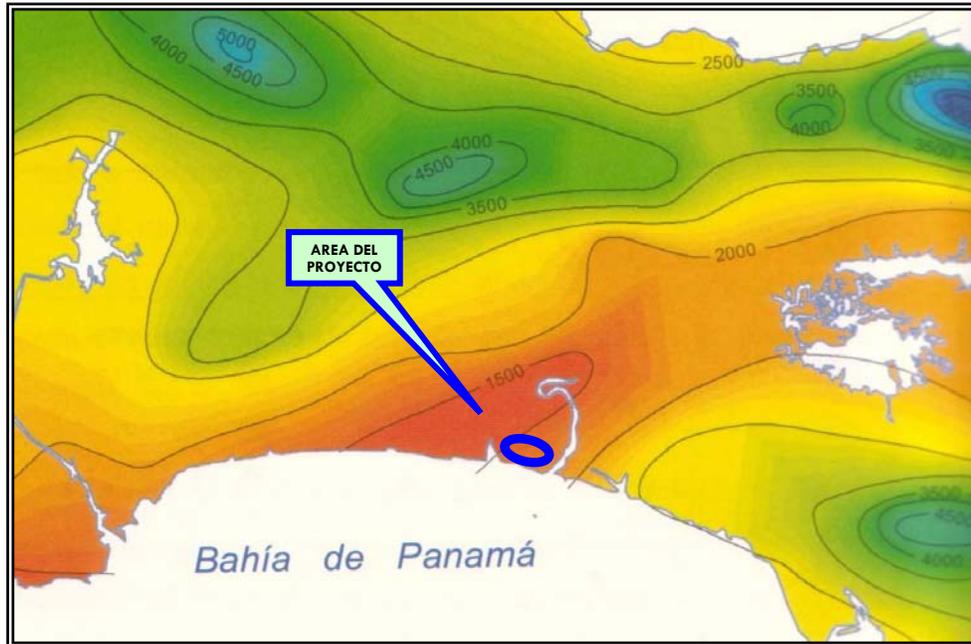


Figura No. 2-10 Precipitación Media Anual en mm del área del Proyecto.  
(Fuente: Atlas Nacional, 2007)

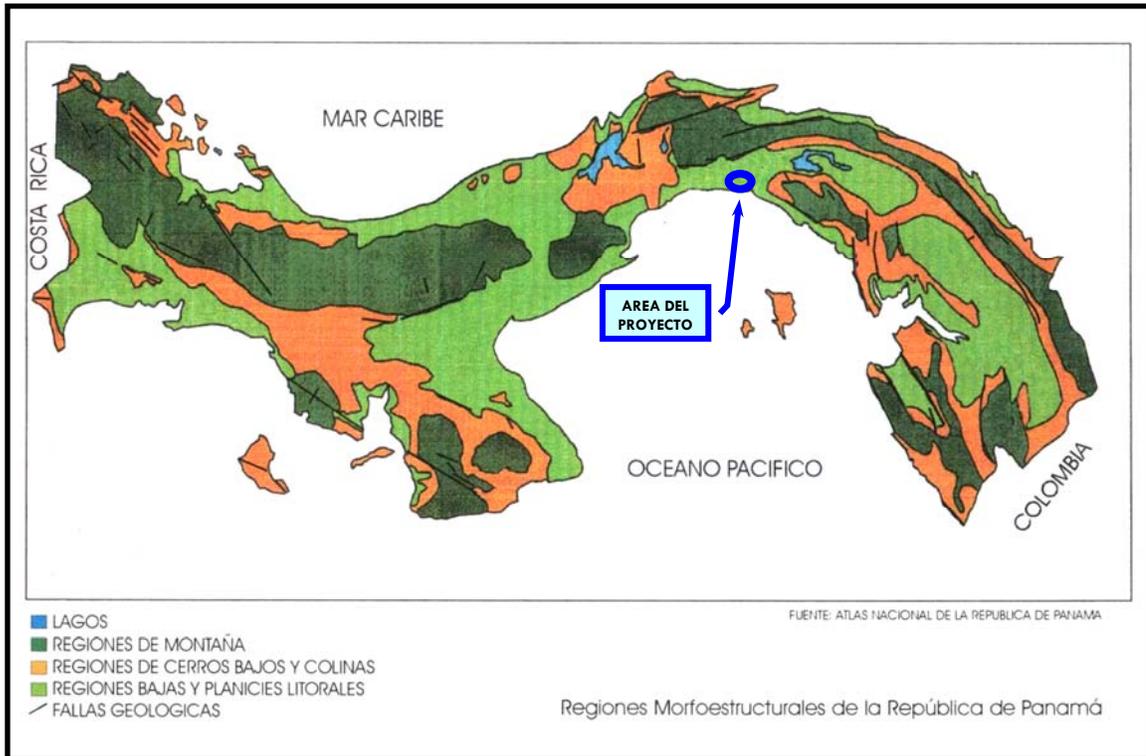
### 2.1.5 GEOMORFOLOGÍA

El área del Proyecto morfoestructuralmente esta representada por la unidad geomorfológica denominada como **Regiones Bajas y Planicies Litorales**.

En el contexto estructural corresponde a litología de rocas sedimentarias ubicadas morfoestructuralmente en el Cuaternario Medio.

El Proyecto Catastro Rural de Tierras y Aguas en su Volumen III (Reforma Agraria, 1968), considera en cuanto a orígenes geomorfológicos en la República de Panamá cinco tipos de unidades de forma de terreno: fluvial, marino, coluvial, lacustre y eólico.

El área de Proyecto tiene características que puede ser clasificada como Fluvial, en el sector norte de manglares y marino en el banco de arena propiamente dicho.



**Figura No. 2-11 Regiones Morfoestructurales de Panamá.**  
(Fuente: Atlas Nacional, 2007)

## 2.1.6 MARCO GEOLÓGICO

### 2.1.6.1 Geología Regional e Histórica del Istmo de Panamá

Para poder caracterizar en justa medida la geología de cualquier región se hace necesario especificar sus orígenes y la evolución hasta lo que tenemos actualmente. Este conocimiento es fundamental para la toma de decisiones en el diseño de la estructura de la investigación. Aspectos como el dimensionado de la malla exploratoria y la profundidad de investigación de las perforaciones o sondeos geofísicos están justificados acordes con estas realidades históricas. La

manera más simple para sintetizar esta información la visualizamos a través de la siguiente tabla (Catastro Rural de Tierras y Aguas, Panamá, 1968).

**Cuadro No. 2-1 Cuadro Sinóptico de la Evolución Geológica del Istmo de Panamá**

<b>EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL ISTMO DE PANAMÁ</b>		
<b>Edades y Períodos Geológicos</b>	<b>Formaciones y Acontecimientos Notables</b>	
<b>CUATERNARIA</b>	Holoceno	El hombre contribuye a la transformación del paisaje natural. Crea ciudades, transforma los suelos para labores agrícolas, construye obras notables como el Canal de Panamá, vía acuática artificial. Crea el lago artificial de Gatún, realiza rellenos, derriba cerros, cambia el curso de los ríos. Conquista la luna y trae a la tierra suelos y rocas lunares. Continúa la actividad volcánica desde Costa Rica a México. Se observan lentos movimientos de sumersión y emersión en las costas de Panamá.
	Pleistoceno	Grandes levantamientos y hundimientos en varios sectores del Istmo de Panamá. Últimas erupciones de los volcanes Barú y El Valle en Panamá. Hay huellas de glaciación en las montañas de la cordillera de Talamanca en Costa Rica. Formación de Armuelles (Península de Burica)
<b>TERCIARIA</b>	Plioceno	Se termina de cerrar el Istmo Costa Rica – Panamá, separando el Mar Caribe del Océano Pacífico. Grandes movimientos orogénicos y epirogénicos. Las regiones de América Central Ístmica e Insular quedan perfiladas en sus contornos actuales. Los volcanes Barú y El Valle muestran gran actividad. Grandes flujos de lava forman el cerro de Chame, los Picachos de Olá. Mantos de origen marino en las costas de Bocas del Toro. Formación de Charco Azul (Chiriquí).
	Mioceno	Grandes cuencas de sedimentación en las actuales tierras bajas de Panamá y Costa Rica. Levantamiento rápido de las Cordilleras de Talamanca y Serranía del Tabasará. El istmo de América Central estaba totalmente emerso. A este período corresponden las rocas sedimentarias más importantes encontradas en Panamá. Formaciones: Mont Hope, Chilibrillo, Gatún (Zona del Canal), Taira, Chucunaque y Topaliza (Darién). Laguna de Chiriquí, Península de Valiente, Gatún Uscarí (Bocas del Toro). Santiago (Veraguas).
	Oligoceno	Se produce una emersión en la parte superior de América Central, que da forma a una gran isla que une los territorios actuales de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, y parte de la Península de Yucatán y el Istmo de Tehuantepec en México. Intensa actividad volcánica en la parte Septentrional de América Central. Formaciones: Santiago y Montijo (Veraguas). Cerro Bombacho (Los Santos) Uscarí (Bocas del Toro). Bohío, Emperador, Culebra, Cucaracha y Caimito (zona del Canal)

	Eoceno	Actividad volcánica en el área Atlántica de Panamá y Costa Rica. Parte del Istmo de Panamá permanece sumergido en mares poco profundos. Los estratos más antiguos del Istmo de Panamá, declarados por sus fósiles corresponde a la formación Búcaro (Cuenca del río Tonosí) Península de Azuero. Formaciones: Búcaro (Cuenca del río Tonosí), Bretón (Panamá - Costa Rica). David y Burica (Chiriquí). Chagres, Ciudad de Panamá y Bayano (Panamá).
	Paleoceno	Continúa la formación del Istmo de Panamá. Existían varias islas volcánicas rodeadas de mares poco profundos donde se acumula gran cantidad de sedimentos.
SECUNDARIA	Cretáceo	Se forma un arco insular de origen volcánico desde el noroeste de Colombia hasta Nicaragua. Las rocas más antiguas del Istmo de Panamá las encontramos en las Penínsulas de Las Palmas y Azuero, en el lago Gatún, Cordillera de San Blas, Serranías de Majé y El Sapo. En Costa Rica en las Penínsulas de Nicoya, Osa y Burica.
	Jurásico	La parte Norte de la península de Yucatán se encontraba sumergida. En lo que es hoy Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y parte del Istmo de Tehuantepec en México existía un gran archipiélago de islas sedimentarias. En el Jurásico Superior se inician las primeras actividades volcánicas submarinas que dan origen al Istmo Costa Rica – Panamá. Se inician las intrusiones graníticas en lo que serán luego las Serranías de Chiriquí, Macizo de Canajagua, Sierra Llorona de Portobelo, Cordillera de San Blas y Tacarcuna, Montañas de Chimán y Darién.
	Triásico	
PRIMARIA	Permiano	
	Carbonífero	Yucatán y el banco de Campeche formaban una plataforma terrestre, el resto de América Central no existía. Poca actividad volcánica. Las rocas sedimentarias más antiguas de América Central cuya edad ha sido establecida por medio de fósiles, pertenecen al período Pensylvánico, fueron estudiadas en el Departamento de Baja Verapaz en la parte central de Guatemala, Montes Maya en Belice y Norte de Nicaragua.
	Devoniano	
	Siluriano	
	Ordoviciano	
	Cambriano	
PRE - CÁMBRICA		Formación del Complejo Basal del Istmo de América Central. No hay afloramientos superficiales en el Istmo de Costa Rica – Panamá.

### 2.1.6.2 Geología del Área de Investigación

El área del Proyecto esta representada en la actualidad por la formación sedimentaria **Las Lajas (QR-A1a)** con materiales como aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, corales, sedimentos finos de manglares, conglomerados, lutitas carbonosas y deposiciones tipo delta. En cuanto a tiempo geológico, pertenece al Pleistoceno del Período Cuaternario, (Figura No. 2-12).

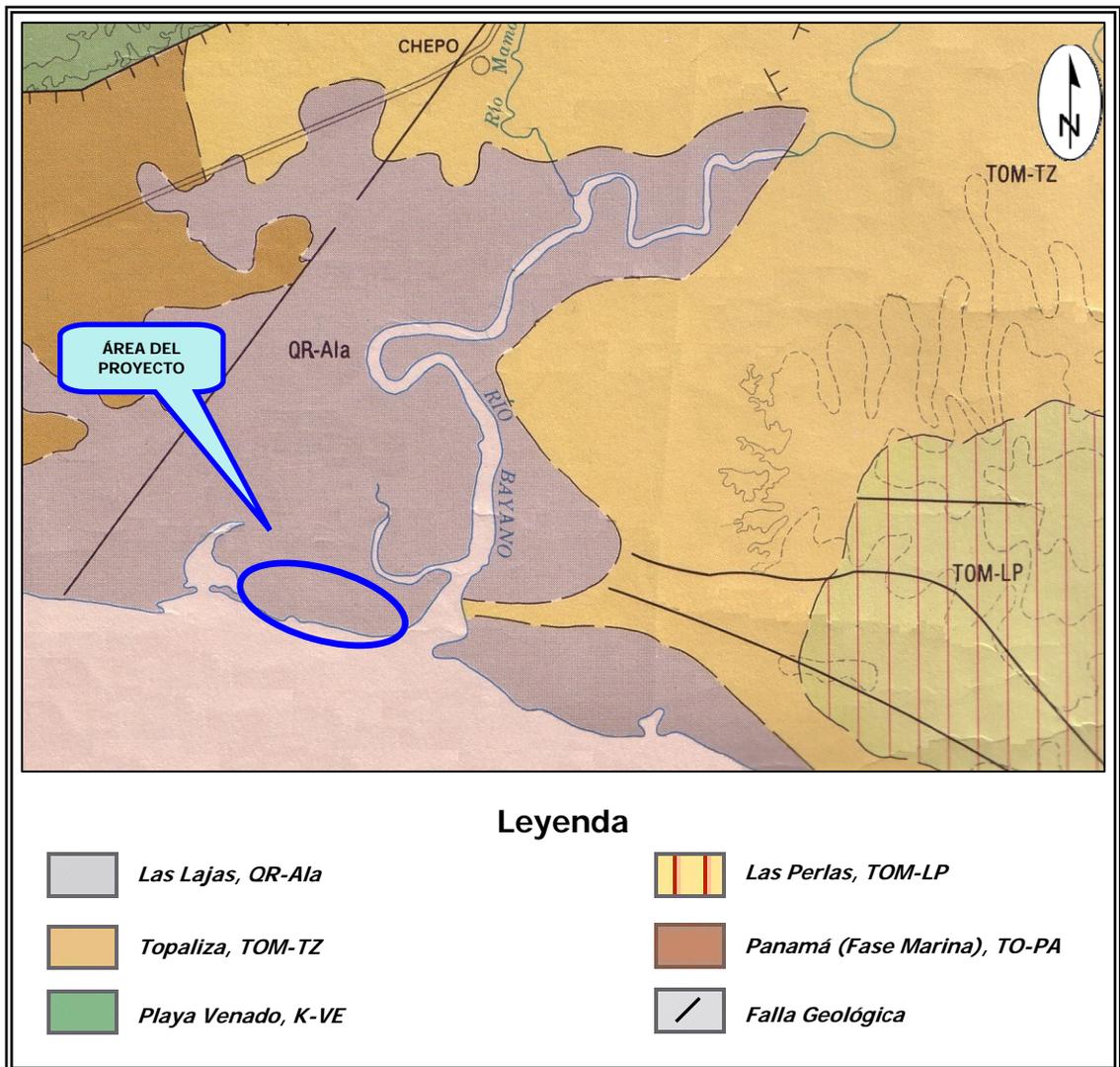


Figura No. 2-12 Mapa Geológico del Área del Proyecto.  
(Fuente: Dirección General de Recursos Minerales, 1991, escala 1:250,000)

## 2.1.7 Características Hidrogeológicas del Área del Proyecto

Estas características que constituyen elemento relevante en las futuras técnicas de explotación del yacimiento, por cuanto buena parte del depósito esta debajo de la napa freática, tiene como referencia la del Mapa Hidrogeológico de Panamá, Escala 1:1,000,000, (Figura No. 2-13). El mismo atribuye al área de estudio el siguiente tipo de acuíferos:

*“acuíferos predominantemente intergranulares (continuos generalmente no consolidados) y productivos ( $Q = 10-50 \text{ m}^3/\text{h}$ ), con permeabilidad media a variable, pertenecientes a la formación geológica Las Lajas (QR-Ala). Son acuíferos de extensión regional limitada, constituidos por aluviones, sedimentos marinos no consolidados y deposiciones tipo delta de granulometría variable en los cuales predominan secciones arenosas, limosas y arcillosas. La calidad de agua es generalmente buena, aunque es posible captar aguas salobres en ciertas áreas cerca a la costa”*

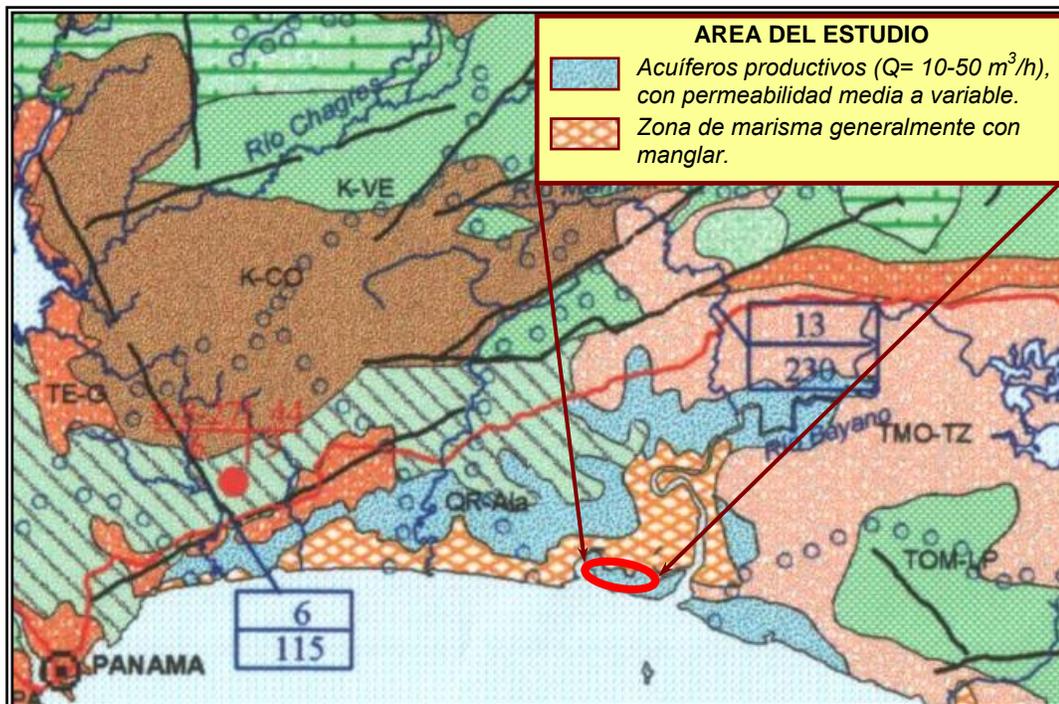


Figura No. 2-13 Mapa Hidrogeológico del Área del Proyecto.  
(Fuente: ETESA, 1999, escala 1:1,000,000)

## 2.1.8 Áreas Naturales Protegidas

El área investigada se encuentra localizada, según el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la Autoridad Nacional del Ambiente, (ANAM), dentro del Área Protegida denominada “*Humedal de Importancia Internacional de la Bahía de Panamá*”. Debido a estas condiciones especiales de ubicación del proyecto, se han incluido en la presente investigación temas de relevancia para la gestión ambiental, (Figura No. 2-14).

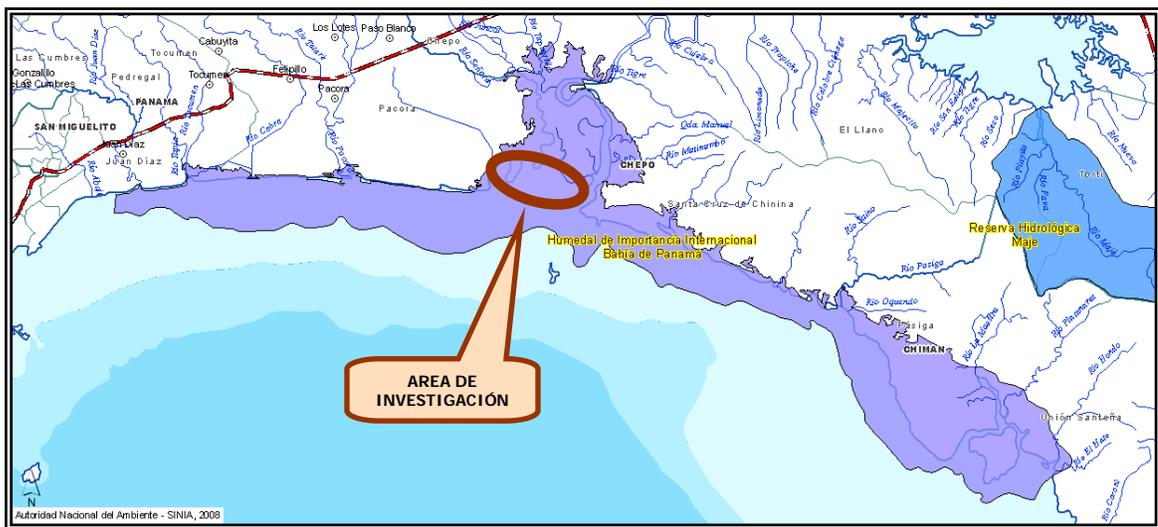


Figura No. 2-14 Mapa de las Áreas Protegidas. (Fuente: ANAM-SINIA, 2008)

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE BIOLÓGICO

### 2.2.1 Ecosistemas Frágiles del Área del Proyecto

#### 2.2.1.1 Introducción

El espacio físico entre las desembocaduras de los ríos Chico y Bayano puede considerarse zona de manglares, pese a que los depósitos enmarcados en los diferentes polígonos de investigación son especie de islas, donde ya la actividad ganadera previa ha dejado claros de pastizales y arbustos, que efectivamente

están rodeadas de manglares. En tal sentido, debemos resaltar que este es el marco donde se desarrolla el compromiso del Proyecto de Explotación de no alterar ese entorno. Tales condiciones nos obligan a incluir en este documento una ficha técnica general para este tipo de contrastante ecosistema. Por otra parte, debemos recordar que la importancia de resaltar las características de los manglares tiene asidero en la protección que las leyes panameñas les conceden.

Si bien es cierto que los herbazales no tienen gran valor por ser ya un producto de degradación, si es importante indicar que los bosques de mangle están protegidos por la Legislación Ambiental de Panamá. En el artículo 10 de la Ley Forestal se establece que los bosques de mangle son parte del Patrimonio del Estado, prohibiendo la construcción de viviendas y cualquier tipo de infraestructura que genere tala o cambios en el uso actual de los suelos. Además, la Ley General del Ambiente en su artículo 94 establece que los manglares, arrecifes de coral y pastos marinos por constituir recursos marinos costeros con niveles altos de diversidad biológica y productividad, son objeto de protección especial.

#### **2.2.1.2 Definición de Manglar**

El manglar es un tipo de ecosistema, formado por árboles muy tolerantes a la sal que ocupan la zona intermareal de las costas de latitudes tropicales de la Tierra. Así, entre las áreas con *manglares* se incluyen estuarios y zonas costeras. Tienen una grandísima diversidad biológica por su alta productividad, encontrándose tanto gran número de especies de aves como de peces, etc.

Su nombre deriva de los árboles que los forman, los mangles, el vocablo *mangle* de donde se deriva *mangrove* (en alemán, francés e inglés) es originalmente guaraní y significa *árbol retorcido*. Normalmente se dan como barrera natural

entre las costas y ecosistemas de interior. El resultado es que propician la conservación de ecosistemas interiores más delicados, por su alta tolerancia a la agresividad del mar (salinidad, mareas, etc.).

Las raíces del mangle estabilizan la arena y el lodo. En áreas donde los manglares han sido eliminados por motivos de desarrollo, la costa ha sufrido una rápida erosión. También sirven de hábitat para numerosas especies y proporcionan una protección natural contra catástrofes naturales del tipo de fuertes vientos, olas producidas por huracanes e incluso por maremotos. En zonas costeras de Vietnam, Tailandia, las Filipinas y la India se realizan plantaciones de mangles con estos fines.

### **2.2.1.3 Distribución Geográfica de los Manglares**

Los manglares son bosques de plantas leñosas tolerantes a la sal, caracterizados por su común habilidad para crecer y prosperar a lo largo de litorales protegidos de las mareas, y se localizan entre sedimentos salinos frecuentemente anaeróbicos. Los manglares están dominados por un grupo de especies típicamente arbóreas que han desarrollado adaptaciones fisiológicas, reproductivas y estructurales que les permiten colonizar sustratos inestables y áreas anegadas, sujetas a los cambios de las mareas de las costas tropicales y subtropicales protegidas del oleaje.

A estos ecosistemas también se les suele llamar bosques hidrófilos, debido a que por su ubicación costera siempre están en contacto directo con cuerpos de agua de origen marino en combinación con el agua que llega a través de las escorrentías o por la desembocadura de los ríos. En este sentido, se define a los manglares como sistemas estuarinos, donde subsisten las etapas larvales de innumerables especies marinas y de agua salobre.

En términos de productividad los manglares son ecosistemas productivos que proveen una importante variedad de recursos de pesca, recursos forestales y millones de aves residentes y migratorias, así como también mamíferos y reptiles.

En realidad, no existe una definición referida a los manglares, pero la mayoría de los autores toman en cuenta elementos en común, como los múltiples beneficios que ofrecen estos ecosistemas y los mecanismos de adaptación de las especies vegetales que los constituyen, a condiciones ambientales adversas, tales como la salinidad, la disponibilidad de agua asociada a áreas inundadas o próximas a costas, y la inestabilidad del sustrato, entre otras.

La dinámica de estos ecosistemas está determinada por una serie de factores marinos y terrestres, como el clima local, la geomorfología, la salinidad, la frecuencia y duración de las inundaciones y la distancia al mar, características que a su vez determinan en gran medida la distribución de las especies y sus sucesiones en la geología terrestre.

La distribución de los manglares corresponde a la de los bosques tropicales, extendiéndose hacia el norte y sur del Ecuador. Pocas veces se encuentran más allá de los trópicos, debido a que estos ecosistemas son sensibles a las temperaturas de heladas o congelamiento. Los límites de latitud están determinados por la temperatura y sólo se extienden al norte o al sur en aquellas regiones donde las corrientes costeras modifican el clima.

#### **2.2.1.4 Factores Ambientales Propios de Manglares**

Los manglares son ecosistemas muy variados en cuanto a su composición y estructura, marcando la transición entre mar y tierra. Poseen múltiples valores ecológicos entre los que se destacan la producción de hojarasca, detritos y

compuestos orgánicos solubles que son aprovechados por gran cantidad de organismos que conforman complejas redes alimentarias, constituyendo de esta manera el hábitat de una variada fauna residente y migratoria. Además, mantienen la producción pesquera y desempeñan otros papeles importantes en lo que se refiere a valores sociales y económicos.

Los factores que determinan la dinámica de los manglares, tales como el clima, la hidrología, características del suelo, etc. se describen a continuación.

*CLIMA:* en este aspecto se describen las características de la temperatura y las precipitaciones como factores bioclimáticos fundamentales en la dinámica de los manglares.

*TEMPERATURA:* la temperatura invernal más fría es mayor a los 20°C y suele ser constante durante todo el año con variaciones menores a 5°C. Las altas temperaturas, en combinación con una alta radiación solar, aumentan la evapotranspiración y por lo tanto aumenta los niveles de salinidad del suelo, condición que puede ser perjudicial para el desarrollo, puesto que se van formando fuertes costras salinas en la superficie.

*PRECIPITACIÓN:* este factor juega un papel fundamental en el control de la salinidad del suelo ya que altas tasas de precipitación reducen la hipersalinidad. FAO/Montes sostiene que los manglares prosperan mejor en zonas donde la precipitación es mayor a los 2,500 mm anuales. En zonas donde la precipitación es inferior a 1,500 mm/año, suelen formarse salinas como ocurre en Cuba y parte de Panamá. Lacerda y colaboradores reportan que en la costa sur de Costa Rica, donde las estaciones son menos pronunciadas y la precipitación anual varía entre 2,100 y 6,400 mm, los árboles de mangle superan los 35 m de altura, así como también los de la Guyana Francesa, Surinam y el Norte de Brasil.

**SUELOS:** los suelos donde se desarrolla el mangle se clasifican en dos categorías: orgánicos e inorgánicos.

Los suelos inorgánicos se forman por depósitos de limo y arcillas en llanuras aluviales, definidas éstas como terrazas de sedimentos que se depositan a lo largo del cauce de los ríos como producto de la erosión. Estos suelos son generalmente ricos en nutrientes, tales como calcio, magnesio y potasio, los cuales son retenidos temporalmente del lavado. En esta categoría existe otro tipo de suelos que pierde los nutrientes por lixiviación y acumulan elementos tóxicos como hierro y aluminio; por lo general los manglares se desarrollan en este tipo de suelo pobre en nutrientes.

Los suelos orgánicos se forman por la alta acumulación de restos orgánicos, caracterizados por poseer poco contenido de arcilla, limo y arena. Se mantienen por procesos anaeróbicos y los nutrientes se liberan por la descomposición de la materia orgánica en las zonas aeróbicas, con una continua remineralización. Son inundados periódicamente pero su drenaje interno es lento, por lo que mantiene una saturación permanente de agua.

**GEOMORFOLOGÍA:** los manglares crecen en llanuras litorales de deltas, los cuales se forman a partir de los sedimentos fluviales que provienen de la erosión, como producto del lavado de las rocas. Estos sedimentos son transportados por los ríos y arroyos hacia el mar, depositándose en la desembocadura de los ríos, cuando están protegidos del oleaje y cuando el río disminuye su velocidad. La forma de los deltas depende de los sedimentos acarreados, bien sea limo, arcilla, arena o calizas. Son determinantes en la estructura de los bosques de manglar.

**HIDROLOGÍA:** los bosques de manglar se ubican en sistemas estuarinos de suelos inundables perennes o estacionalmente por aguas salobres. La cantidad

de agua dulce que va a los manglares depende del tamaño de la cuenca, del caudal de los ríos, de las precipitaciones y de la desviación de los cauces por intervención humana. Se estima que por lo general las principales tasas de transporte de agua ocurren durante períodos cortos (1-2 horas) del ciclo de marea. El flujo dentro de la vegetación es lento, a pesar de la velocidad que lleve la corriente; Teniendo aproximadamente un flujo que rara vez excede de los 5 cm/seg.

Los manglares más desarrollados se establecen en regiones con aporte abundante de agua dulce, pero se debe considerar que estas grandes descargas también afectan negativamente disminuyendo las densidades o la posibilidad de que se desarrollen, como lo es el caso del río Amazonas cuya descarga es tan alta en su desembocadura, que ocasiona la invasión de glicófitas (plantas de agua dulce), tan exitosamente, que excluyen a los propios manglares.

### **2.2.1.5 Vegetación de Manglares**

Las monografías de referencia para la caracterización de los manglares de este trabajo han sido resumidas de [es.wikipedia.org/wiki/manglar](http://es.wikipedia.org/wiki/manglar). El término manglar no es una clasificación taxonómica sino ecológica, y aún, cuando estos se relacionan en cuanto a sus características adaptativas, pertenecen a familias diferentes. Se señala que existen 20 familias, de las cuales sólo dos se componen de mangle propiamente dicho.

Las especies de los manglares pertenecen a grupos taxonómicos diferentes pero presentan muchas características en común, como lo es la capacidad de adaptarse a las condiciones adversas que se presentan en estos ecosistemas.

Estas características son: La marcada tolerancia a la salinidad sin ser necesariamente halófitas (tolerantes a alta salinidad), la presencia de raíces sujetadoras, estructuras respiratorias y filtradoras para el intercambio de gases en sustratos anaeróbicos, y embriones capaces de flotar, cuyo mecanismo es la dispersión a través del agua.

Entre estas adaptaciones las más llamativas son las del sistema radicular. El mangle rojo, que está presente en el área circundante al Proyecto se considera en peligro de extinción con el nombre científico de *Rhizophora mangle* se caracteriza por poseer raíces que penetran el suelo, se ramifican y emiten una serie de raíces aéreas en forma de zancos, también llamadas raíces adventicias con las cuales puede aumentar su superficie de sustentación en suelos inestables fangolimosos. Estas raíces superficiales poseen una serie de poros que les permiten incorporar nutrientes y realizar el intercambio de gases. Este tipo de adaptación les permite estar en contacto directo con el agua salada.



**Figura No. 2-15 Influencia de las mareas en zonas de manglares, polígono "C"**

El mangle negro, *Avicennia germinans*, es otra especie avistada en el sector estudiado al igual que el mangle blanco no forma grandes raíces en zancos, pero desarrollan pequeñas raíces adventicias que sobresalen del sustrato, caracterizadas por poseer poros respiratorios llamados neumatóforos. Estas especies no tienen la capacidad de soportar sustratos tan inestables, por lo tanto se localizan en sustratos que están en menor contacto con el agua, aunque pueden ser inundados periódicamente. El mangle salado (*Avicennia bicolor*) también forma parte del espectro de plantas propias del área del Proyecto.

En cuanto a las estrategias de dispersión, todas estas especies desarrollan estructuras flotantes en sus diásporas, con reservas de aire, lo que les permite su transporte a través del agua. Los embriones del mangle rojo son alargados y puntiagudos, con una longitud entre 25 y 60 cm. Cuando caen sobre el sustrato pueden germinar rápidamente, si caen en el agua, pueden flotar verticalmente y pueden conservar su viabilidad hasta por 12 meses, e incluso llegan a desarrollar raíces de fijación.

### **2.2.1.6 Estructura de los Manglares**

La estructura de los manglares es importante definirla ya que solo la de “bosque enano” es un tanto ajena al área del proyecto, en todo caso este perfil es de orden general. La estructura en cuestión está determinada por la capacidad de adaptación de las diferentes especies a los gradientes topográficos, a la inestabilidad del sustrato y a la salinidad, de manera que cada especie domina aquellas áreas a la cual se adapta mejor. En estos bosques, la composición de las especies (tomando en cuenta las más comunes en los trópicos), está determinada, en primer lugar, por las especies de la familia *Rhizophorae*, las cuales por su mayor resistencia se encuentran en mayor contacto con el agua y en los sustratos más inestables; luego se encuentra la familia *Avicenniae*, las cuales sólo pueden soportar inundaciones periódicas; y luego las

*Combretaceae*, entre ellas el *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*, ubicadas en tierra firme.

La estructura de los manglares ha sido clasificada por Snedaker y Getter, tomando en cuenta los gradientes topográficos y la exposición a inundaciones, en 5 tipos estructurales de bosque, denominados como: manglar de faja o borde, de cuenca, ribereño, de sobreinundación y enanos.

*Manglares de borde*: están situados a lo largo de litorales ligeramente inclinados de tierra firme e islas grandes. Frecuentemente expuestos a bahías abiertas y reciben oleajes entre moderados a suaves. Se desarrollan mejor en islas que impiden el lavado excesivo de las costas, producido por las mareas altas.

*Manglares de cuenca*: ocurren en depresiones topográficas con poco flujo y reflujos de agua. Las aguas de inundación tienden a acumularse en la depresión y raramente sufren un intercambio durante el ciclo de las mareas. Están ubicados frecuentemente tierra adentro en formaciones semejantes a una hilera de ramales a lo largo de los drenajes terrestres internos y ocurren también en islas. Expuestos a aguas menos salinas por períodos más largos del año en comparación con los bosques costeros. El flujo y reflujos de aguas salinas ocurre probablemente durante las mareas externas altas y causadas por tormentas.

*Manglares ribereños*: ocurren en los llanos de inundación de drenajes de agua dulce proveniente de los ríos, los cuales son inundados por corrientes de agua durante los períodos de abundante lluvia y esorrentía. Están sujetos a mareas y sometidos a un lavado regular.

*Manglares de inundación*: tienden a ocurrir en llanos de mareas e islas completamente inundados. En estos bosques se pueden encontrar todas las especies, pero por lo general su altura no es mayor de 5 m.

*Manglares enanos*: esta variedad estructural no está presente en las condiciones del medio ambiente entre las desembocaduras de los ríos Chico y Bayano, pero ocurren donde existen severas limitaciones para el crecimiento y desarrollo, rara vez pasan de 1,5 m. Típicamente, forman una comunidad escasa y dispersas en forma de matorrales. Se localizan en ambientes con carbonatos y zonas áridas.

Es importante destacar que aunque cada bosque cumple con las mismas funciones de respiración, producción y ciclo de nutrientes, cada uno tiene, de acuerdo a su estructura, patrones diferentes de regulación, los cuales están relacionados con condiciones ambientales específicas que promueven o restringen sus funciones. Resultaría interesante promover la investigación de las causas de decadencia que manifiesta el manglar del Estero Gallito, donde hay una gran cantidad de árboles secos en el sector Oeste pese a estar aparentemente bajo las mismas condiciones que lo hicieron prosperar. Quizás, sería una valiosa ayuda contar con esta información durante la etapa de explotación para proteger efectivamente estos ecosistemas.

### **2.2.1.7 Herbazales y Arbustos del Área del Proyecto**

En las áreas de herbazales que conforman los diferentes polígonos de investigación la especie más común es precisamente el pasto *Barachiari humidicola*, faragua (*Hyparrehenia rufa*) e indiana (*Panicum indicum*).

Sin embargo también se identificaron árboles dispersos y arbustos de especies pioneras principalmente como amarillo (*Terminalia amazonia*), cortezo (*apeiaba tibourbou*), corotú (*Enterolobium cyclocarpun*), capurí (*Mutingia calabura*), guásimo (*Guazuma ulmifolia*), hinojo (*Piper hispidum*), escobilla (*Wissadula excelsior*), guarumo (*Cecropia peltata*), cortadera de playa (*Cyperus sp*), dormidera (*Mimosa pudica*), poroporo (*Cohlospermum vitifolium*), carate (*Burcera simarouba*),



Figura No. 2-16 Vista panorámica de los herbazales, polígonos "A" y parte del "B"

#### 2.2.1.8 Generalidades sobre Fauna de Manglar del Área del Proyecto

Antes de proceder a detallar los avistamientos de especies en los polígonos investigados deseamos indicar que la fauna de los manglares incluye ejemplares de hábitats marinos y terrestres; la presencia de la mayoría de las especies depende de las mareas y las fases de los ciclos vitales. Tanto la fauna residente como la migratoria son abundantes y diversas. Muchas áreas de manglar en América Latina y el Caribe se han tornado en santuarios importantes para el mantenimiento de algunas especies amenazadas de extinción, tales como, el ibis escarlata *Trichechus manatus*, el manatí *Trichechus manatus*, el caimán de la costa *Crocodylus acutus*, así como varias especies de tortugas marinas.

En las localidades donde las aguas son transparentes, las raíces de mangle albergan muchas especies de invertebrados marinos como las esponjas, moluscos, crustáceos y algas. Entre las especies más comunes en estas

comunidades se encuentra la ostra de mangle *Crasostrea rhizophorae*, la cual es uno de los productos fundamentales en la economía de los pobladores costeros, cercano a los polígonos se tienen tambos o refugios temporales de extractores de concha negra; también se tiene el cangrejo de mangle *Aratus pisonii*, que tiene un papel fundamental en los procesos de herbivoría.

Adicionalmente a la fauna acuática y a la gran diversidad de aves, muchos reptiles y mamíferos habitan los bosques de manglar. Muchos de ellos son residentes o visitan los bosques en una u otra etapa de sus ciclos vitales como parte de sus actividades diarias durante sus migraciones.

## **2.2.2 Características de la Fauna del Área Investigada**

### **2.2.2.1 Invertebrados**

Los insectos no solo son diversos sino también increíblemente abundantes; se estima que hay 200 millones de insectos por cada ser humano. Algunos de los insectos observados fueron los escarabajos, los cuales son conocidos por su diversidad y por la enorme cantidad de especies que viven juntas, entre las especies observados en el área del proyecto están: *Physea hirta*, *Loricera rotundicollis*, *Cicindela sp.*

Los lepidópteros (mariposas, mariposas nocturnas y polillas), comprenden los insectos más bellos del mundo, entre este grupo se observaron en el área del proyecto *Anartia fatima*, que es la mariposa diurna más común en Panamá, *Pythonides limaea*, *Tarchon felderi*, *Urania fulgens*, y no podemos de dejar de mencionar a *Phereoeca allutella*. Entre los zancudos el *Culex pipiens*, y en cuanto a grillos (orden Orthoptera) los *Peucestes coronatus*, *Peucestes dentatus*. La densidad de las oleadas de minúsculos insectos voladores con apariencia de mosca llamados localmente “Chitra” durante la ejecución de esta

investigación fué tal que en algunas ocasiones dificultó acciones tan simples como respirar o comer, aparte de la incómoda acción de su urticante picadura. El letrado panameño Dr. Baltasar Isaza Calderón en su diccionario de panameñismos describe el termino: *Chitra* f. zool. “Pequeño insecto de picadas molestas que abunda en las playas y lugares húmedos”.

Dentro de las comunidades asociadas al manglar se observan numerosas algas, crustáceos, moluscos; además de larvas y juveniles de peces como *Anchoa panamensis*, *Eucinostomus californiensis*, *Centropomus* sp. Se observaron vagando sobre el fondo del manglar cangrejos, miembros de la familia Astacidae, del infraorden Astacidea, algunas larvas de camarones relacionadas a este hábitat. Están *Penaeus occidentales* y *P. vannamei*, las cuales son las más abundantes en el área de manglar.

#### **2.2.2.2 Reptiles**

En el área del proyecto estos están representados por especies como: moracho (*Basiliscus basiliscus*), principalmente en los Polígonos “A” y “B”, en las colindancias con el río Chico, animales como el borriquero (*Ameiva ameiva*), muy comunes y numerosos, en el área de los herbazales buscando alimentos como artrópodos, las lagartijas (*Anolis spp*) se observaron en las orillas de la vegetación del bosque de manglar la cual según el promotor no será intervenida. La iguana verde (*Iguana*), se observó como piezas cobradas por cazadores provenientes del área de Pacora, además, fue reportada en entrevistas con pescadores del área. La iguana observada en el área de manglar fue la iguana negra (*Ctenosaura similis*). Reptiles como la bejuquilla (*Oxybelis fulgidus*), se reportaron igualmente por los moradores del área en las áreas abiertas y cercanas al río Chico. Estos ofidios viven en lugares muy variados, no es difícil de asumir su presencia, son altamente adaptables y pueden estar en área de suelo seco, en el agua o el bosque, en donde es más fácil conseguir alimento.

### 2.2.2.3. Aves

Se observaron especies de aves como: gavilanes (*Buteo magnirostris*), el gallinazo común (*Coragyps atratus*), caracara (*Milvago chimachima*), azulejos (*Thraupis episcopus*), del orden *Passeriformes*, así como también el bimbín (*Euphonia luteicapilla*), paloma rabiblanca (*Leptolila verreauxi*), *Ortalis cinereiceps*, tirano tropical (*Tyrannus melancholicus*), carpintero (*Malanerpes rubricapillus*), chango (*Quiscalus mexicanus*), colibrí (*Chlorostilbon assimilis*), la tijereta (*Fregata magnificens*) y la garceta grande (*Ardea alba*), ambas se observaron sobrevolando las áreas de las tres zonas.

Especies como el *Rhamphastos sulfuratus*, batará (*Thamnophilus doliatus*), sinsonte tropical (*Mimus gilvus*), sangre de toro (*Ramphocelus dimidiatus*), también fueron observados en el recorrido de campo realizado. No se observaron aves migratorias en el área del proyecto.

### 2.2.2.4 Mamíferos

La densidad de mamíferos en el terreno es poca, algunas ardillas (*Sciurus, s.p.*), murciélagos (*Carollia perspicillata*), conejo poncho (*Hydrochaeris hydrochaeris*), ñeque (*Dasyprocta punctata*), que se encuentran en las periferias del sector, según reportes de los pescadores y trabajadores de la finca.

### 2.2.2.5 Anfibios

En el caso del orden Anura, familia *Ranidae*, en esta área se ubican la *Rana vaillanti*, característica de áreas abiertas, de la familia *Bufo*, a los que comúnmente se les conoce como sapos, las cuales son más activos durante la noche, se escuchan sus sonidos inconfundibles, cercanos a la zona 2 y 3. La mayoría de estos anfibios pasan al menos parte de su vida en ambientes

húmedos y ponen sus huevos, en tiras dentro del agua, de los cuales salen larvas o renacuajos y luego de una metamorfosis, abandonan el agua con la forma corporal de un adulto, tal es el caso de la observada saltando sobre la hojarasca del área el *Bufo marinus*.

### 2.2.2.6 Peces

En el río Chico, el cual colinda con los polígonos “A”, “B” y “C”, propuestos para el proyecto, no se observaron especies de peces. En entrevistas con los pescadores del Puerto de Coquirá, los mismos reportan que pescan especies como: róbalo (*Centropomus* sp), Corvina (*Micropogon* sp.), corvina amarilla (*Nibeia albiflora*), cazón (*Etmopterus*, spp), pargo (*Lutjanus* sp), y camarón, principalmente mar afuera.



Figura No. 2-17 Embarcación pesquera típica en la desembocadura del río Bayano

## CAPITULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1 METODOLOGIA DE VALORACIÓN DEL YACIMIENTO

#### 3.1.1 Aspectos Generales de la Clasificación de la Investigación

La metodología de valoración implementada durante el desarrollo de la presente investigación, es típica para depósitos minerales en general. Comprende etapas como Reconocimiento, Prospección y Exploración.

- La etapa de *Reconocimiento*, es la que implicó la formulación de una visión de conjunto de la región. Esta visión incluyo aspectos como identificar y delimitar zonas de probable interés minero, descartándose otras como la de dominio de manglares, que resultaron poco perspectivas. En esta etapa se constituyó la información de base cartográfica y de inventario del entorno ambiental, así como también el acopio de una literatura de referencia de los diferentes aspectos involucrados.
- La metodología utilizada en la siguiente etapa de investigación estuvo cimentada en criterios de *Prospección* de depósitos minerales, contando con una malla de barrido de la zona con celdas unitarias de 200 m de este a oeste por 100 m de norte a sur, utilizando en cada punto de apoyo o nódulo de la red la información proveniente de perforaciones con herramienta helicoidal de accionamiento mecánico. La geometría rectangular de esta estructura de exploración se estableció debido a que se dan menos cambios morfológicos en el banco de arena a lo largo y paralelo a la costa dispuesta de este a oeste, que de norte a sur, donde las barras de arena son más discontinuas. Por tal motivo se le da mayor detalle. La etapa de prospección también incluyó por parte del investigador la ejecución de sondeos eléctricos verticales SEV para delimitar capas geoeléctricas subyacentes a nivel regional.

- El rango de *Exploración* de la investigación Geológica se le confiere, al haber acumulado una densidad de información, que permite con el grado de evidencia necesario, cuantificar las reservas de mineral útil, establecer diferencias de calidad y así mismo delimitar espacialmente todos los componentes, ya sean de interés actual o no. En esta etapa con la implementación de aplicaciones Informáticas no solo se calcularon las reservas de mineral útil sino que se generaron bloques modelos para los distintos polígonos de exploración, que permiten crear secciones o cortes geológicos a voluntad con una visión espacial de los elementos realmente detallada.

En el devenir de las diferentes etapas para ubicar espacialmente los trabajos de exploración desplegados, nos apoyamos en las lecturas de un GPS manual y referencias del mapa topográfico escala 1:50,000 ampliado, conteniendo referencias concretas sobre elevaciones del terreno que realizaron topógrafos previamente. Cabe destacar que las imágenes satelitales de este sector, que aparecían en Internet durante la ejecución del proyecto estaban tapizadas de nubes, por lo tanto eran poco legibles.

Por otra parte, los trabajos del polígono "A" efectuados en el año 2007, cuando todavía no se contaba con la visita de los topógrafos, fueron realizados a la manera tradicional de levantamiento geológico, o sea con brújula de geólogo y cinta.

Esta base topográfica y la información de valoración técnica de campo debidamente referida fue procesada en un software profesional RockWorks14, que realizó los cálculos de volúmenes de las diferentes capas litológicas encontradas en una acción de barrido vertical cada 0.20 m y en el plano horizontal por toda el área de los respectivos polígonos de investigación, que incluyó las perforaciones de cateo.

Como resultado de estos cálculos se conocen los volúmenes por nivel, porcentuales y totales de cada capa revelada. Esta evaluación constituye una información valiosa para las etapas subsiguientes que comprenden un eventual aprovechamiento de estos depósitos minerales, incluyendo la variación de la calidad de la arena así como también la mensura del componente indeseable como la lama o sedimento marino (fango), insertada en horizontes o lentejones en cada bloque investigado. Esto último solo es relativo a una investigación cuyo principal objetivo es cuantificar los depósitos de arena, no obstante, la lama puede tener alguna utilidad para mezclarla con otros agregados donde se requiera finos o bien ganar volumen en rellenos, por ejemplo.

### **3.1.2 Condiciones de Ejecución del Proyecto**

Las condiciones de ejecución en proyectos de exploración geológica a campo traviesa por lo general marcan la pauta en la calidad de los datos que se obtienen. Ciertamente quienes examinan los datos deben tener presente que para obtenerlos se ha debido vivir en condiciones un tanto austeras. Las carpas han resultado un refugio individual adecuado para mantener alejados del personal de apoyo a nubes de insectos, otras alimañas y reptiles. Debemos poner de relieve que se trata de parajes absolutamente deshabitados que anteriormente estaba dedicados a potreros principalmente.

Para este proyecto se montaron dos campamentos a base de carpas, junto a otras estructuras o refugios más permanentes que aún subsisten de la antigua finca de ganado, donde por lo general se instalaba la cocina. El primer campamento se ubicó en el sector del “Rayero” y el otro en la desembocadura del río Bayano, en el sitio llamado Sabaneta.



**Figura No. 3-1 Campamento ubicado en el sector del "Rayero", polígono "B"**

Estos campamentos resultaron convenientes por razones de cercanía de los sitios investigados y la posibilidad de adquirir agua dulce de pozos someros.



**Figura No. 3-2 Campamento "Sabaneta" en la desembocadura del río Bayano**

### 3.1.3 Sustentación del Horizonte de Investigación

La decisión de utilizar equipo portátil de investigación cateando unos 6 metros, aunque resulta ideal, no obedece exactamente a las condiciones de difícil acceso en estos parajes que si bien están relativamente cerca de la ciudad capital, siguen conservando sus características agrestes y remotas. Tal decisión responde a la génesis de la estructura geológica de la costa que se extiende desde Juan Díaz hasta el estero del río La Maestra en el Distrito de Chimán, que además tiene las mismas características fisiográficas de Humedal.

Tomemos por ejemplo, el caso de que la Escuela de Geógrafos Profesionales de la Universidad de Panamá como fuente autorizada en el Atlas Nacional (2007), define desde el punto de vista de su génesis dos grupos de cuencas sedimentarias para nuestro país:

- Las que se derivan de aguas poco profundas litorales y epicontinentales que predominan en la Región Centro Occidental (Cuencas bocatoreñas, chiricanas, central y de Tonosí)
- Acumulaciones de sedimentos en aguas profundas ligados a fenómenos de subsidencia que definen a las cuencas de la Región Oriental (Bayano, Chucunaque, Tuirá, Sambú, etc.)

En el primer grupo citado se dan las condiciones para buscar en profundidad la existencia de bolsones o paquetes de arena más antiguos que los recientes ya que los bancos litorales de arena son de condiciones de aguas poco profundas. En cambio, las condiciones de nuestro caso son las del segundo grupo como podrá verse. En superficie tenemos depósitos recientes que incluyen formas de acumulación tanto fluviales como marinas, en adición a pantanos costeros y bajíos lodosos (mudflats). Las últimas regresiones marinas están debidamente documentadas en el cuaternario reciente y son las que han dado origen a la

disposición paralela a la costa de los bancos de arena. (Catastro Rural de Tierras y Aguas, 1968, Pág. 42).

Cuando se profundiza en una sección geológica dada es de esperar encontrar capas más viejas y si sabemos que son sedimentos más finos correspondientes a aguas profundas como lama o roca de granulación fina, entonces centramos la exploración en los rangos de los eventos más recientes de cambios en el nivel del mar que dieron origen a la capa productiva, que en este caso es la más joven (superficial), que tiene un rango por el orden de 3 a 6 metros de profundidad en la línea fronteriza y paralela con la costa.

Por otra parte, a través de nuestro ejercicio profesional hemos tenido la oportunidad de revisar registros de perforación en este tipo de ambiente por ejemplo en el sector de Tocúmen donde la roca se encuentra a profundidades de amplio rango cercano a 15 y llegando en otros casos a 36 metros. En ninguno de estos sondeos se encontró arena limpia propiamente dicha después del primer banco superficial, solo materiales con alto contenido de finos (arcillas orgánica, limos inorgánicos, etc.) con algo de arena.

Durante la investigación de los datos de base de la geología del área encontramos referencias sobre cambios recientes en el nivel del mar. Varios ejemplos cita el proyecto "Catastro Rural de Tierras y Aguas", como evidencia utilizada para apoyar esta hipótesis:

1. En una localización cerca del lago Madden un lodo inconsolidado de Edad reciente, se perforó a una profundidad de más de 250 pies (76.22 m) debajo del nivel actual del mar (Comunicación personal R. H. Stewart).
2. Megafósiles hallados en la zona del Canal (Comunicación personal C. P. Woodring).

3. La distribución de peces de agua dulce en los cursos de agua del lado Pacífico (personal del Museo Smithsonian).
4. Un descenso mundial del nivel del mar al final de la época del Pleistoceno.
5. Precipitados sílicos de edad reciente que se formaron a lo largo de una pequeña ensenada ahora situada aproximadamente a 295 pies (89.94 m) sobre el nivel del mar. Esta localizada a 20 kilómetros al Norte de Natá. En esta localización la elevación neta es de 600 pies (182.93 m) aproximadamente.
6. Una torcedura hacia arriba y hacia abajo en la línea de la costa entre San Carlos y Chitré. Acantilados cortados por las olas, bajíos lodosos y pantanos de manglar inundados son varios resultados de esta torcedura.
7. Varias ensenadas marinas recientes que tienen pequeñas islas de roca madre que se levantan sobre la llanura actual. La ensenada de Aguadulce y algunos valles de ríos en el lado oeste de la Península de Azuero son ejemplos. Más allá de los límites de los depósitos marinos, se ha mapeado una planicie erosional de relieve bajo. Los límites de este “bajo” topográfico no son contactos ni petrográficos ni morfológicos. Por razones de claridad se ha indicado como contactos menores. El área mapeada de esta manera puede representar la extensión más avanzada del mar dentro de la tierra. Si esto es así entonces la invasión fué de corta duración, siendo sólo lo suficiente para establecer un nivel de base. En senadas similares se reconocen en el Valle de Tonosí abajo y cerca se la Boca del río Bayano.
8. La bahía donde esta localizada Panamá la Vieja, que una vez fué utilizada por los barcos españoles de diferente calado, hoy día es muy somera para ser usada como puerto.
9. Las numerosas colinas costaneras paralelas a la línea de la costa actual entre Pacora y el río Bayano y que indican una regresión reciente del mar.

### 3.1.4 Equipo de Perforación Utilizado durante la Investigación

Los trabajos de campo se realizaron con equipo de perforación portátil de herramienta helicoidal, montado sobre un remolque movilizado por un tractor, o bien, montado directamente en el mismo sobre los aparejos de arar.



**Figura No. 3-3 Equipo de perforación utilizado para la prospección de los bancos de arena. Plataforma de perforación improvisada, montada sobre el tractor**

Se perforó en diámetro 3" con una profundidad de 5.50 m en la Fase I (Polígono A) y 6.00 m en las Fases II y III (Polígonos B, C y D, E respectivamente), principalmente en sectores no inundados o afectados por marismas o manglares, donde resulta muy difícil penetrar las fuertes e intrincadas raíces y que, además, corresponde a zonas con sedimentos fino como lama. En tal sentido, también se perforó con fines de verificación en los manglares, confirmando la presencia de lama.



**Figura No. 3-4 Traslado de equipos en área sin acceso al tractor, polígono "C"**

El equipo utilizado para la prospección es de fabricación estadounidense marca Deep Rock, al cual se le ha introducido algunas mejoras como motores a elegir de 3.5 y 6 HP, teniendo este conjunto la ventaja de poder ser desarmado y transportado a zonas remotas fácilmente.

El uso de barreno con herramienta helicoidal es recomendado y reglamentado por la norma ASTM D-1452 (American Society for Testing and Materials), aplicable en suelos y estratos no consolidados. Las muestras testigo se tomaron a intervalos regulares de 1.5 m, empacándose en una bolsa plástica y etiquetándose con las coordenadas y número de sondeo según orden de ejecución, correspondiendo a la parte más representativa del material prospectivo que es la arena limpia.

En las zonas donde era imposible acceder con el tractor, el equipo de perforación era desarmado a su forma más simple y de esta manera podía ser trasladado y operado con soportes de madera tipo camilla.



**Figura No. 3-5 Técnica de perforación en áreas con espesa vegetación**

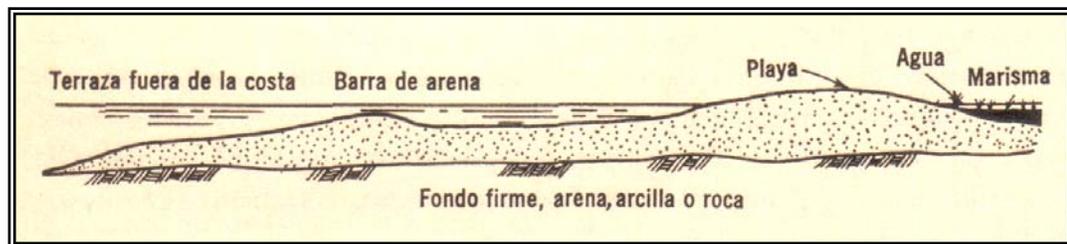
El contenido secundario de finos debajo del nivel freático da a esta arena la cohesión suficiente para que se quede adherida en la columna de corte de la herramienta y pueda apreciarse claramente las distintas capas atravesadas.

La información proveniente de estos trabajos de perforación ha sido condensada en una tabla que incluye localización, tipo de material atravesado, espesor, profundidad y elevación, que se adjunta en el Anexo respectivo. Estos resultados son acordes con la inspección de geología de campo y los sondeos mecánicos realizados durante la investigación.

### **3.2 EVALUACION GEOLOGICA DE LOS POLIGONOS DE INVESTIGACION**

Los suelos continentales investigados corresponden desde el punto de vista de su origen a “Depósitos Marinos de Costa” y se consideran sumamente complejos debido a la mezcla y transporte que producen las diferentes corrientes de la costa y las olas en el proceso original de deposición. Este

proceso de acumulación es el siguiente: Los materiales llevados al mar por los ríos son sacados por las olas al mismo tiempo que las corrientes lo esparcen depositándolos en forma de bancos o barras en áreas donde el agua profunda o las bahías abiertas reducen la velocidad de la corriente. En el siguiente ciclo estos materiales son removidos por las olas para formar barras cerca de la costa en la línea de rompientes y en la propia playa. En una sección típica de estos depósitos se forman lagunas o marismas entre el banco y la playa al igual que en nuestro caso que están ocupadas por manglares.



**Figura No. 3-6 Sección transversal de un depósito de costa.**  
(Fuente: Sowers y Sowers, 1978)

Los manglares, al ser parte de los respectivos polígonos, también fueron debidamente documentados, cateándose con el equipo de perforación mecánica o bien con barrenación manual en los sitios de interés, donde no pudiera entrar la máquina perforadora, con el fin de que apareciera en propiedad en los cortes o secciones geológicas del proyecto. A nuestro juicio, la presencia de manglares indica la posible erosión de los bancos de arena cambio de entorno a zona lagunosa con pobre flujo y energía, siendo más factible la deposición de la lama donde el mangle se desarrolla mejor. Esto, a su vez, coincide con el área propiamente dicha de lagunas y marismas, que es fronterizo con el fenómeno de deposición de las barras de arena cuyo proceso ya hemos mencionado.



**Figura No. 3-7 Reflejo de la espesura de los manglares en ciertas áreas de los polígonos investigados**

### **3.3 INVESTIGACION GEOFISICA**

Otro equipo de exploración geológica implementado en este trabajo fue el de resistividad eléctrica, aplicada solamente en el polígono “A”. Cabe destacar que los métodos geofísicos de exploración del subsuelo no son nuevos en el ámbito profesional, pero tampoco han sido ajenos a la actual llamada “revolución digital” con el mejoramiento del instrumental de medición de campo e interpretación por sofisticadas aplicaciones de procesamiento de datos, que ha brindado información más rápida y confiable, pudiendo aplicarse a disciplinas como ingeniería civil, geología y evaluación de impacto ambiental.

El prestigioso Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos dedica un Manual completo a la metodología e implementación de técnicas geofísicas en obras civiles (Documento EM-1110-1-1802, agosto de 1995).

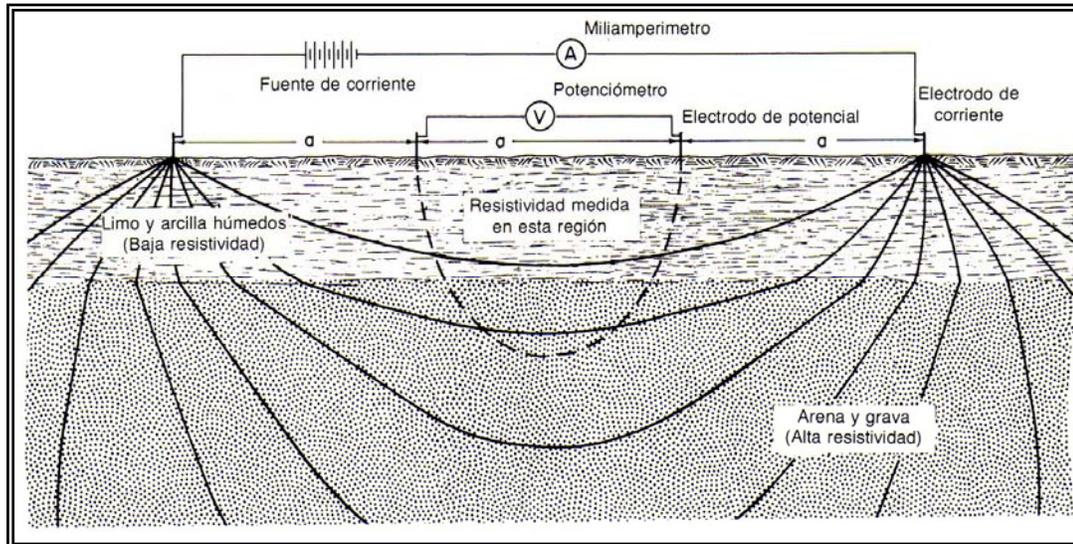
Con fines investigativos para detectar las condiciones de yacencia de las capas geológicas por debajo de las perforaciones mecánicas, en el área de la desembocadura del río Chico (Polígono "A"), se implementó el método geofísico electro resistivo, con el arreglo de electrodos tipo Schlumberger.



**Figura No. 3-8 Toma de datos de resistividad geoelectrica (SEV), polígono "A"**

El reconocimiento mediante resistividad eléctrica constituye una Investigación Geofísica Exploratoria, en la cual las mediciones de la resistividad de la tierra se realizan en la superficie del terreno, aprovechando la particularidad de que la corriente penetra en forma de semicírculo entre un electrodo positivo y otro negativo. Al aumentar progresivamente la distancia entre electrodos de corriente y hacerse mayor el semicírculo respectivo, se puede tener un registro de las capas geoelectricas atravesadas, si a su vez se tienen otro par de electrodos midiendo simultáneamente el potencial resultante. La resistividad aparente se calcula a través de coeficientes propios de cada arreglo de electrodos, interviniendo además, los principios de cálculo de la conocida Ley de Ohm y

algunos criterios profesionales para la obtención de óptimos resultados en la interpretación de los datos.



**Fig. No. 3-9** Esquema de elementos que involucra un aparato de resistividad geoelectrica. Arreglo de electrodos tipo Wenner. (Fuente: Johnson, 1975)

### 3.4 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE RESERVAS DE MINERAL UTIL

De conformidad con los objetivos de esta investigación de cuantificar las reservas minerales principalmente de componentes útiles en este caso de arena, cuya calidad técnica a nivel de campo ya ha sido expuesta, presentamos a continuación el resultado del ejercicio de cálculo efectuado.

En el libro “Prospección de Depósitos Minerales Útiles” (Kashdán, 1977) se exponen unos 20 métodos diferentes para calcular las reserva, no obstante, sólo tres a su juicio en la práctica profesional tienen amplia aplicación, los cuales son:

1. Método de las Secciones.
2. Método de los Bloques.
3. Método Estadístico

- El primero, el método de Secciones se basa en obtener la media aritmética del área entre dos secciones paralelas del cuerpo estudiado multiplicada por la distancia entre ellas, pudiendo ejecutarse “n” cantidad de secciones sumándolas. Cuando se tienen por ejemplo en los extremos formas como domos, conos, obeliscos, etc., se calcula según la geometría básica correspondiente y se suman al de las secciones principales.
  
- El método de los Bloques es más elaborado, ya que del modelo del yacimiento se separan y suman bloques grandes de forma geométrica sencilla, disminuyendo su tamaño para las fronteras irregulares.
  
- El método Estadístico solo se utiliza en yacimientos de forma extremadamente irregular donde las secciones o bien bloques son tan pequeños o aislados, que se calculan por separado con técnicas estadísticas.

De esta manera, podemos justificar el método implementado en este caso concreto, el cual es uno que combina los tres métodos descritos con la participación de un Software Profesional marca RockWorks 14 que ordena los datos topográficos, tipos de capas geológicas y contactos establecidos por las perforaciones y crea un bloque modelo, que luego “rebana en niveles de cada 0.20 m”, calculando los distintos elementos involucrados y porcentajes respectivos.

Las aplicaciones informáticas en el campo de la minería es ciertamente muy amplia, no obstante, los investigadores y proyectistas no pueden soslayar sus beneficios. En nuestro caso hemos tomado la última versión de una herramienta que ha evolucionado notablemente en prestaciones desde su versión popular RockWorks 99. Galán (2007) clasifica las aplicaciones informáticas en Minería en atención a sus costos y prestaciones desde los de tipo gratuito a los de alta sofisticación con demanda de ordenadores potentes. De esta manera el usuario

tiene un amplio rango de elección costo beneficio. En este caso, el programa que hemos aplicado se clasifica como de costo intermedio. A nuestro juicio ha llenado todas las expectativas que este cálculo de reservas ha demandado.

## **CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 USO PRINCIPAL DE LAS ARENAS DE LA REGIÓN**

Las arenas provenientes del sector Este de la ciudad de Panamá tradicionalmente han sido consideradas como finas, teniendo como competidoras las arenas de las comunidades de Chame y Gorgona. No obstante, podemos destacar que el hormigón, siendo uno de los materiales que demanda arena, puede hacerse con muchas arenas que son finas de acuerdo con la mayoría de las especificaciones, y que la mayor consecuencia del uso de tales agregados es el aumento de la cantidad de cemento, o bien, bajar la resistencia para usos específicos, conservando la economía.

La falta de existencias generosas de arenas de buena calidad, bien graduadas, se desprende de la naturaleza de las rocas de origen cuarzoso de la República de Panamá. Estas rocas madre son predominantemente de grano fino, por lo tanto el producto final de su meteorización, que luego se acumula en los bancos de playas y ríos, es de granulación acorde con su origen.

Si consideramos que el tamaño de la granulación de la arena se refleja en el porcentaje de rocas de granulación gruesa que afloran en el área, en términos generales podemos deducir que nuestras expectativas son de apenas un contenido de granulación gruesa de 6%, (inferido por geólogos del Proyecto Catastro Rural de Tierras y Aguas, Volumen III Geología, Panamá, 1968, pág. 138).

Ante estas realidades de ausencia de arenas naturalmente bien graduadas existe la alternativa de mejorar la graduación de su curva granulométrica con material proveniente del molido de rocas de cantera.

## 4.2 ESTRATOS GEOLÓGICOS REVELADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN

### 4.2.1 Perforación de Sondeos Mecánicos Exploratorios

Durante la realización de los trabajos de evaluación del yacimiento de arena continental entre las desembocaduras de los ríos Chico y Bayano se efectuaron en total de 115 sondeos, distribuidos de la siguiente manera:

- Fase I – 28 sondeos
- Fase II – 44 sondeos
- Fase III – 43 sondeos

Los detalles de datos de campo de perforaciones se presentan en el Anexo.

Las perforaciones en los polígonos investigados revelaron los siguientes estratos o capas geológicas:

1. Capa vegetal con arena mediana meteorizada.
2. Capa de arena de granulación mediana.
3. Lama o sedimento marino.

La primera capa esta constituida por el horizonte superficial de arena con materia orgánica o vegetal de unos 0.15 m y alguna incidencia más interna pasada o presente de raíces profundas. Las partículas gruesas al extremo superior de la curva granulométrica esta dado por gravas finas y fragmentos de conchas fracturadas. El componente principal son las arenas de granulación media y en la cola de la curva limos y arcillas, su coloración es castaño claro revelando la degradación por procesos normales de meteorización.

La segunda capa corresponde a la materia prima investigada en una forma más pura ya que no cuenta con la alteración y contaminación de componentes orgánicos y se trata de arena de granulación media con importante contenido de limos y arcillas, su coloración es gris azuloso. Tiene un contenido aleatorio de conchas marinas trituradas, angulosas como fracción gruesa (grava fina).

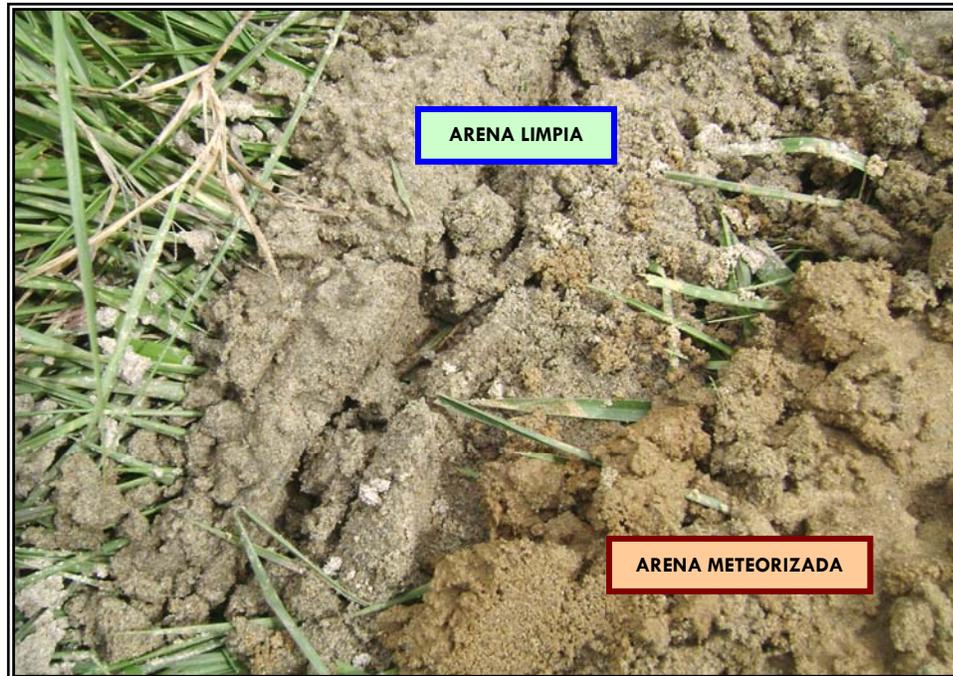


Figura No. 4-1 Capas productivas de arena limpia color gris y la meteorizada (*"topsoil"*)

La tercera capa, que yace secuencialmente en este orden, es la lama o sedimento marino.



Figura No. 4-2 Material extraído durante los sondeos, correspondiente a lama

Este material es blando y pegajoso, esta constituido por limos y arcillas de finura a nivel coloidal, su coloración es gris azuloso.

#### 4.2.2 Ejecución de los Sondeos Geoeléctricos, SEV

En el despliegue de los electrodos de corriente y potencial no se experimentaron dificultades con ninguna interferencia natural como potencial espontáneo, obstáculos físicos o cualquier otra perturbación. Las respuestas del terreno a la inyección de corriente fueron claras y precisas, en el SEV No. 1, produciendo curvas ó “logs” de alta calidad. No obstante, en el SEV No. 2 los materiales altamente conductivos como la lama, produjeron lecturas de muy baja intensidad de corriente, aunque los resultados dieron valores aceptables al ser calculados.

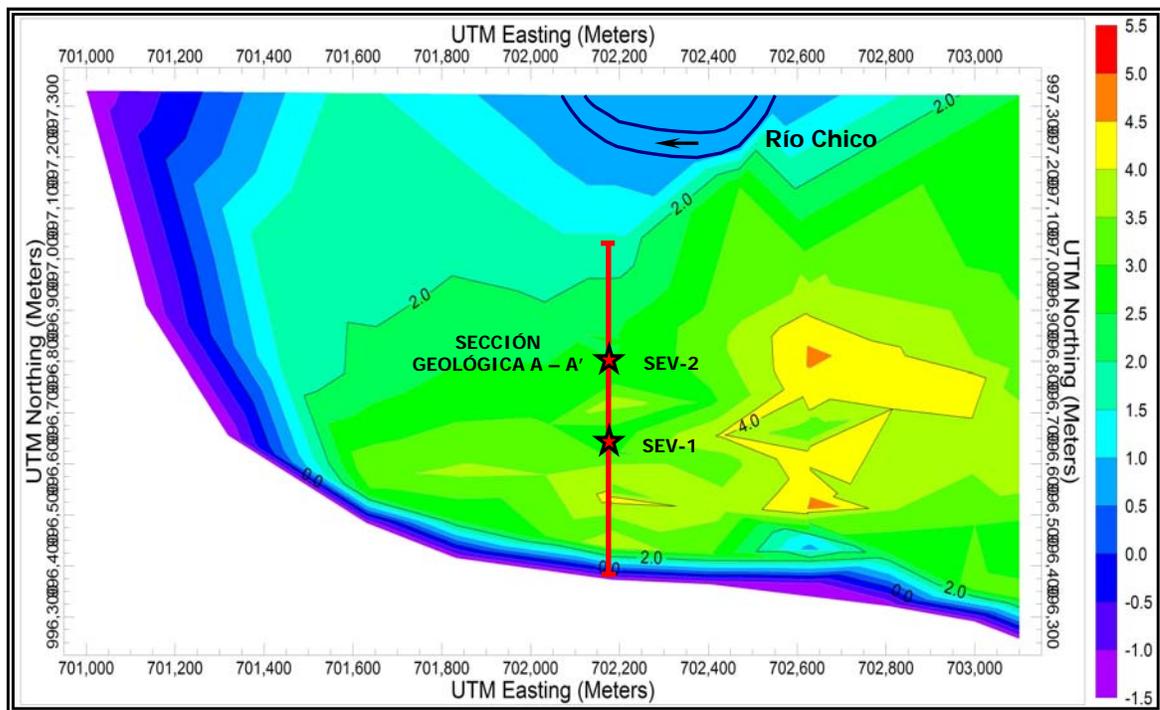


Figura No. 4-3 Mapa topográfico del polígono "A" con la ubicación de la Sección Litológica y Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Con el objetivo de poder disponer de una información complementaria a la proveniente de las perforaciones mecánicas al detectar las capas más

superficiales por el orden de unos 6 a 12 metros, se realizó una abertura de electrodos de corriente AB de sólo 40 metros, lográndose los objetivos trazados.

#### 4.2.2.1 Sondeo Eléctrico Vertical, SEV No.1

**Ubicación:** margen izquierda desembocadura del río Chico, Coordenadas UTM E=702450 N=996835, elevación 3.00 msnm, área suroeste del polígono “A” de investigación.

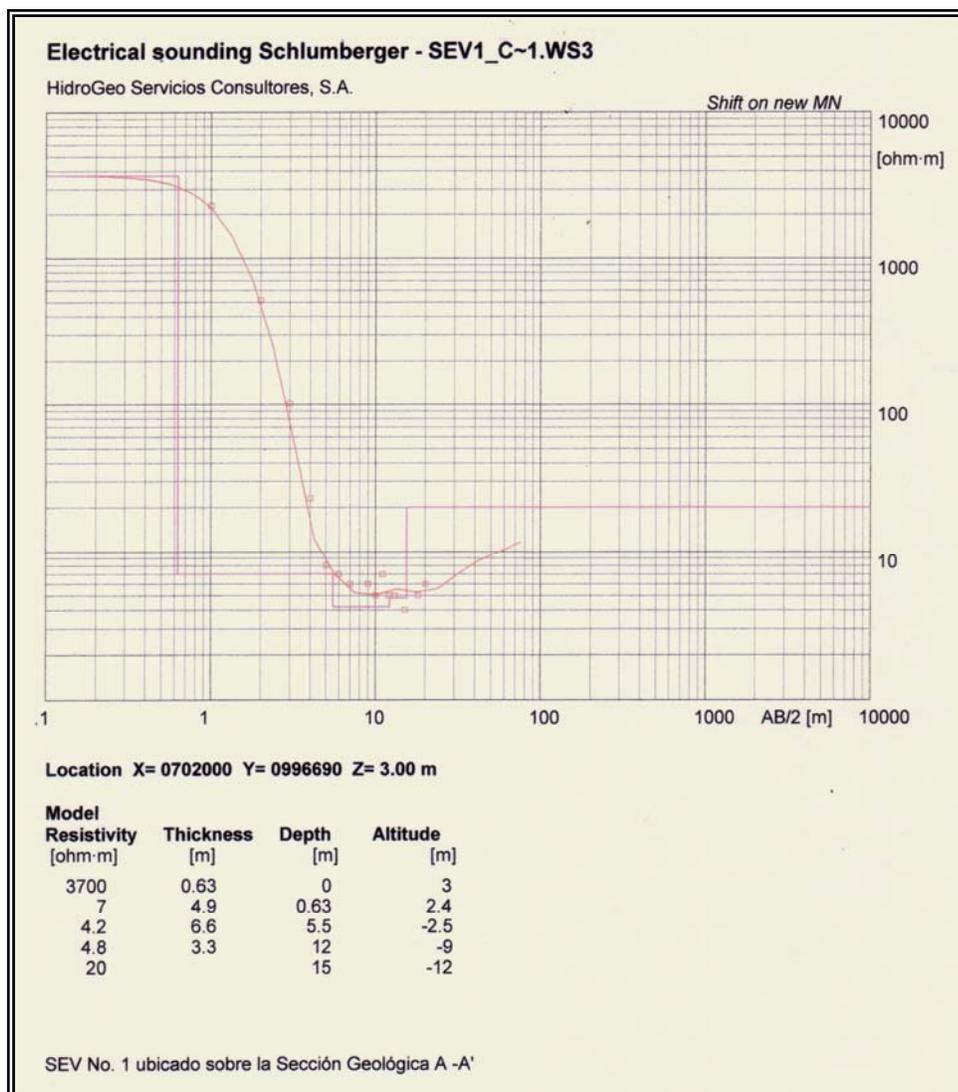


Figura No. 4-4 Resultados del Sondeo Eléctrico Vertical, SEV No. 1

### **Interpretación:**

De 0 a 0.60 m. Suelo arenoso, seco de composición con alto contenido de cuarzo por sus muy altos valores de resistividad 3,700 Ohm-m.

De 0.60 a 5.50 m. Arena saturada en agua salada o de interfase salobre-dulce, por cuanto sabemos que se trata del mismo material de la capa superior, también indica la presencia homogénea de fracciones finas como limo y arcilla. Resistividad 7 Ohm-m.

De 5.50 a 12.00 m. Lama o sedimento marino, limo arcilloso y plástico. Resistividad 4.2 Ohm-m.

De 12.00 a 15.00 m. Lama de idénticas características del estrato superior con mayor densidad y/o contenido de arena. Resistividad 4.8 Ohm-m.

De 15.00 m en adelante, roca sedimentaria, probable lutita. Resistividad 20 Ohm-m.

#### **4.2.2.2 Sondeo Eléctrico Vertical, SEV No. 2**

**Ubicación:** al sur de inflexión o recodo del curso del río Chico, Coordenadas UTM E=702450, N=996837, elevación 3.62 msnm, sector noreste del polígono "A" de investigación.

### **Interpretación:**

De 0 a 0.74 m. Suelo arenoso, seco de composición con alto contenido de cuarzo por sus muy altos valores de resistividad 8,600 Ohm-m.

De 0.74 a 2.10 m. Arena saturada en agua dulce, por cuanto sabemos que se trata del mismo material de la capa superior, también indica la presencia homogénea de fracciones finas como limo y arcilla. Resistividad 43 Ohm-m.

De 2.10 a 6.20 m. Arena de idéntica calidad que la del estrato superior, pero afectada por intercalamiento de horizontes o lentejones de lama de poco espesor. Resistividad 26 Ohm-m.

De 6.20 m en adelante, importante capa de lama, algo densa o compacta.  
 Resistividad 8.80 Ohm-m.

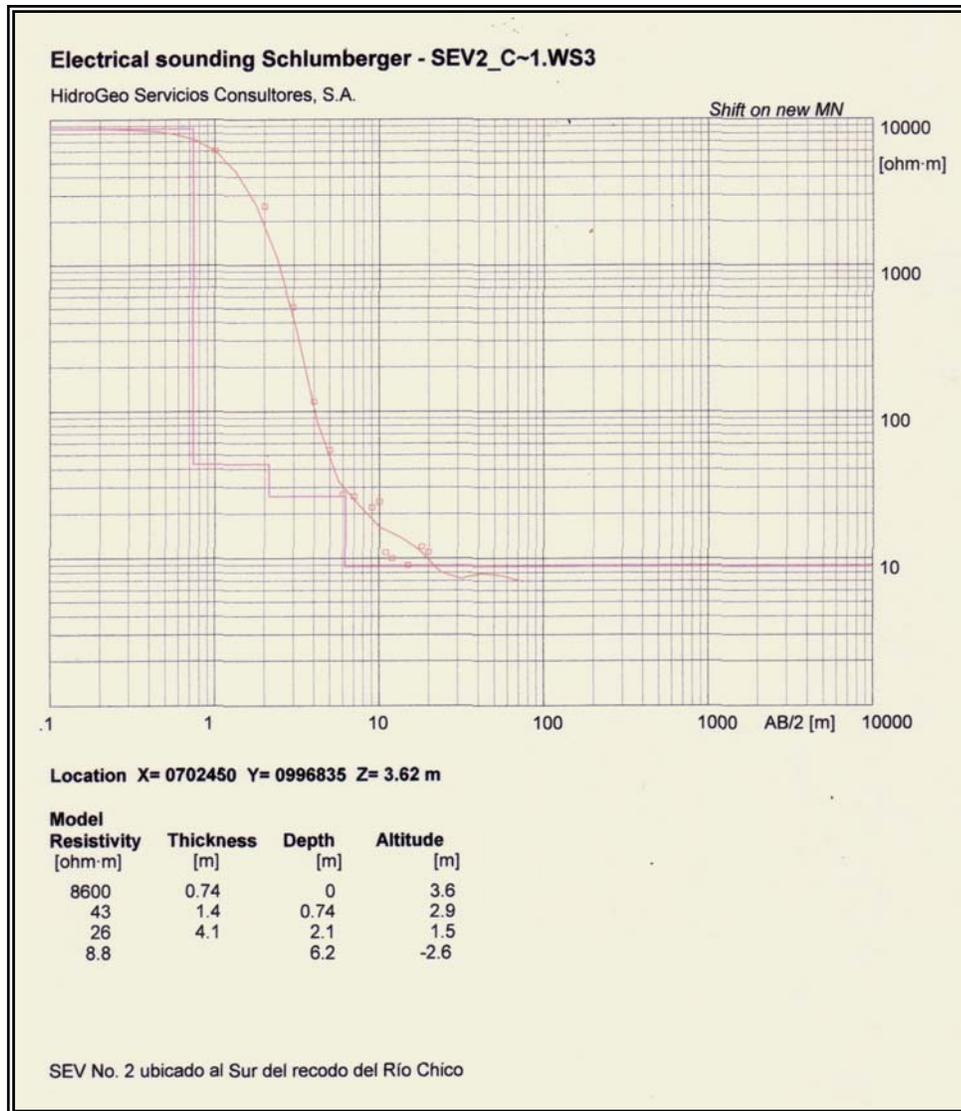


Figura No. 4-5 Resultados del Sondeo Eléctrico Vertical, SEV No. 2

Debemos aclarar que se tienen tres zonas con grado de humedad diferente desde el nivel freático hacia el nivel del terreno, según referencias de Sowers y Sowers, (1978). Si profundizamos desde el inicio de la perforación o SEV, tenemos primero la zona de humedad discontinua con películas de humedad no conectadas ente si, con un grado de saturación entre 10 a 25 % con flujo de

vapor, la cual nos brindo valores altos de resistividad en ambos SEV. En segunda instancia, tenemos la franja de capilaridad con un suelo parcialmente saturado y humedad continua, aquí el grado de saturación varia de 25 a 100% y también incluye flujo de vapor, hay capacidad de flujo capilar por lo tanto, a pesar de ser el mismo material, las lecturas de resistividad cayeron abruptamente. Finalmente tenemos la zona de saturación capilar propiamente dicha con suelo saturado y humedad continua, muy poco contrastante en sus propiedades físicas con la capa superior de humedad, por lo tanto no se puede distinguir al igual que su piso que es el nivel freático. Las capas de arena y lama se diferenciaron de manera tan precisa en los SEV que fue posible sobreponer sus datos a la información de los sondeos mecánicos y el resultado puede apreciarse en la sección litológica de la Figura No. 4-6.

#### **4.2.2.3 Resultados de los Trabajos de Investigación Geofísica**

Durante la ejecución de los trabajos de investigación geofísica, en el SEV No. 1 no se experimentó ninguna dificultad, obteniéndose lecturas claras y precisas, lo cual solo necesito una interpretación automática del software de procesamiento de datos de campo. En el SEV No. 2 se tuvieron problemas de inyección de corriente por la extremada sequedad del terreno en superficie, pero fueron subsanados a niveles satisfactorios aumentando el voltaje involucrado.

Los principales aportes de estos trabajos son la definición de los complejos procesos de deposición de sedimentos que se dan en esta barra de arena investigada, con una visual más amplia en el plano vertical que las que presentan los puntos perforados mecánicamente, ya que para definir cada capa se tienen valores promedio, en este caso, con un radio de hasta 40 m en su abertura de electrodos de corriente AB. También se ha podido apreciar que incidentalmente la profundidad de los sondeos mecánicos (5.50 a 6.00 m) ha

coincido con los estratos de mejor calidad o bien, penetrado unos metros en una capa formal mixta con buena arena intercalada por capas delgadas de lama.

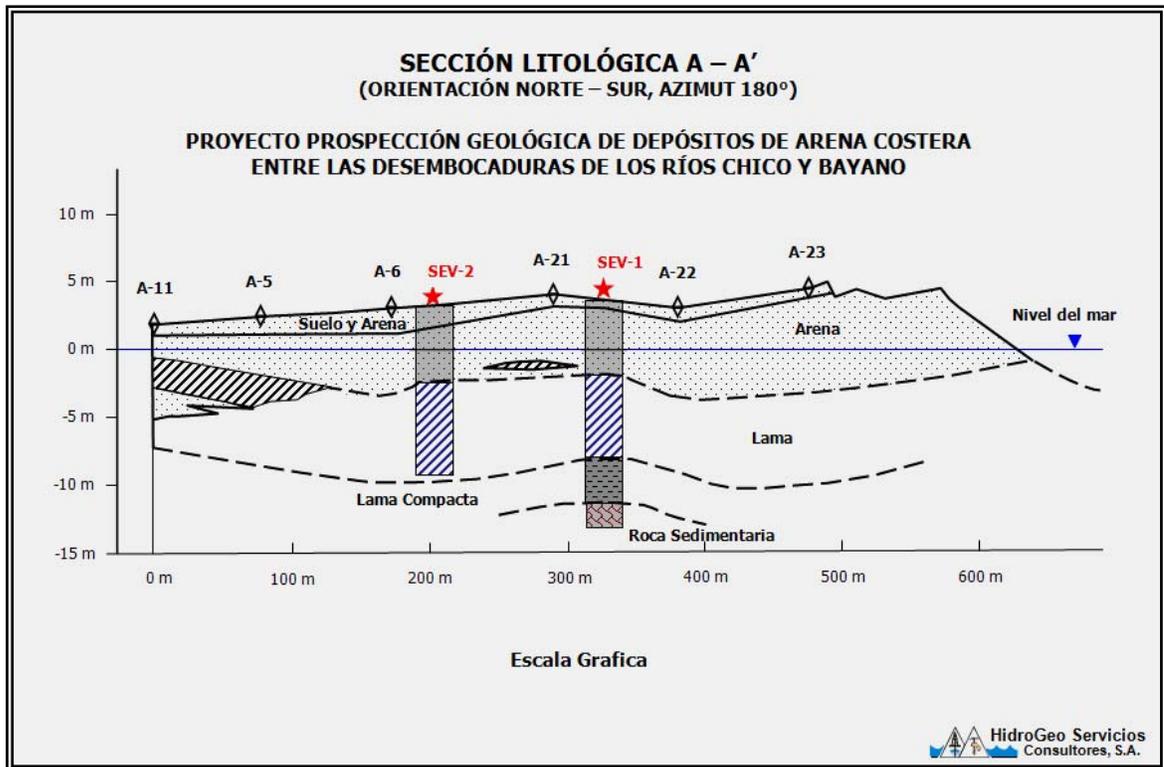


Figura No. 4-6 Sección litológica A – A', polígono "A"

### 4.3 DESCRIPCIÓN DE TÉCNICA DE CAMPO DEL MATERIAL (ARENA)

Los propósitos de la descripción de suelos pueden llegar a ser tan diversos que si se ajustan a una determinada tabla o patrón pueden ser útiles o bien engañosas para distintas aplicaciones. La referencia más utilizada en la descripción de suelos es la "Clasificación Unificada de Suelos" de la ASTM pero muchas de sus pautas son condicionadas a mediciones de laboratorio, sin embargo un Ingeniero de suelos o un geólogo experimentado puede realizar valoraciones de campo de precisión aceptable examinando cuidadosamente pequeñas muestras de suelo. Tales valoraciones se admiten incluso en la propia ASTM. El método se basa en tomar referencias de propiedades de objetos

cotidianos para darle un orden de magnitud a cualquier parámetro analizado de manera expedita a campo traviesa.

Ya que sería muy extenso presentar en este trabajo todas las opciones de tablas de referencia y prácticos ensayos de campo, debidamente documentados en la literatura especializada, solo a manera de ejemplo presentamos la secuencia completa del tamaño de los granos para suelos en la siguiente tabla:

**Cuadro No. 4-1 Identificación por el Tamaño de los Granos.**  
(Fuente: Sowers y Sowers, 1978)

Nombre	Límites de Tamaño	Ejemplo vulgar
Boleo	305 mm (12") o mayores.	Mayor que una pelota de baloncesto
Canto rodado	76 mm (3") a 305 mm (12")	Toronja
Grava gruesa	19 mm (3/4") a 76 mm (3")	Limón a naranja
Grava fina	4.76 mm (T N° 4) a 19 mm (3/4")	Frijol o uva
Arena gruesa	2 mm (T N° 10) a 4.76 mm (T N°4)	Sal mineral
Arena mediana	0.42 mm (T N° 40) a 2 mm (T N° 10)	Azúcar o sal de mesa
Arena fina	0.074 mm (T N° 200) a 0.42 mm (T N° 40)	Azúcar en polvo
Limos	Menores que 0.074 mm (T N° 200)	Talco o harina
Arcillas		Textura al tacto del jabón de baño

De esta manera se procedió a la valoración de las muestras directamente en el campo tomadas del depósito de arenas continentales investigado.

Las arenas muestreadas no tienen mucha variación en su composición incluso las clasificadas como provenientes de la capa vegetal y de meteorización, donde solo las partículas más finas están afectadas y su coloración es marrón claro. Según los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos adoptada por la ASTM, como ya hemos citado, se puede clasificar por inspección de campo su división principal: suelos arenosos, símbolo del grupo: *SP*.

Descripción según tabla oficial: arenas uniformes o con graduación discontinua, pero en nuestro caso concreto es uniforme.

Su identificación con respecto al tamaño de los granos y otros parámetros es posible según tablas comparativas de Sowers y Sowers (1978). Ya que su aspecto dominante es el del tamaño de los granos de azúcar o sal de mesa común, que comprende límites de tamaño del tamiz N° 40 al N° 10 (0.42 mm a 2 mm), se trata de arena mediana con importante contenido de arena fina, limos y arcillas. Por otra parte, la arena fina se equipara al azúcar en polvo con tamaños de tamiz N° 200 al N° 40 (0.07 mm a 0.42 mm). Los finos le imprimen reacción de lustre ante el ensayo de sacudidas de la muestra en la palma de la mano, estimándose "*Ligeramente Plástico, con un Índice de Plasticidad de 4 a 15*". Determinando a través del ensayo de resistencia en estado seco entre los dedos, resultando *ligera*. La valoración de campo estima que gran cantidad de finos serán lavados durante el proceso de extracción y la oferta al cliente estará cercana a arena de granulación media en caso contrario será fina.

La uniformidad del suelo se puede definir estadísticamente de varias maneras. Un índice antiguo, pero útil es el *Coficiente de Uniformidad*  $C_u$ , que se define por la relación:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

En donde la letra  $D$  representa el tamaño de los granos y el sub índice el porcentaje de contenido en la muestra. El correspondiente al 10% se le conoce como *tamaño efectivo* en la curva granulométrica acumulativa y al igual que el 15% se le utiliza para valoraciones empíricas del drenaje y filtración de los poros.

Los suelos que tienen índice  $C_u$  menor que 4 se dice que son uniformes; los suelos con  $C_u$  mayor que 6 están bien graduados, siempre que la curva granulométrica sea suave y bastante simétrica.

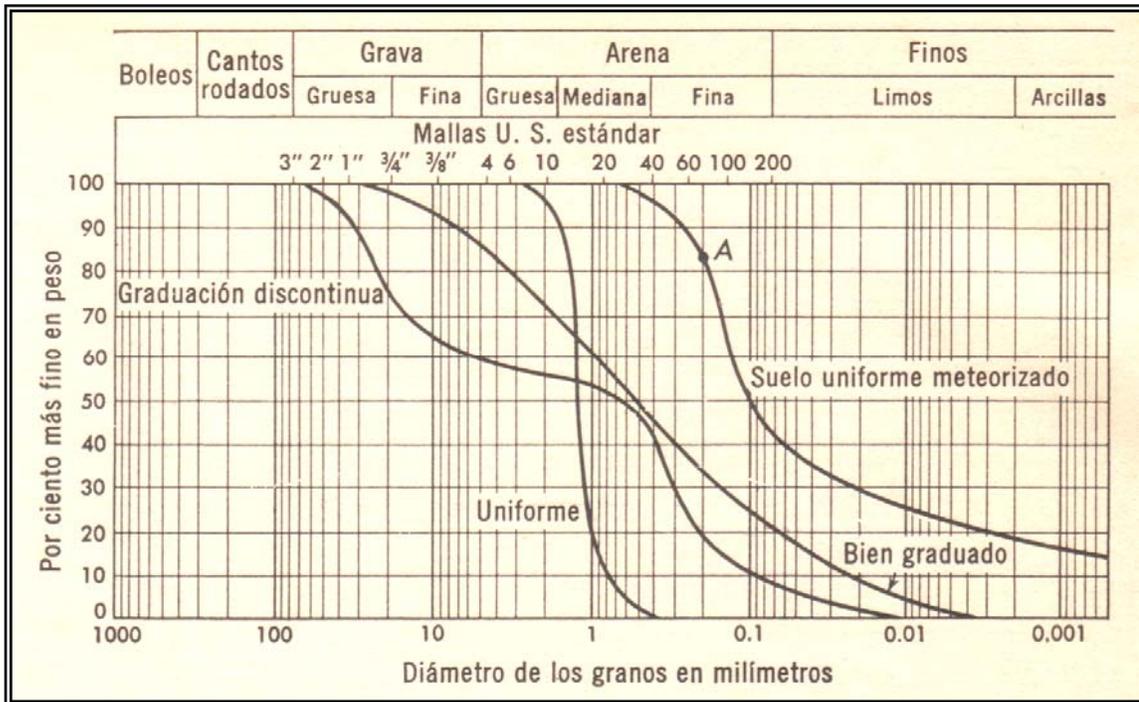


Figura No. 4-7 Gráfica para la representación de las curvas granulométricas y escala de tamaños adoptada por ASTM-ASCE. (Fuente: Sowers y Sowers, 1978)

En base a esta relación de tamaños estimada, también se puede considerar que esta arena tiene un “Coeficiente de Uniformidad de 3” que al ser menor que 4, corresponde a “Suelos Uniformes.” Su estructura es homogénea a base de partículas sub-angulares y sub-redondas de cuarzo.

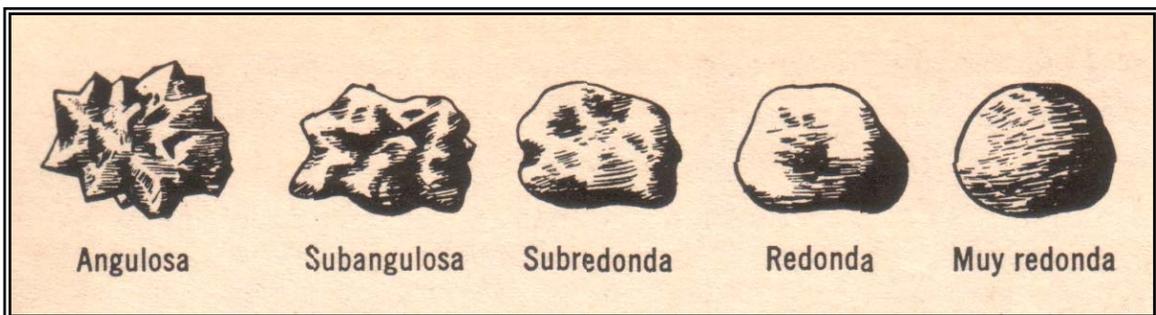


Figura No. 4-8 Redondez de las partículas. (Fuente: Sowers y Sowers, 1978)

#### 4.4 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LABORATORIO Y USO DEL MINERAL

Aparte de la valoración de campo ya presentada, que da referencias a eventuales usuarios del ámbito de la ingeniería civil, también se analizó el mineral desde el punto de vista del tipo de aplicación, como lo es el del Módulo de Fineza (*MF*), el cual es más utilizado para evaluar su posible utilización en hormigón y por ende en la comercialización del producto.

El Módulo de Fineza es calculado por medio de datos del análisis granulométrico, sumando los porcentajes acumulados del agregado retenido en cada una de las mallas y dividiéndola entre 100. Las mallas utilizadas para hallar el Módulo de Fineza son: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4 y 3/8”

$$MF = \frac{\sum \%RETENIDOACUMULADO}{100}$$

Debe tenerse muy claro que es un criterio que se aplica tanto a la piedra como a la arena, pues sirve para caracterizar cada agregado independientemente.

La base experimental que apoya al concepto de Módulo de Fineza, es que granulometrías que tengan igual *MF*, independientemente de la gradación individual, requieren la misma cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia.

Se considera que el *MF* de una arena adecuada para producir concreto, que es una función más estructural, debe estar entre 2.3 y 3.1 o, donde tenemos un valor menor que 2.0, indica una arena fina, como en nuestro caso; 2.5 corresponde a una arena de finura media y más de 3.0 a una arena gruesa.

De las muestras tomadas a diferentes profundidades en los puntos de muestreo dentro de los polígonos “A” y “B” con una superficie total de 220 hectáreas, se seleccionaron tres para el análisis granulométrico, realizado por el Laboratorio de la Dirección Nacional de Recursos Minerales como requisito para la aprobación oficial de los trabajos de exploración geológica. Los resultados presentan los siguientes Módulos de Fineza, (Cuadro No. 4-2):

**Cuadro No. 4-2 Datos generales de las muestras analizadas, polígonos “A” y “B”**

No. de muestra	No. de sondeo	Profundidad de muestreo, m	Elevación sondeo, m	Coordenadas UTM	Módulo de Fineza, <i>MF</i>
1	A-7	3.00	3.18	E=0702407 N=0996785	<b>1.01</b>
2	B-5	3.50	5.25	E=0703400 N=0996725	<b>1.06</b>
3	B-26	4.00	5.10	E=0704600 N=0996540	<b>1.10</b>

Cabe destacar, que en el respectivo Anexo de este trabajo estamos adjuntando copia de los resultados del laboratorio con la secuencia completa de mallas utilizadas. A estos resultados podemos agregar datos algo más aproximados para así obtener el Coeficiente de Uniformidad  $C_u$ , ya que el dato  $D_{10}$  lo hemos tomado de un valor promedio estimado ( $D_{10} = 0.055$  mm). De esta manera los coeficientes  $C_u$  respectivos son:

Muestra No. 1:  $C_u = 3.00$

Muestra No. 2:  $C_u = 2.98$

Muestra No. 3:  $C_u = 3.04$

lo cual es acorde con las apreciaciones de campo que se realizaron por simple inspección, sin los datos de laboratorio respectivos.

Los resultados indican que la granulometría de la arena continental tiene un Módulo de Fineza apto para la construcción aplicable en: pisos, repellos, bloques, asfalto, juntas, entre otras. Con el lavado de la arena continental se puede clasificar el árido y ofertar a la plantas de concreto Módulos de Fineza en el rango requerido para este agregado.

De esta manera, podemos ubicar la arena del yacimiento investigado como  *fina*, propia de trabajos más específicos como los antes citados de repello, etc. En todo caso, debe tenerse presente que las muestras analizadas estaban con todo su contenido natural de finos, pero durante el proceso de extracción, teniendo una ubicación principalmente bajo la napa freática, serán lavadas, más aún si se utilizan bombas en el proceso. De esta manera el Módulo de Fineza se elevará, si se aplica el proceso de lavado-decantación correspondiente.

Las razones más importantes para especificar los límites de granulometría y el tamaño máximo del agregado son: la influencia en la facilidad para trabajarlo y el requerimiento de la cantidad de agua para la mezcla.

#### **4.5 RESULTADOS DE LOS CÁLCULO DE RESERVA DEL MINERAL UTIL**

Luego de concluidos todos los trabajos de campo y gabinete, podemos indicar el resultado final de la investigación geológica con fines de prospección de reservas minerales, en este caso arena costera en el área entre las desembocaduras del Río Chico y el Río Bayano, donde están los diferentes polígonos.

Se identificaron tres tipos principales de estratos o capas litológicas como suelo y arena meteorizada, seguida por una capa de arena de granulación mediana y en la parte inferior – lama o sedimento marino. Las reservas globales calculadas por el software especializado en estos menesteres (RockWorks14, 2008), fueron

las siguientes y sus porcentajes reflejan las condiciones de génesis descrita en el punto 3.2 de este informe:

**Cuadro No. 4-3 Reserva del mineral útil por polígonos evaluados**

<b>POLÍGONO "A"</b>		
<b>Suelo y Arena Meteorizada</b>	<b>Arena</b>	<b>Lama</b>
1,316,656 metros cúbicos	3,782,076 metros cúbicos	533,028 metros cúbicos
<b>23%</b>	<b>67%</b>	<b>10%</b>
<b>TOTAL MINERAL ÚTIL "A" = 5,098,732 metros cúbicos</b>		
<b>POLÍGONO "B"</b>		
<b>Suelo y Arena Meteorizada</b>	<b>Arena</b>	<b>Lama</b>
1,347,374 metros cúbicos	3,762,332 metros cúbicos	322,054 metros cúbicos
<b>24%</b>	<b>67%</b>	<b>9%</b>
<b>TOTAL MINERAL ÚTIL: "B" = 5,109,706 metros cúbicos</b>		
<b>POLÍGONO "C"</b>		
<b>Suelo y Arena Meteorizada</b>	<b>Arena</b>	<b>Lama</b>
313,500 metros cúbicos	761,500 metros cúbicos	914,000 metros cúbicos
<b>15.8%</b>	<b>38.3%</b>	<b>45.9%</b>
<b>TOTAL MINERAL ÚTIL "C" = 1,075,000 metros cúbicos</b>		
<b>POLÍGONO "D"</b>		
<b>Suelo y Arena Meteorizada</b>	<b>Arena</b>	<b>Lama</b>
2,488,000 metros cúbicos	4,726,000 metros cúbicos	9,556,000 metros cúbicos
<b>14.8%</b>	<b>28.2%</b>	<b>57%</b>
<b>TOTAL MINERAL ÚTIL "D" = 7,214,000 metros cúbicos</b>		
<b>POLÍGONO "E"</b>		
<b>Suelo y Arena Meteorizada</b>	<b>Arena</b>	<b>Lama</b>
1,220,000 metros cúbicos	1,808,000 metros cúbicos	4,659,500 metros cúbicos
<b>15.9%</b>	<b>23.5%</b>	<b>60.6%</b>
<b>TOTAL MINERAL ÚTIL "E" = 3,028,000 metros cúbicos</b>		

**Cuadro No. 4-4 Reserva Total del Mineral Útil Investigado - Polígonos (A+B+C+D+E)**

<b>Suelo y Arena Meteorizada</b>	<b>6,685,530 metros cúbicos</b>
<b>Arena</b>	<b>14,839,908 metros cúbicos</b>
<b>TOTAL MINERAL ÚTIL</b>	<b>21,525,438 metros cúbicos</b>

#### **4.6. TEMAS ESPECIALES DE LA FASE DE EXPLOTACIÓN CON ENFOQUE DE GESTIÓN AMBIENTAL**

##### **4.6.1 Relación Agua Dulce – Agua Salada en Zonas Costeras**

El tema de los acuíferos costeros que abordamos en calidad de texto orientador, lo consideramos de importancia debido a que el polígono de investigación esta entrelazado con zonas de manglares o marismas, y son áreas protegidas por leyes nacionales y acuerdos internacionales sobre Humedales, con lo cual tiene relevancia la no alteración medioambiental del equilibrio natural entre las aguas saladas y dulces durante las futuras explotaciones de este banco de arena.

Los acuíferos en las zonas costeras de la República de Panamá se encuentran en grave peligro, debido a la falta de divulgación de la relación agua dulce agua salada. Sabemos que se perfora indiscriminadamente pozos profundos en la costa, merced a la extremadamente lenta respuesta al bombeo, que produce la baja permeabilidad de nuestros acuíferos. Lo cierto es que el daño al salarlos se producirá invariablemente con el paso del tiempo hasta tanto el personal de ANAM y los proyectistas sean capacitados en estos temas. Ante esta situación dramática insistimos en presentar brevemente los fundamentos de este tema.

Los acuíferos que hacen contacto con la línea de la costa presentan la particularidad de que tal contacto se produce en forma de cuña donde el mar penetra tierra adentro y la formación acuífera tiene agua dulce en la parte

superior y salada en la inferior, pudiendo decirse que la masa de agua dulce subterránea flota sobre el agua salada contenida en el acuífero.

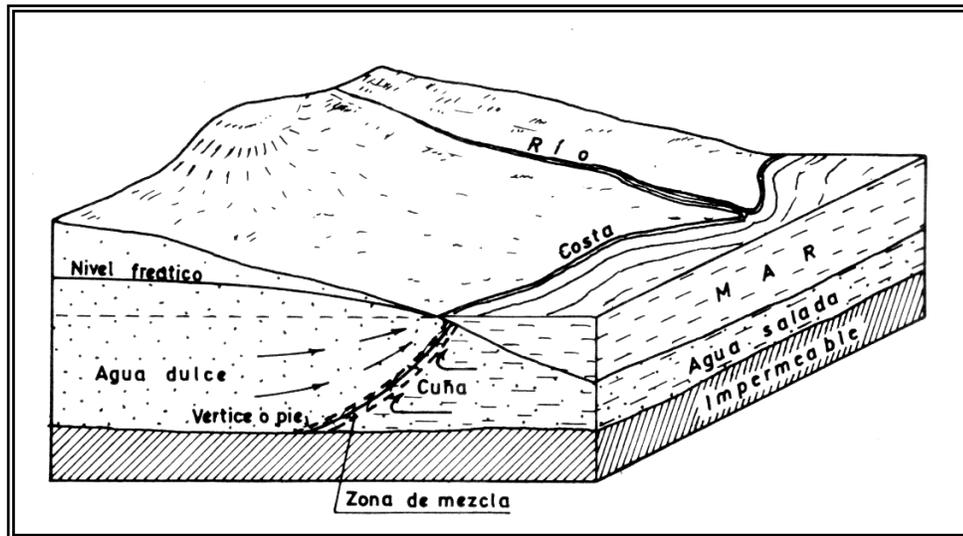


Figura No. 4-9 Cuña de agua salada en un acuífero costero. Se muestran los elementos de equilibrio hidrodinámico entre las aguas saladas y dulces. (Fuente: Custodio y Llamas, 1975)

Como ambas aguas contienen diferentes densidades y por hallarse el nivel freático por encima del nivel del mar, las dos masas líquidas mantienen un equilibrio hidráulico. La relación aproximada de este equilibrio es de cuarenta veces la altura sobre el nivel medio del mar que tenga el acuífero para encontrar en profundidad la interfase agua dulce-agua salada. Esta relación se conoce como Principio de Ghyben-Herzberg y se refiere a un equilibrio estático, debiendo tenerse presente que con la existencia de un gradiente hidráulico que da flujo de descarga al mar, el equilibrio realmente es hidrodinámico.

Si al bombear pozos se extrae agua de un acuífero costero, el equilibrio hidrodinámico se altera, disminuyendo la descarga natural de agua dulce hacia el mar, produciendo el descenso del nivel freático. Como resultado de esto el agua salada invade tierra adentro por cierta distancia condición que se ha dado en llamar **Intrusión Salina**.

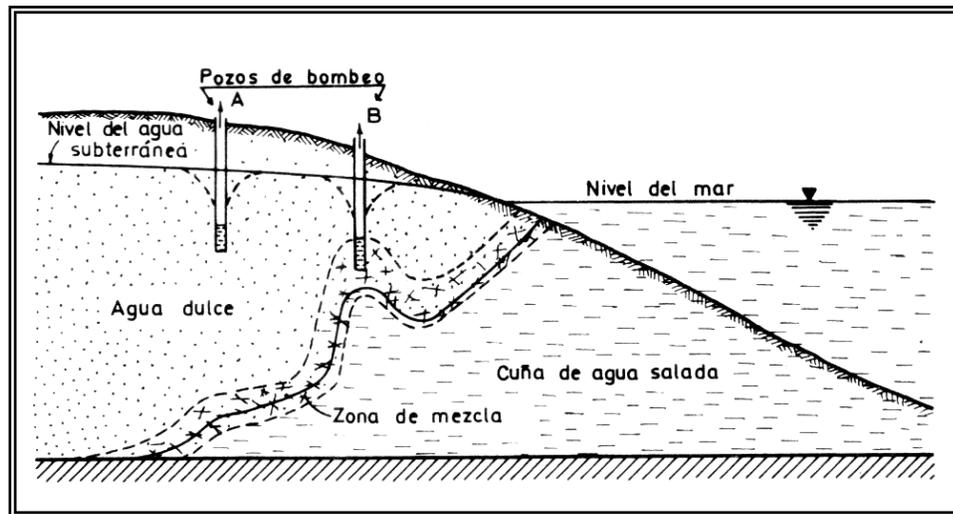


Figura No. 4-10 Formación de conos de agua salada debajo de captaciones (pozos).  
(Fuente: Custodio y Llamas, 1975)

Si se utilizan pozos para realizar labores de extracción en seco o mientras se instalan estructuras de refuerzo, este fenómeno deberá tenerse en cuenta que se trabaja sobre masas de agua salada, podrían producirse con el tiempo subidas de sal, formándose conos salinos o domos salobres. De esta manera, la extracción de agua dulce durante la etapa de explotación de este o cualquier otro acuífero que contiene en su base agua salada, como es nuestro caso, exige el cumplimiento estricto de ciertas reglas si se quiere evitar o limitar la salinización. Estas reglas de manejo hidráulico de captadores implican cálculos muy precisos de caudales máximos (extracciones) que se podrá bombear para no obtener agua salobre o minimizar su impacto Medio Ambiental.

#### 4.6.2 Alternativas de la Producción Más Limpia

##### 4.6.2.1 Opciones de Producción Más Limpia para Prevenir la Contaminación del Recurso Hídrico

Dado el caso de que los objetivos de la presente investigación de Prospección y Exploración Geológica estimamos haberlos cumplido, estaríamos pasando a una etapa donde se echa a andar un engranaje en el que participan además otros

profesionales en un ambiente multidisciplinario. De esta manera, debemos hacer el espacio para el relevo que conlleva avanzar a las etapas de formulación del Estudio de Impacto Ambiental, (EslA), el Diseño de Explotación Minera y Plan de Manejo Ambiental (PMA). No obstante, debemos dar una visión de conjunto del proyecto desde nuestra etapa hacia el futuro, para poner en perspectiva lo que hemos realizado a nivel de detalle. De allí que solo deseamos incluir en este trabajo algunos criterios generales a tomar en consideración por quienes tendrán la responsabilidad de ejecutar tales etapas, habiendo otros aspectos que han sido debidamente consultados a nivel bibliográfico con los generadores de dichos planes como fuente autorizada.

Las alternativas de Producción Más Limpia se deben priorizar, según se estime en su ejecución, a corto plazo (un mes a tres años), mediano plazo (tres a cinco años) o largo plazo (cinco años en adelante).

Estas alternativas requieren de su estudio en detalle y ello hace necesario una evaluación de factibilidad técnica, económica, social y ambiental, lo cual implica que se lleven a cabo análisis minuciosos de instalaciones, equipos, maquinaria, personal y situación de higiene y salud ocupacional, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Análisis detallados relativos al uso de materias primas e insumos.
- Análisis detallados relativos al consumo de energía.
- Análisis detallados relativos a las emisiones atmosféricas.
- Análisis detallados relativos a las aguas residuales.
- Análisis detallados relativos al ruido/olores.
- Análisis detallados sobre seguridad e higiene minera y salud ocupacional.

Dentro de las alternativas de Producción Más Limpia, se encuentran las “Buenas Prácticas de Producción” y la “Reconversión Tecnológica”; las primeras medidas

están encaminadas a corregir los aspectos de tipo organizativo, relacionados directamente con la generación de residuos y pérdidas en producción en alguna parte del proceso; en la industria minera, estas medidas están planteadas fundamentalmente para la mina. Las segundas se refieren a los cambios tecnológicos en los procesos que impliquen la aplicación de tecnologías limpias que sirvan para acercar notablemente al cumplimiento de los valores mínimos establecidos en las normas ambientales; en la industria minera, estas medidas están planteadas fundamentalmente para la planta de transformación, beneficio y lavado.

El objetivo de las Buenas Prácticas de Manufactura en la gestión ambiental, es reducir estas pérdidas sistemáticas o accidentales de materiales, en forma de contaminantes, generadas por factores humanos y de planeación de la producción.

Las Buenas Prácticas de Producción, son, generalmente, medidas simples, de rápida aplicación y baja inversión, que sugieren mejoras en la forma como se realizan los procedimientos y las operaciones, de tal manera que contribuyen a disminuir el grado de contaminación generado por la actividad productiva, y que requieren para su implementación de la colaboración conjunta de todos los miembros de la mina (propietarios, gerencia y trabajadores directos e indirectos) y a su vez, repercuten en el mejoramiento productivo y competitivo.

En la actividad minera panameña, el agua se ha convertido en un insumo o materia prima indispensable para la ejecución de las diferentes etapas del proceso industrial.

Los requerimientos en cuanto a su cantidad y calidad inicial, dependen del uso final, así como de la cantidad consumida en cada etapa y su vaporización. Se toma como materia prima cuando hace parte de reacciones químicas, quedando

incorporada directamente en el producto final o en transformaciones directas; su uso como insumo o servicio se refiere principalmente a las etapas de mantenimiento y lavado de materias primas, productos y equipos, limpieza de la planta física y como medio de purificación (absorción de impurezas).

Teniendo en cuenta el uso del agua, se puede estudiar cada etapa para realizar la contabilidad de consumo, elaborando balances hídricos parciales o totales. Partiendo de los resultados obtenidos se buscan las oportunidades de disminución del consumo para adoptar programas de uso eficiente y racional del agua (proceso de Producción Más Limpia).

Para poder tener un buen uso y aprovechamiento de la energía se deben crear medidas de mejoramiento que conlleven a la disminución del consumo, teniendo en cuenta todas las máquinas y equipos de mayor uso dentro de la industria minera.

Las emisiones de gases, causan un impacto ambiental debido a que es el contaminante directo de los recursos atmosféricos; para evitar su continuación deberá hacerse una reestructuración e implementar programas de mantenimiento de máquinas y equipos (como bombas), lo que permitirá minimizar, prevenir, compensar y controlar los impactos y efectos ambientales generados en todas las etapas de la actividad productiva.

La búsqueda del Desarrollo Sostenible debe ser el principal motor para poder encontrar un equilibrio ambiental entre la producción competitiva y la contaminación, generando de esta manera un proceso de Producción Más Limpia, que cumpla con la normatividad establecida por el gobierno panameño y que pueda aportar nuevas ideas y soluciones para detener el crecimiento de la contaminación que está generando el deterioro en el medio ambiente.

#### **4.6.2.2 Producción Más Limpia Asociada al Flujo de Materiales en el Proceso de Explotación**

La Industria Minera se considera una importante fuente de problemas de contaminación. Los empresarios panameños tradicionalmente han ignorado los asuntos ambientales; solo están dispuestos a abordarlos en el momento en que se convierten en situaciones conflictivas, bien sea con las comunidades vecinas, con sus clientes o con las autoridades.

Es un hecho que estas actividades productivas afectan el aire, el agua y el suelo, recursos que tradicionalmente se habían considerado como bienes comunes, lo que implicaba que su uso no tenía ningún costo, y, por tanto no afectaba directamente la contabilidad de las empresas, utilizándolos de manera indiscriminada, situación que actualmente cambió en razón de la aparición de una normatividad más exigente.

Si bien es cierto que algunas industrias mineras no involucran la variable ambiental en su esquema de costos, también es un hecho que muchos de los problemas de contaminación que se presentan, ocurren por deficiencias en el proceso productivo, obsolescencia tecnológica, prácticas inadecuadas de producción, utilización de insumos tóxicos, derroche en el consumo de agua y energía, falta de mantenimiento preventivo y correctivo, entre otras, aspectos que le restan competitividad a las empresas, pero que mediante una revisión técnica y ambiental se pueden detectar y solucionar, ya que este es un sector en el cual predomina el empirismo. No obstante, en los últimos años, una creciente sensibilidad social en torno al tema ambiental, ha forzado al Estado a formular políticas de protección del medio ambiente y a crear toda una normatividad relacionada con los niveles máximos permisibles de contaminación.

Por su parte, las empresas se están viendo obligadas a adoptar medidas necesarias para alcanzar estos niveles, haciendo inversiones, que en algunos casos pueden ser elevadas.

#### **4.6.2.3 Un Mejor Diseño, Piedra Angular del Manejo Ambiental en la Minería**

El diseño minero y ambiental, son todas aquellas operaciones que conducen a establecer un proyecto de explotación de los recursos naturales no renovables, empleando un sistema adecuado de extracción, para que en forma económica y rentable se realicen las labores mineras, haciendo uso racional de los yacimientos con el mayor aprovechamiento de todos y cada uno de los minerales o materiales que contiene dentro del concepto del desarrollo sostenible en paz con el medio ambiente y la sociedad.

Para llegar a definir que método es el más adecuado, es necesario determinar, conocer y evaluar, entre otros, los siguientes parámetros:

*TOPOGRAFÍA:* comprende la representación del terreno en cartas o mapas topográficos a diferentes escalas, donde se determinan los accidentes en superficie; geográficos, curvas de nivel, corrientes de agua (ríos y quebradas), viviendas, caminos, carreteras, redes de servicios y sitios históricos o de reserva especial; éstos nos sirven como base y punto de partida para el inicio del proyecto minero; así como también para determinar las áreas de influencia o afectadas por la explotación y estado final de la zona, (es importante contar con un sistema de coordenadas preferentemente UTM como base).

*GEOLOGÍA:* son los estudios que permiten determinar la naturaleza de los terrenos, tipos de formaciones presentes en la zona, las fases de formación geológica, componentes estructurales, la tectónica, los tipos de yacimiento y la evaluación de los recursos potencialmente mineros.

*TIPOS DE YACIMIENTOS:* definen parámetros importantes para la evaluación de los recursos y establecer un sistema de explotación acorde al mismo, entre éstos se tienen los siguientes:

- Mantos o vetas
- Yacimientos diseminados
- Masas o bolsadas
- Aluvión. Se refiere a yacimientos superficiales constituidos

*FASES DE LA MINERÍA:*

- Exploración y geología del depósito
- Evaluación de reservas. (Vida útil de la explotación)
- Técnicas de explotación
- Definición de métodos posibles e Ingeniería
- Taludes, accesos, rampas, caminos, canales
- Preparación: descapote previo
- Arranque: mecánico e indirecto, perforación, voladura y explosivos
- Carga y Descarga
- Transporte interior y exterior
- Plantas, talleres auxiliares. Mantenimiento de máquinas
- Beneficio y Transformación y Control del proceso
- Comercialización
- Manejo Ambiental. Salud Ocupacional e Higiene Minera
- Planificación
- Diseño del Método
- Operación
- Transporte
- Servicios Generales

*MINERÍA A CIELO ABIERTO:* se entiende por minería a cielo abierto el conjunto de operaciones y/o procesos necesarios para extraer la roca o mineral de interés

económico, mediante el arranque y movimiento de las rocas que desde la superficie recubren parcial o totalmente la capa, filón o masa principal. El principio de la operación es el reconocimiento del yacimiento de interés continuando con el estudio de los posibles sistemas de explotación y la comparación entre el mejor de los métodos aplicable.

*SISTEMA Y/O MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO:* el sistema de explotación se refiere a los procesos tecnológicos empleados en la extracción de los materiales.

Se pueden establecer varias clases de materiales explotables que han dado lugar a los tipos clásicos de minería a cielo abierto:

*CANTERAS:* este método es probablemente el que representa el mayor volumen en conjunto, si bien las unidades de explotación son pequeñas, están incluidas las explotaciones de masas rocosas, en las que prácticamente no hay recubrimiento estéril ni tampoco posterior concentración del material. Esto es explotaciones de calizas, arcillas, piedra para construcción etc., en este caso de la arena los conceptos y equipos no difieren en gran medida. Son explotaciones superficiales, con no más de uno o dos bancos, de una roca masiva en las que no suele existir problemas de selección del material por haber reservas suficientes a escala global o local. En general, se caracterizan por su pequeño volumen de extracción; su tecnología es más bien escasa y retrasada, siendo fácil encontrar en ellas todo el historial de la maquinaria y formas de energía ineficientes. Si el yacimiento aflora a media ladera en mucha extensión, la explotación no ofrece dificultades para su desarrollo, pues la tierra se vierte en el valle y ni el agua puede invadir las labores ni es necesario descubrir los estratos; basta entonces, abrir la cantera sobre un frente que permita el trabajo cómodo y seguro. Si la altura de este frente es excesiva se abre otro en la parte superior y después un tercero si es preciso y así sucesivamente, dejando entre cada frente

y el superior una distancia horizontal igual a la altura del mismo, estableciendo una especie de labor en grandes bancos. Así, la excavación puede efectuarse en todos los bancos simultánea y uniformemente, conservando constante la anchura de éstos.

#### **4.6.2.4 Industria Minera Extractiva**

##### **4.6.2.4.1 Equipos y Maquinaria**

*MANUAL*: en el cual los procesos extractivos son totalmente manuales, es decir, a base de la fuerza humana. No hay uso de maquinaria liviana ni pesada y las herramientas utilizadas son por consiguiente de tipo manual, como la pica, la barra, la pala y la carretilla; algunas industrias utilizan la tracción animal, (para mover molinos), algunas areneras, y canteras de piedra caliza utilizan explosivos. En nuestro País se ha logrado frenar procesos erosivos en las costas de Gorgona, Chame y algunos puntos de la provincia de Los Santos que se realizaban en forma masiva de manera manual, transfiriendo la explotación a zonas continentales.

*SEMIMECANIZADO*: en el cual se da una mezcla de procedimientos manuales y mecanizados. La parte mecanizada está conformada por un buldózer, retroexcavadora y/o un cargador, etc.

*MECANIZADO*: en el cuál los procesos de extracción y del procesamiento son totalmente mecanizados.

##### **4.6.2.4.2 Métodos de Avance de la Extracción**

Como avance de la explotación se entiende la forma de progreso del corte o cortes en la extracción minera. Se consideran básicamente tres condiciones en métodos de avance:

- Un sólo frente
- Varios frentes
- Frente de terrazas

La extracción del material se hace a través de un sólo corte en el terreno. Este sistema caracteriza sobre todo a las explotaciones muy pequeñas o manuales. La extracción se ha llevado a cabo a través de varios frentes de trabajo, sistema que caracteriza a las industrias manuales, semimecanizadas y mecanizadas.

Los cortes se llevan a cabo en tajadas horizontales sucesivas, dando lugar a un sistema de escaleras o terrazas más o menos amplias según la pendiente del terreno y la intensidad de la explotación. Este sistema es aplicable en explotaciones mecanizadas o semimecanizadas, con uso racional de la dinamita ya que algunas arenas continentales tienen cierto grado de consolidación.

#### **4.6.2.4.3 Altura o Profundidad de los Cortes**

Espesor promedio en metros del talud en la explotación, desde la corona o límite superior del corte hasta la base del mismo en el patio de la explotación. Se distinguen 4 situaciones básicamente:

- Altura menor de 5 metros, talud pequeño
- Altura entre 5 y 20 metros, talud mediano
- Altura entre 20 y 50 metros, talud grande
- Altura mayor de 50 metros, talud muy grande

Pendiente de talud: Es el ángulo o inclinación de la línea media del corte con respecto a la horizontal. Para facilitar la labor de apreciación de estos ángulos se

seleccionaron tres clases fáciles de distinguir: pendiente menor de 30°, pendiente entre 30° y 60° y pendiente mayor de 60°.

#### **4.6.2.4.4 Criterios Generales para el Diseño de la Explotación Minera**

Determinados los objetivos de producción previamente señalados, se pasa a la fase de Diseño de la Operación, conocida también como de Ingeniería, definiendo los parámetros geométricos de la operación y la maquinaria en tamaño, capacidad y número.

En el aspecto geométrico los objetivos del diseño básico son apertura y preparación, salvo en los contados casos en que estos parámetros sean despreciables, es criterio básico efectuar una preparación y apertura de la explotación que permita garantizar la continuación temporal de la minería, para lo cual es técnica convencional mantener un adelanto de la preparación o desmonte que se estima razonable en un 20% del estéril a mover. El descapote previo es el movimiento del volumen de estéril necesario para descubrir el mineral en cantidad tal que garantice el suministro a la explotación y/o mercado durante un período de tiempo. Cuanto mayor es el período de garantía y la producción, mayor el descapote previo necesario. Cuanto más corta la vida de la operación menos necesario el avance que supone el descapote previo.

*Determinación del Talud:* existen varios procedimientos técnicos para calcular taludes estables en minería.

En primer lugar es necesario observar detenidamente las condiciones litológicas y estructurales del talud (buzamiento, diaclasas, materiales, etc.), con el fin de identificar los posibles tipos de falla que puedan desarrollarse en el talud antes de proceder a decidir su inclinación más adecuada; en segundo lugar se determina la estabilidad del talud, calculando la resistencia al corte del material a

lo largo de la superficie de falla, existente o no. Las ecuaciones más utilizadas para el cálculo de la resistencia en taludes son las de Felénus o método Sueco, la del método de las dovelas o rebanadas, etc. No obstante, para estimaciones más sencillas tenemos la siguiente:

*Fuente: Minería a cielo abierto, curso de planificación y métodos. López Jimeno Carlos, INGEOMINAS, tercera edición 1985.*

$$R = C + \sigma \text{ TAN } \emptyset$$

Donde:

$R$  = Resistencia al corte

$C$  = Cohesión

$\sigma$  = Esfuerzo normal

$\emptyset$  = Angulo de fricción

Existen guías de taludes para la explotación de diferentes tipos de materiales extractivos. Se advierte sin embargo que estos valores sólo se refieren a la estabilidad cinemática o morfológica del talud, la cual no necesariamente garantiza una rehabilitación ecológica (revegetalización del mismo). En consecuencia, estos taludes deben ser revisados de acuerdo con las recomendaciones dadas sobre medidas de rehabilitación ecológica. En cuanto al ángulo de la cara del talud, éste es función de dos factores: el tipo de material y la altura del talud. Cuanto más bajo sea el talud, más vertical puede ser la cara del talud y por el contrario, cuanto más suelto y alto, más tendido será el talud.

En el caso de taludes medianos en adelante estos criterios generales deben ser debidamente verificados por personal especializado. Hacemos esta observación ya que en la parte presencial del Programa de enseñanza impartido en Huelva, del cual forma parte este trabajo, se incluyeron practicas de campo sobre estabilidad de taludes, donde se hizo especial énfasis en los peligros de

descuidar la rigurosidad de los cálculos que históricamente han llevado a desastres ambientales al colapsar taludes o diques en el campo de la actividad minera. Por lo tanto, hemos tenido la experiencia de realizar estos cálculos y sabemos que se trata de tareas laboriosas que incluyen un amplio rango de variables y la seguridad que solo ofrece la experiencia en el análisis.

*Diseño de Rampas y Caminos:* varios e importantes criterios deben tenerse en cuenta al determinar el mejor camino entre el punto de carga y el lugar de descarga. Depende fundamentalmente de:

- - Tipo y capacidad de la maquinaria de transporte.
- - Forma de la explotación.
- - Producción horaria y método de transporte y secuencia de explotación.

El punto de carga variará según la marcha de la explotación y el punto de descarga, que es variable, es bastante fijo. La variación del punto de carga obliga a revisar el camino a lo largo de la obra, con el objeto de seguir el mejor camino, que da lugar al ciclo de tiempo más pequeño y al mínimo de interrupciones.

## **4.7 MÉTODOS Y EQUIPOS DE EXPLOTACIÓN CONTEMPLADOS PARA LA MATERIALIZACIÓN DEL PROYECTO**

### **4.7.1 Extracción de Arena Continental**

La zona propuesta para la extracción de minerales no metálicos (arena continental) consta de cinco (5) polígonos con una superficie total de 493 hectáreas, donde se proyecta extraer arena continental sin lavar y lavada para la venta al comercio nacional dirigida a el abastecimiento de agregados finos en proyectos de obras públicas y privados del país.

La metodología de extracción sería la siguiente: retirada la sobrecarga de material estéril, se procederá a la extracción de la arena continental. Esta fase de extracción se realizará mediante la aplicación del método a cielo abierto, con el sistema de emplazamientos alargados, utilizando las dos técnicas mineras siguientes:

#### **4.7.1.1 Extracción con Excavadora**

La excavadora realizara la operación de excavación de la arena continental, la cual realizará movimientos de apilamiento de arena continental en las superficies próximas a la extracción como sitio de acopio temporal, luego alternativamente cargará los camiones de volquete que llevarán la arena sin lavar a una planta de lavado o hacia las barcas que transportarán la arena a los sitios de uso en las obras civiles.

La carga a los camiones de volquete o camiones articulados se puede realizar con la ayuda de un cargador frontal desde las pilas de arena continental, dependiendo de los requerimientos de producción.

La profundidad de extracción dependerá de las propiedades de calidad de la arena continental, capacidad y características de los equipos, requerimientos futuros de las zonas de extracción y volumen de material estéril para la recuperación en el cierre de la zona explotada. En nuestro caso se ha estimado una profundidad promedio de diez metros en algunas zonas de extracción.

#### **4.7.1.2 Extracción con Bombas de Succión de Arena**

Los criterios contemplados en esta segunda variante de extracción serían los siguientes: luego de retirada la capa estéril sobre el substrato de arena, las tinajas confeccionadas directamente sobre el terreno con la excavadora se pueden

llenar con el agua de los niveles freáticos, que en el área varían de 0,50 m a 1.00 m en el sustrato de arena, y así succionar la arena continental mediante el uso de una bomba de succión especialmente diseñada para arena. La diferencia de estas bombas radica en sus componentes impelentes, los cuales son resistentes a la abrasión. La profundidad de succión dependerá de la capacidad de diseño de succión de la bomba.

La bomba succionará la arena, tuberías flexibles y rígidas (PVC de 4 pulgadas) la depositarán en una tina de acopio adyacente. El agua mezclada con la arena escurrirá por canales abiertos, la cual será enviada a una tina de decantación de partículas y luego a los canales de salida para su recirculación a las tinas de extracción. Los sedimentos decantados en la tina de sedimentación serán utilizados para el relleno de las zonas explotadas en la etapa de cierre de las tinas de extracción.

Dependiendo de los requerimientos del mercado, se desarrollarán varios frentes de explotación a cielo abierto de arena continental con el uso del equipo necesario para el desarrollo de los mismos y aplicación de los métodos antes descritos.

Se apilará el mineral hasta obtener un volumen de reserva, para luego alternativamente cargar los camiones de volquete y apilar el mineral, manteniendo constantemente un excedente de material en acopio, por cualquier eventualidad de daño del equipo o una demanda mayor de materia prima.

Este apilamiento también permite el drenaje del agua y la carga a los camiones de volquete. La puede realizar la pala hidráulica directamente a los camiones. También se puede tener la opción de apilar material en primera instancia y luego cargar los camiones de volquete, o utilizar un cargador frontal de 3 a 5 yd<sup>3</sup>, para la carga a los camiones de volquete de 20 yd<sup>3</sup>.

Si la arena explotada no requiere del lavado en el mercado, el despacho será directamente a los camiones de volquete, que trasladarán el mineral a los sitios de uso o bombeada a la barcaza de transporte de arena continental.

#### **4.7.2 Transporte de la Arena Limpia al Sitio de Acopio**

Una vez sean eliminadas las impurezas de la arena continental mediante el lavado (tornillo lavador o bomba de succión) y se clasifique el árido de acuerdo a su grano, se procederá a transportar el mismo hacia el sitio de acopio temporal del mineral, en donde se realizará el despacho para el transporte que lo llevará a la venta.

Esta actividad se realizará con el apoyo de un cargador frontal o una excavadora y camiones de volquete privados o de la concesionaria, los cuales llevarán el material hacia los destinos finales en las diferentes construcciones a nivel nacional, ya sea por mar o tierra.

#### **4.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)**

En este capítulo se detallan las actividades que, producto de una evaluación ambiental previa del equipo de profesionales participantes en el Estudio de Impacto Ambiental (EslA), están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que cause el desarrollo del proyecto de “Extracción de Minerales no Metálicos (Arena Continental)”.

##### **4.8.1 Descripción de las Medidas de Mitigación Específicas**

El Plan de Mitigación, por la “Extracción de Arena Continental” incluye los mecanismos de ejecución de las acciones tendientes a minimizar los impactos ambientales negativos y potenciar los positivos sobre el ambiente durante la fase

de ejecución del proyecto.

#### **4.8.1.1 Impactos Positivos Significativos**

1. Generación de empleos: con el desarrollo del proyecto se generarán como mínimo de 10 a 15 empleos permanentes preferiblemente del distrito de Panamá y Chepo, lo que contribuirá a aumentar la tasa de empleo permanente, además de otras actividades de apoyo que aumentan la empleomanía del sector como: restaurantes, transportista, embarcaciones y servicios en general.
2. Desarrollo económico y social de la región: con la extracción de arena continental, se dará la mejora en los servicios, incremento de la calidad de vida, entre otras.
3. Pagos de impuestos, compra de insumos, materiales y equipo a nivel local y nacional. La actividad genera el pago de impuestos al Municipio de Panamá o Chepo, la compra de insumos, materiales, uso de equipos y maquinaria del mercado local y nacional.
4. Aumento en la prestación de servicios: los servicios como transporte (mar y tierra), comunicaciones, electricidad, agua, telefonía, educación y salud, tendrán un aumento significativo, lo cual incrementará la demanda y desarrollo de la región.

#### **4.8.1.2 Impactos Negativos Relevantes en la Operación del Proyecto**

Los Impactos Negativos Relevantes que induciría la Fase de Operación del Proyecto de Extracción de Arena Continental en el área costera localizada entre las desembocaduras de los ríos Chico y Bayana serían los siguientes:

**Cuadro No. 4-5 Impactos Negativos Relevantes en la Operación del Proyecto**

Contaminación atmosférica	Contaminación del suelo
Contaminación atmosférica (partículas sólidas, polvo y gases de la combustión interna de motores). Polvo por el tráfico vehicular (etapa de construcción y operación).	Contaminación de suelos: daños en el equipo, goteos de hidrocarburos, desechos, erosión.
Aumento de los niveles de ruido, por el trabajo del equipo (Extracción).	Cambio en la topografía con la aparición de lagos artificiales.
Afectación a los recursos hídricos.	Compactación por el tráfico de camiones y maquinaria.

Descripción de los Impactos Negativos Ambientales Potenciales:

**Contaminación atmosférica:** (partículas sólidas y polvo, gases de la combustión interna y ruido). El movimiento de equipo rodante en la etapa de construcción y operación, genera gases de combustión interna de los motores, dispersión de partículas sólidas, polvo y ruido.

Mitigación: Los motores de combustión interna de la maquinaria y camiones, deben estar en buenas condiciones mecánicas, cubrir con lona los camiones que transportan el material, sistema de escape en óptimas condiciones, parar el equipo que no este en uso y laborar en horario diurno (7:00 a.m. a 6:00 p.m.).

Los diseños de desarrollo del yacimiento de arena a cielo abierto debe contemplar barreras naturales para mitigar la propagación de ruido, polvo y mitigar la estética.

**Contaminación de los recursos hídricos:** por la actividad de extracción y lavado de arena continental, se pueden contaminar con sedimentos, grasas, aceites lubricantes y combustible, las aguas superficiales y subterráneas.

Mitigación: El equipo y maquinaria debe estar en perfectas condiciones

mecánicas, no lavar los equipos y maquinaria en fuentes de agua superficial, ubicar talleres de mantenimiento a más de 100 m de cursos de agua permanente, construir las trampas de hidrocarburos en los talleres de mantenimiento, reciclar los residuos de lubricantes usados, todo goteo de aceite o combustible debe ser removido inmediatamente y reparado el equipo con el daño.

***Contaminación de los suelos:*** los derrames o fugas de combustibles y lubricantes son fuentes de contaminación de los suelos, generación de desechos sólidos y líquidos, además de los procesos de erosión y sedimentación.

Mitigación: Recoger y disponer adecuadamente los materiales de desechos y residuos en el desarrollo del proyecto, mantener el equipo en óptimas condiciones mecánicas, no dar mantenimiento próximos a drenajes naturales, quebradas o río, cumplir con el mantenimiento periódico del equipo y llevar los registros, remover inmediatamente cualquier derrame y restaurar con suelo nuevo el área afectada y llevar periódicamente los desechos al vertedero más próximo.

Diseñar las obras civiles para el control de las aguas de escorrentía como: drenajes, cunetas abiertas, zampeados, barreras de piedra o madera, gaviones, otros.

***Acumulación de residuos sólidos:*** producto de la actividad de construcción y operación, se generan desechos sólidos, como: retazos de madera, acero, PVC, alambre, cartones, envases de plásticos, papeles, chatarras, entre otros.

Mitigación: Antes de ser trasladados al vertedero aprobado por el Municipio correspondiente, deben ser recogidos y dispuestos en recipientes adecuados. Se recomienda el reciclaje de aquellos materiales que pueden ser usados en otras actividades como: Relleno, madera para leña, retazos de acero para

mantenimiento, etc.

**Generación de desechos líquidos:** generación desechos líquidos provenientes de las necesidades fisiológicas de los trabajadores, además de las aguas residuales del proceso de lavado.

Mitigación: Las aguas residuales de las necesidades fisiológicas, generadas en la operación del proyecto, serán dispuestas en letrinas portátiles y limpiadas semanalmente por la empresa que las suministra o mediante letrinas rurales, según las normas del Ministerio de Salud (MINSA).

Las aguas residuales del lavado de arena continental, no descargarán a ningún cuerpo de agua superficial o subterráneo, las mismas serán manejadas mediante un sistema de circuito cerrado de decantación y recirculación.

**Cambio de la estética:** debido a la eliminación de la cobertura vegetal de gramíneas y el cambio de topografía del área rural dedicada a la ganadería, se dará un cambio en el uso del suelo y la estética existente tendrá un cambio por la extracción de minerales no metálicos.

Medidas de mitigación General: Las áreas destinadas a la extracción de minerales no metálicos, deben quedar estabilizadas, saneadas y eliminación de todo tipo de chatarras y desechos sólidos y habilitadas para otro uso económico. Sembrar especies arbóreas en los perímetros de las tinajas de extracción que permanecerán con agua.

El responsable de la aplicación de las medidas de mitigación propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental es la empresa Promotora. Si el proyecto es ejecutado por un Contratista, este debe cumplir con todas las medidas de mitigación que apliquen en la ejecución del proyecto y la Concesionaria será solidaria con el Contratista.

## **4.8.2 Cronograma de Ejecución y Plan de Monitoreo**

El plan de monitoreo es una herramienta que define las acciones, recursos y costos de control y supervisión de cada acción, este plan provee al promotor, consultor, actores del estado competentes y comunidad, información de la eficiencia de las medidas de mitigación. Muchas de las acciones de gestión también forman parte del cronograma de operación de las actividades programadas por el promotor y por ende no se tienen en cuenta en este plan.

### **4.8.2.1 Objetivo**

El objetivo del Plan de Monitoreo es recolectar sistemáticamente, datos cualitativos y cuantitativos que sirvan para la evaluación de los impactos ambientales del proyecto y comprobar la eficacia de las medidas propuestas en el Plan de Manejo Ambiental y las normas vigentes en Panamá.

El programa de seguimiento, vigilancia y control ambiental, tiene el propósito de realizar ajustes en el tiempo apropiado de las medidas que en el momento se estén aplicando. Comprende información de campo y revisión del plan de contingencia. La responsabilidad de la aplicación del Plan de Monitoreo es del Promotor.

- La Erosión y Sedimentación deben seguir procesos de monitoreo que no sean muy costosos e instalarse los sistemas de manera fácil y segura como colectores de partículas mediante la construcción de filtros de decantación de partículas, canalización de las aguas de escorrentía, muros de arena perimetrales con barreras de madera o rocas, disipadores de energía, estaquillados con madera, entre otros. Estas y todas las medidas de mitigación, se les aplicará una vigilancia permanente para minimizar los

efectos por la acumulación de factores ambientales negativos que conduzcan a impactos significativos.

- La maquinaria debe cumplir con las normas de emisión de gases y el sistema de escape en perfectas condiciones.
- En los aspectos socioeconómicos, se requiere evaluar la calidad de vida de las comunidades de impacto directo, antes de haber iniciado el proyecto y dar seguimiento a las quejas y necesidades de las comunidades afectadas por el proyecto, principalmente de comunidades cercanas al proyecto.

#### 4.8.2.2 Plan General de Ejecución con Participación Ciudadana

Entre las tareas que se suceden luego de aportar el resultado de la Prospección y Exploración del Yacimiento de Arenas Continentales que nos ocupa, tenemos:

**Cuadro No. 4-6 Plan de Ejecución con Participación Ciudadana**

ETAPA	RECURSOS	ACCIONES	RESPONSABLE
<b>I. Planificación y elaboración del Estudio de Impacto Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Situación económica y social.</li> <li>▪ Opinión general sobre el proyecto.</li> <li>▪ Encuestas</li> <li>▪ Entrevistas</li> <li>▪ Volantes informativas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recorrido por la comunidad de influencia directa (situación social y económica)</li> <li>▪ Aplicación de encuestas (consulta pública), entrevistas.</li> <li>▪ Información sobre el proyecto, sus impactos positivos y negativos</li> </ul>	Promotor Consultor
<b>II. Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diarios nacionales</li> <li>▪ Municipio</li> <li>▪ Estudio de Impacto Ambiental en Consulta</li> <li>▪ Foro Público</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dos publicaciones en diarios nacionales.</li> <li>▪ Fijados de avisos públicos en el Municipio de Panamá.</li> <li>▪ Estudio en consulta ciudadana</li> </ul>	Promotor Consultor

<p><b>III. Operación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todos los actores sociales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Implementar las medidas de seguridad en la etapa de operación.</li> <li>▪ Contratar personal de la región.</li> <li>▪ Establecer canales para quejas y sugerencias.</li> <li>▪ Mantener informada a la comunidad y autoridades del desarrollo del proyecto.</li> <li>▪ Promover el apoyo a las comunidades vecinas.</li> </ul>	<p>Promotor Comunidad Autoridades</p>
------------------------------	--	---	---

**Cuadro No. 4-7 Flujoograma de Ejecución y Tiempo de Cada Fase, Años: 2008-2009**

ACTIVIDADES / MES	J 2008	J	A	S	O	N	D	E 2009	F	M	A	M 2009
Aprobación del Estudio de Impacto Ambiental Categoría II												
Aprobación de Solicitud de Concesión por la Dirección Nacional de Recursos Minerales (DNRM-MICI) y Contrato												
Construcción de caminos e infraestructuras, para la extracción de arena continental												
Extracción de la capa arcillosa, e instalación del sistema de lavado, accesorios y áreas operativas												
Extracción de la arena continental												

Carga, lavado y acopio del mineral													
Implementación de las medidas de mitigación													
Restauración de zonas explotadas													

Para verificar en nivel de cumplimiento del Plan de Mitigación y Plan de Monitoreo de los compromisos adquiridos en el Plan de Manejo Ambiental establecido para el proyecto propuesto y hacer efectivo los planes propuestos, la Entidad Sectorial Competente en conjunto con el Promotor del Proyecto, deben coordinar las actividades de fiscalización con las autoridades competentes (ANAM, MINSA, MICI), según planificaciones acordadas por ambas partes, en donde las actividades de seguimiento y vigilancia corresponden al Promotor y para lo cual requiere que se cumplan los siguientes aspectos:

1. Reuniones entre ambas partes de ser necesarias, para fijar fechas de inspección.
2. Supervisiones conjuntas o por separado, según se requiera.
3. Análisis y evaluación del cumplimiento de las medidas de Mitigación establecidas y su eficiencia.
4. El Promotor y las Entidades correspondientes deben unificar parámetros estandarizados para dar una eficiente Vigilancia, seguimiento y Control, donde se presentarán los Informes periódicos de las medidas aplicadas y su eficiencia.

El tiempo de ejecución del Proyecto para el inicio de la operación y prolongación de toda su vida útil minera es de más de diez (10) años, con Reserva Minable de arena continental de  $R_m = 21,525,438 \text{ m}^3$ .

Las evaluaciones del yacimiento realizadas en cinco polígonos han evidenciado un depósito de arena continental viable ambientalmente y económicamente rentable, ya que la extracción de arena continental sería por el método a cielo abierto en una superficie de 498 hectáreas, cubiertas actualmente con gramíneas para el pastoreo, las cuales contienen áreas de mayor potencial minero y bajo impacto ambiental por las siguientes características y criterios del entorno físico y ambiental:

1. No existen viviendas en las áreas a ser explotadas.
2. La tala de árboles maderables es nula.
3. No existen reservas mineras ni concesiones en zona evaluada.
4. Las áreas a desarrollar son utilizadas en la ganadera extensiva.
5. No existe cuerpo de agua superficial permanente que pueda ser afectado por la extracción de arena continental si se observan las disposiciones vigentes.
6. Los impactos a la fauna terrestre del área es mínima.
7. La vegetación dominante en el área es de gramíneas y arbustos dispersos.
8. Superficie fue afectada por la actividad ganadera previamente.

La superficie evaluada de 498 hectáreas que contiene arena continental contempla las áreas de conservación y protección siguientes:

- Zona de protección de árboles colindantes a drenajes, quebradas y áreas con vegetación arbórea.
- Área del cauce del río Chico y servidumbre de diez metros.
- Conservación de la vegetación de manglar como bosque protegido.

Los sondeos realizados mediante pozos en la zona evaluada, comprueban un espesor de explotación de arena continental de más de diez (10) metros de

profundidad por debajo del nivel de la superficie, sin afectar las reservas geológicas totales. Se debe tomar en cuenta que se trabajará por debajo del nivel freático, lo que implica un impacto topográfico negativo significativo de forma tal, que se puedan tomar las medidas correspondientes de restauración en el abandono de las zonas y/o uso del terreno en otras actividades económicas.

**Cuadro No. 4-8 Componentes del Plan de Monitoreo**

Componente	Aspecto Ambiental	Impacto	Parámetros y norma	Método	Metodología	Frecuencia	Localización
Físico	Suelo	Contaminación por derrames de hidrocarburos	Ley 36 de 17 de mayo de 1996	Muestreo de suelos contaminados con aceites	Barrena manual de muestreo de suelo	Cuando se requiera	Área del proyecto
Físico-químico	Calidad del agua	Deterioro de la calidad del agua	CIU 29,000 COPANIT DGNTI-35-2000 pH, temperatura, SS, SD, ST, NTU, Cu, Fe, Mo, Mn, Conductividad, C.T.	Muestreo de agua de las tinas de lavado y quebradas próximas	Standar Methods for the examination of water and wastewater	Semestral	Tinas de lavado y río Chico

#### 4.8.2.3 Plan de Abandono y Recuperación

Para poder formular un plan de acción posterior a la finalización de las operaciones de extracción, debemos hacer un análisis que implica la identificación de los impactos ambientales específicos, que se lleva a cabo mediante la consulta interdisciplinaria del equipo consultor del EsIA y el experto minero.

A continuación se presenta la situación ambiental previa planteada por estos profesionales:

**Cuadro No. 4-9 Análisis de Línea Base para la Identificación de Impactos**

<b>Factor Ambiental</b>	<b>Descripción de la Línea Base y Efectos por el Proyecto</b>
<b>Suelo</b>	Los suelos se encuentran impactados por las actividades de agricultura y ganadería extensiva, formada por pastizales. Las áreas que serán explotadas se ubicarán dentro de zonas de potreros, y alejadas de los manglares con un mínimo de 10 metros a 25 metros.
<b>Agua</b>	Dentro del área de influencia directa del proyecto existe una fuente de agua superficial permanente, representada por el río Chico. Este recurso no será afectado por la extracción de arena, los canales naturales que drenan las aguas de escorrentía serán protegidos mediante las medidas de mitigación, evitando que los procesos erosivos y sedimentación en dichos cauces.
<b>Atmósfera</b>	En el área del proyecto no existen fuentes industriales de contaminación del aire. El ruido en el sector es ambiental. Se estima que la operación del equipo en la operación y presencia humana, puedan causar algún grado de aumento en los niveles de ruido temporalmente.
<b>Paisaje</b>	Formada por rastrojos, potreros y manglar en decadencia en sectores. Se darán cambios en la topografía en las zonas de extracción.
<b>Flora y Fauna</b>	La vegetación está representada por pastizales y manglar. La fauna está adaptada a las intervenciones antrópicas, representadas por aves e insectos principalmente. El proyecto no afectará la flora arbórea (manglar) ni fauna en las zonas de herbazales a explotar.
<b>Uso del suelo</b>	El suelo es utilizado actualmente en la cría de ganado bovino.
<b>Fuerza Laboral</b>	El país requiere de la generación de fuentes de empleo, el proyecto contribuirá en la generación de empleos, reactivación de la economía en la región y aumento en la calidad de vida.

Ante esta cartilla del EsIA debemos aconsejar la participación de un profesional con experiencia concreta no sólo en Piscicultura, sino también en la Limnografía como ciencia. Estimamos que la profundidad de excavación será algo superior a

la propia de tinajas de pisciculturas y se necesitará buscar un balance biológico, térmico y químico de las aguas de los lagos resultantes.

Normalmente cuando los proyectos de extracción de minerales no metálicos concluyen sus actividades y especialmente bajo la modalidad de extracción a cielo abierto, se plantea el problema de la factibilidad del uso de las tierras afectadas por la extracción, con el propósito de utilizarlas en otras actividades económicas. Luego de terminar la actividad de extracción de la arena continental de las zonas que han sido utilizadas para la extracción de arena, se procederá a la restauración con el material estéril ubicado en las escombreras temporales y colocación de la capa orgánica eliminada inicialmente.

Se establecerán áreas para el desarrollo de actividades sugeridas por el Promotor como la cría de peces, muy específicamente de la variedad Tilapia u otra especie, para lo cual se presentará el Estudio de Impacto Ambiental correspondiente.

Cabe destacar que en nuestro ejercicio profesional, dando consultorías a la construcción de acueductos rurales en la república de Panamá, nos hemos visto en la necesidad de ser asistidos por expertos acuícolas para la selección equilibrada de peces en estanques, y así mejorar las reservas de agua disponibles en acueductos para lugares donde los materiales impermeables del subsuelo hacen poco factible la perforación de pozos profundos. Por ejemplo, se necesitan especies que puedan crear un equilibrio en la cadena trófica inicial, algunos peces que consumen plantas acuáticas, otros insectos, etc. y de esta manera mantener la calidad química del agua. Hay peces que son útiles al escarbar el fondo del lago en busca de alimento, haciendo una labor de circulación de nutrientes. Quizás resulte arduo crear la cadena inicial para romper simples criaderos de mosquitos en aguas fétidas y convertirlos en redes que no desentonen con los organismos nativos. Pero lo medular en este asunto

es que debe tenerse presente todos los complejos procesos que intervienen en un cuerpo de agua estancada.

Problemas a resolver previo al cierre total de las actividades de extracción de arena continental serían los siguientes:

- Cambios en los niveles topográficos.
- Áreas desprovistas de vegetación y expuestas a la erosión.
- Presencia de desechos y chatarras en el sitio.
- Tinas de decantación de partículas y de extracción.
- Caminos internos y sitios de acopio.
- Proliferación de vectores.

Medidas propuestas para recuperar el terreno afectado por la actividad de extracción de arena continental, que deberá aplicar la Empresa promotora antes del abandono de las actividades de extracción:

- Restauración de la superficie del suelo (nivelación y relleno), que no estén afectadas por los lagos resultantes, procurando restablecer las condiciones iniciales de la superficie, drenajes, suelo y estabilidad física de las áreas intervenidas.
- Eliminación y/o retiro de cualquier tipo de chatarra o desecho sólido en el área.
- Establecer un sistema de drenaje y pendientes, que no permita la acumulación de agua, ni la formación de lagunas secundarias en la zona.
- Limpieza de superficies con posibles derrames de hidrocarburos y restauración de la misma.
- Escarificar todas las zonas compactadas (acopios, caminos, otros)
- Desmantelamiento de las casetas u otras infraestructuras para oficinas administrativas de campo, etc.

- Adecuar la profundidad de las tinas para la actividad económica piscícola programada en el futuro.
- Disposición de todos los desechos en el vertedero municipal correspondiente.
- Todas las infraestructuras deben ser desmanteladas como: campamentos, talleres, depósitos, otros; los materiales en lo posible deben ser reciclados y los desechos dispuestos en el vertedero aprobado por el Municipio de Chepo o Panamá.

La responsabilidad de las medidas propuestas en este Plan de Abandono, será de la empresa Promotora.

**Cuadro No. 4-10 Plan de Abandono de las Obras**

<b>Afectación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Medida aplicada</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fiscalización</b>
Perdida de la capa vegetal	Zona de extracción y acopio	Colocación de capa vegetal y estéril para la nueva actividad, económica de cría de peces o crustáceos	La Empresa ejecutora de la extracción de arena	ANAM DNRM
Limpieza de chatarras y desechos sólidos	Área de concesión	Eliminación y limpieza de chatarra, desechos y disposición final en lugar aprobado por el Municipio y la no-objeción de la ANAM.	La Empresa	ANAM MINSA DNRM
Superficies contaminadas con hidrocarburos	Dentro del área de extracción	Recuperación de suelos con aditivos neutralizantes de hidrocarburos y/o remoción y restauración de los mismos.	La Empresa	ANAM MINSA
Estabilidad física del área	Zonas explotadas	Estabilidad física de tinas y drenajes. Sistemas contra erosión, limpieza de sedimentos.	La Empresa	ANAM, DNRM, SINAPROC

## CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Objetivo General del presente trabajo se ha centrado en la exploración de diferentes zonas con depósitos de arena costera en su origen, que se clasifican como continentales en virtud de su ubicación tierra adentro entre las desembocaduras de los ríos Chico y Bayano. Se han identificado y cuantificado sus componentes básicos primarios y secundarios, accesibles a tecnología convencional y especial de exploración de yacimientos de arena.

El capítulo dedicado a la caracterización del ambiente físico y biológico del área de estudio nos ofrece los aspectos más relevantes del entorno investigado para la mejor comprensión de su evolución a través del tiempo y lo que se tiene hoy día como línea base.

Se enfatiza en la calidad ambiental de los manglares periféricos como entorno Protegido, así como también el vecino cauce del río Chico. El área investigada se encuentra localizada, según el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la Autoridad Nacional del Ambiente, (ANAM), dentro del Área Protegida denominada “*Humedal de Importancia Internacional de la Bahía de Panamá*”.

La metodología de valoración implementada durante el desarrollo de la presente investigación, es típica para depósitos minerales en general. Comprende etapas como Reconocimiento, Prospección y Exploración habiendo tenido el investigador la oportunidad de poner en práctica una amplia gama de conocimientos adquiridos en las aulas de las universidades participantes, desarrollando una búsqueda coherente de los objetivos generales trazados a través de las siguientes etapas de investigación:

- La etapa de *Reconocimiento*, es la que implicó la formulación de una visión de conjunto de la región. Esta visión incluyó aspectos como identificar y

delimitar zonas de probable interés minero, descartándose otras como la de dominio de manglares, que resultaron poco perspectivas. En esta etapa se constituyó la información de base cartográfica y de inventario del entorno ambiental, así como también el acopio de una literatura de referencia de los diferentes aspectos involucrados.

- La metodología utilizada en la siguiente etapa de investigación estuvo cimentada en criterios de *Prospección de Depósitos Minerales*, contando con una malla de barrido de la zona con celdas unitarias de 200 m de este a oeste por 100 m de norte a sur, utilizando en cada punto de apoyo o nódulo de la red la información proveniente de perforaciones con herramienta helicoidal de accionamiento mecánico. La geometría rectangular de esta estructura de exploración se estableció debido a que se dan menos cambios morfológicos en el banco de arena a lo largo y paralelo a la costa dispuesta de este a oeste, que de norte a sur, donde las barras de arena son más discontinuas. Por tal motivo se le da mayor detalle. La etapa de prospección también incluyó por parte del investigador la ejecución e interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) para delimitar capas geoeléctricas subyacentes a nivel regional.
- El rango de *Exploración* de la investigación geológica se le confiere, al haber acumulado una densidad de información, que permite con el grado de evidencia necesario cuantificar las reservas de mineral útil, establecer diferencias de calidad y así mismo delimitar espacialmente todos los componentes, ya sean de interés actual o no. En esta etapa con la implementación de aplicaciones Informáticas no sólo se calcularon las reservas de mineral útil, sino que se generaron bloques modelos para los distintos polígonos de exploración, que permiten crear secciones o cortes litológicos a voluntad con una visión espacial de los elementos realmente detallada.

El tiempo de ejecución del Proyecto para el inicio de la operación y prolongación de toda su vida útil minera es de más de diez (10) años, con una reserva minable de arena continental establecida durante la presente investigación de  $R_m = 21,525,438 \text{ m}^3$ .

Con este trabajo se logran establecer criterios de referencia sobre aspectos a no descuidar sobre la fragilidad del medio ambiente en las futuras etapas del proyecto, incluyendo divulgación de enfoques de gestión ambiental de las tareas de extracción, acordes con las nuevas disposiciones legales vigentes.

Se pone de relieve que las labores de abandono de las tierras afectadas por la extracción son de importancia y deben discutirse al detalle de conformidad con los criterios generales de gestión ambiental incluidos en esta investigación. Son tareas que deben establecerse con anticipación por lo tanto, se recomienda que mientras la propia riqueza del mineral pueda financiarlas, deben ser debidamente discutidas.

Para el caso de los lagos con profundidades por el orden de 10 metros, que resultarían al final de las labores de extracción, nos parece conveniente aconsejar la participación de un profesional con experiencia concreta no sólo en Piscicultura, sino también en la Limnología como ciencia. Estimamos que la profundidad de excavación será algo superior a la propia de tinajas de pisciculturas y se necesitará buscar un balance biológico, térmico y químico de todos los componentes de las aguas de estos lagos.

Se debe tener también en consideración que el río Chico no es navegable para barcazas actualmente, con lo cual su cauce será modificado e igualmente demandará un análisis detallado de las implicaciones ecológicas que esto conlleva en este recurso protegido.

Se concluye, que se puede fortalecer el mejoramiento de la empleomanía de la región e impulsar el desarrollo del País al aportar a los distintos engranajes de nuestra economía estas reservas de materia prima, y al mismo tiempo no eludir nuestras responsabilidades de desarrollo sostenible.

## **CAPITULO 6. BIBLIOGRAFÍA**

1. ANAM. “Guía de Prevención de la Contaminación del Recurso Hídrico, Caracterización y Tratamiento de Aguas Residuales para el Sector de Minerales No Metálicos”, Panamá, 2006.
2. ANAM. “Guía Minera No Metálica”, Panamá, 2006.
3. ANAM. “Lineamientos de la Política de ANAM 2004 – 2009”, Panamá, 2005.
4. ANAM. “II Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua, 2004-2005”, Panamá, 2005.
5. Badillo J. y Rodríguez R. “Mecánica de Suelos”, Tomo 3, Flujo de Agua en Suelos. Editorial Limusa, México, 2001.
6. Comisión de Reforma Agraria, Catastro Rural de Tierras y Aguas (CARTAP). Volumen III “Geología” y Volumen IV “Aguas”, Republica de Panamá, 1965-1968.
7. Custodio E. y Llamas M. “Hidrología Subterránea”, Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1975.
8. Davis, S.N., De Wiest, R. “Hidrogeología”, Ediciones Ariel, Barcelona, 1971.
9. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva Cork. “Manual de Tratamiento de Aguas”, Editorial Limusa, México, 1981.
10. Díaz C. “Recursos Hídricos, Conceptos Básicos y Estudio de Caso en Iberoamérica”, Piriguazu Ediciones, México, 2005.
11. Es.wikipedia.org/wiki/manglar, España, 2008.
12. Galán E. “Mineralogía Aplicada”, Editorial Síntesis, Madrid, 2007.

13. Glynn H. y Heinke G.W. "Ingeniería Ambiental", Editorial Prentice Hall, México, 1999.
14. Hidrogeo Servicios Consultores S.A. Informes Técnicos Varios, Panamá, 2005 – 2008.
15. IRHE/UNESCO. Mapa Hidrogeológico de la República de Panamá, 1999.
16. JOHNSON E, INC. "El Agua Subterránea y los Pozos", Minnesota, 1975.
17. Kashdán A.B. "Prospección de Depósitos Minerales Útiles", Editorial Niedra, Moscú, 1977.
18. Klímentov P.P. y Kónonov V.M. "Metodología de las Investigaciones Hidrogeológicas", Editorial Mir, Moscú, 1982.
19. Mackenzie L.D. y Masten S.J. "Ingeniería y Ciencias Ambientales", Editorial McGraw-Hill, México, 2005.
20. Maskew G. "Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales", Limusa, México, Volumen II, 1993.
21. Ministerio de Obras Públicas, Instituto Geográfico Nacional. "Atlas Nacional de la República de Panamá", Panamá, 2007.
22. Ministerio de Obras Públicas. "Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas", Chile, 2002.
23. MINSA / Nómadas de Centroamérica Panamá. "Evaluación Hidrogeológica de los Acuíferos de la República de Panamá y Recursos de las Aguas Subterráneas para el Abastecimiento de Agua de los Asentamientos Rurales", Panamá, 2003.
24. MINSA. Primer Borrador "Marco de Evaluación Ambiental", Panamá, 2007.

25. Orozco M. et al. "Geología Física", Editorial Thomson, España, 2004.
26. Pérez F. y Manuel A. "Modelos Digitales del Terreno: Principios y Aplicaciones en las Ciencias Ambientales", Pentalfa Ediciones. ISBN: 84-7848-475-2, 2005.
27. Rock Works14. Manual del Usuario, USA, 2008.
28. Smirnov V.I. "Geología de los Minerales Útiles", Editorial Nedra, Moscú, 1982.
29. Smith R.L. y Smith T.M. "Ecología", Pearson Educación. S.A. Madrid, 2001.
30. Sociedad Audubón de Panamá. "Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar", Panamá, 2002.
31. Sowers G.B. y Sowers G.F. "Mecánica de Suelos y Cimentaciones", Editorial LIMUSA, México, 1978.
32. Tinajero J.A. "Aspectos Fundamentales en el Estudio del Agua Subterránea", Comisión del Plan Nacional Hidráulico. México, DF, 1982.
33. Torres J. "Estudio de Impacto Ambiental Categoría II. Proyecto de Extracción de Minerales no Metálicos (Arena Continental)". Cantera Las Vegas, S.A. Panamá, 2008.
34. Yakubovsky U.V. "Prospección Geoeléctrica", Editorial Niedra, Moscú, 1982.

# ANEXOS

## **ANEXO 1. DATOS DE CAMPO DE LAS PERFORACIONES**

## CUADRO CONSOLIDADO DE DATOS DE CAMPO DE LAS PERFORACIONES SEGÚN CADA UNO DE LOS POLÍGONOS EVALUADOS

El orden de secuencia numérica de las perforaciones se ha mantenido según lo desarrollado en el campo, lo que responde a estrategias de ejecución como apertura de trochas mientras se perforan sitios de fácil acceso, etc.

### POLÍGONO “A”

Pozo Nº	Coordenadas		Elevación, en m	Profundidad, en m	Capas Litológicas, en m		
	Este	Norte			Suelo con Arena	Arena	Lama
A-1	0703000	0996759	4.24	5.50	-	0.00 – 5.50	-
A-2	0702803	0996809	4.12	5.50	0.00 – 1.06	1.06 – 3.20	3.20 – 5.50
A-3	0702610	0996859	4.30	5.50	-	0.0 – 4.87	4.87 – 5.50
A-4	0702416	0996887	3.18	5.50	-	0.0 – 2.74	2.74 – 5.50
A-5	0702219	0996922	2.26	5.50	0.00 – 1.20	1.20 – 4.57	4.57 – 5.50
A-6	0702208	0996836	2.75	5.50	0.00 – 1.80	1.80 – 5.50	-
A-7	07024070	0996785	3.18	5.50	0.00 – 1.80	1.80 – 5.50	-
A-8	0702607	0996752	4.23	5.50	0.00 – 1.06	1.06 – 5.50	-
A-9	0702811	0996708	4.00	5.50	0.00 – 1.06	1.06 – 5.50	-
A-10	0702992	0996660	3.90	5.50	0.00 – 1.20	1.20 – 5.50	-
A-11	0702046	0997013	1.70	5.50	0.00 – 0.60	0.60 – 2.43 4.57 – 5.50	2.43 – 4.57
A-12	0702025	0996885	2.10	5.50	0.00 – 0.90	0.90 – 5.50	-
A-13	0701829	0996837	2.30	5.50	0.00 – 1.50	1.50 – 5.50	-
A-14	0701642	0996773	2.20	5.50	-	0.0 – 5.50	-
A-15	0701643	0996674	2.75	5.50	0.00 – 0.60	0.60 – 5.50	-
A-16	0701833	0996683	3.00	5.50	-	0.0 – 5.50	-
A-17	0702041	0996678	3.00	5.50	0.00 – 1.06	1.06 – 5.50	
A-18	0702035	0996581	3.50	5.50	0.00 – 0.90	0.90 – 4.87	4.87 – 5.50
A-19	0701837	0996584	3.60	5.50	0.00 – 0.90	0.90 – 5.50	-
A-20	0701641	0996577	3.40	5.50	0.00 – 0.60	0.60 – 3.35 4.42 – 5.50	3.35 – 4.42
A-21	0702185	0996723	3.76	5.50	0.00 – 0.90	0.90 – 4.84 5.17 – 5.50	4.87 – 5.17
A-22	0702182	0996630	2.69	5.50	0.00 – 0.90	0.90 – 5.50	-
A-23	0702175	0996533	4.12	3.65	0.00 – 0.60	0.60 – 3.65	-
A-24	0702427	0996512	3.66	5.50	0.00 – 1.80	1.80 – 5.50	-
A-25	0702433	0996610	3.30	5.50	-	0.0 – 4.87	4.87 – 5.50
A-26	0702625	0996510	4.37	5.10	0.00 – 0.90	0.90 – 4.57 5.03 – 5.50	4.57 – 5.03

<b>A-27</b>	0702822	0996509	3.50	5.50	0.00 – 0.90	0.90 – 4.57 5.03 – 5.50	4.57 – 5.03
<b>A-28</b>	0702619	0996608	4.40	5.50	0.00 – 0.90	0.90 – 1.80	1.80 – 5.50

### POLÍGONO “B”

Sondeo	Coordenadas		Elevación, en m	Profundidad, en m	Capas Litológicas, en m		
	Este	Norte			Suelo con Arena	Arena	Lama
<b>B-1</b>	0703200	0997200	5.50	6.00	-	-	0.00 – 6.00
<b>B-2</b>	0703204	0996751	4.00	6.00	0.00 – 0.90	0.90 – 6.00	-
<b>B-3</b>	0703200	0996651	3.00	6.00	0.00 – 0.90	0.90 – 6.00	-
<b>B-4</b>	0703400	0996625	4.00	6.00	0.00 – 0.90	0.90 – 5.20 5.75 – 6.00	5.20 – 5.75
<b>B-5</b>	0703400	0996725	5.25	6.00	0.00 – 1.20	1.20 – 6.00	-
<b>B-6</b>	0703600	0996580	4.00	6.00	0.00 – 1.00	1.00 – 4.04	4.04 – 6.00
<b>B-7</b>	0703600	0996680	5.20	6.00	0.00 – 0.40	0.40 – 4.95 5.11 – 6.00	4.95 – 5.11
<b>B-8</b>	0703604	0996782	5.50	6.00	0.00 – 0.40	0.40 – 4.50	4.50 -6.00
<b>B-9</b>	0703600	0996870	5.70	6.00	0.00 – 0.54	0.54 – 6.00	-
<b>B-10</b>	0703800	0996577	5.00	6.00	0.00 – 0.60	0.60 – 4.50 5.16 – 6.00	4.50 – 5.16
<b>B-11</b>	0703800	0996677	5.30	6.00	0.00 – 0.70	0.70 – 4.60	4.60 – 6.00
<b>B-12</b>	0703800	0996777	5.60	6.00	0.00 – 0.90	0.90 – 4.60	4.60 – 6.00
<b>B-13</b>	0703800	0996870	5.70	6.00	0.00 – 0.60	0.60 – 3.36 4.20 – 6.00	3.36 – 4.20
<b>B-14</b>	0704000	0996555	5.00	6.00	0.00 – 0.70	0.70 – 3.63 5.20 – 6.00	3.63 – 5.20
<b>B-15</b>	0704000	0996655	5.20	6.00	0.00 – 0.87	0.87 – 3.05	3.05 – 6.00
<b>B-16</b>	0704000	0996755	5.50	6.00	0.00 – 0.77	0.77 – 4.73	4.73 – 6.00
<b>B-17</b>	0704000	0996855	5.70	6.00	0.00 – 0.97	0.97 – 3.43	3.43 – 6.00
<b>B-18</b>	0704000	0996860	5.85	6.00	0.00 – 0.93	0.93 – 2.85 5.10 – 6.00	2.85 – 5.10
<b>B-19</b>	0704200	0996540	5.30	6.00	0.00 – 0.98	0.98 – 3.60	3.60 – 6.00
<b>B-20</b>	0704200	0996640	6.20	6.00	0.00 – 0.90	0.90 – 4.20	4.20 – 6.00
<b>B-21</b>	0704200	0996740	6.30	6.00	0.00 – 0.94	0.94 – 3.10	3.10 – 6.00
<b>B-22</b>	0704190	0996835	6.30	6.00	0.00 – 0.60	0.60 – 3.20	3.20 – 6.00
<b>B-23</b>	0704400	0996560	6.00	6.00	0.00 – 1.02	1.02 – 4.50	4.50 – 6.00
<b>B-24</b>	0704400	0996660	6.20	6.00	0.00 – 0.75	0.75 – 3.37	3.37 – 6.00

<b>B-25</b>	0704400	0996760	6.30	6.00	0.00 – 0.81	0.81 – 2.77	2.77 – 6.00
<b>B-26</b>	0704600	0996540	5.10	6.00	0.00 – 0.94	0.94 – 4.20	4.20 -6.00
<b>B-27</b>	0704600	0996640	6.25	6.00	0.00 – 0.85	0.85 – 2.86	2.86 – 6.00
<b>B-28</b>	0704600	0996740	6.50	6.00	0.00 – 0.92	0.92 – 3.08	3.08 – 6.00
<b>B-29</b>	0704800	0996485	6.15	6.00	0.00 – 0.82	0.82 – 2.50	2.50 – 6.00
<b>B-30</b>	0704800	0996585	6.30	6.00	0.00 – 0.85	0.85 – 2.40	2.40 – 6.00
<b>B-31</b>	0704800	0996685	6.50	6.00	0.00 – 0.98	0.98 – 2.08	2.08 – 6.00
<b>B-32</b>	0704603	0996942	5.80	6.00	0.00 – 0.40	0.40 – 0.90	0.90 – 6.00
<b>B-33</b>	0704408	0997097	5.80	6.00	0.00 – 0.62	-	0.62 – 6.00
<b>B-34</b>	0704800	0997048	6.80	6.00	0.00 – 0.92	-	0.92 – 6.00
<b>B-35</b>	0703000	0996759	4.24	5.50	-	0.00 – 6.00	-
<b>B-36</b>	0702992	0996660	3.90	5.50	0.00 – 1.20	1.20 – 6.00	-

### POLÍGONO “C”

Sondeo	Coordenadas		Elevación, en m	Profundidad, en m	Capas Litológicas, en m		
	Este	Norte			Suelo con Arena	Arena	Lama
<b>C-1</b>	0701500	0997600	5.10	6.00	0.00 - 0.60	-	0.60 – 6.00
<b>C-2</b>	0701500	0998200	5.20	6.00	0.00 – 0.40	-	0.40 – 6.00
<b>C-3</b>	0701900	0998200	4.60	6.00	0.00 – 0.90	-	0.90 – 6.00
<b>C-4</b>	0701900	0997700	4.50	6.00	0.00 – 1.36	1.36 – 6.00	-
<b>C-5</b>	0701900	0997800	4.50	6.00	0.00 – 0.40	0.40 – 6.00	-
<b>C-6</b>	0701700	0997700	4.80	6.00	0.00 – 0.40	0.40 – 6.00	-
<b>C-7</b>	0701700	0997800	4.90	6.00	0.00 – 0.72	0.72 – 6.00	-
<b>C-8</b>	0701700	0998000	5.00	6.00	0.00 – 0.74	0.74 – 4.30	4.30 – 6.00

### POLÍGONO “D”

Sondeo	Coordenadas		Elevación, en m	Profundidad, en m	Capas Litológicas, en m		
	Este	Norte			Suelo con Arena	Arena	Lama
<b>D-01</b>	704800	997200	7.00	6.00	-	-	0.00 – 6.00
<b>D-02</b>	705000	996444	6.00	6.00	0.00 – 0.64	0.64 – 6.00	-
<b>D-03</b>	705000	996544	6.20	6.00	0.00 – 0.67	0.67 – 3.90 5.02 – 6.00	3.90 – 5.02
<b>D-04</b>	705000	996700	6.80	6.00	-	-	0.00 – 6.00
<b>D-05</b>	705200	996558	5.80	6.00	0.00 – 0.62	0.62 – 6.00	-

D-06	705200	996458	5.80	6.00	0.00 – 0.64	0.64 – 3.90 4.36 – 6.00	3.90 – 4.36
D-07	705200	996358	5.80	6.00	0.00 – 0.64	0.64 – 6.00	-
D-08	705400	996250	6.30	6.00	0.00 – 0.64	0.64 – 4.20	4.20 – 6.00
D-09	705400	996350	6.30	6.00	0.00 – 0.90	0.90 – 6.00	-
D-10	705400	996441	6.30	6.00	0.00 – 0.92	0.92 – 4.20	4.20 – 6.00
D-11	705600	996194	8.00	6.00	0.00 – 0.60	0.60 – 4.40 5.64 – 6.00	4.40 – 5.64
D-12	705600	996294	6.90	6.00	0.00 – 0.62	0.62 – 4.20	4.20 – 6.00
D-13	705600	996394	6.70	6.00	0.00 – 0.84	0.84 – 4.90	4.90 – 6.00
D-14	705800	996121	8.20	6.00	0.00 – 0.87	0.87 – 4.20	4.20 – 6.00
D-15	705800	996227	8.30	6.00	0.00 – 0.67	0.67 – 5.00	5.00 – 6.00
D-16	705800	996320	8.00	6.00	0.00 – 0.64	0.64 – 4.30	4.30 – 6.00
D-17	706000	996208	8.30	6.00	0.00 – 0.74	0.74 – 5.40	5.40 – 6.00
D-18	706000	996300	8.30	6.00	0.00 – 0.81	0.81 – 6.00	-
D-19	706180	996241	8.30	6.00	0.00 – 0.74	0.74 – 6.00	-
D-20	706000	996088	8.20	6.00	0.00 – 0.72	0.72 – 3.00	3.00 – 6.00
D-21	705600	996500	6.60	6.00	-	-	0.00 – 6.00
D-22	706200	996400	8.00	6.00	-	-	0.00 – 6.00
D-23	706200	997200	7.20	6.00	-	-	0.00 – 6.00
D-24	705600	997200	7.20	6.00	-	-	0.00 – 6.00
DB-29	704800	996485	6.15	6.00	0.00 – 0.82	0.82 – 2.50	2.50 – 6.00
DB-30	704800	996585	6.30	6.00	0.00 – 0.85	0.85 – 2.40	2.40 – 6.00
DB-31	704800	996685	6.50	6.00	0.00 – 0.98	0.98 – 2.08	2.08 – 6.00
DB-34	704800	997048	6.80	6.00	0.00 – 0.92	-	0.92 – 6.00

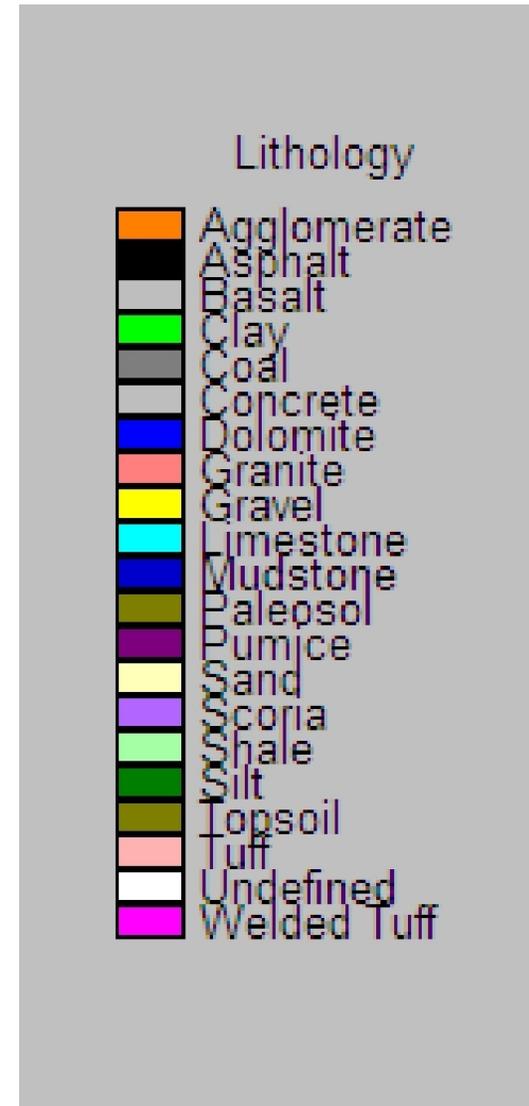
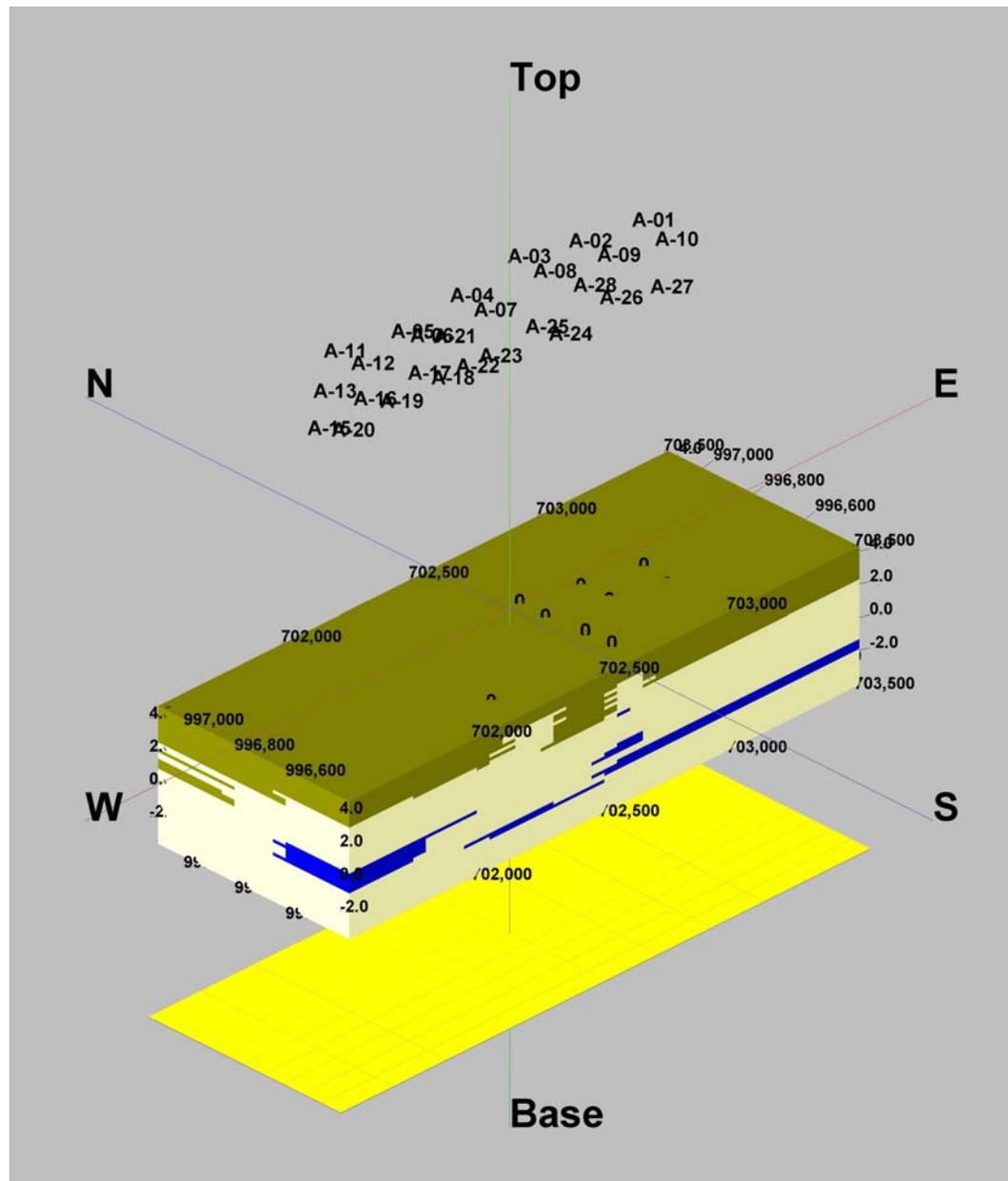
### POLÍGONO “E”

Sondeo	Coordenadas		Elevación, en m	Profundidad, en m	Capas Litológicas, en m		
	Este	Norte			Suelo con Arena	Arena	Lama
E-1	707800	996500	7.30	6.00	0.00 – 0.48	0.48 – 6.00	-
E-2	707800	996600	7.70	6.00	0.00 – 0.60	0.60 – 2.10	2.10 – 6.00
E-3	707800	996700	8.00	6.00	0.00 – 0.62	0.62 – 4.20	4.20 – 6.00
E-4	707800	996800	8.60	6.00	0.00 – 0.48	0.48 – 3.90	3.90 – 6.00
E-5	707600	996900	8.70	6.00	0.00 – 0.42	0.42 – 1.60 5.10 – 6.00	1.60 – 5-10
E-6	707600	996800	8.30	6.00	0.00 – 0.42	0.42 – 2.80	2.80 – 6.00

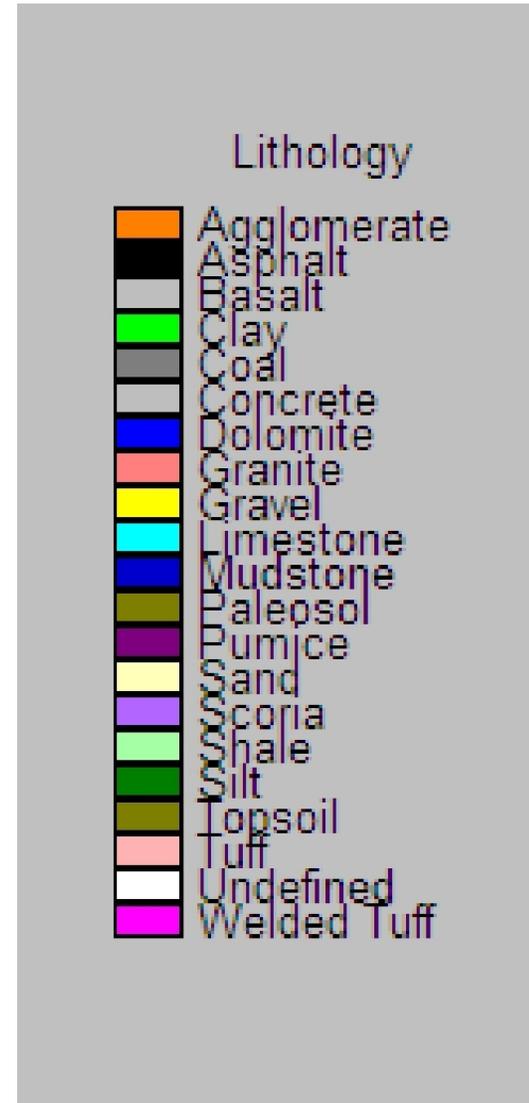
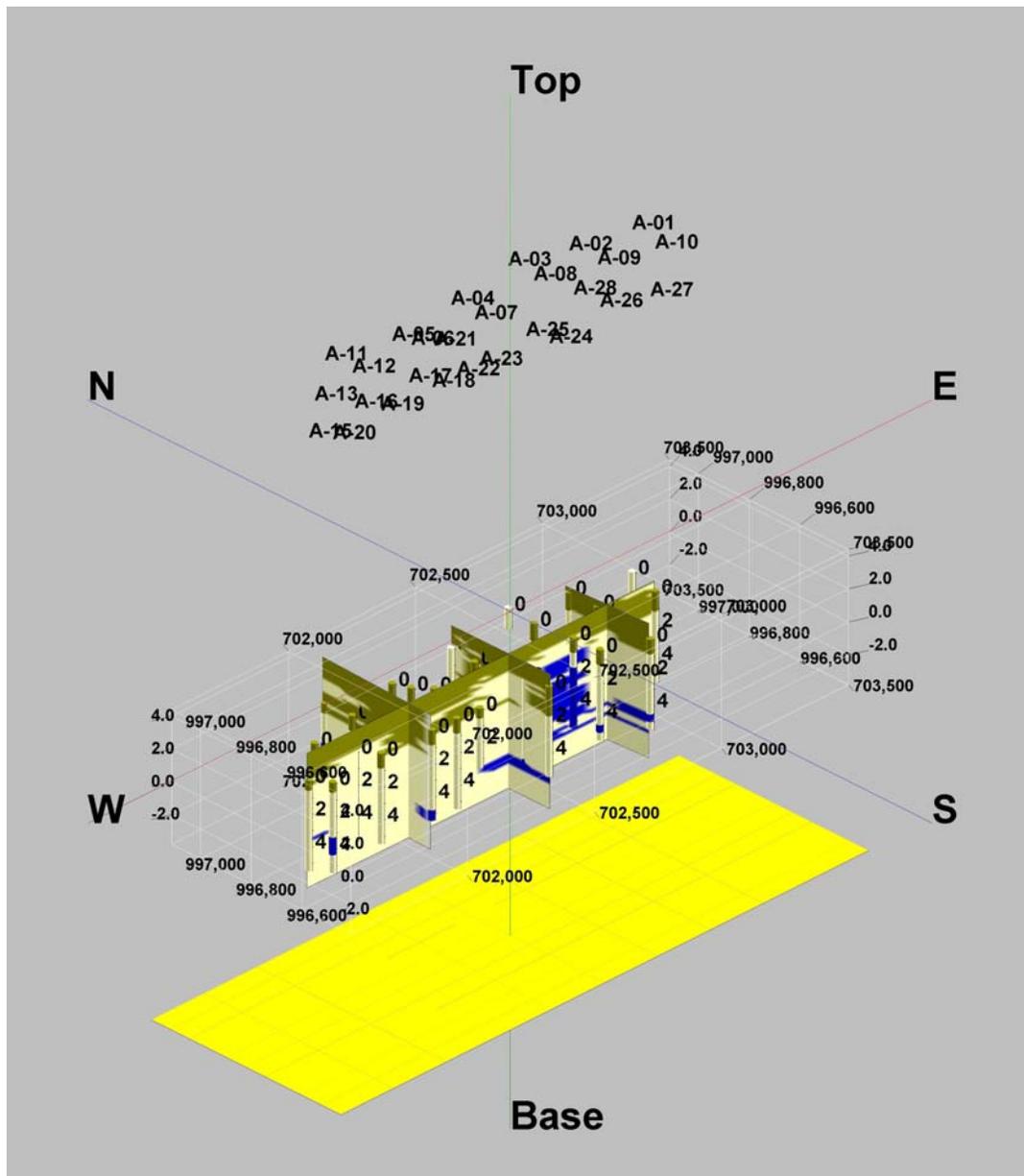
<b>E-7</b>	707600	996700	8.25	6.00	0.00 – 0.40	0.40 – 2.10	2.10 – 6.00
<b>E-8</b>	707600	996600	7.90	6.00	0.00 – 0.40	0.40 – 2.90	2.90 – 6.00
<b>E-9</b>	707400	996700	9.00	6.00	0.00 – 0.70	0.70 – 2.20	2.20 – 6.00
<b>E-10</b>	707400	996800	9.20	6.00	0.00 – 0.90	0.90 – 4.80	4.80 – 6.00
<b>E-11</b>	707400	996900	9.30	6.00	0.00 – 0.65	0.65 – 4.50	4.50 – 6.00
<b>E-12</b>	707400	997000	9.30	6.00	0.00 – 0.70	0.70 – 3.80	3.80 – 6.00
<b>E-13</b>	707200	996900	8.80	6.00	0.00 – 0.60	0.60 – 4.10	4.10 – 6.00
<b>E-14</b>	707200	997000	8.80	6.00	0.00 – 0.61	0.61 – 4.20	4.20 – 6.00
<b>E-15</b>	707200	997100	8.80	6.00	0.00 – 0.65	0.65 – 4.00	4.00 – 6.00
<b>E-16</b>	707000	997000	8.60	6.00	0.00 – 0.70	0.70 – 3.90	3.90 – 6.00
<b>E-17</b>	707000	997100	8.30	6.00	0.00 – 0.30	0.30 – 3.90	3.90 – 6.00
<b>E-18</b>	707800	997200	9.00	6.00	-	-	0.00 – 6.00
<b>E-19</b>	706600	997200	7.80	6.00	-	-	0.00 – 6.00

## **ANEXO 2. POLÍGONO "A"**

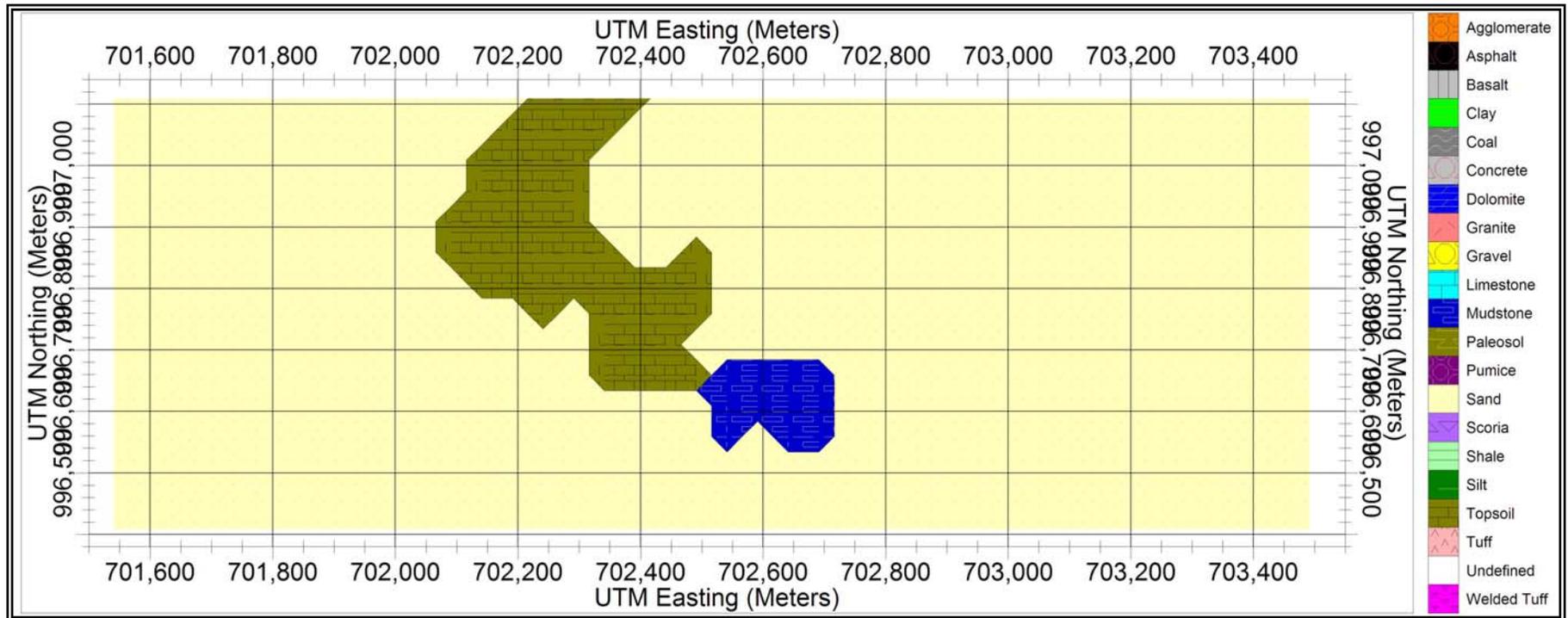
# BLOQUE MODELO LITOLÓGICO POLÍGONO "A"



# BLOQUE MODELO PERFILES LITOLÓGICOS POLÍGONO "A"

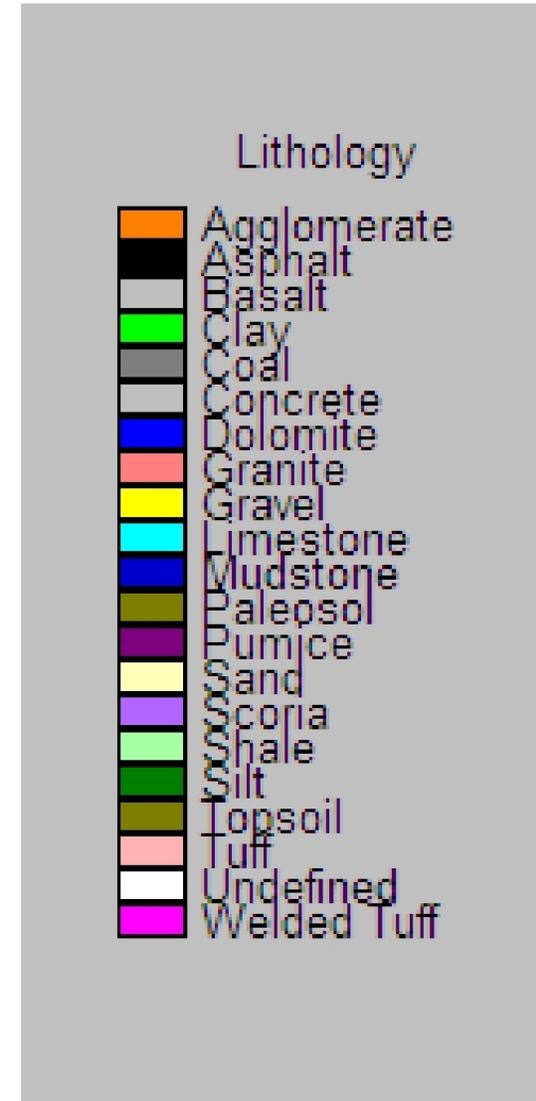
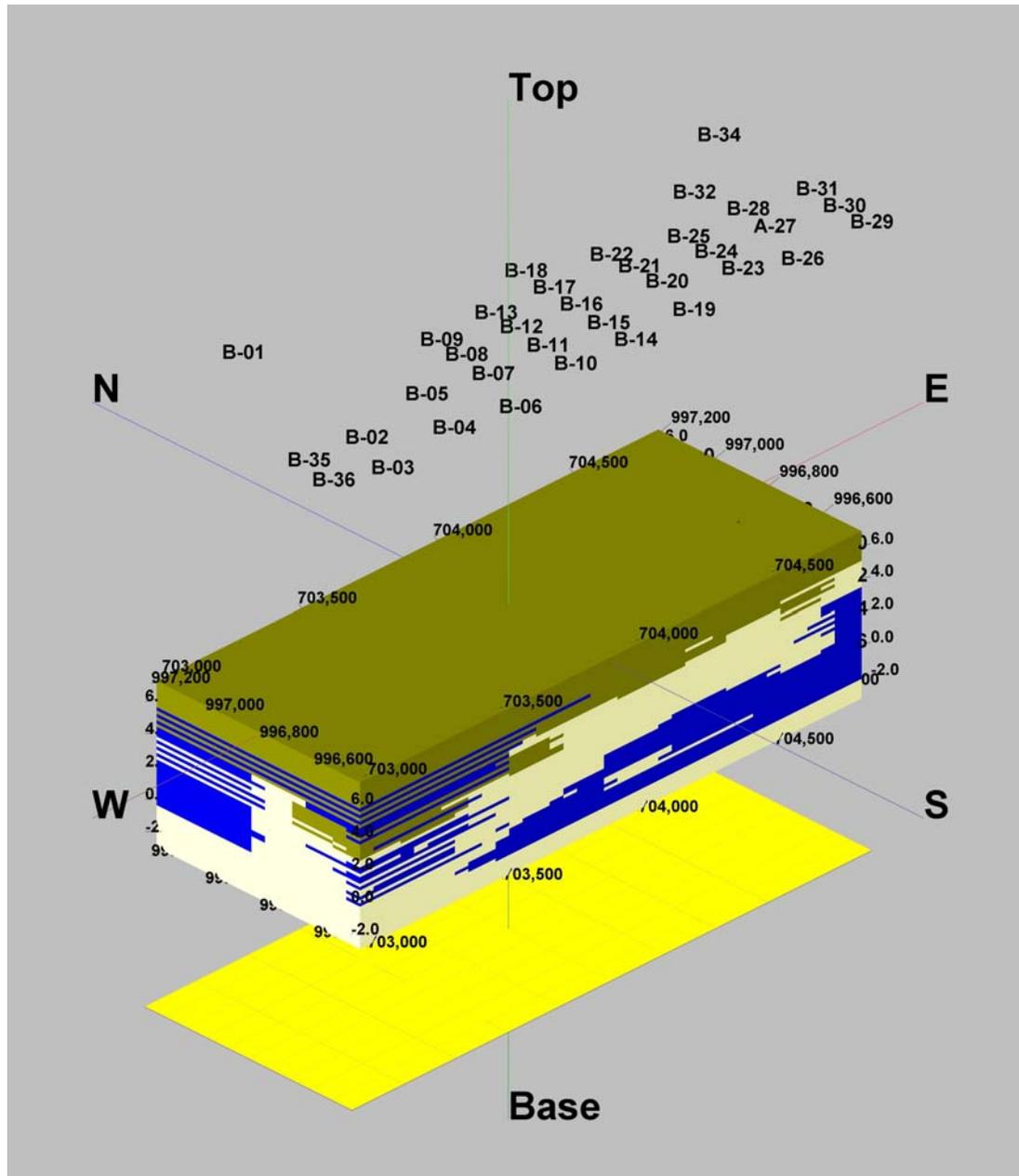


## MAPA LITOLÓGICO (CORTE HORIZONTAL, ELEVACIÓN 2.00 M.S.N.M.) POLÍGONO "A"

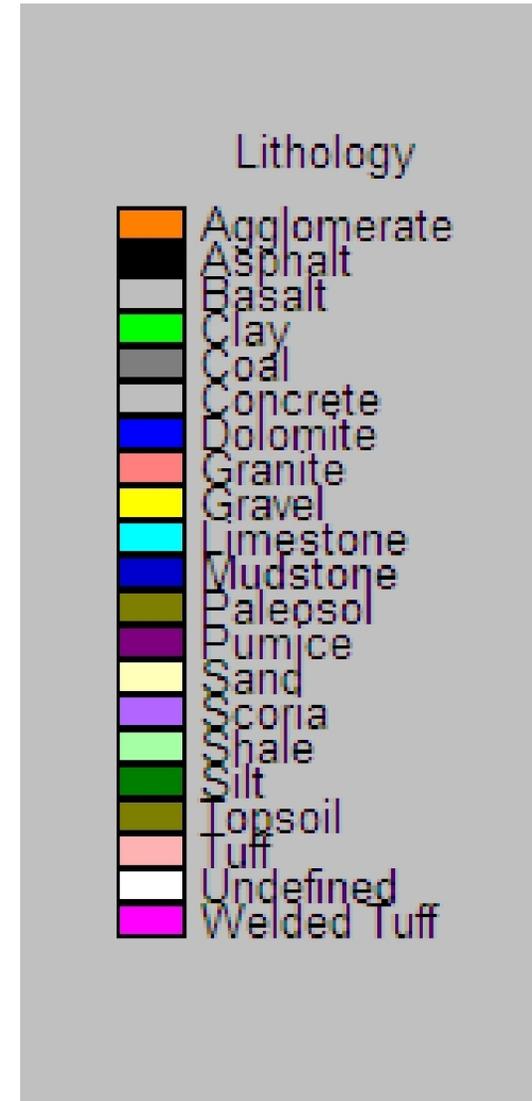
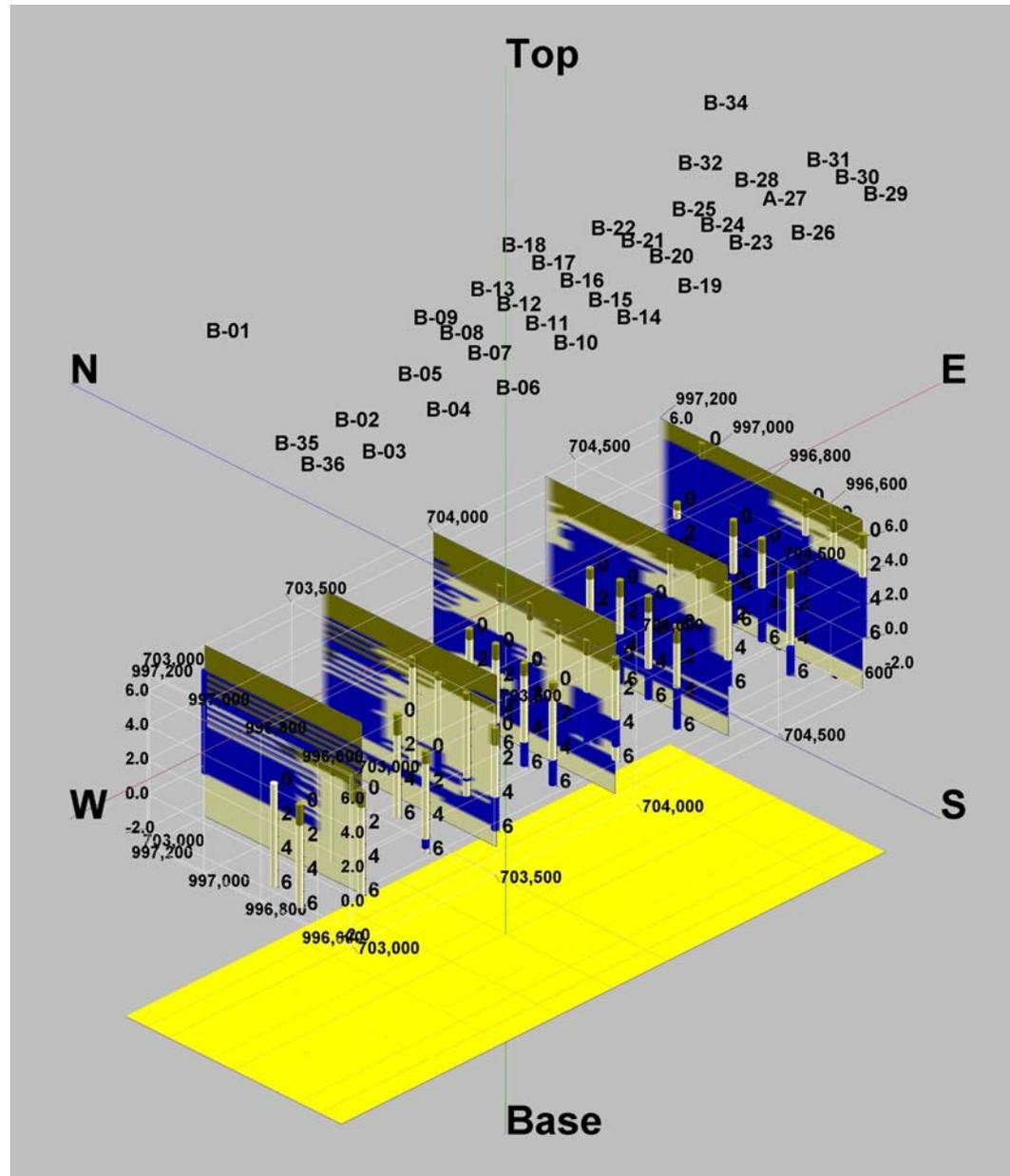


## **ANEXO 3. POLÍGONO "B"**

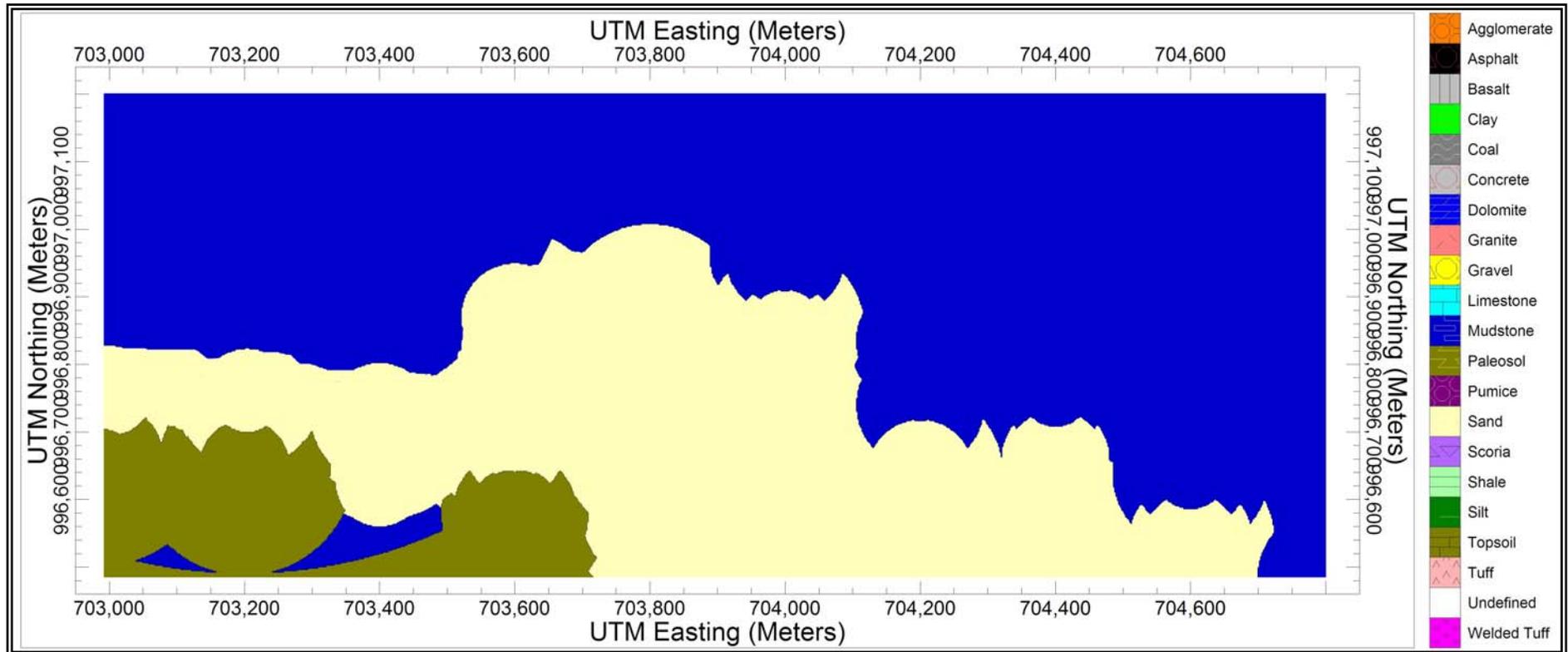
# BLOQUE MODELO LITOLÓGICO POLÍGONO "B"



# BLOQUE MODELO PERFILES LITOLÓGICOS POLÍGONO "B"

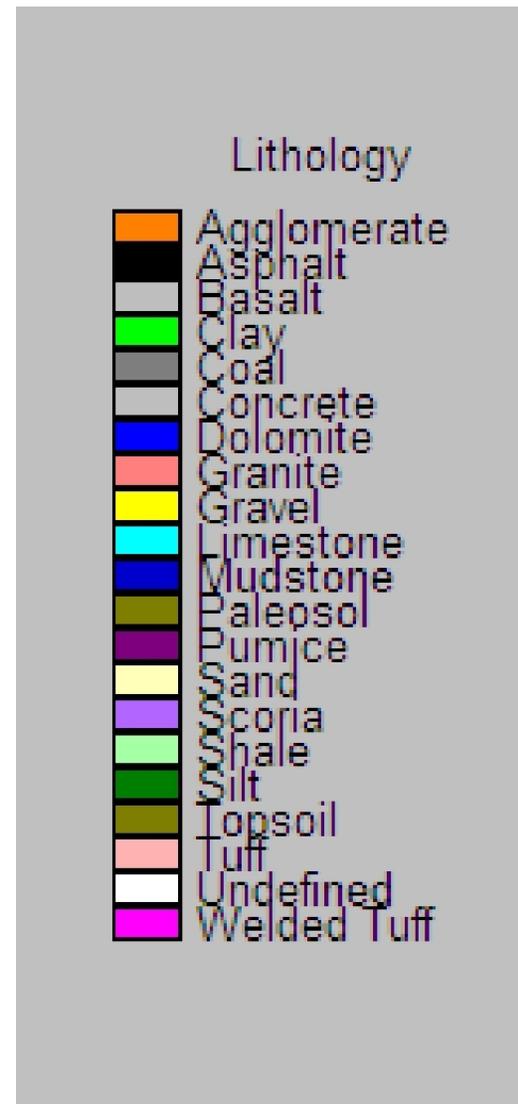
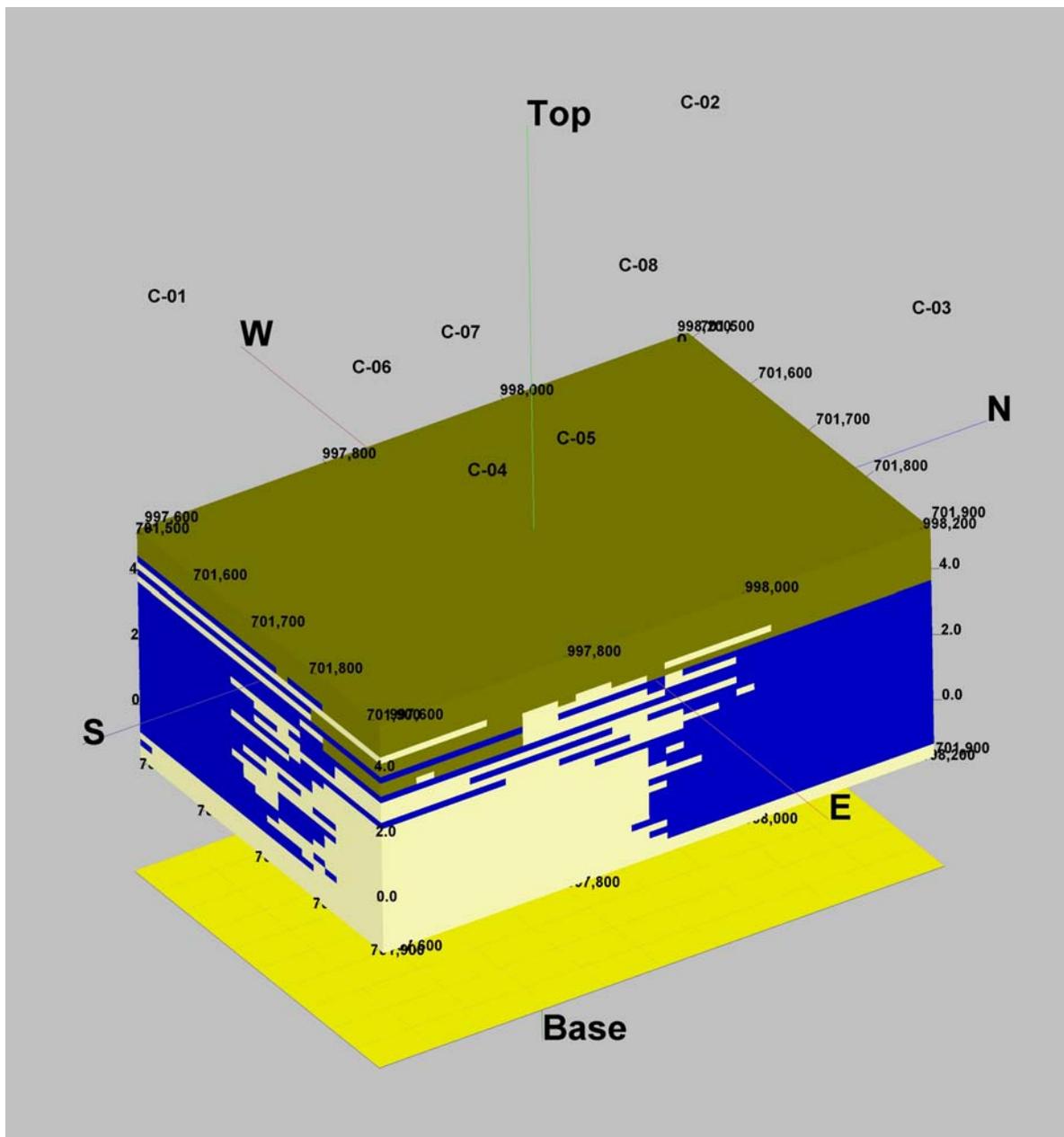


## MAPA LITOLÓGICO (CORTE HORIZONTAL, ELEVACIÓN 3.50 M.S.N.M.) POLÍGONO "B"

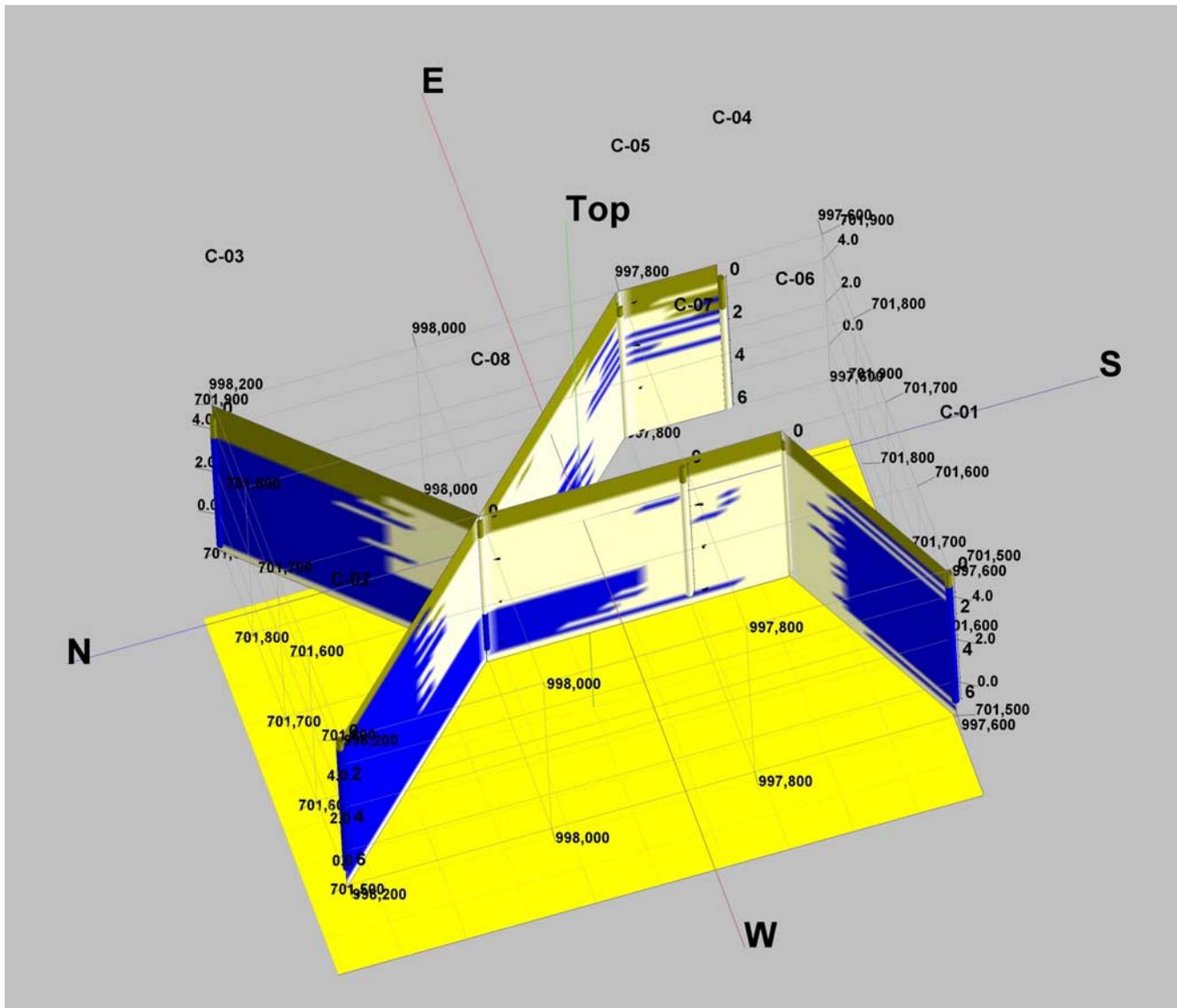


## **ANEXO 4. POLÍGONO "C"**

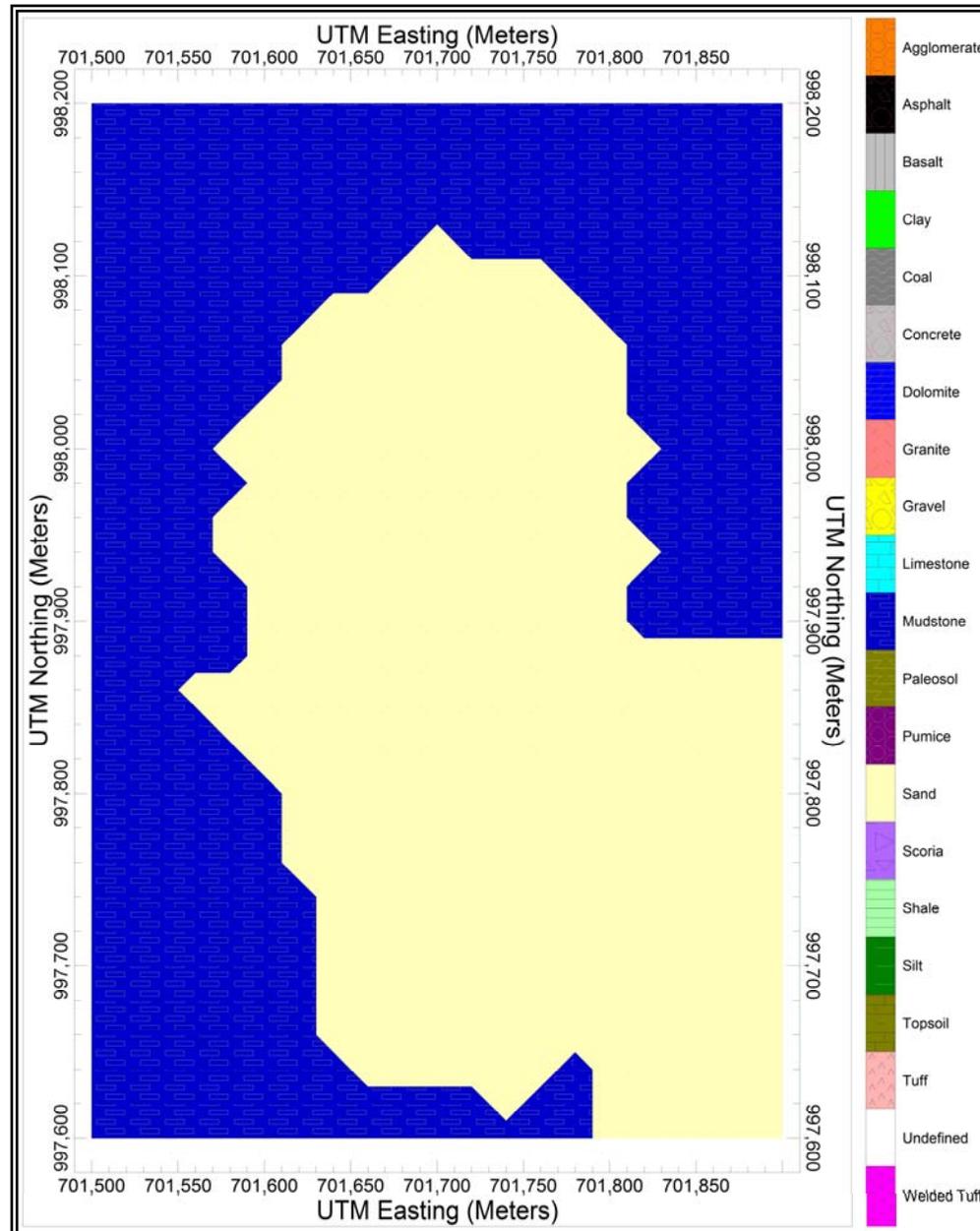
# BLOQUE MODELO LITOLÓGICO POLÍGONO "C"



# BLOQUE MODELO PERFILES LITOLÓGICOS POLÍGONO "C"

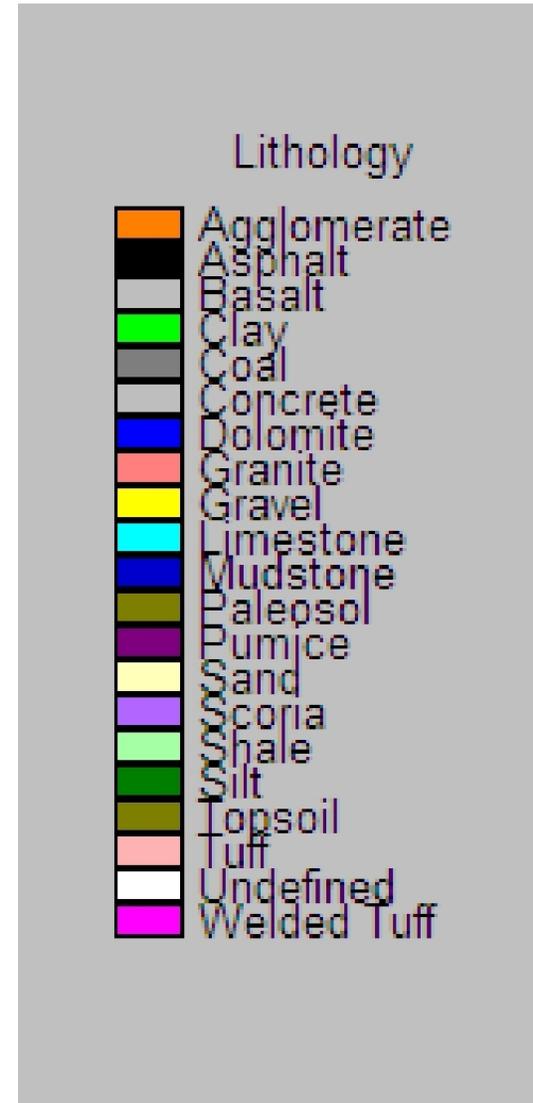
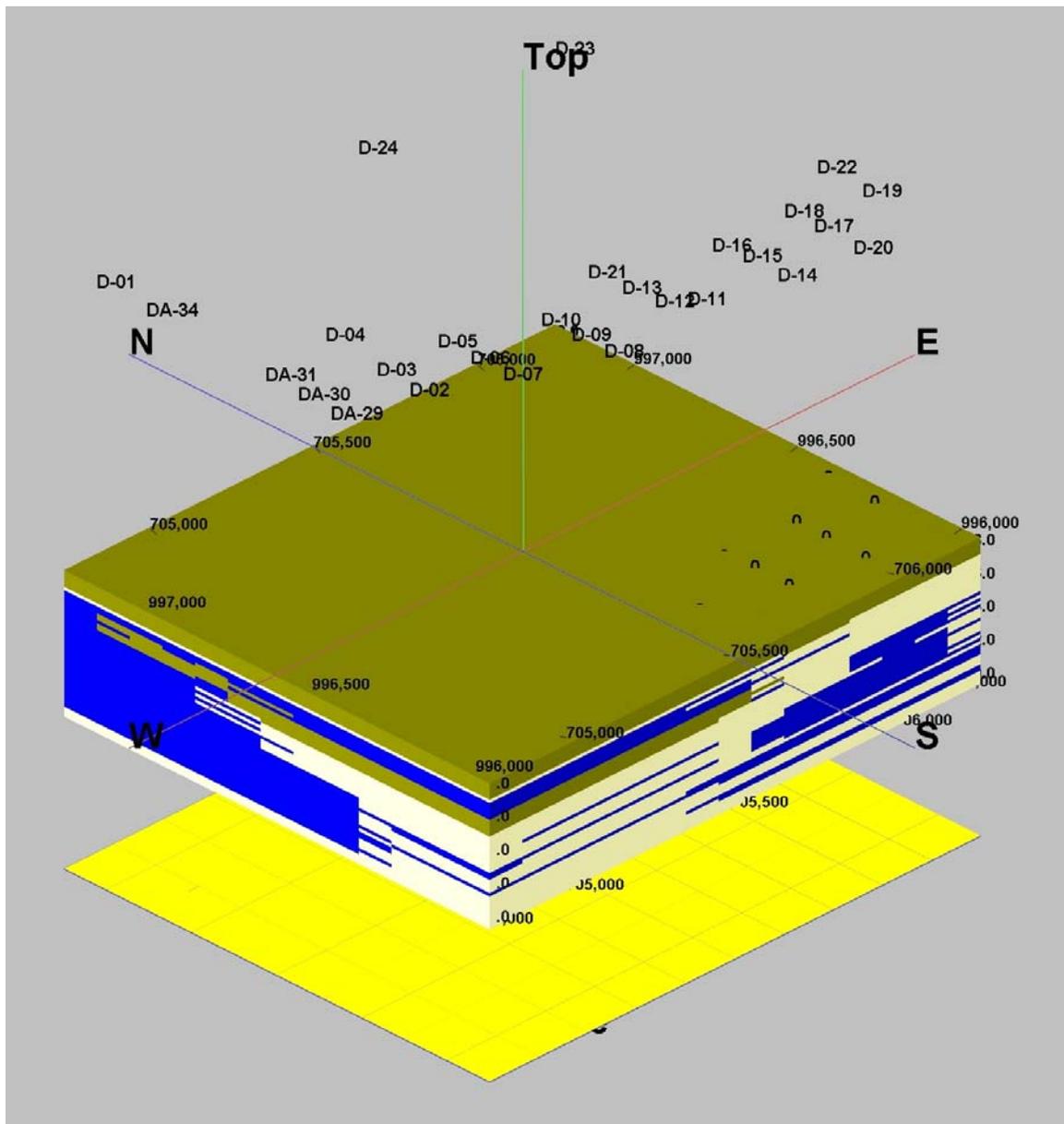


# MAPA LITOLÓGICO (CORTE HORIZONTAL, ELEVACIÓN 2.40 M.S.N.M.) POLÍGONO "C"

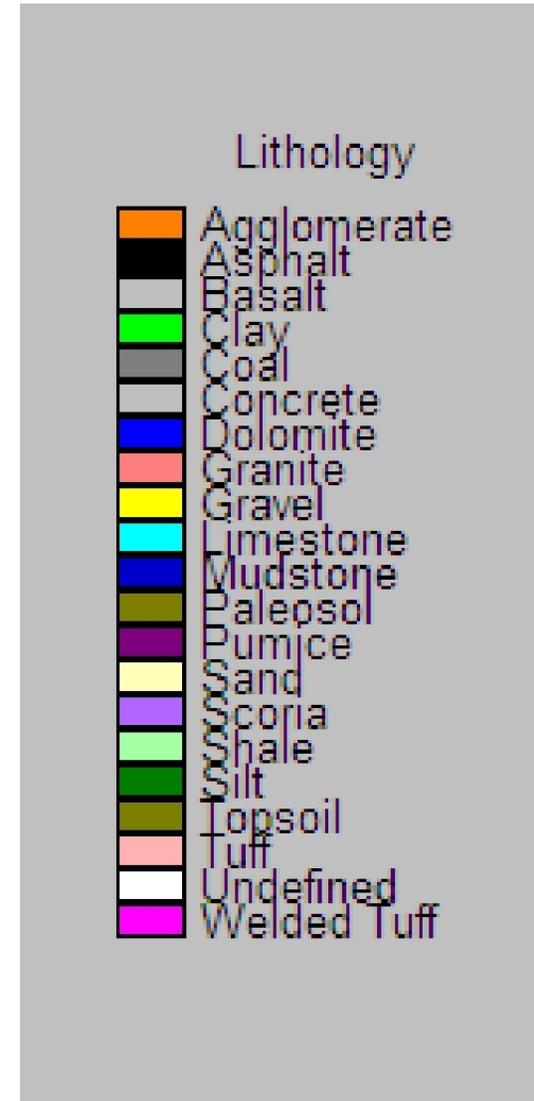
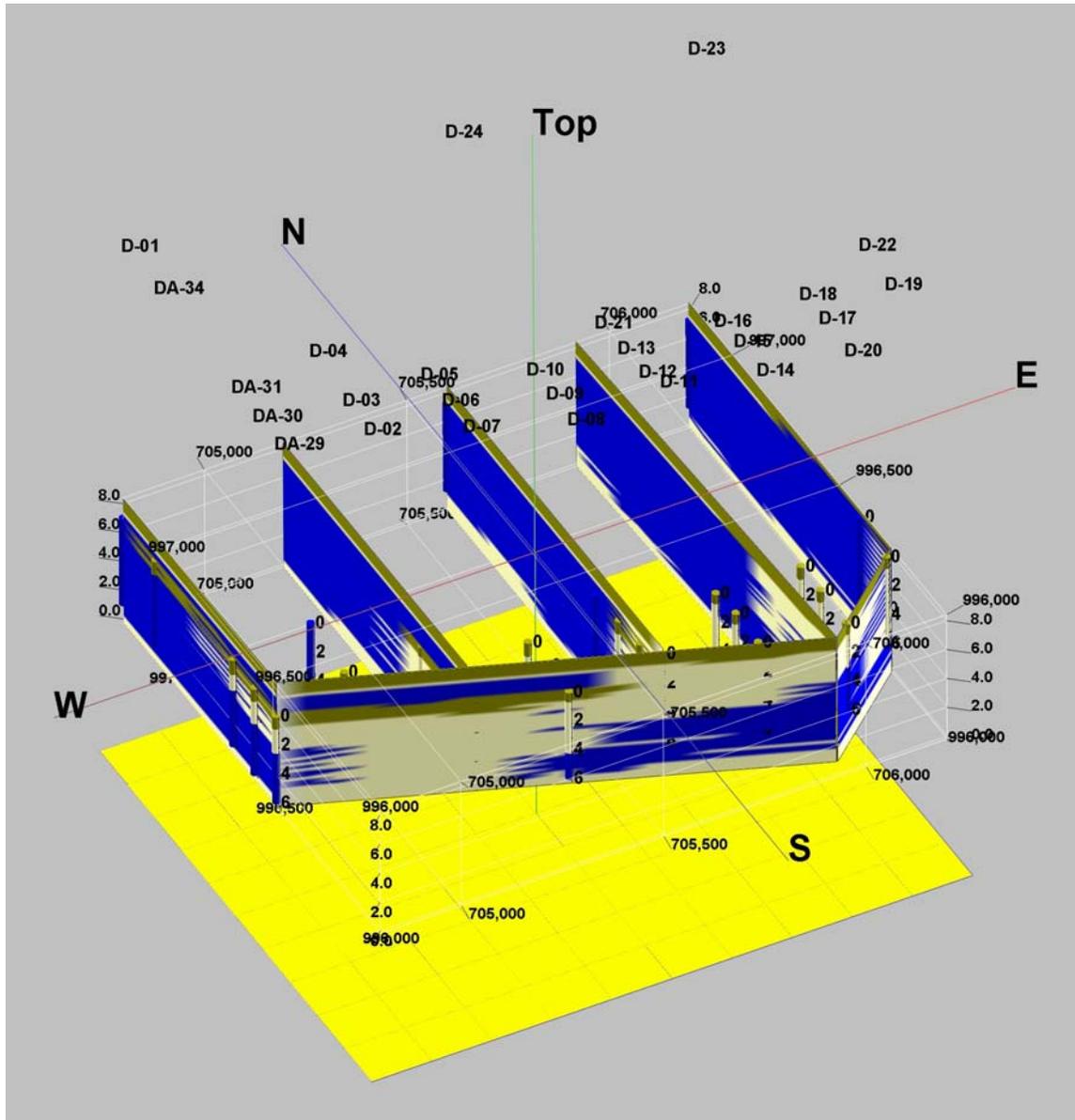


## **ANEXO 5. POLÍGONO "D"**

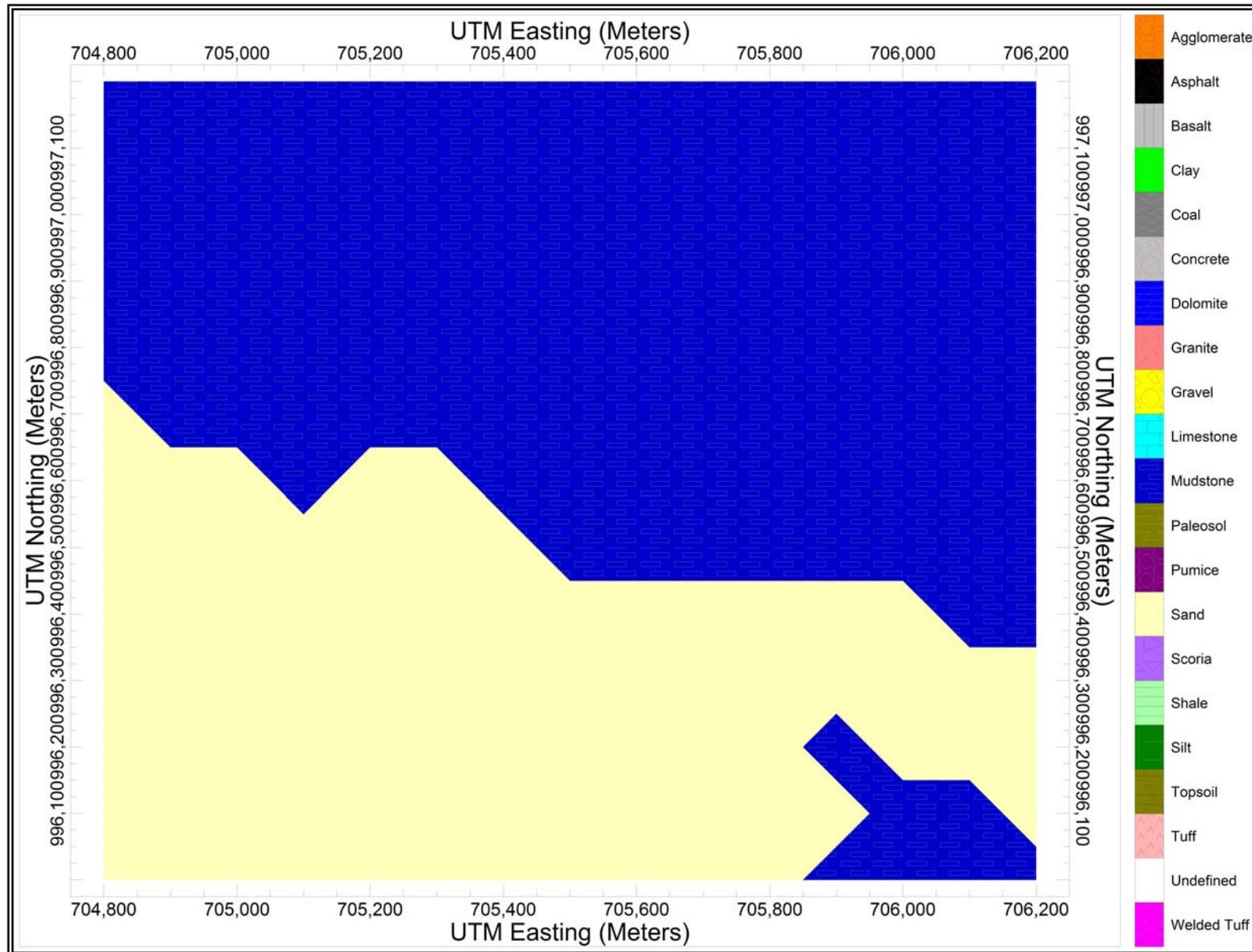
# BLOQUE MODELO LITOLÓGICO POLÍGONO "D"



# BLOQUE MODELO PERFILES LTOLÓGICOS POLÍGONO "D"

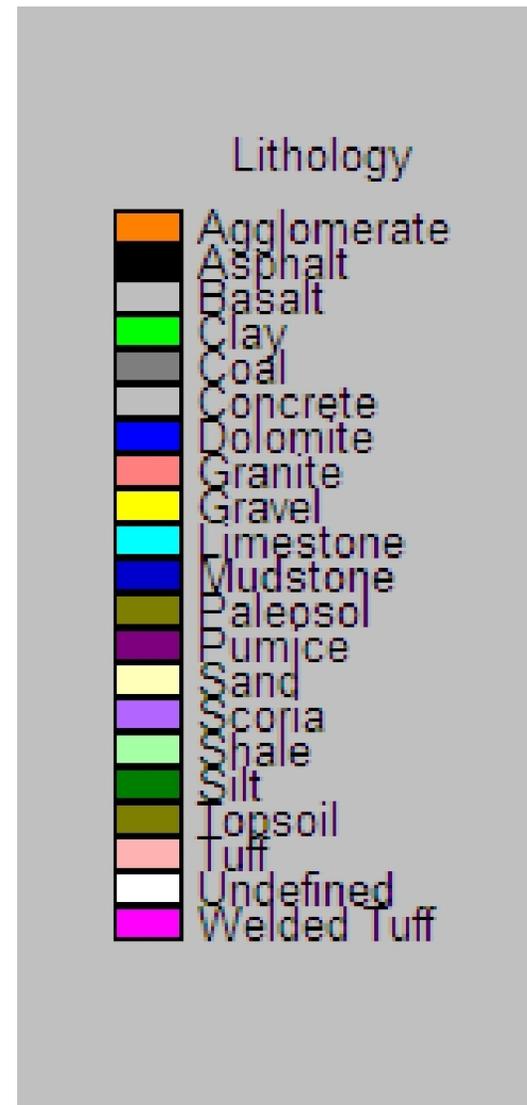
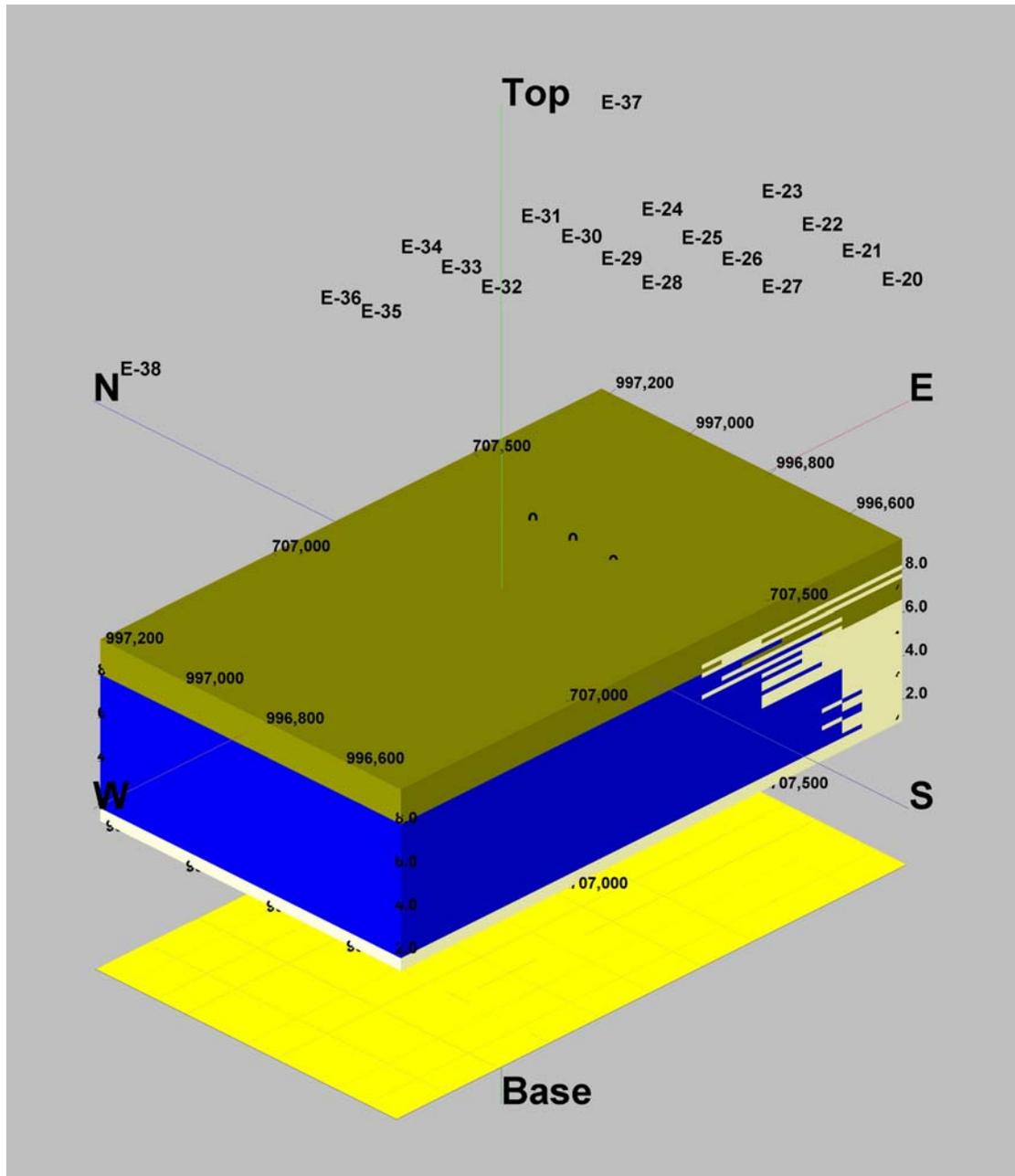


# MAPA LITOLÓGICO (CORTE HORIZONTAL, ELEVACIÓN 5.00 M.S.N.M.) POLÍGONO "D"

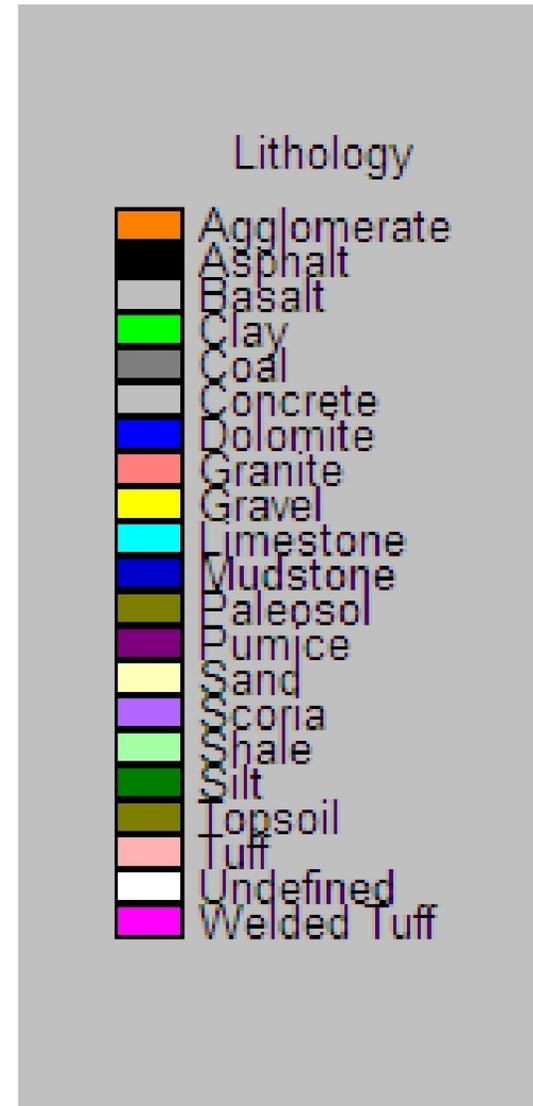
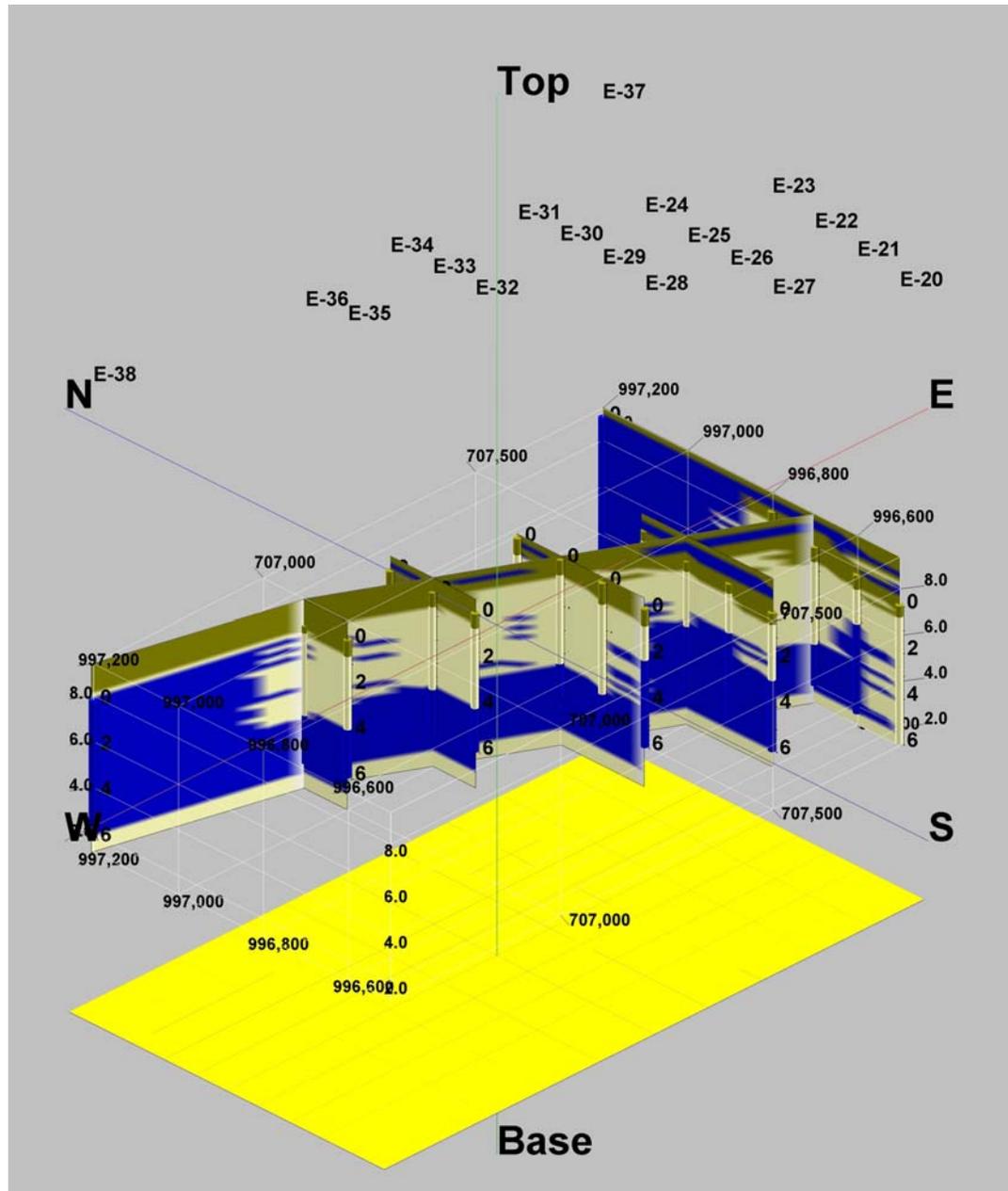


## **ANEXO 6. POLÍGONO "E"**

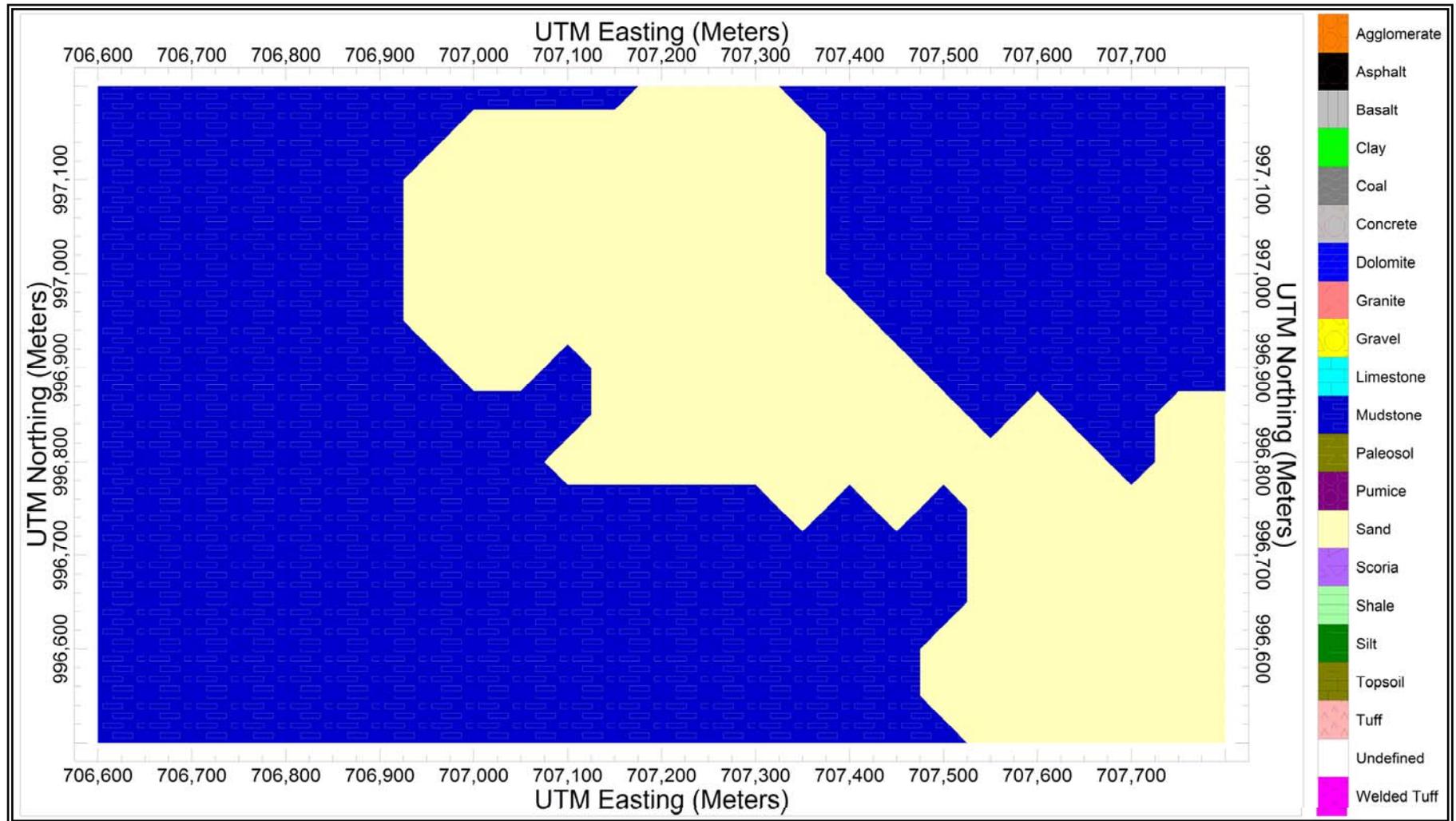
# BLOQUE MODELO LITOLÓGICO POLÍGONO "E"



# BLOQUE MODELO PERFILES LITOLÓGICOS POLÍGONO "E"



# MAPA LITOLÓGICO (CORTE HORIZONTAL, ELEVACIÓN 6.60 M.S.N.M.) POLÍGONO “E”



## **ANEXO 7. DATOS DE MUESTREO**



**DIRECCION NACIONAL DE RECURSOS MINERALES  
MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIAS  
PANAMÁ**

Dirección: Calle Melchor Lasso De-La Vega, Viejo  
Veranillo, Apartado Postal 085-01119, Panamá .  
Tel.: (507) 560-0540/41 Fax: (507)560-0527/28.

Ref. Lab.X 1106-1

Panamá, 21 de enero 2008

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:** Chepo M-1, Chepo M-2, Chepo M-3.

**SUMINISTRADA POR:** Cantera Las Vegas.

**OBSERVACIONES SOBRE EL ESTADO DE LA MUESTRA:**

**SERVICIOS SUBCONTRATADOS:** No  Sí

\_\_\_\_\_  
(Nombre del Laboratorio o Analista subcontratado)

**METODO UTILIZADO:** Granulometría fina, de acuerdo a la norma ASTM C 136

**NORMA:** NORMA:ASTMC 136

**PROCEDIMIENTO:**

**PATRONES E INSTRUMENTOS UTILIZADOS:**  
tamices ASTM, balanzas , horno de secado.

**OBSERVACIONES:**

**PARA COMPLETAR SOLO EN CASO DE QUE EL LABORATORIO HAYA REALIZADO EL MUESTREO:N/A**

**Fecha del muestreo:**

**Lugar del muestreo:**

**Plan o procedimiento de muestreo utilizado:**

**Observaciones: (Desviaciones, adiciones o exclusiones del método si aplica)**

**Condiciones**

**ambientales:**

**Temperatura (C°):**

**Humedad (%):**

**Otra:**

**Resultado:**

<b>Granulometría fina:</b>	1106-1	Chepo M-1
Peso de la muestra Húmeda (g) =		2060
Peso de la muestra Seca (g) =		1686,2

MALLA	PESO	PESO	ACUMULADO	ACUMULADO	ASTM C 33
N°	RETENIDO(g.)	RETENIDO(%)	RETENIDO(%)	PASANTE(%)	LÍMITES A. P.(%)
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	100
4	0	0,00	0,00	100,00	95-100
8	0	0,00	0,00	100,00	80-100
16	0	0,00	0,00	100,00	50 - 85
30	14,2	0,84	0,84	99,16	25 - 60
50	260,9	15,47	16,31	83,69	10 - 30
100	1138,5	67,52	83,83	16,17	2- 10
-100	272,4	16,15			
pérdida	0,2	0,01			
<b>TOTAL</b>	<b>1686,20</b>	<b>100</b>			
			<b>FM:</b>	<b>1,01</b>	



Este informe se refiere únicamente a la muestra recibida y no necesariamente a cualquier otro material de la misma fuente. El Laboratorio de la DNRM no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los ensayos o analizados de este informe. El informe no es válido sin firma y el sello de la DNRM.

Ref. Lab.X/ 1106-1

**INFORME DE LABORATORIO**

**Resultado:**

<b>Granulometría fina:</b>		1106-1	Chepo M-2		
Peso de la muestra Húmeda (g) =			2220		
Peso de la muestra Seca (g) =			1865,9		
<b>MALLA</b>	<b>PESO</b>	<b>PESO</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>ASTM C 33</b>
<b>N°</b>	<b>RETENIDO(g.)</b>	<b>RETENIDO(%)</b>	<b>RETENIDO(%)</b>	<b>PASANTE(%)</b>	<b>LÍMITES A. P.(%)</b>
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	100
4	0	0,00	0,00	100,00	95-100
8	0	0,00	0,00	100,00	80-100
16	0	0,00	0,00	100,00	50 - 85
30	16,1	0,86	0,86	99,14	25 - 60
50	342,4	18,35	19,21	80,79	10 - 30
100	1246,3	66,79	86,01	13,99	2- 10
-100	258,7	13,86			
pérdida	2,4	0,13			
<b>TOTAL</b>	<b>1865,90</b>	<b>100</b>			
			<b>FM:</b>	<b>1,06</b>	

<b>Granulometría fina:</b>		1106-1	Chepo M-3		
Peso de la muestra Húmeda (g) =			2380		
Peso de la muestra Seca (g) =			1968,6		
<b>MALLA</b>	<b>PESO</b>	<b>PESO</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>ASTM C 33</b>
<b>N°</b>	<b>RETENIDO(g.)</b>	<b>RETENIDO(%)</b>	<b>RETENIDO(%)</b>	<b>PASANTE(%)</b>	<b>LÍMITES A. P.(%)</b>
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	100
4	0	0,00	0,00	100,00	95-100
8	0	0,00	0,00	100,00	80-100
16	0	0,00	0,00	100,00	50 - 85
30	24,3	1,23	1,23	98,77	25 - 60
50	387,0	19,66	20,89	79,11	10 - 30
100	1331,7	67,65	88,54	11,46	2- 10
-100	222,7	11,31			
pérdida	2,9	0,15			
<b>TOTAL</b>	<b>1968,60</b>	<b>100</b>			
			<b>FM:</b>	<b>1,11</b>	



Técnico /Analista Responsable

ASGC Lic. Esteban Castillo

Jefe de Laboratorio Lic. Marcia Pastor

Firma:

Firma: *Esteban Castillo*

Firma: *Marcia Pastor*

Este informe se refiere únicamente a la muestra recibida y no necesariamente a cualquier otro material de la misma fuente. El Laboratorio de la DNRM no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los ensayos o analizadas de este informe. El informe no es valido sin firma y el sello de la DNRM.