

**Figura No. 4.6.2.3-3 Mapa de niveles freáticos de agua subterránea y posición de pozos**

De esta manera, según los datos de campo de las tres pruebas de bombeo realizadas con un caudal de extracción global de  $Q = 53 \text{ gpm}$ , ( $Q_{\text{Sistema No. 1}} = 17 \text{ gpm}$ ;  $Q_{\text{Sistema No. 2}} = 18 \text{ gpm}$  y  $Q_{\text{Sistema No. 3}} = 18 \text{ gpm}$ ), la permeabilidad promedio del sector de la pista de aterrizaje fue de  $K_{\text{prom}} = 1.43 \text{ m/día} = 2.0 \text{ E-3 cm/s}$ .

Con estos resultados podemos ver que el tipo de permeabilidad, a la cual responde el acuífero en la zona estudiada es de clasificación: **“Clase 6: Acuífero Pobre; Permeabilidad Pequeña”**, según referencias de Custodio y Llamas (Hidrología Subterránea, Pag. 478, 1976), citando la Tabla de “Clases de terrenos de Bredding”

**Cuadro 4.6.2.3-5 TABLA DE “CLASES DE TERRENOS DE BREDDING”**

Clase	Permeabilidad según Hazen, cm/seg	Clase de acuífero	Clase de permeabilidad
1	3	muy bueno	muy alta
2	0.77	muy bueno	muy alta

3	0.10	bueno	Alta
4	0.05	regular	Media
5	9 E-03	pobre	pequeña
6	5 E-03	pobre	pequeña
7	2 E-03	muy pobre	muy pequeña
8	7 E-04	muy pobre	muy pequeña
9	7 E-05	impermeable	prácticamente impermeable
10	1 E-05	impermeable	prácticamente impermeable
11	< 1 E-05	impermeable	prácticamente impermeable
12	<< 1 E-05	impermeable	prácticamente impermeable

#### 4.7 INVESTIGACIONES HIDROQUÍMICAS

Durante la realización de las pruebas de bombeo se procedió con el muestreo del agua de los distintos sistemas captadores, pudiendo comprobarse directo en el campo por simple inspección que si bien es cierto que tenía un sabor típico de aguas subterráneas mineralizadas, el mismo no provoca rechazo.

Los análisis físico-químicos del agua de los Sistemas Captadores No. 1 y 2 fueron realizados por el Laboratorio de Química y Física Aplicada, del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá. Los ensayos químicos se efectuaron de acuerdo a los procedimientos del "Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 20<sup>th</sup> edition, 1998, APHA-AWWA-WEF".

Los resultados obtenidos son de importancia, ya que servirán de referencia inicial de calidad de esta agua y de esta manera se podrá llevar un monitoreo de la composición de las mismas, con lo cual, se aplicarían las medidas de control de flujo que en un futuro sean necesarias. Cabe destacar que es imprescindible aplicar dosificadores de

cloro como medida preventiva a fin de garantizar su pureza en el aspecto calidad bacteriológica.

**CUADRO No. 4.7-1 CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA**

CARACTERÍSTICAS	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES	UNIDADES	SISTEMA # 1	SISTEMA # 2
<b>VALORES DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PARA EL AGUA POTABLE</b>				
Turbiedad	<b>1.0 (OMS - 5.0)</b>	UNT	4.08	1.84
Potencial de Hidrógeno	<b>6.5 – 8.5</b>	Un. de pH	7.14	7.05
<b>VALORES DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS INORGÁNICAS PARA EL AGUA POTABLE</b>				
Alcalinidad Total, (CaCO <sub>3</sub> )	<b>120.0</b>	Mg/l	304.0	286.0
Sólidos Disueltos Totales	<b>500.0</b>	Mg/l	335.0	283.0
Dureza Total, (CaCO <sub>3</sub> )	<b>100.0 (Canadá - 500.0)</b>	Mg/l	214.0	210.0
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	<b>250.0</b>	Mg/l	29.0	31.0
Magnesio (Mg)**	<b>50.0</b>	Mg/l	5.11	4.89
Hierro (Fe)	<b>0.30</b>	Mg/l	< 0.10	< 0.10
Calcio (Ca)**	<b>250.0</b>	Mg/l	114.15	92.05
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	<b>250.0</b>	Mg/l	77.70	22.10
Conductividad*	<b>750.0</b>	µmhos/cm	698.0	589.0

Fuente: Norma COPANIT 395-99. MICI. República de Panamá

\* Fuente: U.S. Salinity Laboratory Staff

\*\* Fuente: Normas de países de Norteamérica y Unión Europea (Reino Unido). EPA

Los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos en su gran mayoría no presentaron problemas con el contenido permitido de minerales disueltos en el agua. Los mismos fueron comparados con la Lista de "Valores Máximos Permitidos de las Características Físicas y Químicas Inorgánicas para el Agua Potable" de la Norma COPANIT 395-99 de la República de Panamá. Bajo tales circunstancias el agua subterránea de la Isla Viveros puede considerarse de buena calidad y apta para consumo humano. Sin embargo, algunos parámetros evaluados se encuentran con valores elevados:

- **Turbiedad:** Este parámetro para el caso de captadores nuevos de pocas horas de uso es por lo general ligeramente elevado, no obstante tiende a disminuir con el uso sistemático del captador, ya que existe arrastre de finos de la estructura del suelo y de los rellenos de grietas y fisuras que conforman el acuífero que en este caso tiene permeabilidad de tipo secundario.
  
- **Alcalinidad Total ( $\text{CaCO}_3$ ):** Los valores elevados de este parámetro se deben a la composición geoquímica del material filtrante encajante de los captadores, donde predomina la roca acuífera de origen marino con alto contenido arcilloso como lutitas, areniscas tobáceas y las calizas, ya que los iones de carbonato y de bicarbonato presentes en el agua, contribuyen a la alcalinidad. Efecto indeseable: solo se circunscribe al uso de estas aguas con fines industriales, farmacéuticos, etc. y no se considera algo de perjuicio para los usuarios.
  
- **Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ ):** Los valores elevados de este parámetro también se deben a la composición geoquímica de las rocas presentes en el área del proyecto. La dureza del agua la producen el calcio y magnesio. Los iones de bicarbonato están presentes en el agua subterránea como resultado de dióxido de carbono disuelto. El dióxido de carbono ayuda al agua a disolver la caliza o con la cual entra en contacto. Estas rocas consisten de carbonatos de calcio y magnesio. Al disolverse, éstas suministran los iones de calcio y magnesio que causan la dureza. Una dureza de 50 a 150 ppm carece de importancia en la mayoría de los casos. Cuando los niveles de dureza alcanzan hasta 200 o 300 ppm o más, es necesario suavizar el agua para usos domésticos por medio de tratamientos encaminados a eliminar los minerales que causan la dureza.

Se utilizan diferentes procedimientos para la remoción de estos minerales: por ejemplo, el tratamiento a base de adición de productos químicos con siguientes etapas de sedimentación y filtración. Además, existe la alternativa de tratamiento por intercambio iónico. Actualmente, hay un amplio espectro de posibilidades de remoción de carbonatos o suavización de agua, que resulta ventajoso explorar el

mercado en busca de las últimas tecnologías, que por lo general tienden hacer más eficientes y a menor costo con el paso de tiempo.

## **5. BALANCE HÍDRICO PARA EL SECTOR DE LA PISTA DE ATERRIZAJE**

### **5.1 DISCUSIÓN SOBRE EL POTENCIAL ACUIFERO Y EL RENDIMIENTO SEGURO**

Las condiciones de sectores del Proyecto que están dotados de sistemas captadores, los sitios prospectivos en su conjunto que aun están pendientes de una eventual explotación en las futuras fases de desarrollo, plantean una interrogante fundamental acerca de la viabilidad del abastecimiento por agua subterránea que considera el presente análisis. ¿Cuanta agua podemos extraer del área del Proyecto sin desbalancear los equilibrios naturales de flujo hacia la costa, reposición natural y otros?

Sobre esta cuestión se introducen y orientan los cálculos técnicos que presentamos a continuación, basados principalmente en configurar un volumen y balancear sus entradas y salidas con los cuidados especiales de evaluación de impacto ambiental que exigen los acuíferos insulares, y otros tipos de reservas disponibles que conforman el medio acuífero investigado en Isla Viveros.

El criterio profesional sobre rendimiento seguro de los acuíferos freáticos es limitar en la medida de lo posible las extracciones a un volumen igual al de la recarga promedio, sea esta natural o artificial. El bombeo bajo condiciones freáticas reduce necesariamente el espesor saturado, sobre todo en las proximidades de los pozos, bajando su eficiencia. Esto impone en proyectos con períodos definidos de vigencia una captación con rendimientos moderados, lo que también brinda mayores intervalos en las paradas por mantenimiento, aunque se tengan que considerar un número mayor de pozos.

## **5.2 BALANCE HIDRICO**

### **5.2.1 ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE RESERVA DE AGUA**

Aunque en el apartado sobre características fisiográficas de este Informe aparecen los detalles sobre datos climáticos, estamos complementándolos con otros específicos del balance hídrico de referencia para la explotación de las reservas disponibles. En tal sentido, hemos tenido a bien presentar los criterios utilizados para el ejercicio de cálculo de las mismas.

### **5.2.2 ESCORRENTIA**

La Escorrentía superficial o cantidad de agua precipitada en milímetros que se pierde por escurrimiento, para el sector estudiado se estima con valores por el orden de 1,600 mm según el Atlas Nacional para la Isla del Rey, y dado el caso de la proximidad de Isla Viveros que comparte idénticas características geomorfológicas, estaríamos utilizando este valor máximo para efectuar los análisis en el inventario de reservas de agua subterráneas.

### **5.2.3 EVAPOTRANSPIRACION**

Tratándose de una Investigación Hidrogeológica con fines prácticos y siguiendo la idea de algunos investigadores, que han propuesto fórmulas para calcular la Evapotranspiración Real Anual en función de variables climáticas como precipitación, temperatura, etc., y habiendo en lo personal experimentado con la fórmula de Turc, (Custodio y Llamas, Editorial Omega, Madrid, 1976), la incorporamos porque hemos estado obteniendo a nivel nacional estimados bastante razonables al balancear para determinar la infiltración efectiva en distintos proyectos. Turc experimentando con más de 200 cuencas en diversas partes del mundo, nos ofrece la siguiente expresión sin valores o rangos de vigencia condicionados como sucede con algunas fórmulas de otros autores, cabiendo señalar, por ejemplo, que para el caso de la cuenca de Río Hato que hemos calculado anteriormente, la fórmula de Turc coincidió con los valores

de balance según Thornthwaite. De esta manera la consideramos óptima para la Isla Viveros y así tenemos:

$$E T R = P / (0.9 + P^2/L^2)$$

en la que:

E T R = Evapotranspiración Real en mm/año

P = Precipitación en mm/año

L =  $300 + 25 t + 0.05 t^2$  (adimensional)

t = Temperatura media anual en °C

De nuestros datos climáticos tenemos:

P = 2,500 mm

L = 997.61

t = 26.5°C

$$E T R = 348 \text{ mm/año}$$

#### 5.2.4 INFILTRACIÓN EFECTIVA

El acopio de la información para realización de este ejercicio tiene como principal objetivo estimar las posibilidades de recarga del acuífero vía precipitación pluvial. Se asume con fines de simplificación, que las Entradas y Salidas del régimen de Aguas Subterráneas están balanceadas, concretándonos al área estudiada exclusivamente. En síntesis, es válido recordar el Axioma de Lavoisier, que dice que *“la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma”*. Así:

$$\text{ENTRADAS} = \text{SALIDAS} \pm \text{VARIACIÓN DE ALMACENAMIENTO}$$

De esta manera para el sector estudiado de la pista de aterrizaje sería:

Cantidad que entra por Precipitación (P)

- 2,500 mm/año

Cantidad que sale por Escorrentía directa (ED)	-	1,600 mm/año
Cantidad que sale por Evapotranspiración real anual calculada (ETR)	-	348 mm/año
<b>Infiltración Eficaz o Profunda</b>	=	<b>552 mm/año</b>

El Volumen Estimado de Infiltración Eficaz anual sería de:

$$V = h \times A$$

$$V = 0.552 \text{ m/año} \times 1,378,800 \text{ m}^2 = 761,098 \text{ m}^3/\text{año}$$

en donde:

$h$  = Altura de la columna de agua de Infiltración Profunda, en m/año

$A$  = Área de Infiltración Efectiva, en mts<sup>2</sup> estimada por simple inspección sobre la zona de Isla Viveros con sistemas captadores ya existentes y con potencial de construcción (alrededor de la pista de aterrizaje).

El aporte por Infiltración Efectiva es el que mantendrá la columna de agua en el acuífero a su máximo nivel al final de la estación lluviosa pese a que los datos se refieren a la Precipitación Anual, y ya que el bombeo se mantendrá a lo largo de la época seca, deberán considerarse las reservas que pueden hacer su aporte durante esta época crítica que serían las Reservas Estáticas. En todo caso es aconsejable en acuíferos freáticos que la demanda del proyecto nunca sobrepase la Infiltración Eficaz.

### 5.3 RESERVAS ESTÁTICAS ( $Q_{est}$ )

Las representan los volúmenes de agua contenidas en poros y/o sistema de grietas o fisuras, que pueden obtenerse de un acuífero bajo la acción de la fuerza de gravedad:

$$Q_{est} = \text{porosidad eficaz} \times \text{volumen del acuífero}$$

La porosidad eficaz para rocas sedimentarias, según referencia de Custodio y Llamas, (Omega 1976, pag. 468), propias de las características de la formación geológica Topaliza, se ha estimado en 1.5% del volumen total productivo de acuífero. De esta manera tenemos Reservas Estáticas Totales:

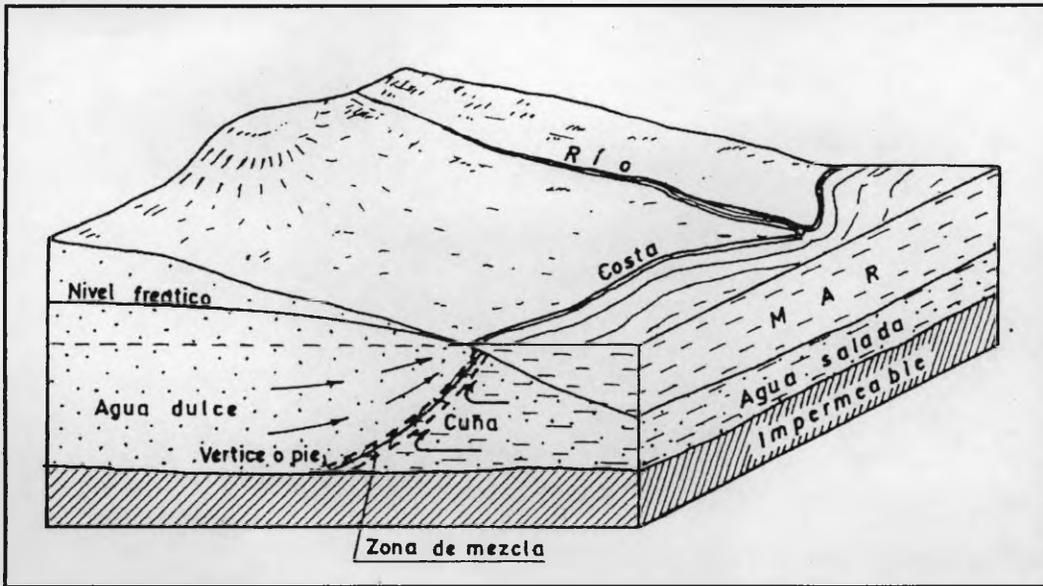
$$\text{Reservas Estáticas Totales, } Q_{\text{est}} = 41,364,000 \times 0.015 = 620,460 \text{ m}^3$$

De estas Reservas Estáticas durante todo el año la parte productiva de las mismas se podría estimar hasta en un **15%** sin alterar sensiblemente la capacidad de respuesta hidráulica al bombeo del espesor saturado "H", lo que significarían unos **93,069 m<sup>3</sup>** de agua subterránea con fines moderadores. Teniendo una demanda del Proyecto en su primera fase de 50,000 galones diarios o **69,077 m<sup>3</sup>/año**, la misma representaría un 10% de la reposición anual por infiltración profunda. Con este ejercicio de Balance Hídrico podemos deducir que existe la reserva suficiente para abastecer por fuente subterránea las necesidades de agua del Proyecto en su primera fase con el área considerada (sector de la pista de aterrizaje). Según la inspección de campo todavía se cuenta con tres posibles emplazamientos típicos de nuevos captadores en el área, (de 6 a 8 pozos punteras cada uno).

## 6. RELACIÓN AGUA DULCE – AGUA SALADA EN LAS REGIONES COSTERAS

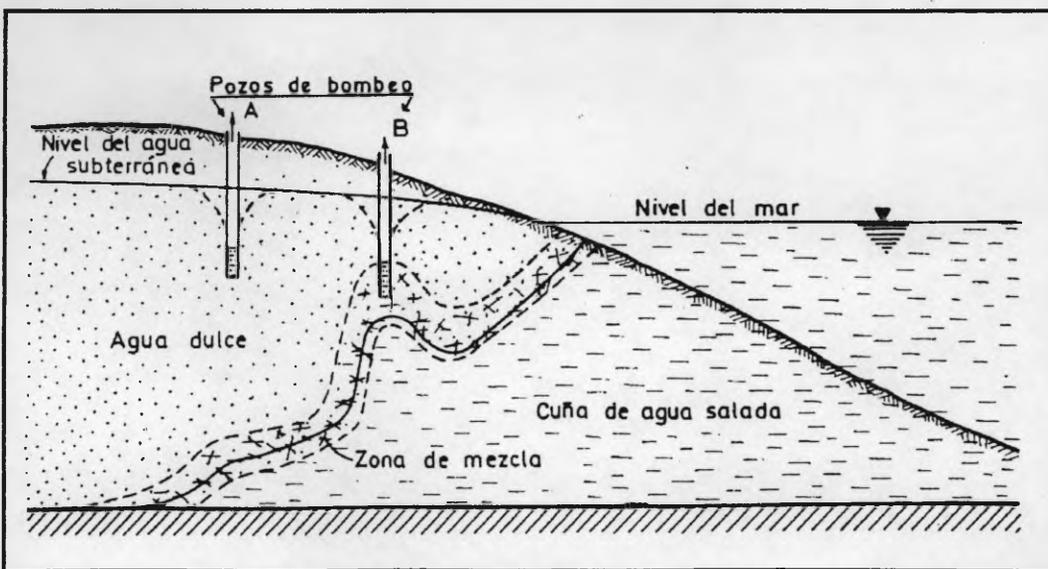
### 6.1 PRINCIPIOS GENERALES

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 6.1-1):



**Figura No. 6.1-1. Cuña de agua salada en un acuífero costero. Se muestran los elementos de equilibrio hidrodinámico entre las aguas saladas y dulces. Ante la presencia de bombeo el balance podría alterarse y provocar que el agua salada se desplace tierra adentro**

Si al bombear pozos se extrae agua de un acuífero costero o insular, 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. 6.1-2):



**Figura No. 6.1-2 Formación de conos de agua salada debajo de captaciones (pozos)**

## 6.2 CALCULO DE LA POSICIÓN DE LA INTERFASE – ISLA VIVEROS

Para el caso de cálculos de la relación agua dulce–agua salada, correspondiente a la posición de la interfase cuando, se asume, que no hay zona de mezcla y el agua dulce sale al mar por una superficie horizontal, escogimos la fórmula de Glover (1956), que aunque esta especificada para acuífero cautivo, donde el techo coincide con el nivel del mar, puede utilizarse para acuíferos freáticos con gradiente hidráulico pequeño, como en nuestro caso. La red de flujo viene dada por:

$$x + iz = \frac{k}{2q_0\beta} (\phi + i\psi)^2$$

En donde:

- $x$  = distancia a la costa
- $z$  = profundidad de la interfaz bajo el nivel del mar
- $q_0$  = caudal de agua dulce por unidad de longitud de costa
- $k$  = Permeabilidad
- $\beta$  =  $(\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_d = 1/40 = 0.025$
- $l$  =  $\sqrt{-1}$
- $\Phi^2$  =  $(q_0/k) (x + \sqrt{x^2 + z^2})$ , función potencial
- $\Psi^2$  =  $(q_0\beta/k) (-x + \sqrt{x^2 + z^2})$ , función de corriente

La ecuación de la interfaz es (fórmula de Glover):

$$z^2 - \frac{2q_0x}{\beta k} - \frac{q_0^2}{k^2\beta^2} = 0$$

Para la profundidad de interfaz bajo nivel del mar en acuíferos libres no recargados ( $W=0$ ), según la fórmula de Verruijt, (1968):

$$z^2 = \frac{2q_0x}{k} \times \frac{1}{\beta(1+\beta)} + \frac{q_0^2}{k^2\beta^2} \times \frac{1-\beta}{1+\beta}$$

Estos cálculos son importantes porque, conociendo en forma aproximada la profundidad de la interfase en el período de diseño, podemos determinar el caudal de

extracción de equilibrio que mantendrá bajo control un ascenso crítico de un eventual domo salobre en el sector explotado. De esta manera, según la fórmula de Glover y para las condiciones específicas del área del Proyecto, la profundidad de la interfaz bajo el nivel del mar para cada Sistema Captador sería la siguiente:

### **SISTEMA CAPTADOR No. 1**

$$z^2 = 50.67 x + 641$$

Donde:

- $H$  = 30.00 m (Espesor medio del acuífero asumido)  
 $K_1$  = 0.90 m/día (Permeabilidad)  
 $i_1$  =  $2.1 \times 10^{-2}$  (Gradiente hidráulico del flujo subterráneo)  
 $q_0$  =  $0.57 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}$  (Caudal de agua dulce por unidad de longitud de costa)

**Tabla No. 6.2-1 Posición de la interfaz en función de la distancia a la costa**

x, en metros	z, en metros
0	25.32
10	33.87
20	40.67
30	46.48
40	51.64
50	56.33
60	60.66
70	64.70
80	68.50
90	72.11
100	75.54
120	81.97
140	87.93
160	93.51
180	98.78
200	103.78
250	115.34
300	125.84
<b>350 (Sistema Captador No. 1)</b>	<b>135.53</b>
400	144.57



**Figura No. 6.2-1 Posición de la cuña de agua salada en el área del Sistema No. 1**

**SISTEMA CAPTADOR No. 2**

$$z^2 = 28.87 x + 208.36$$

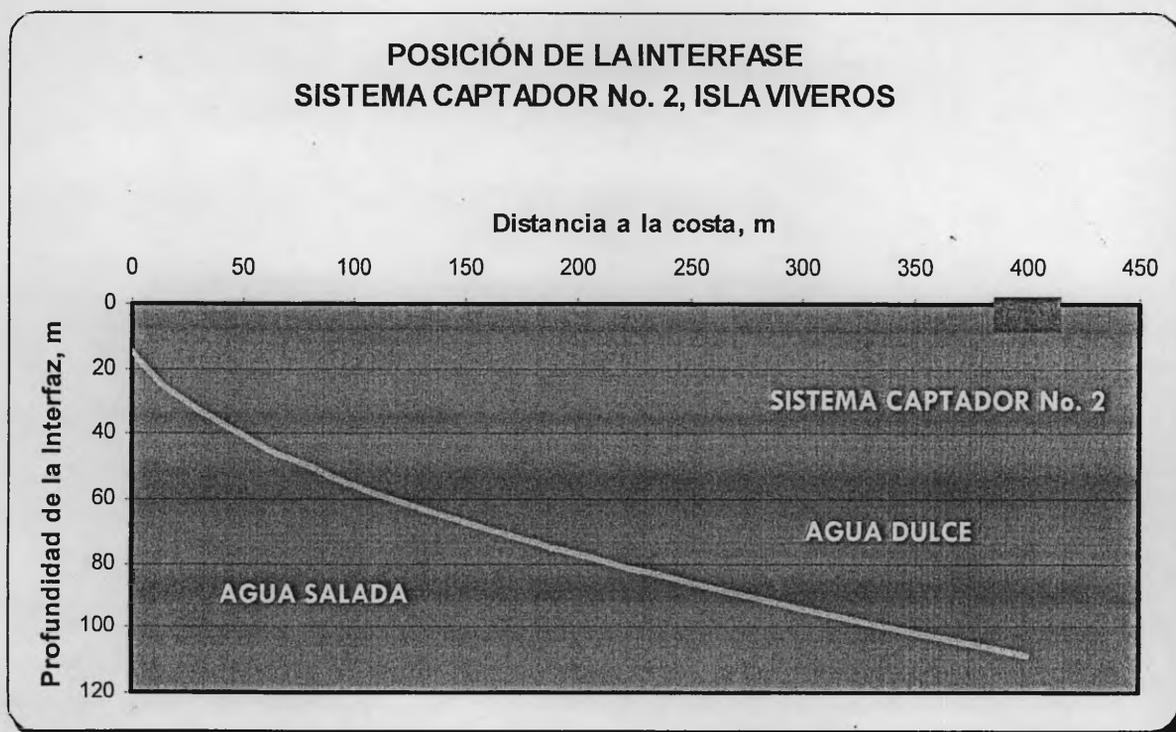
Donde:

- $H = 30.00$  m (Espesor medio del acuífero asumido)
- $K_2 = 2.30$  m/día (Permeabilidad)
- $i_2 = 1.2 \times 10^{-2}$  (Gradiente hidráulico del flujo subterráneo)
- $q_0 = 0.83$  m<sup>3</sup>/día/m (Caudal de agua dulce por unidad de longitud de costa)

**Tabla No. 6.2-2 Posición de la interfaz en función de la distancia a la costa**

x, en metros	z, en metros
0	14.43
10	22.29
20	28.03
30	32.78
40	36.92
50	40.64
60	44.05
70	47.21

80	50.18
90	52.97
100	55.63
120	60.60
140	65.19
160	69.48
180	73.52
200	77.34
250	86.17
300	94.18
350	101.55
<b>400 (Sistema Captador No. 2)</b>	<b>108.43</b>
450	114.89



**Figura No. 6.2-2 Posición de la cuña de agua salada en el área del Sistema No. 2**

### SISTEMA CAPTADOR No. 3

$$z^2 = 60.91 x + 1,119.21$$

Donde:

$H = 30.00$  m (Espesor medio del acuífero asumido)

$K_3 = 1.10$  m/día (Permeabilidad)

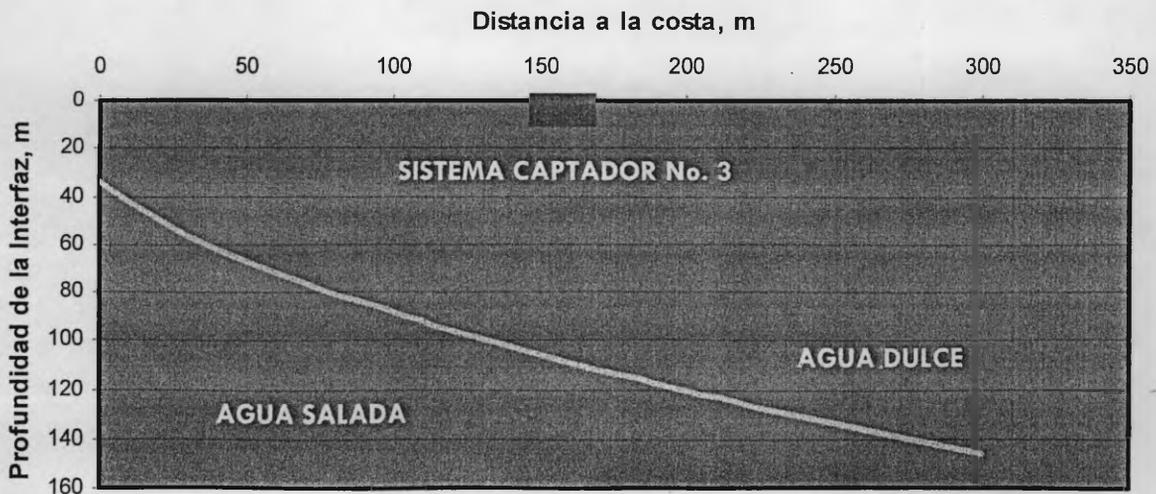
$$i_3 = 2.8 \times 10^{-2} \quad (\text{Gradiente hidráulico del flujo subterráneo})$$

$$q_0 = 0.92 \text{ m}^3/\text{día/m} \quad (\text{Caudal de agua dulce por unidad de longitud de costa})$$

**Tabla No. 6.2-3 Posición de la interfaz en función de la distancia a la costa**

x, en metros	z, en metros
0	33.45
10	42.29
20	49.57
30	55.91
40	61.61
50	66.82
60	71.65
70	76.17
80	80.45
90	84.50
100	88.37
120	95.65
140	102.40
<b>160 (Sistema Captador No. 3)</b>	<b>108.74</b>
180	114.73
200	120.42
250	133.41

**POSICIÓN DE LA INTERFASE  
SISTEMA CAPTADOR No. 3, ISLA VIVEROS**



**Figura No. 6.2-3 Posición de la cuña de agua salada en el área del Sistema No. 3**

### 6.3 FORMACION DE DOMO SALOBRE DEBAJO DE POZO

El equilibrio de agua dulce – agua salada en los acuíferos costeros e insulares es función del caudal de agua dulce vertida al mar. Si se perforan captadores de agua (pozos profundos), se reduce este flujo y por lo tanto debe buscarse una nueva posición de la interfaz, que significa en este caso una mayor penetración del agua del mar.

Si las extracciones de agua subterránea dulce superan a la recarga, no es posible establecer equilibrio alguno entre las aguas dulces y aguas saladas, y el agua del mar penetra lenta pero continuamente hasta alcanzar a los pozos (Figura No. 6.3-1):

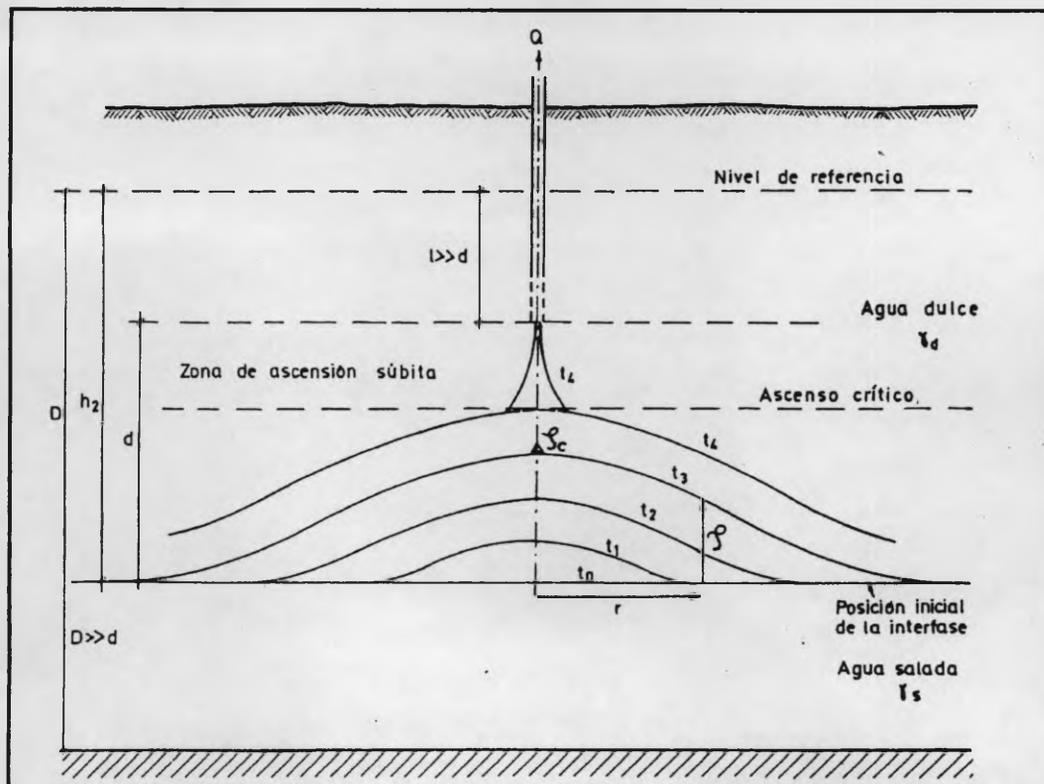


Figura No. 6.3-1 Formación de cono salino ascendente bajo un pozo

Si los pozos de agua potable se ubican 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 en un acuífero que contiene además 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.

#### 6.4 CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS DE EXPLOTACIÓN

Con el fin de establecer los caudales máximos de explotación de los pozos punteras perforados en los predios del Proyecto Isla Viveros para no tener el peligro de contaminación salina, se realizaron cálculos de tanteo de relación agua dulce – agua salada y de la formación del cono de agua salada bajo el pozo referido, (Bear y Dagan, 1969):

$$\zeta = \frac{Q}{2\pi k_h d \beta}$$

En donde:

$\xi$  = Ascenso de agua salada sobre la interfaz inicial

$k_h$  = Permeabilidad horizontal, m/día

$\beta$  =  $(\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_d = 1/40 = 0.025$

$Q$  = Caudal bombeado, m<sup>3</sup>/día

$d$  = Distancia desde el final de la zona filtrante a la posición inicial de la interfaz

$d_c$  = Ascenso crítico, m

El ascenso máximo es proporcional al caudal, siempre y cuando no se alcance el ascenso crítico, a partir del cual la subida del domo salobre es muy rápida, o sea que la velocidad de ascenso es proporcional al ascenso, pero sólo es válido hasta valores de:

$$\zeta < \frac{d}{3} a \frac{d}{4}$$

Sin embargo, para nuestro caso concreto del sector de la pista de aterrizaje, los resultados de cálculos para ascenso de domos salobres obtenidos no ameritan profundizar en este tema, debido a que tenemos las posiciones de interfases de agua

dulce – agua salada bastante profundas, (Tablas No. 6.2-1, 6.2-2, 6.2-3). Además, el uso de pozos captadores poco profundos (extracción de agua subterránea extensiva), da un amplio margen de seguridad para la explotación de este recurso natural.

## **7. PLAN DE MONITOREO**

En la explotación de acuíferos costeros es recomendable tomar las muestras de agua de los sistemas captadores (pozos) operativos, efectuar los registros de salinidad y medir los niveles estáticos y dinámicos de aguas subterránea durante los bombeos. La frecuencia de todas estas mediciones dependería de las variaciones de niveles piezométricos, de la intensidad de explotación y las condiciones climáticas (estación seca o lluviosa).

Como normas muy generales y variables, puede decirse que las mediciones de fluctuaciones de niveles en pozos de explotación deben realizarse por el operador de los equipos semanalmente y los datos obtenidos registrarse en un formato establecido para tal propósito.

También el agua extraída debe analizarse mensualmente, aunque sólo para determinar los cloruros. Además de estos monitoreos periódicos que pueden ejecutarse con equipo sencillo para valoración de campo, se debe realizar anualmente uno o dos análisis completos (Laboratorio) de las aguas utilizadas con fines de abastecimiento.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El presente documento “EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA CON EL FIN DE DOTACIÓN DE AGUA POTABLE EN EL DESARROLLO TURÍSTICO ISLA VIVEROS”, el proyecto que esta siendo ejecutado por la empresa *GRUPO VIVEROS, S.A.*, se revela como referencia técnica para apoyar a la empresa promotora en su proceso de avance del proyecto turístico en cuestión en materia de dotación de agua potable al mismo.
- El Desarrollo Turístico Isla Viveros esta localizado en el Archipiélago de Las Perlas a unos 70 Kms al sureste de la ciudad de Panamá, Provincia de Panamá.
- Las características generales del medio físico del área del proyecto son las siguientes: Según la clasificación de W. Köppen regionalmente tenemos el **Clima Tropical Húmedo** con precipitaciones mayor de 2,500 mm por año. Morfoestructuralmente se considera **Regiones de Cerros Bajos y Colinas** y en el contexto estructural del área del Proyecto corresponde a litología de rocas volcánicas y sedimentarias.
- El área del Proyecto esta representada por dos formaciones geológicas. Una es la formación volcánica Las Perlas (TOM-LP) con materiales como andesitas/basaltos, lavas y piroclásticos, desplegada en el sector sur de la isla en la zona predestinada para el campo de golf. La otra, la formación sedimentaria Topaliza (TOM-TZ), compuesta por calizas, limolitas, lutitas, areniscas tobáceas y tobas, donde se realizaron todas las perforaciones, cubre el resto de la isla.
- La referencia del Mapa Hidrogeológico de Panamá atribuye al área de estudio el siguiente tipo de acuífero: “Acuíferos predominantemente fisurados (discontinuos) y moderadamente productivos ( $Q=3-0 \text{ m}^3/h$ ), con permeabilidad variable, pertenecientes a las formaciones geológicas Las Perlas y un importante componente sedimentario como lo es la formación Topaliza ”.

- El objetivo de dotación de agua potable al proyecto Desarrollo Turístico Isla Viveros se logró mediante el exitoso despliegue de varias baterías de pozos poco profundos unidos por una tubería de aspiración a su respectiva bomba autocebante. Estos sistemas captadores han sido ubicados de manera estratégica, cercano a los puntos de descarga naturales como drenajes y quebradas.
- La perforación de los pozos tipo puntera en la Isla Viveros fue realizada con equipo portátil de perforación rotativa con coronas de diamante y de percusión. Todos los pozos fueron perforados en diámetro de 3 pulgadas y forradas con tuberías PVC diámetro 2 pulgadas, ranuradas, con un espacio anular relleno con empaque de grava filtrante. Los pozos en cuestión fueron debidamente aislados de las aguas superficiales con un sello sanitario de concreto. Las perforaciones realizadas penetraron en la roca hasta una profundidad por el orden de 20 pies (6 metros), ejecutándose un total de 468 pies lineales de corte.
- Durante la realización de los trabajos de perforación de pozos para el Desarrollo Turístico Isla Viveros se logró concretar durante esta etapa de los trabajos un total de tres sistemas captadores de agua subterránea de buena calidad y en cantidades suficientes para cumplir con los objetivos del proyecto en su primera fase, que es la construcción de 50 unidades de viviendas tipo residencias con todas las facilidades y un hotel de 100 habitaciones. Las instalaciones previstas estarían demandando un total de **50,000 galones diarios (69,077 m<sup>3</sup>/año)**.
- Los resultados obtenidos en los análisis físico-químicos, realizados en Laboratorio de la Universidad Tecnológica de Panamá, en su gran mayoría no presentaron problemas con el contenido permitido de minerales disueltos en el agua. Los mismos fueron comparados con la Lista de "Valores Máximos Permitidos de las Características Físicas y Químicas Inorgánicas para el Agua Potable" de la Norma COPANIT 395-99 de la República de Panamá. Bajo tales circunstancias el agua subterránea de la Isla Viveros puede considerarse de buena calidad y apta para consumo humano. Sin embargo, algunos parámetros evaluados se encuentran con

valores elevados, como la alcalinidad y la dureza total carbonatada. Se utilizan diferentes procedimientos para la remoción de estos minerales, ya que actualmente hay un amplio espectro de posibilidades de remoción de los mismos por medio de unas plantas automatizadas de tratamiento de aguas y resulta ventajoso explorar el mercado en busca de las últimas tecnologías, que por lo general tienden hacer más eficientes y a menor costo con el paso de tiempo.

- Una vez logrados los objetivos de esta Investigación Hidrogeológica tipo exploración – explotación, se plantea una interrogante fundamental acerca de la viabilidad del abastecimiento por agua subterránea. ¿Cuanta agua podemos extraer del área del Proyecto sin desbalancear los equilibrios naturales de flujo hacia la costa, reposición natural y otros? En tal sentido, se realizó en ejercicio de Balance Hídrico para el área en explotación, complementado con cálculos de posición de la interfase agua dulce – agua salada, concluyéndose que existe la reserva suficiente para abastecer por fuente subterránea las necesidades de agua del Proyecto en su primera fase con el área considerada (sector de la pista de aterrizaje).
- Se realizaron inspecciones de campo y se determinó que todavía se cuenta con tres posibles emplazamientos típicos de nuevos captadores en el área de la pista de aterrizaje, (de 6 a 8 pozos punteras cada uno). Es importante continuar con el programa de creación de nuevas fuentes de agua a fin de tener una reserva que amortice y mantenga el suministro previsto, ya que estas reservas podrían verse afectadas por factores imprevistos como sequías intensas, marejadas fuera del patrón común, reducción o aumento de precipitaciones por efectos climáticos, etc.

## **8. PRESENTAR LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN QUE SE IMPLEMENTARÁN POR LA EFECTACIÓN DEL BOSQUE DE MANGLAR DE APROXIMADAMENTE 2.5 HECTÁREAS.**

El proyecto Desarrollo Turístico Isla Viveros S. A., en la fase I, área norte contempla la utilización de un área aproximada de 2.5 hectáreas, en la cual se han establecido 5 lotes. Esta área es vital para el desarrollo del proyecto, por lo tanto se hace necesario que esta sea rellenada para que se puedan anexar al proyecto. Este relleno será realizado con material de la misma isla y se tendrá cuidado en no llegar con el relleno hasta la línea marino costera. En base a que se debe utilizar esta superficie cubierta de mangle, se ha planteado la mitigación y compensación por la afectación de esta franja de bosque de la forma siguiente:

### **Medidas de mitigación ambiental:**

- Reforestar un área de 5 hectáreas de mangle en otra parte de la Isla Viveros, con semilla o ecotipo de mangle del área. Para tal efecto, se deberá presentar un plan de reforestación completo del área una vez sea probado el Estudio de impacto ambiental. Es importante destacar, que durante el levantamiento de la línea ambiental, se observó que en la mayoría de las playas y áreas lamosas, la corriente lleva con las altas mareas propágulos de mangle, los cuales pueden ser recogidos y preparados para tal reforestación.
- Construir un sistema de barreras contraerosivas en los taludes del relleno de tal forma que no se erosionen los mismos y no causen la sedimentación del ecosistema marino costero. Una vez aprobado el estudio ambiental, se debe exigir el diseño de estas barreras.

**Medidas de compensación ambiental:** por ser los ecosistemas de manglares tan importantes para la conservación y desarrollo del ecosistema marino circundante, y que para el proyecto es vital la utilización de esta superficie (2.5 hectáreas), se debe compensar esta afectación. Sugerimos, que dicha compensación sea económica en base a las tarifas vigentes. Una sugerencia es la construcción o adecuación del vertedero de la Isla de San Miguel, pues en la misma está ocurriendo un proceso de contaminación por desechos sólidos debido a la falta de un sistema de tratamiento de desechos sólidos y un plan de educación ambiental completo de la población.

**9. INDICAR LA PROCEDENCIA DE LA ARENA QUE SE UTILIZARÁ EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.**

Los materiales de construcción serán comprados a empresas abastecedoras de la ciudad de Panamá y alrededores. Actualmente se inician los estudios en campo (línea base ambiental), para presentar el proyecto de extracción de material pétreo a partir de la trituración de rocas. Este sitio de préstamo estará ubicado en el área del campo de golf y serán trituradas en sitio con trituradoras mecánicas. La procedencia de la arena será del mercado local y no se tocarán las playas de la Isla.

**10. INDICAR LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN QUE SE IMPLEMENTARÁN PARA EL CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN EN EL ÁREA DEL PROYECTO DURANTE LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL PROYECTO.**

Las medidas de mitigación que se implementarán para el control de la erosión y sedimentación en el área del proyecto durante las etapas de construcción y operación del proyecto serán:

**Etapa de construcción:**

- Durante el movimiento de tierra por el equipo pesado de realizarse en la estación seca, se deberá remojar el área de tal manera que no ocurra la erosión eólica ni saturación de partículas de polvo en la atmósfera. El Promotor mantendrá en el área un camión cisterna.
- Antes de iniciar la estación lluviosa, o de realizarse los trabajos de movimiento de tierra en la estación lluviosa, se deberán colocar barreas contraerosivas en los drenajes, taludes y áreas propensas a erosión hídrica por escorrentía.
- Se colocarán trampas de sedimento consistentes en hoyos sucesivos de diferentes profundidades de tal manera que de llegar la escorrentía al la línea marino costera, esta no este cargada de partículas de suelo.
- La Empresa Promotora cubrirá inmediatamente con gramíneas o especies forrajeras las áreas descubiertas y drenajes propensos a la erosión sobre todo en las áreas en donde no se volverán a desarrollar trabajos de movimiento de tierras.

### **Etapa de operaciones:**

En la etapa de operaciones, se supone que el proyecto esté habitado por los dueños de las residencias y turistas del hotel, los cuales al momento de construir nuevas infraestructuras para su descanso o contemplación del ecosistema (ranchos, jardines, barbacoas etc.), tomarán en cuenta las siguientes medidas de mitigación:

- Sembrar inmediatamente especies forrajeras en las áreas en donde se remueva la cubierta vegetal de tal manera que no ocurra la erosión en todas sus formas.
- De ser necesario que el suelo esté expuesto durante un largo período de tiempo (meses), se colocarán barreas contra erosivas y trampas de sedimentación de tal manera que partículas de suelo no lleguen al ecosistema costero.

### **11. INDICAR LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN QUE SE IMPLEMENTARÁN EN LO REFERENTE A REMOCIÓN DE LA CAPA ORGÁNICA DEL SUELO.**

Las medidas de mitigación que se implementarán en lo referente a la remoción de la capa orgánica del suelo serán:

- Al momento de remover la capa orgánica, se tendrá especial cuidado de transportar la misma hacia un solo lugar en donde será acumulada. El lugar o lugares dependiendo de la cantidad, donde se acumulará esta materia orgánica, será acordonado con una barrera contra erosiva, de tal manera que no ocurran procesos erosivos sobre el cúmulo de esta materia.
- Sobre los cúmulos de capa orgánica, se colocarán ramas para evitar la erosión eólica durante la estación seca.
- Inmediatamente antes de iniciar la estación lluviosa, se esparcirá esta capa orgánica sobre las áreas donde se sembrarán las especies forrajeras, de tal manera que se reutilice este recurso invaluable.

## **12. INDICAR CÓMO SERÁ EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.**

**Durante la etapa de construcción los desechos serán manejados de la siguiente forma:**

- A. **Desechos de materiales de construcción:** Estos desechos serán reutilizados para relleno en las diferentes casas e infraestructuras. Siendo estos los de bloques, mosaicos, baldosas, cemento gris, Otros desechos como pedazos de acero, clavos, láminas serán recicladas y retiradas del área. Actualmente se están clasificando los desechos con el fin de iniciar el programa de reciclaje. (Ver fotos en anexo).
- B. **Los desechos inorgánicos de producto de la acción antropológica,** serán reciclados los que se puedan y los que no serán trasladados al vertedero de la Isla de San Miguel. Para estos efectos, ya se ha realizado una reunión con la Alcaldesa Municipal y el Concejo del Distrito de Balboa, con el fin de que la Empresa Promotora pueda ayudar en el tratamiento de desechos sólidos de la Isla.

**Durante la etapa de Operaciones los desechos serán manejados de la siguiente forma:**

En el proyecto una vez está listo para ocupar, será presentado y formulado un programa de reciclaje, en el cual se involucrará a la comunidad de la Isla de San Miguel, con el fin de que las amas de casa logren establecer su pequeña empresa de reciclaje y puedan dar el servicio a los residentes de la Isla Viveros. Se ha concebido de esta forma, debido a que no sólo será la etapa norte en donde se generen residuos reciclables, pues el proyecto de Isla Viveros contempla varios hoteles, marinas, centros de investigación de delfines, aeropuerto, club y cancha de golf y un sin número de infraestructuras de soporte la proyecto tales como termoeléctrica, planta de tratamiento de aguas servidas y otros. En base a lo expuesto, el primer manejo que se le dará a los desechos sólidos será el reciclaje y posteriormente la reutilización de los mismos. Los desechos que se reciclarán son el papel, cartón, latas y plásticos.

Los desechos no reciclables serán trasladados a la Isla de San Miguel en donde la empresa Promotora ayudará al Municipio de San Miguel con el tratamiento de los mismos mediante la planificación y construcción de un relleno sanitario más adecuado. En ese aspecto, ya se ha realizado una reunión con las autoridades de la Isla y un ingeniero sanitario especialista en rellenos sanitarios, pagado por la empresa Promotora.

### **13. PRESENTAR EL PLAN DE ARBORIZACIÓN, REFORESTACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESCATE DE FAUNA.**

En las siguientes páginas presentamos el plan de arborización y el plan de rescate de fauna.

Es importante destacar, que para realizar la arborización, no se talarán los árboles mayores a 20 cm. de diámetro, pues los mismos han sido georeferenciados y ubicados por lote. No obstante, se sembrarán especies ornamentales y frutales para aumentar la estética del área y procurar alimentación para la fauna silvestre.

El plan de rescate de fauna está orientado para salvaguardar las especies que existen en el área norte y el mismo es una guía de procedimientos para que el Técnico nombrado por la empresa con sede en la Isla pueda llevarla a cabo. A continuación los planes mencionados.

# **PLAN DE ARBORIZACION**

**VIVEROS DEVELOPMENT INC.**

**“PROYECTO DE DESARROLLO TURÍSTICO ISLA VIVEROS FASE I  
(URBANIZACIÓN Y HOTEL)**

**Corregimiento de San Miguel  
Distrito de Balboa  
Provincia de Panamá**

**Preparado Por:**

**Herminio Rodríguez G.  
Ingeniero Forestal  
Idoneidad – 2450-88  
IAR – 063-08**

**Agosto de 2006**

## **I. Introducción**

El proyecto "Desarrollo Turístico y Residencial Isla Viveros Área Norte (Urbanización y Hotel), será desarrollado en un área de 101 hectáreas, de las cuales 92 se dedicarán al desarrollo de las residencias y áreas verdes.

Por ser un proyecto que involucra la construcción de residencias de lujo para el disfrute de la naturaleza, se hace necesario mejorar el entorno y aumentar la estética del área, de tal manera que los futuros residentes puedan tener una estadía placentera. Es por esto, que en el presente documento plasmamos los parámetros técnicos necesarios para la realización de una arborización con especies nativas y foráneas, que ayuden a recuperar las áreas degradadas por efecto de los trabajos de construcción y a la vez que aumenten la estética del área.

El proyecto en sí es una arborización no comercial; en donde la mayor superficie de los lotes ha sido destinada a la conservación de las especies allí establecidas y a la siembra de especies ornamentales y frutales; evidenciando el carácter socio ecológico de la arborización. Por el momento, la empresa Promotora sólo invertirá en la arborización de las áreas que resulten desprovistas de vegetación arbórea, debido a las acciones del proyecto; aunque en un futuro los dueños de las diferentes residencias y lotes invertirán en el aspecto estético de cada lote.

Para la formulación del presente plan de arborización se utilizó como base, la guía técnica emitida en la resolución N° AG-0151-2000, por la cual se establecen los parámetros técnicos del plan o proyecto de reforestación, que ofrece la Autoridad Nacional Del Ambiente (ANAM).

## II. OBJETIVOS DEL PROYECTO:

Entre los objetivos que se perciben con este proyecto de arborización, tenemos:

- Arborizar un área de urbanizable de 92 hectáreas en límites de residencias y áreas verdes, con especies frutales y ornamentales en un lapso de dos años.
- Coadyuvar a la estética del entorno natural, con la siembra de especies nativas y exóticas.
- Mantener las especies de árboles que son fuentes de alimentación de especies de fauna silvestre, propias del área.
- Contribuir con el mejoramiento de las condiciones ambientales de la isla.
- Ofrecer fuentes de empleo a los habitantes del área con la actividad de arborización y manejo que se ejecutará en el proyecto.
- Cumplir con las normas ambientales vigentes y con la ampliación de la información presentada en el Estudio de impacto ambiental presentado.

## III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA.

### 3.1 UBICACIÓN

La fase I del proyecto Desarrollo Turístico y Residencial Isla Viveros se localiza en el área norte de la Isla Viveros en el pacífico panameño y políticamente está ubicada en el corregimiento de San Miguel, Distrito de Balboa, Provincia de Panamá.

### 3.2 SUPERFICIE TOTAL DEL PROYECTO:

La superficie total de este proyecto es una superficie de 101 hectáreas con 1,447.10 m<sup>2</sup>.

El proyecto se ubica dentro de la siguiente finca:

Nº de Finca	Nombre	Tomo	Folio	Asiento
4,813	C	111	444	1

Para efectos del presente plan, el mismo corresponde al área de las residencias y uso público de la fase I, que corresponde a 92 hectáreas de superficie. No obstante, no toda el área será arborizada, pues se sembrarán en partes de los lotes y en áreas de uso público.

### **3.4 FACTORES FÍSICOS**

#### **Relieve**

La isla tiene una topografía relativamente plana con algunas pequeñas ondulaciones situación que ha sido verificada en el terreno.

#### **Clima**

El Archipiélago de San Miguel o de Las Perlas, se ubica en una zona, que se caracteriza por tener un clima Tropical Lluvioso, en donde la temperatura media mensual es mayor de 18 °C, caracterizándose por una alta precipitación (más de 2,500 mm/año) en temporada lluviosa y muy poca en temporada seca (temporada seca) de uno o dos meses con precipitación menor de 60 mm, con temperatura media del mes más fresco, superior a 18 °C.

#### **Precipitación**

Con relación a éste factor, tenemos que se recopiló la información de los últimos 20 años de registro de la estación N° 15001, tipo B, localizada en las coordenadas con Latitud 8° 27' y Longitud 78° 56', con una elevación de 10 msnm (metros sobre el nivel del mar), ubicada en el corregimiento de San Miguel, Distrito Balboa, Provincia de Panamá, siendo la más cercana al área del proyecto.

Los datos de precipitación registrados durante el período de 1979 a 1998, indican que el promedio anual de la precipitación es de 2,298 milímetros (mm), siendo los meses de septiembre y octubre los que presentan mayor precipitación durante el año. No obstante, cabe mencionar, que en el año 1993, el mes de octubre registra un evento extraordinario, debido a que durante el mismo, se presenta una media mensual de 908.8 mm, año que resulta el más lluvioso en 20 años, con 3,159 mm.

En cuanto a los meses con menor precipitación mensual, tenemos enero, febrero y marzo, con promedio mensual de 12.8, 1.1 y 4.0 mm, respectivamente.

#### **Suelos**

Se trata de suelos con buen drenaje, textura franco arcillosa, erosión laminar moderada, con limitaciones en la selección de las plantas y requieren conservación especial, con aptitudes para actividades de producción agropecuaria.