

Se presenta una notable variación en los valores de conductividad a lo largo de posibles componentes meteorizados a profundidad junto con las fallas o grietas en el macizo tonalita. Una abrupta variación de los valores de conductividad en la zona de rocas volcánicas de la edad Cretáceo, cerca de la estación 1300 en Piedra Blanca, supone geológicamente una posibilidad de existencia de fallas.

Se obtiene buena calidad de agua del subterráneo mediante bombas manuales en la zona.

El sondeo electromagnético se supone efectivo para determinar la existencia de componentes meteorizados profundos en el área de rocas madres.

### **3.3.3 Perforaciones de Prueba**

#### **1) Lugares de perforación**

Fueron seleccionados 27 lugares para la perforación, de los cuales 24 se basaron en los resultados de exploración geofísica y se añadieron 3 más para la investigación de agua subterráneos y suministro de agua. Entre ellos, 14 lugares fueron perforados con la máquina donado por JICA a INAPA (en adelante denominada máquina de JICA) y 13 lugares fueron realizados con la máquina de una empresa de perforación dominicana (en adelante denominada máquina dominicana). Estos lugares se presentan en las Figuras 3.12 (1) a (2).

La máquina de JICA tiene funciones de rotación y percusión neumática. En comparación, la máquina de dominicana tiene solamente la función de percusión por cable.

#### **2) Prueba de Bombeo**

Se calcularon tres clases de transmisibilidad en todas las perforaciones (pozos) a través de los datos de pruebas de bombeo. El análisis se basó en las fórmulas de desequilibrio de Theis y Jacob, y los resultados se listan en la Tabla 3.4 (1) a 3.3.4 (2).

La capacidad específica se calculó mediante el volumen de descarga y descenso máximo del nivel de agua durante la prueba de método constante (Q/s), y este valor se usa para determinar el volumen de bombeo razonable para el Proyecto dentro de aproximadamente 15 a 20 m de descenso del nivel de aguas. Las regiones hidrogeológicas que se mencionan

posteriormente, se dividen en base a esta volumen de descarga razonable, profundidad y litofacies del acuífero.

### 3.3.4 Clasificación del Area del Proyecto y Calidad de Aguas

#### 1) Clasificación basado en las litofacies

La geología del Area del Proyecto consiste en las formaciones de la edad geológica del Cretáceo al Cuaternario como se han mencionado en los acápites de geología. Ahora, estas formaciones se clasifican considerando las litofacies mayores:

- (L1) alternación de fangolita, piedra arenisca, y marga con caliza y poca arena y grava
- (L2) arena fina, fango, arcilla intercaladas por arena y grava
- (L3) limo
- (L4) piedra arenisca calcárea y marga
- (L5) alternación de piedra arenisca y limo, o piedra arenisca y/o piedra arenisca fangosa
- (L6) limo arenosa o limo
- (L7) granito meteorizado, tonalita o granodiorita
- (L8) pizarra, andesita, toba volcánica y toba volcánica brechada
- (L9) caliza
- (L10) conglomerado calcáreo, arena calcárea y grava
- (L11) fangolita
- (L12) fangolita calcárea
- (L13) arena y grava
- (L14) conglomerado o alternación de conglomerado y piedra arenisca
- (L15) caliza

#### 2) Clasificación en base a los resultados de perforación de prueba

Por otra parte, conforme a los resultados de ensayo, se trató de dividir el Area del Proyecto en 8 regiones hidrogeológicas incluyendo áreas sin datos y de pantano salino y/o área de manglares.

- (D1) Acuífero productividad super-alta ( $Q > 300$ , parcialmente  $Q > = 500$ , unidad: l/min/m) existe entre 30 - 120 m de profundidad
- (D2) Acuífero de productividad alta a super-alta ( $200 > Q > = 100$ , parcialmente  $Q > = 3000$ ) existe entre 30 - 60 m de profundidad
- (D3) Acuífero de productividad alta ( $Q > = 100$ , parcialmente  $Q > = 1000$ ) existe entre 60 - 90 m de profundidad

- (D4) Acuífero de productividad intermedia a alta ( $Q \geq 100$ , parcialmente  $Q \geq 500$ ) existe en poca profundidad menos de 60 m
- (D5) Acuífero de productividad media alta ( $Q \geq 100$ ) existe entre 60 - 90 m de profundidad
- (D6) Acuífero de productividad baja a mediana ( $60 > Q \geq 10$ ) existe entre 30 - 60 m de profundidad
- (D7) Acuífero de productividad baja ( $20 > A \geq 5$ , parcialmente  $Q \geq 300 - 500$ ) existe entre 80 - 60 m de profundidad
- (D8) Falta de acuífero disponible hasta rocas madre situadas a 60 m de profundidad ( $5 > Q$ )
- (D9) Falta de acuífero disponible hasta rocas madre situadas a 90 m de profundidad ( $5 > Q$ )
- (D10) Falta de acuífero disponible dentro de 120 m de profundidad ( $5 > Q$ )
- (D11) Falta de acuífero disponible dentro de 150 m de profundidad ( $5 > Q$ )
- (D12) Area sin datos
- (D13) Pantano salino o área de manglares

### 3) Clasificación de Regiones Hidrogeológicas

El Area del Proyecto fue clasificada en 8 mayores regiones, de I a VIII, mediante las dos clases mencionadas de clasificación y datos hidrológicos. La región III se divide en 4 sub-regiones; III-1, III-2, III-3 y III-4, la región IV se divide en 3 sub-regiones; IV-1, IV-2 y IV-3, la región V se divide en 2 subregiones; V-1 y V-2, y la región VII se divide en 2 sub-regiones; VII-1 y VII-2, como se muestran en la Fig. 3.13 y la Tabla 3.5 (1) - (3).

#### (1) Región Hidrogeológica I: Cordillera Septentrional

La geología de esta región consiste en el Oligoceno o Mioceno y la característica topográfica es muy montañosa en el norte y de colinas en el sur. Las grandes y pequeñas cuencas planas intra-montañas están esparcidas en el lado de montañas y las áreas residenciales se encuentran en zonas limitadas. Por otra parte, el área de colinas está aprovechada principalmente para pastoreo.

La mayoría de los ríos o riachuelos no tienen agua excepto justo después de lluvia. Por tanto, muchos embalses de uso agrícola están ubicados en depresiones erosionadas por la corriente de río. Y el agua de estos embalses se utiliza también para ganados y lavar ropas.

a: altitud: 0-200-500 m

b: potencial de precipitación anual: 600-700 mm, muy estacional

- c: potencial de recursos de agua superficial: muy bajo y muy estacional
- d: potencial de recursos de agua subterránea: muy bajo y muy salada
- e: correlación con la clasificación: L1/D11

(2) Región hidrogeológica II: Llano del río Yaque del Norte

Esta región es principalmente representada por su llano aluvial, formado con la sedimentación transportada por el río Yaque del Norte. Hay campos grandes de cultivo de arroz y de granjas. Se estima que el lugar de recarga está ubicado fuera del Area del Proyecto en el curso superior del río Yaque del Norte.

Las mayores afluentes de rica precipitación nacen en la Cordillera Central localizada en la parte sur de esta región y corren al norte, es decir hacia el río Yaque del Norte.

- a: altitud: menos de 50 m
- b: potencial de precipitación anual: 700 mm
- c: potencial de recursos de aguas superficiales: muy alto, desde el río Yaque del Norte
- d: potencial de recursos de aguas subterráneas: muy alto, con material flotante
- e: correlación con la clasificación: L2/D4

(3) Región hidrogeológica III: Sur del Río Yaque del Norte

La geología general consiste principalmente en lechos del Terciario de piedra arenisca-fangolita, fangolita calcárea-caliza, y fangolita-conglomerado.

La tierra plana y zona de colinas se extienden en esta región ubicándose en la parte sur de la Región Hidrogeológica II.

Los mayores afluentes de agua nacen en la Cordillera Central localizada a la parte sur de esta región y corre hacia el norte, pero el curso inferior de los afluentes tiene estacionalmente poca o ninguna agua a causa de que el agua se almacena en el camino en los embalse para agricultura.

Desde el punto de vista de las litofacies, esta región se divide en 3 sub-regiones como se indican abajo, y todas las sub-regiones tienen relativamente alto potencial de capacidad de agua, por lo que esta región será el objetivo principal para la explotación de aguas subterráneas,

especialmente en la sub-región III-3. No obstante, se ha detectado alta concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  en limitadas áreas.

- a: altitud: 50-300 m
- b: potencial de precipitación anual: 700-1000 mm
- c: potencial de recursos de aguas superficiales: bajo y muy estacional desde el río Chacuey, Maguaca, Gayubín
- d: potencial de recursos de aguas subterráneas: muy alto, parcialmente con material flotante y  $\text{SO}_4$ .
- e: correlación con la clasificación: III-1 L3/D5  
III-2 L4/D3  
III-3 L5/D1  
III-4 L6/D7

#### (4) Región hidrogeológica IV: Cordillera Central

La geología consiste en lechos del Cretáceo, productos volcánicos y roca granítica (tonalita) que probablemente se entremetieron un poco más tarde en la formación Cretaceo. Por lo tanto, el Cretáceo se metamorfosea en hornofel, pizarra y filita.

Esta región se clasifica en tres sub-regiones (IV-1,IV-2,IV-3), y la sub-región IV-1 consiste en roca granítica y el macizo de rocas están fuertemente meteorizadas, y forma una apariencia ondulada que se observa frecuentemente rasgo de meteorización esferoidal. La sub-región IV-2 se ubica simétricamente en ambos lados del norte y sur del macizo de roca granítica. La geología general de los dos lados son de lechos del Cretáceo, con la elevación de 100-300 m al norte y 500-1000 m al sur.

La sub-región IV-1 se sitúa cerca de la zona sur de la sub-región IV-2 y su geología consiste en macizo de caliza.

La sub-región IV-1 topográficamente es de forma típico drenaje dendrítico en el curso superior de los afluentes del río Yaque del Norte. Los terrenos de cultivos y de granjas están dispersos excepto en las zonas escarpadas situadas al sur.

En el norte de la sub-región IV-2, se sitúan los lechos del Cretáceo primario. Las casas de los habitantes se encuentran en la zona suavemente inclinada y la tierra plana intra-montañosa que se utiliza parcialmente como cultivo o granja. En el sur de la sub-región IV-2, tierra alta, las casas de los habitantes se localizan sólo en la pequeña tierra plana intra-montañosa. El drenaje formas valles profundos con agua relativamente abundante. El

abastecimiento de agua para los habitantes se obtiene del recurso de agua superficial.

En la sub-región IV-3, las casas de los habitantes se localizan sólo en el oeste de esta región.

- a: altitud: IV-1 300-500 m  
IV-2 norte: 100-700 m  
sur : 500-1000 m  
IV-3 200-1700 m
- b: potencial de precipitación anual: 1000-2200 mm
- c: potencial de recursos de aguas superficiales:  
IV-1 mediano a alto  
IV-2 norte: muy bajo a mediano  
sur : bajo debido a valle abrupto y profundo  
IV-3 alto
- d: potencial de recursos de aguas subterráneas:  
IV-1 mediano a alto  
IV-2 norte: bajo  
sur : mediano  
IV-3 bajo
- e: correlación con la clasificación:  
IV-1 L7/D6  
IV-2 norte: L8/D9  
sur: L8/D8  
IV-3 L9/D

#### (5) Región Hidrogeológica V: Cuenca del Valle de San Juan

La cuenca del Valle de San Juan, extendida a la altitud aproximada de 300 a 400 metros sobre el nivel del mar, se presenta generalmente colinas onduladas y altiplanicie. La región se caracteriza geológicamente por el eje anticlinal que corre a la dirección NNO-SSE, y se sumerge hacia NNO, por lo que se divide en dos sub-regiones, es decir, sub-región V-1, cubierto geológicamente por la formación superior, y sub-región V-2, cubierto principalmente por la formación inferior. La sub-región V-1 consiste principalmente en lechos de fangolita, relacionado con lechos de conglomerado calcáreo no consolidado superpuesto, mientras, en la sub-región V-2 falta dicha formación superpuesta.

El río Macasia, que atraviesa hacia el este en el centro de la cuenca, tiene su nacimiento en el norte de la Cordillera Central y en el sur de la Sierra de Neiba, y se caracteriza por sus numerosos afluentes de gran escala que traen un volumen de agua sustancial a causa de la precipitación anual relativamente alta.

La mayoría de los habitantes en la sub-región V-1 se abastecen de las agua de la parte meteorizada superficial del conglomerado calcáreo o lecho de fangolita, no obstante, es de reducido volumen y relativamente alta en sal.

- a: altitud: V-1 300-500 m  
                  V-2 300-500 m
- b: potencial de precipitación anual: 1500-1750 mm
- c: potencial de recursos de aguas superficiales:
  - V-1 mediano a alto
  - V-2 muy bajo a mediano
- d: potencial de recursos de aguas subterráneas:
  - V-1 mediano
  - V-2 muy bajo a mediano
- e: correlación con la clasificación:
  - V-1 L10/D7
  - V-2 L11/D19

#### (6) Región Hidrogeológica VI: Sierra de Neiba

La Sierra de Neiba se ubica entre la sub-región V-2 y el Lago Enriquillo. La región está situada a lo largo del margen norteño del Lago Enriquillo y se caracteriza por su configuración montañosa, extendida al este-oeste con la ladera relativamente suave hacia norte, y relativamente abrupta hacia sur con una altura de 1,500 m desde el nivel de agua del Lago Enriquillo. Las crestas de este-oeste tienen generalmente 2,300 metros de altura sobre el nivel del mar y 4 kilómetro de anchura, y están disecadas por los sistemas hídricos en la parte central en la dirección este-oeste formando una configuración paralela a las crestas de montañas. Las corrientes de agua son de pequeña escala, cuyos cursos inferiores son generalmente atenuados, y las dolinas están muy desarrolladas en las laderas de crestas y llanos a su pie.

La geografía de la región consiste principalmente en lechos de caliza de la edad Terciaria, asociados con existencia de eje de plegamiento del N70° al 80° O. Las fallas pequeñas y grandes y de lineamiento en aerofotografías del N70° al 80° O con dirección noroeste están desarrollados en gran escala en la

región, lo cual bloquea geológicamente el cuerpo de la Sierra de Neiba en algunos locales. La precipitación anual en la región llega al valor de 750 a 2,000 mm, siendo la mayor en la República Dominicana, que ofrece suficiente abastecimiento de agua de subsistencias para los habitantes que residen en la parte norte de las crestas de montañas. En cambio, se observa poco caudal de agua superficial en la parte sur a causa de infiltración de aguas superficiales en las dolinas de topografía kárstica. No obstante, los manantiales que abundan en su número, cuyas aguas se utilizan de subsistencias y de baño para los habitantes de la Región VII, se observan desparramadamente en el margen de abanicos aluviales bien desarrollados al pie de las colinas.

- a: altitud: -40-1700 m
- b: potencial de precipitación anual: 750-2000 mm
- c: potencial de recursos de aguas superficiales:
  - norte alto
  - sur alto en el margen de abanicos
- d: potencial de recursos de aguas subterráneas: mediano
- e: correlación con la clasificación: L12/D7

#### (7) Región Hidrogeológica VII: Lago Enriquillo

El Lago Enriquillo forma una configuración de graben, teniendo el lago en el centro, que se ubica entre la Sierra de Neiba al norte y Sierra Baoruco al sur. Los abanicos aluviales al pie de la Sierra de Neiba, aproximadamente de menos 40 a 100 m de altura sobre el nivel del mar, se localizan en la orilla norte del Lago Enriquillo (sub-provincia VII-1), mientras, los valles de falla en dirección NE-SO están bien desarrollados en la orilla sur del lago con una altitud de aproximadamente de menos 20 a 20 m sobre el nivel del mar, dejando algunos lugares de altitud aproximada de 100 a 400 metros a causa de carecimiento de erosión intensa (sub-región VII-2).

La Región consiste principalmente en lechos de caliza, conglomerado calcáreo y marga.

El caudal de agua superficial en la orilla norte del Lago Enriquillo tiene su origen sólo en los manantiales kársticos de gran escala en los márgenes de abanicos aluviales a pie de la Sierra de Neiba. El caudal de agua superficial en la orilla sur del lago, detrás de la cual está situada la Sierra de Baoruco con gran precipitación anual, no es perenne ya que hay una significativa



penetración de aguas de lluvia en subterráneo del cuerpo de la Sierra de Baoruco.

Es probable que se encuentre a veces gran cantidad de agua subterránea debajo de lechos de caliza, sin embargo, no es tan fácil seleccionar sitio de yacimiento de este tipo aún efectuando estudios cautelosos. Se conoce que se encuentra alto contenido del ion de sulfato en alguna parte de aguas manantiales kársticos en la región, al mismo tiempo, se conoce también que tiende haber alta salinidad en el agua subterránea en zonas más bajas del área cubierta por rocas clásticas. La localización de perforación de pozos de agua tiene que ser seleccionada restringidamente en el sur, apartando de los lechos de sal de roca que se explotan en gran escala en la salina del este.

- a: altitud: VII-1 -40-100 m  
VII-2 -40-400 m
- b: potencial de precipitación anual: 500-1750 mm
- c: potencial de recursos de aguas superficiales:  
VII-1 alto en abanicos marginales  
VII-2 bajo
- d: potencial de recursos de aguas subterráneas:  
VII-1 alto en abanicos  
VII-2 mediano
- e: correlación con la clasificación:  
VII-1 L13/D12  
VII-2 L14/D2

#### (8) Región Hidrogeológica VIII: Sierra de Baoruco

La Sierra de Baoruco limita al norte con la sub-región VII-2, y al sur con las crestas de la Sierra de Baoruco. La región está localizada en una altitud de 100 a 2100 metros sobre el nivel del mar y muestra un carácter geológico y configuración similares a los de la Región VI, es decir, bloque geológico bien desarrollado por las fallas direccional del N70° al 80° O y topografía kárstica. Los valles de fallas a la falda norteña ofrecen suficientes acuíferos en la sub-región VII-2.

Se ha registrado una precipitación anual significativa en la región; pero, el caudal de aguas superficiales no es perenne a causa de significativa penetración de aguas de lluvia en el subterráneo del cuerpo de la Sierra de Baoruco.

Se espera la posibilidad de existencia de gran cantidad de aguas subterráneas subyacentes de los lechos de caliza, sin embargo, no es tan fácil seleccionar sitio de yacimiento de este tipo aún efectuando estudios cautelosos.

- a: altitud: 100-2100 m
- b: potencial de precipitación anual: 750-2000 mm
- c: potencial de recursos de aguas superficiales:  
bajo
- d: potencial de recursos de aguas subterráneas:  
alto en abanicos aluviales
- e: correlación con la clasificación: L15/D12

#### 4) Calidad de Aguas Subterráneas

Muestras de agua fueron tomados de todas las perforaciones de prueba, los resultados de los análisis de estas aguas demuestran que algunas regiones presentan parámetros que sobrepasan las normas de calidad establecida por INAPA, tal como se muestra en el cuadro de abajo:

Perforación de prueba	Region Hidrogeológica	Sólidos Totales	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Dureza Total
	Valor permisible en ppm	1500	-	500	600	400	800	500
1	I	3032	1311	-	-	850	1500	-
2	I	6731	3213	-	-	4750	2500	771
3	I	1859	-	-	-	883	-	510
4	I	-	-	-	-	500	-	-
13	IV-2	-	1610	-	-	1400	-	-
25	VI-1	-	49151	3209	3668	18500	67250	6877

En la Fig. 3.13 se muestra las propiedades de la calidad de agua subterránea por regiones hidrogeológicas.

### 3.3.5 Potencial de Aguas Subterráneas en las Respectivas Regiones Hidrogeológicas

#### 1) Potencial General de Aguas Subterráneas

El Area del Proyecto se han dividido en 8 regiones hidrogeológicas en principio, y algunas regiones se han dividido en sub-regiones. La Tabla 3.6 muestra el potencial estimado de explotación de aguas subterráneas en el Area del Proyecto.

El potencial estimado de explotación de aguas subterráneas se muestra en el resultado de pruebas de bombeo de pozos perforados. La cantidad de potencial fué estimada como el valor de bombeo que el nivel de descenso del acuífero esté dentro de 15 a 20 metros después de 24 horas continua de bombeo.

Las profundidades de perforación, presentadas en la Tabla 3.6, muestran el total de las profundidades hasta acuíferos, especificadas por pozos de prueba y en consideración a la variación de valores de conductividad eléctrica observada durante la prueba de bombeo, añadiendo 20 metros para depósito de materiales de arena fina que se infiltran en pozos a través de filtro de agua.

## 2) Potencial de aguas subterráneas en regiones hidrogeológicas respectivas

La Tabla 3.6 se elabora para establecer interpretaciones de potencial de explotación de aguas subterráneas, relacionado a la clasificación de categorías hidrogeológicas de las respectivas regiones. Las cifras del ítem "calidad" en la Tabla están especificadas de acuerdo con las categorías señaladas a continuación en concordancia con contenidos químicos en la Figura 3.3.6, previamente presentados.

- a: zona cubierta principalmente por la Región Hidrogeológica IV. Aguas subterráneas de buena calidad.
- b: zona cubierta principalmente por la Región Hidrogeológica III. Aguas subterráneas de buena calidad. Se incluyen potenciales cualitativas con valores próximos al límite permisible de INAPA. Incluidas regiones hidrogeológicas I y IV
- c: zona cubierta principalmente por la Región Hidrogeológica VI. Se caracteriza por traer alto contenido de Na + y Cl- , pero menos que el límite superior permisible de INAPA.

### (1) Región Hidrogeológica I: Cordillera Septentrional

No dispone de potencial de acuíferos hasta 150 metros de profundidad en esta región. La geología subterránea consiste en alternados de lechos de

fangolita, piedra arenisca y marga de la edad Terciario. El nivel estático de agua se sitúan de 10 a 20 metros de profundidad, con un rendimiento del acuífero estimado de 10 litros por minuto con un descenso de nivel de agua de 50 a 80 m. Los valores de contenido de Na + y Cl - llegan tan altos que sobrepasan a 1500 ppm y 850 a 5000 ppm respectivamente. El potencial de explotación de aguas subterráneas es muy bajo.

(2) Región Hidrogeológica II: Llano de Yanque del Norte

Los acuíferos en la Región II, que se localiza principalmente en lechos de arena de granos finos y arcilla del Cuaternario con lechos de arena y grava intercalados, situándose hasta menos de 60 m de profundidad. Las aguas subterráneas en la Región son no-confinadas, y los valores de calidad se encuentran bastante aproximados a los límites superiores estipulados por INAPA, y se observa localmente cantidad abundante de sólidos en suspensión. El nivel estático de agua se sitúa aproximadamente a los 5 metros de profundidad, y se esperar un rendimiento de potencial de agua a 100 litros por minuto. Se observan localmente acuíferos de alta disponibilidad con un rendimiento de potencial estimado a 500 litros por minuto y valor de descenso aproximado de 10 m.

(3) Región Hidrogeológica III-1 : Sur del Yaque del Norte

Se supone que los acuíferos en la Región III-1 están formados en lechos alternados de limo y piedra arenisca de grano fino de la edad Terciario situados de 60 a 90 m de profundidad, con aguas subterráneas escasamente confinadas. El nivel estático general está desconocido todavía en este estudio, pero se ha confirmado que existen aguas subterráneas confinadas de unos metros de espesor. La región III-1 tiene tanto la calidad y cantidad de agua como el valor de descenso similares a los de la región II.

(4) Región Hidrogeológica III-2 : Sur del Yaque del Norte

Se supone que los acuíferos en la Región III-2 están formados en lechos alternados de piedra arenisca calcárea y de marga de la edad Terciaria, situándose de 60 a 90 m de profundidad. El tipo de agua de esta Región es suavemente confinado, y la calidad es similar a la de la Región II. No obstante, se ha observado localmente cantidad abundante de recarga de agua bajo una restricción geológica, con alto contenido de  $SO_4^{2-}$ . Se estima que el nivel estático de agua en la región se ubica. El rendimiento de agua bajo una estructura geológica particular, como se ha presentado antes, es de

alrededor de 1,000 litros por minuto, con descenso de nivel de unos 5 metros con la bomba en operación.

(5) Región Hidrogeológica III-3 : Sur del Yaque del Norte

Se supone que los acuíferos en la Región III-3 están formados de rocas alternadas de arkosita y piedra arenisca maciza y lechos de limo de la edad Terciaria, situándose de 60 a 120 m de profundidad. El tipo de agua de esta Región es confinado. Se supone que esta región tiene la más alta posibilidad de explotación de agua subterránea dentro del Area del Estudio y el más alto rendimiento de potencial de agua subterránea de buena calidad del tipo antes mencionado, cuya distribución se observa también en los alrededores de Chacuey y Canderón. La calidad de agua de la Región se parece generalmente a la de la Región Hidrogeológica II.

Se estima que el nivel estático de agua se ubica generalmente a los 16 m de profundidad, mientras en Palo Blanco está a los 50 metros . El rendimiento de potencial estimado de agua es generalmente de 300 litros por minuto, y posiblemente 500 litros por minuto en algunos lugares.

(6) Región Hidrogeológica III4 : Sur del Yaque del Norte

Se supone que los acuíferos en la Región III4 están formados en lechos de piedra arenisca calcárea de la edad Terciario, situándose de 30 a 60 m de profundidad. El agua de esta región es confinada. La calidad de agua de la región se parece en general a la de la región Hidrogeológica II, con la cantidad de Cl<sup>-</sup> un poco más alta. El nivel estático de agua se ubica generalmente de unos metros a 10 metros de profundidad, y el rendimiento de potencial de agua está alrededor de 5 a 20 litros por minuto.

(7) Región Hidrogeológica IV-1 : Cordillera Central

Se estima que los acuíferos en la Región IV-1 están formados en el macizo granitoide meteorizado (tonalita) de la edad Cretáceo, situándose de 30 a 60 metros de profundidad. El agua de esta Región es no confinada, y la calidad de agua pertenece al tipo Ca (HCO<sub>3</sub>)<sup>2</sup>, que se evalúa como las mejores del Area de Estudio. El rendimiento de potencial estimado de agua es variable de acuerdo con la variación de espesor de la parte meteorizada del cuerpo de tonalita, lo cual indica que el rendimiento de agua de los pozos cercanos a las crestas de montaña es bajo, y alto en los pozos ubicados en el área de menos ondulación. El nivel estático de agua se estima que está ubicado de 5

a 15 metros de profundidad, y el rendimiento de agua potencial oscila entre 10 y 60 litros por minuto.

(8) Región Hidrogeológica IV-2 : Cordillera Central

La Región Hidrogeológica IV-2 está situado separadamente al norte y al sur teniendo en el medio la Región IV-1 . Los acuíferos en la Región de las dos partes de norte y sur, están formados en los lechos de fangolita, piedra arenisca calcárea y piedra arenisca de la edad Cretáceo, y el rendimiento potencial estimado de agua subterránea es de 10 litros por minuto a más de 100 litros por minuto.

Se estima que no hay acuífero disponible en las rocas de fondo hasta 80 m de profundidad en la parte norte de la Región IV-2 . El nivel estático de agua en la parte norte oscila fuertemente en rango de 8 a 50 m de profundidad. Hay posibilidad de encontrar alto contenido de  $SO_4^{2-}$  y  $Cl^-$  en calidad de agua lo cual exige un estudio cauteloso

Se estima que no hay acuífero disponible en las rocas de fondo hasta 60 m de profundidad en el sur de la Región IV-2 . El nivel estático estimado de agua en el sur se ubica a unos 14 metros de profundidad, y la calidad de agua es de tipo  $Ca(HCO_3)_2$ .

(9) Región Hidrogeológica IV-3 : Cordillera Central

La geología general de la Región Hidrogeológica IV-3 consiste principalmente en lechos de caliza. No se han conseguido informaciones de agua subterránea de la Región .

(10) Región Hidrogeológica V-1 : Valle de San Juan

Se supone que los acuíferos en la Región V-1 están formados en lecho de conglomerado calcáreo y piedra arenisca calcárea fangosa de la edad Terciaria ubicándose de 30 a 60 metros de profundidad. Las aguas subterráneas de la Región se especifican de tipo no confinado formado en los lechos de arena-grava calcárea, que están sobrepuestos por lechos de rocas de limo. Las aguas subterráneas son relativamente ricas en contenido de  $Cl^-$ , cuyo valor no sobrepasa al límite superior permisible establecido por INAPA. El nivel estático de agua estimado se ubica en menos de 20 metros de profundidad, y el rendimiento potencial de agua es de 20 litros por minuto.

(11) Región Hidrogeológica V-2 : Valle de San Juan

No se observa disponibilidad de acuífero hasta 120 m de profundidad en la Región Hidrogeológica V-2 . La geología general de aguas subterráneas en la Región consiste principalmente en lechos de fangolita calcárea de la edad Terciaria.

(12) Región Hidrogeológica VI: Sierra de Neiba

Se supone que los acuíferos en la Región VI están formados en lecho de piedra arenisca calcárea, intercalados en lechos de fangolita calcárea. La calidad de aguas subterráneas en la Región es similar a la de las Regiones hidrogeológicas II y III. El nivel estático de agua estimado se ubica aproximadamente a 20 metros de profundidad, y el rendimiento potencial de agua es de 5 a 20 litros por minuto.

(13) Región Hidrogeológica VII-1: Cuenca de Enriquillo

La geografía general de la Región consiste principalmente en lechos de arena-grava. No se han conseguido informaciones de agua subterránea de la Región.

(14) Región Hidrogeológica VII-2: Cuenca de Enriquillo

Se supone que los acuíferos en la Región VII-2 están formados en lechos de conglomeración calcárea o en alternados de conglomerado y piedra arenisca de la edad Terciaria. Los lechos de sal de roca están distribuidos en las circunferencias de la Región, aportando muy alto contenido de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  en agua subterránea. Los sitios de perforación debe ser seleccionados cuidadosamente en la zona más al sur posible de la Región, donde se puede esperar aportación de agua subterránea de tipo  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . El nivel estático de agua estimado se ubica aproximadamente a 20 metros de profundidad, y el rendimiento potencial de agua es de 100 a 200 litros, llegando localmente hasta 300 litros por minuto.

(15) Región Hidrogeológica VIII: Sierra de Baoruco

La geografía general de la Región consiste principalmente en lechos de caliza. La Región es similar a la Región VI en características hidrogeológicas, No se han conseguido informaciones de agua subterránea de la Región.

3) Investigación de Influencia mediante Operación de Bombeo

La zona, donde tendrá lugar la influencia de descenso del nivel de agua por operación de bombeo, se denomina "esfera de influencia". La estimación a grandes rasgos de dicha influencia se hizo utilizando sólo un pozo, en la cual se realizan bombeo y medición del nivel a la vez.

La extensión de "esfera de influencia", estimada por el método aproximado arriba explicado en el Area del Estudio, resulta ser menos que 100 m si se bombea la cantidad de rendimiento de potencial esperado durante 24 horas continuas. Esto conduce a la conclusión de que el efecto de descenso del nivel de agua no presentará, problemas si la distancia entre pozos queda separada más de 200 metros para explotación de agua subterránea en el Area del Estudio.

Los pozos de 9 a 12, que se han operado en la sub-región III3 , se especificaron como de la categoría "D1", mientras el pozo 13 en la sub-región IV2 como de "D9" y el pozo 16 en la sub-región IV1 como "D6".

#### 4) Resumen

La capacidad específica y el potencial de explotación de cada región hidrogeológica es como sigue:

El balance de agua fué estimado de un punto de vista regional, la red de observatorios meteorológicos existentes en el Area no es suficiente para cubrir las variaciones topográficas existentes. Por otro lado, no se han podido analizar las condiciones de las cuencas superiores fuera del Area de Estudio. Además, los pozos existentes en el Area son menores de 100 mts de profundidad, y su fluctuación de niveles no fueron obtenibles. Es por esto, que se ha redlizado una estimación tentativa del balance de aguas como se indica en la Tabla 3.7.

### 3.4 Agua Superficial

#### 3.4.1 **Condiciones Actuales de Explotación de Aguas Superficiales**

Los ríos del Area del Proyecto han sido altamente explotados por las poblaciones locales desde hace tiempo, para riego o para uso doméstico. Recientemente, se ha llevado a cabo una explotación sistemática de abastecimiento de agua en gran escala, bajo supervisión de INDRHI, INAPA y otras agencias gubernamentales. La situación se detalla a continuación.



Región	Profundidad del Acuífero	Valor de Capacidad Específica	Potencial de Bombeo (Q (ℓ/min))	Potencial
I	-	-	-	Localmente Muy Bajo
II	No Confinado < 60	13~72	Q=100	≥ 500 Alto
III 1	Ligeramente confinado 60~90	22	Q=100	Alto
III 2	Confinado 60~120	303	Q=100	≥ 1,000 Alto
III 3	Confinado 60~90	26~83	Q=300	≥ 500 Alto
III 4	Confinado 30~60	10	20 > Q ≥ 5	≥ 300~500 Alto
IV 1	No Confinado 30~60	2~12	60 > Q ≥ 10	Medio
IV 2 <sub>N</sub>	Zona Meteorizada 30~60	1.1	-	Bajo
IV 2 <sub>S</sub>	Rocas -	1.6~1.9	15 > Q ≥ 5	Alto
IV 3	Rocas -	-	-	
V 1	No Confinado 50~70	2.8~51.6	20 > Q ≥ 5	≥ 300~500 Medio
V 2	-	-	-	Bajo
VI	Caliza 50~70	3.0	20 > Q ≥ 5	≥ 300~500 Medio
VII 1	Salada -	-	-	Manantial
VII 2	Salada -	418	200 > Q - ≥ 10 0	≥ 3,000 Medio
VIII	Caliza -	-	-	Manantial

### 1) Abastecimiento de Agua para Uso Doméstico

Según INAPA, si bien los sistemas de abastecimiento de agua y sus niveles varían mucho, el abastecimiento de agua anual cubre a unos 100,000 habitantes locales llegando a 34.6 millones de toneladas, a través de los 30 sistemas existentes, aprovechando aguas de ríos localizados en el Area del Proyecto como fuente de agua.

Los volúmenes de abastecimiento de agua mediante sistema de ríos, incluyendo aguas de manantiales de la cuenca del lago Enriquillo se alistan abajo (estimado:1990)

### Volumen de Abastecimiento de Agua Anual (hm<sup>3</sup>)

Río Dajabón (Río Masacre/Capotillo)	1.4
Río Guarabo, Lago Saladillo	1.6
Río Yaque del Norte	23.4
Río Artibonito	3.3
Manantiales/ríos de la Cuenca del Lago Enriquillo	4.9
Total	34.6

A parte de los recursos de abastecimiento arriba mencionados, están explotando aguas de afluentes de montañas para uso doméstico. No obstante, no hay datos disponibles para estimar volumen de agua.

#### 2) Agua para Riego

De acuerdo con datos de INDRHI, las represas de agua para riego están construidas en los ríos Gurabo, Mao, Cana, Chacuey, Maguaca y Masacre. Varias estaciones de bombas están instaladas en el río Yaque del Norte. Aparte, estaciones permanentes o temporales privadas de varias escalas fueron instaladas por los dueños de plantación, pero se destina sólo para agua de riego.

Los volúmenes anuales de consumo de agua para riego por medio de sistema de canales, son como siguen (estadística de INDRHI, 1986).

Río Yaque del Norte, Dajabón, Gurabo	660 hm <sup>3</sup>
Artibonito	50-80
Enriquillo	35-82
Total	745-822

Además, el desarrollo de riego que se lleva a cabo por fincas privadas está creciendo año tras año. Por esta razón, se estima que el consumo de agua para riego sobrepasa a 900 hm<sup>3</sup> por año.

El porcentaje de agua de riego que se aprovecha nuevamente en campos de arroz situados en tierra baja se estima en más del 50 a 60%.

### 3.4.2 Desarrollo de Potencial de Aguas Superficiales

#### 1) Recursos de Agua a Utilizarse

Las aguas de ríos, lagos y manantiales están utilizadas desde hace tiempo como agua para uso doméstico. Estos recursos se consideran de alto potencial tanto ahora como para el futuro para el agua de uso doméstico.

La explotación de aguas de lago y manantial para uso doméstico está limitada debido a su localización, pero las aguas de río presentan alto potencial de explotación para uso doméstico.

Por consiguiente, debe estudiarse aguas de río como una alternativa de recursos de agua a explotar.

#### Método de Evaluación

El potencial de explotación de aguas de río como recursos para el proyecto fue evaluado de siguiente manera:

$$D_P = D_T - D_E - D_M$$

en donde:

$D_P$  : Agua de Río Disponible (Agua aprovechable)

$D_T$  : Promedio Anual de Caudal de Ríos

$D_E$  : Uso de Agua Esistente

$D_M$  : Descarga para Mantenimiento de Ríos

#### 3) Promedio Anual de Caudal de los Ríos

El promedio anual de caudal de ríos fue estimado mediante la precipitación y otros datos meteorológicos y hidrológicos recogidos. El caudal fue estimado en base a 80% de frecuencia de retorno sobre caudal anual de cada río.

##### (1) Precipitación Zonal

La precipitación zonal fué estimada de acuerdo al Método de Promedio Aritmético, Método de Thiessen y Método de Isoyetas. En este Estudio, el volumen de precipitación anual es de 10,356.9 m<sup>3</sup>, calculado por el método de promedio aritmético.

Si se supone que el volumen de precipitación zonal calculado por el método de promedio aritmético es 100, por el método de Thiessen es 95 y 107 por el método de isoyetas.

##### (2) Evapotranspiración

El promedio anual de evapotranspiración fue examinado a fin de estimar caudal de descarga de cada cuenca hidrológica.

El cálculo de evapotranspiración se basó en los datos recogidos de INDRHI, relacionando con el patrón de precipitación, configuración topográfica, vegetación, uso del terreno, cultivo y otros factores concernientes al Area del Proyecto.

Las siguientes estimaciones son valores experimentales:

Area húmeda y semi-húmeda: 65-70%, precipitación anual

Area árida y semi-árida : 85-90%, precipitación anual

### (3) Caudal de Descarga

Los datos coleccionados de descarga específica, coeficiente de escorrentía y coeficiente de régimen del río de cada río se muestran en la Tabla 3.8.

El porcentaje de escorrentía anual es 80% para el río Amina (afluentes del margen izquierdo del río Yaque del Norte), 80% para el río Masacre, y alrededor de 30% para otros ríos. El porcentaje es de 10 al 12% para los ríos Macasia y Cana (sistema del río Artibonito) y entre 30 y 35% para otros ríos de este mismo sistema.

El caudal de cada río está correlacionado con la distribución mensual o estacional de precipitación. La mayoría de los ríos tienen 70% de total de caudal anual en los seis meses (abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre), en cambio, en febrero y marzo el total de caudal mensual es 3.7% y 4% sobre el total de caudal anual, respectivamente.

El patrón de precipitación en el Area es de lluvia fuerte de poca duración, y el patrón de descarga es correlacionado con la descarga máxima alcanzada en corto tiempo y disminución de descarga en corto tiempo.

El rango de variación de nivel de agua en curso superior del río Artibonito es 12 m en corto tiempo, y de 10 a 15 m en otros ríos. Se hizo análisis de los caudales diario, mensual y anual del río Guayubin y Masacre.

El porcentaje de descarga con respecto a la precipitación anual medida durante 12 años presentan los siguientes valores; máximo: 215.4%, mínimo: 12.7%; y promedio: 49.1%.

De la medición de descarga se sabe que la sequía coincide con enero, febrero y marzo, durante los cuales la descarga mensual es 0, y la precipitación es

de 30 a 40 mm. El promedio es 342% en enero, 137% en febrero y 57% en marzo.

La correlación diaria con la precipitación del río Masacre (1985 a 1988) se muestra en la Fig. 3.14. La razón de correlación mensual (descarga/precipitación) es 15.9 como máxima, 1.98 a 0 como mínima y 2.86-0.614 como promedio anual. En el río Guayubin, esta correlación es de 5.62 a 1.6.

En este Estudio, los valores razonables de porcentaje de descarga y caudal de descarga no se han podido estimar por las siguientes razones:

- El patrón de distribución de precipitación es muy diversificado localmente, y es difícil cubrir este patrón con las estaciones existentes,
- No hay datos disponibles de precipitación diaria en la zona húmeda de cabecera de ríos,
- No hay datos disponibles de caudal subsuperficial ni caudal intrínseco de agua subterránea en el área de cabecera de ríos,
- Se supone que el agua de diversión de reservorio está incluida en los datos de descarga en sequía del río Masacre.

#### 4) Agua Disponible $D_p$

(1) La descarga con posible retorno de agua fue estimado a 80% para cada río como sigue:

Cuenca Hidrológica	Punto de Medición	Descarga Anual (hm <sup>3</sup> )
Yaque del Norte	Ranchadero	1064
Chacuey	La Expensa	150
Guarabo	Confluencia	65*
Dajabón	Don Miguel	360
Artibonito	Pedro Sentana	1000
Total ( $D_T$ )		1639

\* Fuente: INDRHI

(2) Aprovechamiento de Agua Existente ( $D_E$ )

El volumen de agua usado para irrigación y agua doméstica por cada cuenca es como sigue:

Cuenca	Agua de Riego (hm <sup>3</sup> )	Agua Doméstica (hm <sup>3</sup> )	Total (hm <sup>3</sup> )
Río Yaque del Norte, Dajabón, Guarabo, Chacuey	700	30	730
Río Artibonito	80	4	83
Lago Enriquillo	(35~82)	(5)	(39.9~87.0)
Total	780	34	814

\* La cuenca del Lago Enriquillo fué excluído del cálculo del potencial.

### (3) Mantenimiento de Caudal (D<sub>M</sub>)

Se estima que, para mantener cursos de río y abastecer agua para uso doméstico a los habitantes que viven en los cursos inferiores, se necesita el 30% de descarga anual (D<sub>M</sub>).

### (4) Agua Disponible (D<sub>p</sub>)

El estimado de agua disponible se resume como sigue:

Cuenca	unidad: hm <sup>3</sup>			
	D <sub>T</sub>	D <sub>G</sub>	D <sub>M</sub>	D <sub>P</sub>
Río Yaque del Norte, Dajabón, Guarabo, Clacuey	1639	-730 *	-491.7	-417.3
Río Artibonito	1000	-84	-300.0	616.0
Total	2639	-814	-791.7	1033.3

### (5) Potencial de Explotación

Como se ha mencionado arriba, el agua superficial para posible explotación de ríos, excepto la cuenca del sistema de lago Enriquillo, es aproximadamente de 1,033 hm<sup>3</sup>.

Según ONAPLAN, el potencial de explotación de agua superficial es de 3,936 hm<sup>3</sup> (incluye ndo la cuenca de Enriquillo; 25 hm<sup>3</sup>).

El valor arriba mencionado fué estudiado sólo en base anual, pero del 60 al 70% de disponibilidad de descarga se observa en abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre.

Por esta razón, el agua superficial como recurso estable para uso doméstico es difícil de explotar sin contar con represas.

Si no se satisfacen estas condiciones de explotación, el potencial de explotación de estos recursos queda muy bajo o es insignificante.

### **3.5 Condiciones Actuales de Explotación de Abastecimiento de Agua**

#### **3.5.1 Localidades Rurales Propuestas**

En 1988, el Gobierno Dominicano solicitó al Gobierno del Japón una cooperación técnica para el estudio del potencial de aguas subterráneas y preparación de un plan de abastecimiento de agua rural para las cuatro provincias a lo largo de la frontera occidental (ver Fig. 3.15).

El número de localidades para el plan de abastecimiento de agua son 154 (más tarde se añadieron otras 4 localidades quedando 158 en total), según la solicitud presentada por INAPA.

Provincia	Localidades
Monte Cristi	37
Dajabón	55
Elías Piña	55
Independencia	11
Total	158

#### **3.5.2 Condiciones Actuales de Abastecimiento de Aguas**

Durante el período de estudio en campo se llevó a cabo, la investigación socioeconómica de las condiciones de abastecimiento de agua en las 158 localidades solicitadas para evaluar la urgencia y la potencialidad de explotación para abastecimiento de agua.

Conforme a los resultados de dicha investigación, se seleccionó las localidades sobre condiciones de abastecimiento de agua, disponibilidad existente de recursos de agua, forma y dispersión de las localidades, y estado de desarrollo socio-infraestructural de localidades solicitadas.

Basándose en diversas condiciones locales en relación con el plan de explotación para abastecimiento de agua, el número de localidades en cada Provincia se presenta en la siguiente tabla.

Provincia	Localidades Dispersadas	Localidades con Sistema de Abastecimiento	Localidades que Necesitan Proyecto Abast.	Total
Monte Cristi	8	5	24	37
Dajabón	5	23	27	55
Elías Piña	3	13	39	55
Independencia	2	4	5	11
Total	18	45	95	158

De las 95 localidades que necesitan de un plan de abastecimiento, 15 son inaccesibles por vehículo (3 en Dajabón y 12 en Elías Piñas).

Conforme a los resultados de presente investigación, la actual condición general relacionada al abastecimiento de agua en cada una de las localidades solicitadas se muestra en las Tablas de 3.9 (1) a 3.9 (9).





**CAPÍTULO IV**  
**EL PROYECTO PROPUESTO**





## CAPITULO IV

### EL PROYECTO PROPUESTO

#### 4.1 Objetivos del Proyecto

1) El principal objetivo del Proyecto es el de proveer a las localidades rurales solicitadas de Monte Cristi, Dajabón, Elías Piña e Independencia con un abastecimiento estable de agua segura para usos domésticos en suficiente cantidad para promover la salud, saneamiento y el mejoramiento de las condiciones de vida de los residentes.

2) El plan será formulada para 95 localidades identificadas como localidades con necesidad de desarrollo de recursos de agua y de abastecimiento en el presente Estudio.

#### 4.2 Política Básica de Desarrollo

El Proyecto propuesto será implementado siguiendo los siguientes conceptos básicos:

1) El plan será implementado para las 95 localidades rurales identificadas como necesitadas de desarrollo de recursos de agua y abastecimiento en el presente Estudio; se evaluará para cada localidad lo siguiente:

- Las condiciones socioeconómicas; población y su variación, estructura y forma de estructura, industrial
- Las condiciones de abastecimiento de aguas ; fuentes efectivas de aguas, método de abastecimiento, instalaciones existentes.
- Potencial de desarrollo de recursos hídricos ; fuentes confiables de agua y su potencial de desarrollo, calidad de aguas, dificultades de desarrollo, recursos hídricos alternativos y su potencial de desarrollo
- Acceso y otros factores restrictivos para el desarrollo.

2) Localidades propuestas que necesitan de proyecto de desarrollo

En principio, se excluirán del presente plan de desarrollo las siguientes localidades:

- Las que se encuentran ubicadas en los sistemas de acueductos existentes,
- Las no accesibles por vehículos,

- Las que se basan solamente en el abastecimiento por aguas de quebradas montañosas,
- Las que cuentan con muy pobre potencial de aguas subterráneas, y
- Las localizadas en la provincia de Independencia, ya que tienen relativamente desarrollado, sistemas de abastecimiento de aguas en comparación con las otras provincias.

Entre las 5 localidades de la provincia de Independencia, 2 están localizadas en el oeste y 3 en el este. Ambas áreas se ubican en las zonas montañosas de la Sierra de Neiba, con una elevación de terreno entre 800 y 1300 mts. sobre el nivel del mar y con un grado de dispersión de las villas relativamente alta.

Estas localidades están situadas en un área húmeda con una precipitación anual mayor de 1500 mm, y cuenta con abundante agua de quebrada de montañas y/o de manantiales. Es por estas razones de que se considera de que es bastante difícil poder formular un plan económicamente factible de abastecimiento de aguas.

Además, estas localidades están localizadas muy lejos de las otras 90 localidades, por lo que se dificulta también la formulación del plan de implementación y de operación y mantenimiento, aparte de que 3 de ellas no son accesibles mediante vehículos.

De acuerdo a esto, se considera de que para estas localidades un proyecto independiente al presente debe ser formulado para satisfacer sus necesidades, o incluirlas en un plan integral de desarrollo regional. En consecuencia, estas 5 localidades de Independencia son excluidas del Proyecto propuesto.

En las localidades de la parte norte de Monte Cristi, las consideraciones arriba expuestas no serán tomados en cuenta, ya que estas tienen una situación de abastecimiento de aguas de extrema gravedad, dependiendo solamente del agua de lluvia.

### 3) Principales puntos a ser considerados para la planificación

- Desarrollo de recursos de aguas:  
estabilidad por largo tiempo, obtenible en cantidad y calidad adecuadas, viabilidad económica

- Sistemas de producción y abastecimiento:  
minimización de los costos de producción, de operación y mantenimiento, simplicidad y facilidad en su operación y mantenimiento.
- 4) Mejoramiento y reforzamiento de los sistemas de operación y mantenimiento
- 5) Introducción del sistema autogestionario en las localidades beneficiadas.

#### **4.3 Componentes del Proyecto Propuesto**

El Proyecto propuesto consta de los siguientes componentes;

- Plan de desarrollo de aguas:  
evaluación de los recursos obtenibles, estimación del potencial de desarrollo, caudal asegurable, métodos de perforación, estimación del agua superficial obtenible.
- Plan de producción de aguas:  
establecimiento del año meta, proyección de la población planificada, estimación de la demanda.
- Plan de abastecimiento de aguas:  
formulación de métodos de distribución y abastecimiento y sistemas de producción y abastecimiento.
- Plan de instalaciones:  
planificación de las instalaciones requeridas, diseño preliminar.
- Plan de implementación:  
estimación del programa de construcción, organización para la ejecución.
- Estimación de costos:  
estimación de costos de construcción, operación y mantenimiento y el costo unitario de la producción de aguas.
- Plan de operación y mantenimiento:  
formulación del plan de control de producción y de operación y mantenimiento, establecimiento de la organización para la operación y mantenimiento.

#### **4.4 Plan de Desarrollo del Agua Subterránea**

##### **4.4.1 Lineamientos Básicos**

###### **1) Recurso hídrico prioritario**

Se ha considerado como factores de importancia para evaluar la prioridad de la evaluación de los recursos hídricos, la escala de las localidades, la distancia entre las localidades, la población, la demanda general, la magnitud de fluctuación estacional de agua superficial o subterránea, el costo de desarrollo. Estos factores han sido evaluados en el capítulo anterior y se considera de que el desarrollo del agua subterránea es de primera prioridad para el uso como recurso hídrico para el agua de uso doméstico.

###### **2) Procedimiento para la planificación del desarrollo del agua subterránea**

###### **(1) Demarcación de las regiones hidrogeológicas y sus características**

- a) Las demarcaciones de las regiones hidrogeológicas han sido realizadas en base a los resultados de los trabajos de la fase I y II del presente estudio
- b) La profundidad de los respectivos acuíferos han sido investigados, ya que ésta tiene una importancia económica grande para el desarrollo de las aguas subterráneas
- c) La calidad de las aguas por cada región

###### **(2) Priorización del programa de desarrollo de aguas subterráneas**

- a) Evaluación del potencial de desarrollo de aguas subterráneas
- b) Factibilidad técnica y financiera del desarrollo del agua subterránea y los sistemas de abastecimiento de aguas
- c) Estimación de los efectos ambientales

###### **(3) Recursos hídricos complementarios**

Recursos hídricos alternativos han sido estudiados en casos siguientes;



a) en el caso de que los costos de inversión inicial, operación y mantenimiento, sea evidentemente menos costosa que el agua subterránea;

b) en el caso de que otros tipos de recursos hídricos se haya evaluado de que es mucho más efectivo de desarrollar que el agua subterránea;

### 3) Programa de desarrollo del agua subterránea

(1) El programa de desarrollo será establecido de acuerdo a las características regionales del área del proyecto, propiedades de los acuíferos, reservas, nivel del agua, distribución de las localidades, estructura general topográfica, estructura geológica y otros. La localización y estructura de los pozos son determinados de acuerdo con la cantidad estimada de la demanda de aguas.

Se ha evaluado también la calidad de aguas para decidir los lugares de desarrollo.

(2) Se prestará una especial atención a los siguientes puntos:

a) Dos tipos de acuíferos son observados en el área del Proyecto. El acuífero no confinado, es generalmente observado en las zonas meteorizadas de rocas Terciarias, que están cerca de la superficie. El agua subterránea de los acuíferos no confinados son considerados que se puede explotar en forma relativamente fácil, aunque se estima de que no es lo suficientemente estable para considerarse como fuente para agua de uso doméstico. El acuífero no confinado se observa en las regiones hidrológeológicas II al VII. El desarrollo de este acuífero no confinado se ha considerado como de primera prioridad para explotarla.

b) El acuífero confinado de las rocas terciarias.

c) El agua subterránea de acuíferos no confinados puede ser desarrollado en las zonas ocupadas por los sedimentos recientes a lo largo del Río Yaque del Norte, por lo que es conveniente realizar una investigación más detallada acerca del espesor de estos sedimentos en el futuro y realizar un monitoreo continuo de su calidad de aguas.

#### 4.4.2 El Acuífero y la Escala de Desarrollo

Las características generales de los acuíferos a desarrollarse en el Proyecto propuesto por regiones hidrogeológicas y su potencial de desarrollo se muestran a continuación (Ver Tabla 4.1):

##### (1) Región hidrogeológica II: Llano de Yaque del Norte

El acuífero de tipo no confinado se estima que se encuentra dentro de los 60 mts de profundidad. El nivel estático del agua se encuentra a aproximadamente 5 metros de la superficie y el potencial se ha calculado en cerca de 10 litros por minuto. Se han observado, localmente un acuífero altamente productivo de hasta 500 litros por minuto y con abatimiento de sólo 10 metros.

##### (2) Región hidrogeológica III-1: Sur de Yaque del Norte

El acuífero de esta región es estimada que se encuentra de 60 a 90 metros de profundidad y está ligeramente confinada. También se ha confirmado la existencia de acuíferos confinados de algunas metros de espesor. El agua subterránea de esta región presenta similares valores en cuanto a su caudal y calidad a las de la región I.

##### (3) Región hidrogeológica III - 2: Sur de Yaque del Norte

El acuífero de esta región es estimada que se encuentra de 60 a 90 metros de profundidad y son de tipo confinado. La calidad de sus aguas es similar a las de la región II, se han observado un caudal importante de aguas, pero con alto contenido de  $SO_4^{2-}$ . El nivel estático se presenta generalmente a los 20 metros, estimándose el potencial de aguas subterráneas en 100 litros por minuto. En algunos lugares, con una estructura geológica particular se ha observado acuífero con capacidad de 1000 litros por minuto, y con abatimiento de 5 metros.

##### (4) Región hidrogeológica III-3: Sur de Yaque del Norte

El acuífero se estima que se encuentra de 60 a 120 metros en las rocas terciarias y se encuentra confinada. El nivel estático se encuentra generalmente a 15 metros de la superficie, aunque en algunos lugares como Palo Blanco, se puede encontrar a 50 mts. Esta región se considera potencialmente alta en aguas subterráneas, la calidad de aguas es generalmente similar a la de la región II, aunque se encuentran alto contenido de  $Ca(HCO_3)_2$  en algunos lugares como Chacuey y Calderón. El

potencial estimado es de 300 litros por minuto en la región, pero puede obtenerse localmente hasta 500 litros por minuto.

(5) Región hidrogeológica III-4: Sur de Yaque del Norte

El acuífero se encuentra de 30 a 60 metros de profundidad y es de tipo confinado, el nivel estático, generalmente, se encuentra a unos diez metros de profundidad. La calidad de aguas es similar a la de la región II y su potencial estimado es de 5 a 20 litros por minuto.

(6) Región hidrogeológica IV-1: Cordillera Central

El acuífero se ha estimado que se encuentra de 30 a 60 metros de profundidad y es de tipo no confinado. El potencial de aguas subterráneas varía de acuerdo con espesor de la parte meteorizada de la tonalita, por lo cual se estima que rícho potencial es menor en la zona de las crestas de montañas y mayor en las zonas menos onduladas. El agua presenta alta concentración de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , su nivel estático es de 5 a 15 metros de profundidad y se estima su caudal de 10 a 60 litros por minuto.

(7) Región hidrogeológica IV-2: Cordillera Central

Esta región se sitúa al norte y al sur de la región IV-1. El caudal del acuífero se ha estimado en 10 litros por minuto. En la parte norte, el acuífero se encuentra a aproximadamente 90 metros de profundidad y con un nivel estático de 8 a 50 mts. El agua posiblemente tenga alta concentración de  $\text{Cl}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ .

En la parte sur, el acuífero se encuentra a aproximadamente 60 metros de profundidad y su nivel estático es de unos 14 metros, la concentración de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  es relativamente alta.

(8) Región hidrogeológica V-1: Valle de San Juan

El acuífero se encuentra de 30 a 60 metros de profundidad sobre estrato de conglomerados calcáreos de conglomerados calcareos ligeramente consolidados (acuífero confinado) y estrato de arena-grava calcárea (acuífero no confinado), la cual está debajo de una capa de limo. El agua contiene una ligera concentración de  $\text{Cl}^-$ , que se mantiene dentro de las normas permisibles estipulados por INAPA. El nivel estático del agua se ha estimado en 20 metros y un caudal de 5 a 20 litros por minuto.

#### (9) Región hidrogeológica VI: Sierra de Neiba

El acuífero está formado por capas de areniscas calcáreas, su calidad de aguas es similar a las de las regiones II y III; el nivel estático se ha estimado en 20 metros de profundidad y su potencial de 5 a 20 litros por minuto.

#### 4.4.3 Métodos de Perforación

##### (1) Ubicación de Pozos, Profundidad y Diámetro

En caso de que 2 ó 3 pozos se opere simultáneamente en una localidad, los pozos deberán estar separados más de 200 mts uno del otro, para prevenir la interferencia de los pozos. El diámetro del encamisado del pozo para los de tipo manual y motorizado será de 6 pulgadas para unificar el equipo de perforación y los materiales de construcción de los pozos.

La ubicación idefinitiva de los pozos se debe determinar después de un estudio hidrogeológico detallado.

Como se ha encontrado que a profundidades mayores se tiene tendencia a aumentar el contenido de Cl<sup>-</sup> y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; la profundidad de los pozos se ha determinado entre 60 a 120mts. En adición, a la profundidad mencionada se ha agregado 20 mts para la acumulación de las partículas y arenas en el pozo.

##### (2) Método de Perforación

Operaciones de perforación serán implementados mediante los métodos de rotación, percusión neumática y percusión por cable, de acuerdo las condiciones hidrogeológicas.

El método de percusión por cables se ha determinado que es más efectivo en áreas cubiertas por estrato de arenas, tal como la región II (Llano de Yaque del Norte). Por otro lado, la percusión neumática es efectivo en áreas cubiertas por rocas graníticas como la región IV-2 (Cordillera Central)

Además, de acuerdo a la profundidad de los pozos se deben adoptar los diferentes metodos.

Método de rotación	:	para pozos hasta 120 mts
Método de percusión neumática	:	para pozos de 80 a 100 mts

Método de percusión por cables : para pozos de 60 a 80 mts

(3) Construcción de pozos de agua

Los pozos deben ser terminados con un encamisado conveniente y con rejillas para la introducción del agua, rellenarse el pozo con empaque de grava para prevenir la introducción de materiales finos al pozo.

El debe ser de un material altamente resistente con un 5 % de apertura y abertura de 1.0mm (abertura horizontal). El empaque de grava debe ser de menos de 9mm de diámetro.

Se recomienda el sellado de pozo mediante mortero de cemento a unos metros de la superficie para evitar la introducción del agua contaminada al pozo y la forma de perforación es como sigue:

Región	Acuífero	Prof. Acuífero (m)	Caudal Esperado ℓ/m	Prof. Diseño (m)	Diámetro Pozo (pulgada)	Método Perfor.
II	Arena fina No confinado	20~30	100	60~90	6	C.P.
III-1	Arena extremadamente fina, ligeramente confinada	20	100	70~80	6	C.P., R
III-2	Arenisca calcárea confinada	20~30	100	70~80	6	C.P., R
III-3	Intercalación de arenisca y limo Confinado	10~60	300	80~150	6	R.
III-4	Arenisca calcárea, ligeramente confinada	5~20	5~20	70~80	6	C.P., R
IV-1	Granito Meteorizado No confinado	20~40	10~60	60	6	A.H.
IV-2	Arenisca Meteorizada No confinado	10~40	5~15	70~90	6	A.H.
V-1	Arenisca, Conglomerado Calcáreo Confinado, No Confinado	20~30	5~20	50~70	6	C.P., R.
VI	Arenisca calcárea No confinado	20~30	20	50~70	6	C.P.

C.P. = Percusión por Cables, R = Rotación, A.H. = Percusión Neumática

Plan de Desarrollo de Aguas Superficiales

El plan de desarrollo de aguas superficiales será formulado como el plan de recursos hídricos de 7 localidades de la parte de la provincia de Monte Cristi, zona en donde no existe posibilidades de utilización de aguas subterráneas.

El presente plan propuesto examinará el caudal recolectable de aguas superficiales y la cantidad a almacenar para cubrir la demanda local de agua.

## 1) Precipitación de diseño

Se ha estimado la precipitación superficial en base a los datos respectivos de la estación de Villa Vásquez (INDHRI), el Papayo (instalado por JICA) y el mapa de isoyetas mensuales del "Servicio Meteorológico Nacional".

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
62	39	40	69	75	44	20	37	44	80	125	115	750

mm

En las épocas donde la precipitación mensual es menor de 45 mm, se han observado un porcentaje pequeño de escorrentía y baja eficiencia de recolección. solamente en meses en donde la precipitación mensual es mayor de 45 mm, se ha observado una retención efectiva de aguas. Es por eso que la precipitación de diseño se ha evaluado en base a los datos de 6 meses (Enero, Abril, Mayo, Octubre, Noviembre y Diciembre), esto es, 526 mm de precipitación de diseño anual.

## 2) Escorrentía superficial

(1) El agua de escorrentía puede ser calculado mediante la siguiente fórmula:

$$R = KP$$

en donde;

R: agua de escorrentía

K: coeficiente de escorrentía

P: precipitación

Se ha tomado un valor de 0.4 para el coeficiente de escorrentía K, examinando los diversos valores de K de las diversas fórmulas racionales y

empíricas. Este valor varía de acuerdo a las características físicas, patrón de cultivos y otros factores.

(2) Escorrentía superficial obtenible y la demanda de aguas

La ubicación de los reservorios, el área de almacenamiento y la demanda de diseño son como siguen:

Nombre	Ubicación de Reservorios	Area de Captación (km <sup>2</sup> )	Demanda de Diseño (m <sup>3</sup> )
Sábana Cruz El Cayal Los Conucos	El Cayal	3.1	26,645
Las Canas La Brigida Las Aguitas Buen Hombre	La Brigida	2.5	25,185

Dado que el almacenamiento superficial es posible debido a la construcción de caminos, la eficiencia de escorrentía se ha asumido como un 70%.

La evaporación del agua almacenada se ha estimado en 1,307 mm.

Nombre de Reservorio	Area de Captación (km <sup>2</sup> )	Precipitación Efectiva (mm)	Almacenamiento Efectivo			
			Agua Recolectable (1) (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Evaporación (2) (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
El Cayal	3.1	526	456,568	26,645	26,140	52,785
La Brigada	2.5	526	368,200	25,185	26,140	51,325

(1):  $Q_c = P \times A \times K \times E$

en donde; P = precipitación

A = área de captación

K = coeficiente de escorrentía = 0.4

E = eficiencia de recolección = 0.7

(2) El área de reservorio con agua llena:

$$200 \times 100 = 20,000 \text{ m}^2$$

Aunque, estrictamente hablando, es difícil pensar que ambos reservorios serán usados en las mismas condiciones físicas y socioeconómicas; de cualquier manera, el agua recolectable es totalmente suficiente en cantidad para la demanda de diseño y constituye una fuente estable para los propósitos del plan de abastecimiento.

#### 4.6 Plan de Abastecimiento de Aguas

##### 4.6.1 Lineamientos Básicos

El plan propuesto consta del plan de producción y el plan de abastecimientos. El plan será formulado para las 95 localidades identificadas como necesitadas de un plan de desarrollo, en base a las siguientes consideraciones:

##### 1) Criterios de planificación

###### (1) Año meta

El año meta propuesto es el año 2000, para considerar su futura demanda.

###### (2) Población de servicio

Se han encontrado en algunas localidades con un crecimiento de hasta 203% desde el censo de 1981 a la fecha de la presente investigación (1990), mientras que en otros su población ha decrecido y/o desaparecido. Por esta razón, el presente Proyecto ha calculado la población de servicio en base a lo siguiente:

- Población actual: la población existente en 1990, año de la investigación;
- Tasa de crecimiento: la tasa basada en el crecimiento de 1981 al 1990. En las localidades en donde la población ha decrecido, se ha tomado una tasa de crecimiento nulo.

###### (3) Consumo de agua

El consumo de diseño, se ha basado en los estándares modificados de INAPA.

$\text{Demanda máxima diaria} = \text{población de servicio} \times \text{consumo promedio} \times 1.2$

$\text{Demanda máxima horaria} = \text{población de servicio} \times \text{consumo promedio} \times 1.8$



Sistema de abastecimiento	Conmdiciones	Consumo
Bombas manuales	Con distancias mayores a 500 metros	40l/p/d
Bombas manuales	Con distancias menores a 500 metros	60l/p/d
Bombas motorizadas	Grifo comunal, distancias mayores a 500 metros	60l/p/d
Bombas motorizadas	Grifo comunal, distancias menores a 500 metros	100 l/p/d

(4) El estándar de calidad de aguas

Se ha aplicado estándar de calidad usado por INAPA, la cual se basa en los estándares de la OMS (Ver Tabla 2.10).

**4.6.2 Evaluación de las Localidades Identificadas**

La factibilidad de la implementación del plan de desarrollo para las localidades identificadas, se han evaluado en base a lo siguiente:

1) De acuerdo al grado de necesidad, grado de facilidad de construcción, recursos hídricos disponibles, las localidades se clasificaron en:

A: con grandes necesidades de abastecimiento, y gran urgencia de un plan de abastecimiento;

B: con necesidades de abastecimiento, y cierta urgencia de un plan de abastecimiento;

C: las que se encuentran dentro del área de influencia de sistemas de acueductos existentes, de acceso imposible mediante vehículos, las que tienen menos de 20 casas, las que no cuentan con posibilidades de desarrollo de aguas subterránea y las que están localizadas al norte de la provincia de Independencia.

2) De acuerdo a los recursos hídricos factibles, se han clasificado en:

G: las que son factibles de utilizar el agua subterránea;

S: las que son factibles de utilizar sólo el agua superficial.

La clasificación de cada una de las localidades se muestra en las Tablas 4.2 (1) al (6).

#### 4.6.3 Localidades Objeto del Proyecto Propuesto

De acuerdo a la evaluación obtenida, la cantidad de localidades por tipos es como sigue:

Tipo de Localidades	Monte Cristi	Dajabón	Elias Piña	Independencia	Total
Clase A	14	6	12	-	32
Clase B	5	15	6	-	26
Clase C					
- Sin acceso	-	3	12	-	15
- Dentro de sistemas existentes	3	2	-	-	5
- Pobre posibilidad de agua subterránea	2	1	9	5	17
Total	24	27	39	5	95

De lo anterior se ha decidido que 58 localidades de la clase A y B serán objeto de la planificación para el presente, proyecto, ya que las de la clase C, son técnica y económicamente no factible de realizarlas. Las localidades seleccionadas se muestran en la figura 4.1.

Las localidades objeto del Proyecto representa el 64.4% de las localidades necesitadas con una población total de 25,627 habitantes.

Considerando que el plan de desarrollo debe ser llevado a cabo lo más pronto posible, 37 localidades clasificadas como "C" han sido excluidas del Proyecto propuesto, tal como se muestra en la Tabla 4.3.

Cinco de las 37 localidades ubicadas en las localidades con sistemas existentes pueden ser conectados al mismo sistema por medio de las obras de extensión.

Para las restantes 32 localidades se han recomendado incluirlos en proyectos individuales o de otros tipos de proyectos ya que éstos cuentan con

recursos hídricos obtenibles cercanos como aguas de montañas o manantiales.

Sin embargo, estos lugares no cuentan con los datos de caudal confiables, por lo que se recomienda que se deben realizar la medición del caudal de las fuentes a utilizar por más de un año para poder evaluar la viabilidad de éstos recursos de aguas.

#### 4.6.4 Plan de Producción de Aguas

La fuente de agua de 47 localidades será el agua subterránea y las restantes 11 de la provincia de Monte Cristi, será de fuente de agua superficial.

##### 1) Producción planificada

La producción se ha calculado para cada sistema, con un 120% sobre las normas, teniendo en consideración las pérdidas.

El caudal de diseño por sistemas es como sigue:

Sistema de bombas manuales	48 litros/día/persona
Sistema de bombas motorizadas	72 a 120 litros/día/persona
Sistema de reservorio, planta de tratamiento	48 litros/día/persona
Sistema de camiones cisternas (*)	15 litros/día/persona

(\*) Sólo agua para beber

##### 2) Sistema de producción

###### (1) Sistema de producción de aguas subterráneas

Se han considerado dos sistemas (bombas manuales y bombas motorizadas) para el agua subterránea, teniendo en cuenta las propiedades de los acuíferos, nivel de agua y la variación del servicio. De las 47 localidades que se proponen el uso del agua subterránea, 40 son de bombas manuales y 7 de bombas motorizadas.

Los pozos necesarios por localidades del sistema de bombas manuales son como siguen:

Las localidades con sistemas de bombas motorizadas se ha planificado uno por localidad y existen 6 localidades en Monte Cristi y una localidad Dajabón.

###### (2) Sistema de agua superficial

Provincia	Localidades	Pozos
Monte Cristi	2	5
Dajabón	20	72
Elías Piña	18	54
Total	40	131

Once localidades de Monte Cristi que no tienen posibilidades de aprovechar el agua subterránea, se han evaluado sus condiciones topográficas, la escorrentía y posibilidades de almacenamiento.

Como resultado de la cual, 3 localidades de la costa del Atlántico y una al extremo noroeste aislada se ha propuesto que es más conveniente el abastecimiento mediante transporte por camiones cisternas ya que cuentan con escasas posibilidades de almacenamiento de aguas.

### (3) Sistema de abastecimiento de aguas

El sistema de abastecimiento se ha decidido en base al sistema de producción, forma de las localidades y la población planificada.

#### a) Sistema de producción y abastecimiento independiente

Este sistema se basa en las bombas manuales y su área de influencia es de 20 familias, tratando de minimizar la distancia de transporte.

#### b) Sistema de bomba motorizada y grifo comunal

Producción con bomba sumergible, almacenamiento de agua en un tanque elevado y ubicación de grifos comunales para que la distancia de transporte no sea mayor de 500 mts.

#### c) Sistema de almacenamiento, purificación del agua, transporte a presión y grifo comunal

Este sistema almacena el agua superficial, purificando el agua mediante filtración lenta y cloración y distribución a presión con almacenamiento a cada localidad.

#### d) Sistema de transporte por camiones cisternas

Se transportará el agua tratada en las plantas existentes de agua de INAPA, almacenando en los tanques de cada localidad.

Se muestra en la figura 4.2 el diagrama de cada sistema.



**CAPITULO V**  
**PLAN DE INSTALACIONES**







## CAPITULO V

### PLAN DE INSTALACIONES

#### 5.1 Política Básica

El plan de las instalaciones requeridas para el Proyecto propuesto se basa en el plan de producción y abastecimiento expuesto.

##### 1) Instalaciones requeridas

Las instalaciones requeridas son como siguen:

Sistema	Instalaciones requeridas
Bombas Manuales	131 pozos, bombas manuales, plataforma de base
Bombas Motorizadas	7 pozos, bombas motorizadas, fuente de generación eléctrica, caseta de generador, tanque elevado, tuberías, grifo comunal
Reservorio, Planta Purificadora	2 reservorios, obras de toma, filtros, equipos para la purificación, bomba de empuje, tuberías, tanque elevado, grifos comunales
Transporte por Camiones	camiones cisternas, tanques de almacenamiento

Además de estas instalaciones, se incluirá inatalaciones y equipos para la operación y mantenimiento, monitoreo de aguas subterráneas y mejoramiento de caminos de acceso.

##### 2) Criterios de Diseño para el Plan

###### (1) Sistema de Bombas manuales

###### a) Pozos

###### - Método típico de perforación y diámetro de perforación

Se ejecutará la perforación mediante el método de rotación y percusión neumática para pozos con profundidades mayores a 80 metros, además de regiones con roca de base gruesa (graníticas). Los pozos con profundidades menores a 80 metros se perforará con el método de percusión por cables. El diámetro de perforación para ambos casos será de 10-5/8 de pulgadas.

- Sección típica del pozo

Se muestra en la figura 5.1 (1) la sección típica del pozo, con perforación de 10-5/8 de pulgadas y encamisado de 6 pulgadas. La profundidad variable de acuerdo a las características de los acuíferos, incluyendo 20 metros de profundidad para la acumulación de los materiales. La profundidad mínima será de 7 mts y la máxima de 150 mts.

- El encamisado y la rejilla

Como la zona contiene relativamente alta cantidad de Cl y/o SO<sub>4</sub>, se utilizará como material el plástico de fibra de vidrio reforzado (FRP) que es resistente a la corrosión. El porcentaje de apertura superficial de la rejilla será de 5%, su longitud se determinará según los resultados del registro; se tomará una longitud de 30% de la longitud de perforación.

b) Bomba Manual

Será una bomba para pozos profundos y la tubería de bombeo será de 3-2/3 de pulgadas.

c) Plataforma

Será de material de concreto, su diseño tomará en cuenta el desague de aguas usadas y sobrantes.

(2) Sistema de Bombas Motorizadas

a) La forma de perforación, diámetro, encamisado, rejilla, profundidad de diseño y otras será del mismo criterio que la bomba manual. Se muestra en la figura 5.1 (2) la sección típica del pozo de bombas motorizadas.

b) Bomba motorizada

- Teniendo en consideración la altura de bombeo y la variación estacional del nivel del agua subterránea, se ha seleccionado la bomba sumergible, que tiene una adaptabilidad grande para bombeos altos.

- La fuente eléctrica será de un generador, con su caseta y panel de control. el motor tendrá capacidad máxima de 180% de la producción promedio planificada.

En cuanto a la fuente de generación se decidió mediante la comparación con fuentes eólicas y solares, tal como se describe más adelante.

c) Tanque elevado

- La capacidad del tanque será el volumen de 10 horas del máximo horario planificado. La altura del tanque será tal que al nivel del terreno, la presión de agua sea mayor de 7 metros y en el terminal de la tubería, que llegue una presión aproximada de 5 mts.
- El tanque será de concreto armado para evitar la corrosión y su consiguiente contaminación de aguas.

d) Tuberías de conducción

Las tuberías serán de acero galvanizado, para obtener resistencia interior y exterior y ser anticorrosivo. El coeficiente de pérdida será de  $C=130$ , en la fórmula de William-Hazen.

e) Grifo comunal

Se planificará un grifo comunal por cada 20 a 30 viviendas a una distancia máxima de transporte de 500 mts, tendrá 2 grifos de 25mm, y su estructura será de concreto.

(3) Sistema de reservorio, planta de purificación y conducción a presión

Se aplicará para 7 localidades, dividiendo en 2 sistemas

a) Ubicación de las localidades

Se ha planificado 2 reservorios, en el Cayal y La Brigada, respectivamente, teniendo en cuenta lo siguiente:

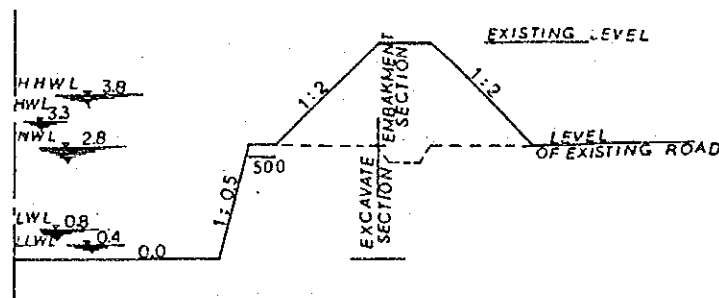
- Ambos lugares se encuentran en el canal natural de escurrimiento superficial;
- El reservorio del Cayal tiene al Arroyo Barranca Blanca y el reservorio de Las Brigadas a la cañada de Los Córbanos, como canales cercanos y seguros para descargar el caudal sobrante;
- Son fáciles de evitar la introducción de ganados, evitando la contaminación consiguiente;
- Es fácil construir planta de tratamiento;
- El acceso es fácil para construir planta de tratamiento.

b) Forma de la estructura

El reservorio se ha planificado básicamente mejorando la estructura de los pozos existentes. Por lo tanto la presa será de tierra y será de corte y relleno.

- Sección típica

La altura de la presa será la misma que la existente reforzándola y modificándola. La sección típica se muestra abajo:



- Area del reservorio y capacidad de almacenamiento

En el nivel normal de aguas, el área del reservorio es de 20,000m<sup>2</sup>. Considerando la gran variación mensual y anual de la precipitación, la necesidad de asegurar una fuente estable de aguas y que el nivel del reservorio no afecte aguas arriba, se tomará como el nivel de diseño el nivel de aguas subterráneas en la entrada del reservorio.

- La capacidad de almacenamiento se ha calculado, asumiendo que la mitad de la evaporación anual se origina de la superficie en aguas de alto nivel y el resto cuando las aguas están en nivel normal y bajo.

c) Obras de toma

La toma de aguas se realizará mediante obras de toma de forma de torre de concreto, con bombas centrífugas y enviado a la poza de filtración mediante bomba de presión.

d) Instalaciones de tratamiento y cloración

La purificación del agua se realizará mediante el método de filtración lenta de arena y se desinfectará mediante el material de cloro sólido, por ser de fácil uso.

La limpieza de la arena se realizará una vez al mes y la velocidad de filtración será de 4.0 m/día

e) Instalaciones de conducción

- El agua producida será conducida mediante bombas de presión, através de tuberías hacia los tanques elevados de cada localidad.
- Del tanque elevado a los grifos públicos el agua será conducido por gravedad, las instalaciones serán similares al sistema de bombas motorizadas.

(4) Sistema de distribución mediante camiones cisternas

- El transporte del agua se realizará mediante camiones cisternas, cuya capacidad será de 8m<sup>3</sup>, teniendo en cuenta la demanda diaria de las localidades y la eficiencia y economía del transporte.
- La distribución se hará mediante nuevos tanques de almacenamiento a construirse. Aunque en diversas localidades existen grandes tanques de almaceamiento (mayores de 100m<sup>3</sup>), en el Proyecto propuesto se plantea la construcción de pequeños tanques para evitar la contaminación, ya que se almacenará sólo el agua tratada para beber.

(5) Examen comparativo de las fuentes de energía

Como fuente de energía eléctrica para los bombas motorizadas se pueden presentar diversas alternativas como la energía solar, energía eólica o petrolera; sin embargo, para el presente proyecto se ha seleccionado la energía mediante el generador a petróleo; esto se debe a las siguientes razones:

a) Sistema de energía eólica (molinos de viento)

Este sistema usa la energía rotativa del molino originada por el viento para mover la bomba de agua. Esta energía es proporcional al cubo de la velocidad del viento y además de la superficie del aspa del molino, por lo que es importante la existencia de una determinada velocidad de viento para adoptar su uso; según datos existentes, esta velocidad debe ser mayor a 3.0 mts/seg.

En el Area del Proyecto no existe datos detallados por zonas, los pocos datos existentes indican de que la mayoría de los meses tienen vientos menores a 3 mts/seg.; además de que los molinos existentes con alturas de bombeo

grandes tienen gran frecuencia de averías mecánicas, por lo que es necesario establecer un sistema técnico de reparación, además de que su eficiencia de trabajo es muy bajo. Por lo tanto, en este sistema se propone como un sistema futuro a examinar cuando se acumulen suficientes datos.

b) Sistema de energía solar

Este es un sistema que aprovecha la energía solar como fuente de energía eléctrica, la eficiencia de esta energía, depende de las horas de sol y de la radiación. En el Area del Proyecto, el promedio anual de horas de sol es de 8 horas diarias y la radiación de 425 calorías/km<sup>2</sup>/día; por lo cual, en términos generales se puede decir que se puede utilizar este sistema. Sin embargo en el Area del Proyecto existen muchos lugares montañosos, por lo que se prevé que especialmente en el mes de diciembre la eficiencia de este sistema baje hasta menos de 80%. Por otro lado, la humedad promedio es bastante alta (74%), por lo que es necesario diseñar un sistema a prueba de humedad, además de proveer medidas contra las aves. En el presente Proyecto, como la capacidad de las bombas está entre 1.5Kw a 2.2Kw, el área del panel solar debe ser mayor a 5.0m<sup>2</sup>, si se considera las horas de sol promedio. Además, si se considera de que la limpieza de los paneles del polvo y de las aves es delicada, el mantenimiento de este sistema se necesita una nueva técnica no difundida en la República Dominicana y su costo de inversión es 10 veces a la del generador diesel, se consideró de que la introducción de este sistema es todavía prematura en este Proyecto.

## 5.2 Plan de Instalaciones

Las instalaciones para cada localidad, se muestra en la Tabla 5.1 (1) al (4) y su resumen se muestra a continuación

1) Tipo I (Sistema de bomba manual)

<u>Provincia</u>	<u>Localidades</u>	<u>Longitud de pozos</u>	<u>Número de bombas</u>
Monte Cristi	2	350 m	5
Dajabon	20	6,340 m	72
Elias Piña	18	3,880 m	54
Total	40	10,570 m	131

2) Tipo II (Sistema de bomba motorizada)

<u>Provincia</u>	<u>Localidades</u>	<u>Longitud de pozos</u>	<u>Número de bombas</u>	<u>Número de Tanque E.</u>	<u>Número de Grifos C.</u>
Monte Cristi	6	480 m	6	6	23
Dajabon	1	80	1	1	2
Total	7	560	7	7	25

3) Tipo III (Sistema de reservorio, tratamiento y conducción a presión)

<u>Planta</u>	<u>Población a servir (Num. localidades)</u>	<u>Agua tratada</u>	<u>Bomba de Toma</u>	<u>Pozo de filtración</u>	<u>Bomba distribución</u>
La Brigada	1,455 (4)	69.0	0.4Kw×2	25.6m <sup>2</sup> ×2	3.7Kw×2
El Cayal	1,554 (3)	73.0	0.4×2	25.6×2	5.5×2
Total	3,009 (7)	142.0			

4) Tipo IV (Sistema de Transporte por camiones)

Se distribuirá mediante camiones cisternas a 4 localidades de Monte Cristi

5) Caminos de acceso

Obras de mejoramiento	4 localidades, Congitud 6.5 Km
Cruce de ríos	14 lugares
Ampliación de caminos	5 localidades, longitud 14.5 Km

**5.3. Instalaciones y Equipos para la Operación**

Las instalaciones y equipos necesarios para la operación son los siguientes:

1) Oficina de operaciones

Monte Cristi	1
Elias Piña	1

2) Equipos para operación

Camión cisterna	2
Camión grúa	2

Camioneta	1
Motocideta	2

### 3) Repuestos

Bombas manuales	13 unidades
Bombas sumergibles	2 unidades (1.5 Kw × 1, 2.2 Kw × 1)
Tuberías, válvulas	1 juego (10% de equipo inicial)

## 5.4 Resumen de las Principales Instalaciones y Equipos

Item	Unidad	Cantidad	Descripción
1. Obras preparatorias	global	1	
2. Compra de terrenos	Hectáreas	14.33	
3. Instalaciones de producción, distribución			
i) Sistema de bomba manual		131	40 localidades
- pozos	unidad	131	d = Ø6"
- perforación	mts	10,570	d = Ø10-5/8"
- bombas manuales	juego	131	
ii) Sistema de bomba motorizada		7	7 localidades
- pozos	unidad	7	d = Ø6"
- perforación	mts	560	d = Ø10-5/8"
- bomba sumergible	juego	7	1.5Kw (5), 2.2Kw (2)
- generador	juego	7	7.7KVA (6)6.3KVA (1)
- caseta de generador	unidad	7	
- tanque elevado	juego	7	2.5 × 2.5 × 2.0 (h = 7m) concreto armado
- grifo público	juego	16	concreto armado 0.9 × 2.1
- tuberías	mts	7,100	Ø50~Ø100



Item	Unidad	Cantidad	Descripción
iii) Sistema de reservorio	unidad	2	7 localidades
- reservorio	unidad	2	A = 20,000m <sup>2</sup>
- planta tratamiento	juego	2	69m <sup>3</sup> /día, 73m <sup>3</sup> /día
- bomba de presión	juego	2	3.7Kw (2), 5.5Kw (2)
- generador	juego	4	13.6KVA (2), 18.7KVA (2)
- tuberías	mts	13,100	Ø50~Ø100
- tanque elevado	juego	4	6~24m <sup>3</sup> de con- creto armado
iv) Sistema de camiones	unidad	2	4 localidades
- camiones cisternas	unidad	2	Cap = 8m <sup>3</sup>
- tanque	unidad	4	4.0×4.0×1.0 (1) 4.0×4.5×1.5 (2) 4.0×5.0×1.5 (1)
4. Instalaciones de operación y mantenimiento			
- oficina	unidad	2	60m <sup>2</sup>
- taller de mant.	juego	1	
- vehiculos de mant.	juego	1	grua camión 4t (2) y otros
5. Caminos de acceso			
- reparación	Km	6.5	
- taller de mant.	Km	14.5	
- vehiculos de mant.	unidad	14	
6. Instalaciones de monitoreo			
- pozos	unidad	6	d = Ø150mm
- medidores de nivel	juego	6	100 a 150m de profundidad

**CAPITULO VI**  
**ESTIMACION DE COSTOS**





## CAPTULO VI

### ESTIMACION DEL COSTO

#### 6.1 Generalidades

La ejecución de este Proyecto imponen gastos directos de construcción, gastos de administración, gastos de adquisición de terreno, gastos de administración técnica, y gastos extraordinarios con respecto a cantidad de obras y fluctuación de precios. El costo financiero del Proyecto se ha estimado, por lo tanto, a base de los siguientes puntos:

(1) La evaluación financiera se basa en la tasa de precios de diciembre de 1991.

(2) Se ha aplicado la siguiente tasa de cambio. US\$1 = 12.45 Pesos dominicanos.

(3) Las obras de construcción se realizarán en base a la licitación entre los contratistas internacionales y nacionales.

(4) Los materiales para las obras de construcción serán comprados por INAPA, la entidad ejecutora, para ser suministrados a los contratistas.

(5) El costo de construcción se compone de las porciones en divisa extranjera y local. La clasificación de las porciones extranjera y local son como sigue:

a) Aporte en divisa extranjera

- Tubo de acero galvanizado
- Bombas manuales y sumergibles con accesorios
- Clorinador y accesorios
- Generador y tablero de mando
- Tubería de revestimiento, depurador
- Sondeo de pozos
- Costo de servicio de ingeniería de los consultores extranjeros

b) Aporte en divisa local

- Mano de obra
- Fierros de refuerzo
- Cemento, arena y gravas
- Combustible, aceite etc.
- Costo de transporte interior
- Costo de servicio de ingeniería para los consultores locales

(6) Los gastos extraordinarios físicos fueron estimados en 10% del costo

total. Se componen de costo directo de construcción, adquisición de terreno, equipos, costo de administración de ingeniería, y

(7) Considerando el aumento de costo en el futuro, gastos extraordinarios para la fluctuación de precios a la divisa local fueron estimados en 30% del total de costo local.

- Los principales instalaciones y equipos propuestos en el Proyecto se delinean abajo:

	Monte Cristi	Dajabon	Elias Pina	Independencia	Total
1) Sistema de Bombas					
Manuales					
Bombas y Pozos	5	72	54	—	131
Longitud de Perforación					10,570m
2) Sistema de Bombas					
Motorizadas					
Bombas y Pozos	6	1	—	—	7
Longitud de Perforación					560m
Tanque de Agua	6	1			7
Grifo communal	23	2			25
Tuberías	6900m	200m			7,100m
3) Sistema de Reservorio -					
Bomba de presión					
Reservorio	2				2
Planta de Filtración	2				2
Tanque de Agua	4				4
Grifo communal	17				17
Tuberías	18,100m				18,100m
4) Sistema de Camiones					
Cisternas	(2)				(2)
Tanque de Agua	4				4
5) Oficina de O y M	1	—	1		2
6) Camión Taller	1				1
7) Pozos de Monitoreo	3	3	1		7
8) Caminos de Acceso					

## 6.2 Estimacion de Costo del Proyecto

Según el borrador del plan final de instalación, se contempla un plan urgente de abastecimiento de agua para los 58 pueblos. El costo financiero del Proyecto propuesto se suma en la siguiente tabla.

(Unidad : RD\$)

Items	Moneda Extranjera	Moneda Local	Total
<b>1 Sistema de Producción y Abastecimiento</b>			
Tipo- I Sistema Bomba Manual	48,465,177	7,915,913	56,381,090
Tipo- II Sistema Bomba Motorizada	5,782,382	5,510,303	11,292,685
Tipo- III Sistema Reservorio - Filtración	4,278,484	6,684,503	10,962,987
Bomba de Presión			
Tipo IV Sistema Camión Cisterna	1,145,739	658,574	1,804,313
<b>Sub Total</b>	<b>59,671,782</b>	<b>20,769,293</b>	<b>80,441,075</b>
<b>2 Facilidades de Operación y Mantenimiento</b>	<b>3,649,750</b>	<b>684,250</b>	<b>4,334,000</b>
<b>3 Sistema de Monitoreo</b>	<b>1,137,000</b>	<b>1,643,000</b>	<b>2,780,000</b>
<b>4 Caminos de Acceso</b>	<b>190,600</b>	<b>1,715,000</b>	<b>1,905,900</b>
<b>5 Trabajos Preparatorios</b>	<b>—</b>	<b>744,355</b>	<b>744,355</b>
<b>Sub Total</b>	<b>64,649,132</b>	<b>25,556,198</b>	<b>90,205,330</b>
<b>6 Repuestos</b>	<b>1,704,971</b>	<b>—</b>	<b>1,704,971</b>
<b>7 Servicios de Administración e Ingeniería</b>	<b>10,818,263</b>	<b>4,523,447</b>	<b>15,341,710</b>
<b>8 Adquisición de Terrenos</b>	<b>—</b>	<b>143,000</b>	<b>143,000</b>
<b>Total</b>	<b>77,172,366</b>	<b>30,222,645</b>	<b>107,395,011</b>
<b>9 Contingencias Fisicas</b>	<b>7,717,236</b>	<b>3,022,264</b>	<b>10,739,500</b>
<b>10 Contingencias de Precios 30% del Costo local</b>	<b>—</b>	<b>9,066,793</b>	<b>≅ 127,201,000</b>
<b>Gran Total</b>	<b>84,889,602</b>	<b>42,311,702</b>	<b>127,201,304</b>

### 6.2.1 Costo Directo de Construcción

El costo directo de construcción se detalla sus items de trabajo en la siguiente tabla:

(Unidad : RD\$)

Item	Moneda Extrangerera	Moneda Local	Total
<b>1. Sistemas de Producción y Producción</b>			
<b>(1) Tipo- I Sistema de Bamba</b>			
Manual			
Perforación	30,996,525	5,469,975	36,466,500
Encamisado y Filtros	14,075,883	1,739,717	15,815,600
Bombas	3,392,769	419,331	3,812,100
Base de Concreto	—	286,890	286,890
Sub Total	48,465,177	7,915,913	56,381,090
<b>(2) Tipo- II Sistema de Bomba</b>			
Motorizada			
Perforación	2,051,560	362,040	2,413,600
Encamisado y Filtro	620,980	76,780	697,760
Equipos	1,561,800	203,000	1,764,800
Caseta de Generador	80,000	324,000	400,400
Tanque Elevado	722,400	2,889,600	3,612,000
Tuberías	745,642	1,409,358	2,155,000
Grifos	—	245,525	245,525
Total	5,782,382	5,510,303	11,292,685
<b>(3) Tipo- III Sistema de Reservorio, Filtración, Bomba de Presión</b>			
Reservorio	—	1,216,000	1,216,000
Obras de toma y Bomba	226,130	233,088	459,218
Planta de Tratamiento	1,947,050	817,510	2,764,560
Tanque Elevado	157,380	629,520	786,900
Tuberías	1,915,924	3,621,428	5,537,352
Grifos	—	166,957	166,957
Motocicletas*	32,000	—	32,000
Sub Total	4,278,484	6,684,503	10,962,987
<b>(4) Tipo- IV Sistema de Camiones</b>			
Cisternas			
Camiones Cisternas **	(1,420,000) <sup>&lt;2</sup>	—	—
Tanque de Agua	1,145,739	658,574	1,804,313
Sub Total	1,145,739	658,574	1,804,313
Total	59,671,782	20,769,293	80,441,075



<b>2 Facilidades y Equipos de O y M</b>			
(1) Edificio de O y M	105,000	595,000	700,000
Muebles	15,750	89,250	105,000
Sub Total	120,750	684,250	805,000
<hr/>			
(2) Equipos de O y M			
Camión Grúa	988,500	—	988,500
Camión Cisterna	1,420,000	—	1,420,000
Camión Taller	1,120,500	—	1,120,500
Sub Total	3,529,000	—	3,529,000
<hr/>			
Total	3,649,750	684,250	4,334,000
<hr/>			
<b>3 Mejoramiento de Caminos de Acceso</b>			
Obras de Mejoramiento			
Obras de Construcción	97,500	877,500	975,000
Obras de Cruce de Ríos	520	4,700	5,220
	92,580	833,100	925,680
Sub Total	190,600	1,715,300	1,905,900
<hr/>			
<b>4 Sistema de Monitoreo</b>			
Pozo de Monitoreo	1,087,000	1,643,000	2,730,000
Medidor Automático de Nivel***	50,000	—	50,000
Sub Total	1,137,000	1,643,000	2,780,000
<hr/>			
<b>5 Obras Preparatorias</b>			
(3% de la parte local)	—	744,355	744,355
<hr/>			
	64,649,132	25,556,198	90,205,330
<hr/>			

\*: Separado de los equipos de O y M oficial

\*\* : Incluido en los equipos de O y M oficial

\*\*\*: Sólo se ha incluido un medidor porque se utilizarán 6 existentes

## **CAPITULO VII**

### **PLAN DE IMPLEMENTACION**





## CAPITULO VII

### PLAN DE IMPLEMENTACION

#### 7.1 Generalidades

El objetivo del Proyecto propuesto es el de solucionar los problemas de servicio de agua en las 58 poblaciones de las 3 provincias fronterizas (Monte Cristi, Dajabón y Elías Piña), que necesitan servicio de agua potable para mejorar las condiciones de vida. La ejecución del Proyecto quedará bajo la responsabilidad de INAPA.

Las principales instalaciones son como siguen:

Sistema de Abastecimiento	Provincia	Número de localidades	Facilidades Principales
Tipo I Bomba Manual	Monte Cristi	2	Pozos 5, Longitud 350m
	Dajabón	20	Pozos 72, Longitud 6,340m
	Elías Piña	18	Pozos 54, Longitud 3,880m
	Sub-total	40	Pozos 131, Longitud 10,570m
Tipo II Bomba Motorizada	Monte Cristi	6	Pozo, Bomba sumergible, Tangue elevado, tuberías y Grifo comunal
	Dajabon	1	Pozo, Bomba sumergible, Tangue elevado, tuberías y Grifo comunal
	Sub-total	7	Longitud de Tuberías φ50~φ100 7.1 km
Tipo III Planta de Tratamiento	Monte Cristi	4	Mejora de pozas, planta de tratamiento, tuberías y Grifo comunal
	Monte Cristi	3	Mejora de pozas, planta de tratamiento, tuberías y grifo comunal
	Sub-total	7	Longitud de tuberías φ450mm~φ100 13.1 km

Sistema de Abastecimiento		Provincia	Número de localidades	Principales Facilidades
Tipo IV	Camión Cisterna	Monte Cristi	4	Camiones cisternas 2, Tanques (4)
		Sub-total	4	Distancia total de recorrido : 80 km
Rehabilitación de Caminos de Acceso		Dajabon	4	Reparación : 1 km
		Elías Piña	19	Reparación : 5.5 km Ampliación : 14.5 km Cruce Rios : 14 lugares
		Sub-total	23	
Monitoreo de Aguas Subterráneas		Monte Cristi	2	Prueba de Perforación, incluyendo equipamiento de medidor
		Dajabón	3	
		Elías Piña	2	
		Sub-total	7	

## 7.2 Organización para la Implementación

INAPA será responsable de la ejecución del Proyecto, incluyendo los siguientes trabajos:

- Obtención de financiación para el Proyecto propuesto
- Diseño detallado de instalaciones del Proyecto
- Planificación de plan de ejecución
- Planificación y supervisión de obras de construcción
- Adquisición de terreno y otros trabajos preliminares requeridos
- Obtención y suministro de los principales materiales y equipos
- Obtención y provisión de fondos

Para la ejecución, INAPA deberá nombrar un administrador que dependerá directamente del Director Ejecutivo, para la realización de diseño y obras de construcción.

El administrador del Proyecto será responsable directo de la ejecución del Proyecto y coordinación de las actividades de todas las secciones relacionadas de INAPA.

El organigrama para la etapa de construcción se propone en la Fig.7.1.

Se propone que el diseño detallado, trabajos preliminares (preparación del documento, de licitación selección de contratista, etc.), y la supervisión de ejecución se realicen a través de los servicios de ingeniería consultora.

El director del proyecto de INAPA establecerá en cada provincia un comité de coordinación, compuesto por las autoridades local y de policía para la fácil y segura ejecución del Proyecto.

### **7.3 Programa de Ejecución**

El período de ejecución fué determinado en base de los factores tales como la envergadura, costo y número de instalaciones propuestas del Proyecto, habilidad de contratistas, obtención de materiales y mano de obra, y capacidad de INAPA para financiación, etc.

Los trabajos preparativos tales como diseño preliminar, adquisición de terreno y construcción de caminos de acceso serán terminados en el primer año a fin de acelerar el comienzo y cumplimiento de las obras de construcción.

La capacidad de financiación de INAPA, además de la cooperación financiera del Japón y otros países, y de las agencias internacionales de financiación deberá ser estudiada antes de tomar la decisión final. Se ha propuesto tentativamente un período de ejecución de 3 años en total, de los cuales el primer año se dedicará a los trabajos preliminares y los dos años restantes para la construcción.

En consideración a los objetivos del Proyecto, las instalaciones una vez programadas a terminar en cierto año tienen que estar construídas en ese mismo año, y las etapas de ejecución deben ser bien divididas a fin de conseguir la máxima eficiencia.

Además, cada fase de construcción tiene que ser adaptado de acuerdo con las demandas cuantitativa y geográfica proyectadas para los períodos correspondientes.

El tiempo y programa de trabajo se proponen de siguiente manera:

I er año (1993)	II do año (1994)	III er año (1995)
Operaciones	Construcción	Obras
Estudio Detallado, Planificación	Const. Camino de Acceso	Obras de Producción Distribución
Diseño Detallado Documento de licitación Obras Preliminares Preparaciones	Obras Preliminares	Tipo- I sistema : 81 Tipo III sistema : 1 (El Cayal) Tipo IV sistema : 2
Instalación de oficina de O/M	Obras de Producción y A bastecimiento	O/M Facilidades / Equipos (= 60%)
Adquisición de Terreno	Tipo I -sistema : 50 Tipo II-sistema : 7 Tipo III-sistema (Las Aquitas) : 1	Monitoreo Sistema (= 40%) Repuestos
Mejoramamiento de Obras de Const.	Monitoreo Sistema (= 60%) O/M Facilidades/ Equipos(= 40%)	

#### 7.4 Obtención de Material y Obras de Construcción

Los principales materiales y equipos para instalaciones del Proyecto serán directamente conseguidos bajo la responsabilidad de INAPA y serán suministrados a los contratistas. Las obras de construcción se efectuarán por los contratistas internacionales o nacionales contratados a través de una licitación internacional.

La adquisición de terreno para construcción de instalaciones y líneas de electricidad requeridas se efectuara cada año bajo responsabilidad de INAPA.

#### 7.5 Programa de Desembolso

El programa de desembolso para el plan propuesto, de acuerdo con el programa de realización y costo del Proyecto, se presenta en la siguiente tabla:



Item	er año (1993)	de año (1994)	3er año (1995)
Adquisición de Terrenos	143,000		
Diseño Detallado/Administración	5,634,400	4,853,855	4,853,855
Obras Preliminares	447,000	297,000	-
Facilidades/Equipos de O y M	-	2,374,000	1,960,000
Obras de Caminos	-	1,906,000	-
Tipo I (Bomba Manual)		Dajabon 23,308,000 (50 lugares)	Monte Cristi 1,878,000 (5 lugares) Elias Piña 20,939,000 (54 lugares) Dajabon 10,256,000 (22 lugares)
Tipo II (Bomba Motorizada)		Monte Cristi 10,324,585 (6 lugares) Dajabon 968,100 (1 lugar)	
Tipo III (Reservorio, Filtración, Bomba de Presión)		Las Aguitas 5,151,000	El Cayal 5,622,000
Tipo IV (Camión Cisterna)			1,804,313
Sistema de Monitoreo	-	1,560,000	1,220,000
Repuestos	-	-	1,704,971
Sub - total	6,224,000	50,743,000	50,428,000
Contingencias Físicas	622,400	5,074,300	5,042,800
Total	6,846,400	55,817,300	55,470,800
Escalamiento de Precios	525,460	4,283,974	4,257,370
Total	7,371,860	60,101,274	59,728,170

## **CAPITULO VIII**

### **PLAN DE OPERACION Y MANTENIMIENTO**





## CAPITULO VIII

### PLAN DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

#### 8.1 Aproximación Básica

Los objetivos del Proyecto propuesto serán cumplidos con la apropiada y sistemática operación y mantenimiento de las instalaciones y equipos, así como los sistemas mismos en conjunto. El funcionamiento efectivo de las instalaciones y equipos del Proyecto dependen del propio sistema de operación y mantenimiento organizado.

Por consiguiente, los programas de operación y mantenimiento propuestos y la recomendación sobre prácticas de operación y mantenimiento fueron hechos de acuerdo con la siguiente política básica:

- El mantenimiento diario de instalaciones y control de producción de agua la realizarán la comunidad beneficiaria organizada por sistema.

- La inspección regular, mejora de operación y mantenimiento de instalaciones y equipos, y dirección de la práctica de operación y mantenimiento serán realizados bajo la responsabilidad de INAPA.

- INAPA reforzará el personal y el sistema con los técnicos calificados necesarios del taller, servicio de patrulla y administración, a fin de efectuar eficiente y oportunamente los trabajos.

- En principio, el costo diario de producción de agua y de mantenimiento de instalaciones y equipos, como los repuestos y la reparación fácil será cubierto por los miembros de la comunidad beneficiaria. INAPA facilitará a la comunidad beneficiaria consejo y dirección apropiada con respecto a la tarifa razonable de agua y el método de recaudación.

- Las operaciones regulares y concentradas serán introducidas para revisar diariamente la producción de agua por el sistema común de producción y distribución a fin de minimizar el costo de operación y mantenimiento. La producción y abastecimiento a 24 horas no está previsto; pero, en consideración a la demanda de emergencia, el 25% de la capacidad de depósito del Proyecto propuesto estará reservado en todo momento.

- Un comité de usuarios, cuyos componentes serán representativos de las unidades de comunidades beneficiadas del sistema propuesto de abastecimiento de agua, se establecerá con el objeto de efectuar la administración adecuada y eficiente del sistema de reservorio en cuestión. El comité se dedicará a la producción y distribución diaria de agua y toda

la administración de los reservorios, tales como el control de agua almacenada y la preservación de calidad de agua.

- La distribución de agua por camión cisterna se hará con el fin de minimizar los costos de transporte y para mantener la calidad de agua a distribuir.

- El sistema de monitoreo del agua subterránea se estableciera con el propósito de hacer efectivo las medidas de conservación del mismo, prevención de empeoramiento de eficiencia de equipo de producción de agua, y mejoramiento del programa de control de operación.

- INAPA llevará a cabo una educación sistemática a los beneficiarios sobre prácticas de operación y chequeo, de administración, etc., en pro de garantizar la operación y mantenimiento diario apropiado, al mismo tiempo que el control eficiente de producción y abastecimiento de agua. Uno de los objetivos de esta educación es hacer que las personas se den cuenta de los problemas de contaminación de agua, sanidad, y medidas eficientes de utilización de agua.

## 8.2 Control de Producción de Agua

### 1) Control Cuantitativo

La meta de control cuantitativo de producción es asegurar que el abastecimiento de agua satisfaga a los consumidores tanto en volumen como en momentos oportunos. El programa de control cuantitativo incluye no sólo circunstancias normales sino también momentos de emergencia. El programa se elaborará en todos los sistemas básicos de tal manera que la instalación que cubre un área amplia funcione debidamente según requerimiento y emergencia.

Para introducir la operación sistemática; la medición de producción de agua, y el registro de horas de operación, procedimiento, y volumen o nivel de agua almacenada en reservorio, etc., deberán realizarse a horas fijas, y en cada caso necesario.

El agua en reservorios estará controlada según la totalidad de demanda local y el pronóstico meteorológico general, especialmente el pronóstico estacional de precipitación.

Se requiere el control de producción del agua superficial como una medida para frenar la escasez de agua que se produce en la comunidad vecina, o escasez provocada por la bajada del nivel de agua subterránea o de agua almacenada en reservorio a causa de fugas.

## 2) Control de Calidad

El principal objetivo de control de calidad es satisfacer el requerimiento de la norma de calidad de agua al consumidor. Para lograr esta meta, hay que cumplir varios requerimientos además de análisis rutinario de calidad de agua cruda y tratada. Esos requerimientos incluyen:

(1) Análisis de calidad de agua durante la prueba de operación una vez terminada la construcción de las instalaciones con el objeto de determinar el proceso de tratamiento más adecuado incluyendo la cantidad de dosis requerida;

(2) Examen médico de los operadores para proteger el proceso de producción de la enfermedad infecciosa;

(3) Aislamiento y limpieza de instalaciones de producción y almacenamiento;

(4) Suspensión de emergencia de abastecimiento de agua cuando se presente contaminación peligrosa en el agua tratada; y

(5) Llamamiento a los dueños públicos o privados de la tierra en el área de conservación de fuentes para prevenir la introducción de agentes contaminantes.

Además de lo arriba mencionado, se debe tomar medidas en el sentido de:

- Paso libre y lavar los ganados en los reservorios debe prohibirse para prevenir la contaminación del agua almacenada.

- Los tanques de distribución final debe ser construídos para asegurar la buena calidad de agua.

Los items arriba mencionados, relacionados al control de producción (cuantitativo y cualitativo), tienen que ser debidamente incorporados en el programa de operación y mantenimiento.

### 8.3 Operación y Mantenimiento de las Instalaciones del Proyecto

Las funciones de control de producción incluido el monitoreo de pozos serán básicamente incorporadas en el diseño de producción e instalaciones propuestas a suministrarse.

El programa de operación y mantenimiento tiene por objeto garantizar estas funciones dentro de la capacidad diseñada. Para este propósito, se prepara un programa de operación para cada nivel de componente e instalación. Además, se prepara el programa de mantenimiento para chequeo y mantenimiento diario, inspección y servicio periódico.

Estos programas tienen la finalidad de constituirse una base para diseño de instalaciones, organización y formación del personal requerido. Y también serán utilizados en preparación de manuales de operación y mantenimiento en la etapa de diseño detallado.

El sistema de operación para el Proyecto se formula de acuerdo con el sistema propuesto de producción de aguas subterráneas, sistema de abastecimiento de agua tratada en reservorio, y sistema de distribución de agua potable, a fin de realizar efectiva y eficientemente la operación y mantenimiento, y minimizar el costo de los mismos.

El sistema propuesto de operación consiste en 4 sistemas; sistema de control de producción y operación de las aguas subterráneas y almacenadas, sistema de control de abastecimiento y operación, sistema de monitoreo de aguas subterráneas y sistema de administración de instalaciones. El sistema de administración propuesto se muestra en la Figura 8.1.

#### **8.4 Costos Anuales de Operación, Mantenimiento y Costos de Producción**

1) Los costos anuales de operación y mantenimiento cubren la nómina, costo de materiales, pago de mano de obra para reparación y mantenimiento de instalaciones del Proyecto, y el costo de operación y mantenimiento de equipos. Los detalles se muestran en la Tabla 8.1.

##### **2) Costos de Producción**

Los costos de producción de agua se muestra en la Tabla 8.2



Tabla 8.1 Costo Anual de Operación y Mantenimiento (Unidad = RD\$)

Items	Costo de Combustibles, cloro, arena					Total
	Costo de Personal		arena		Otros	
	INAPA	Beneficiarios	INAPA	Beneficiarios	Beneficiarios	
1. Sistema de Bomba Manual					1310	1,310
2. Sistema de Bomba Motorizada		112,800	-	124,308	700	237,808
3. Sistema de Reservorio, Filtración y Bomba de Presión		115,200		354,327	300	469,827
4. Sistema de Camiones Cisternas		<:1		25,369 22,863 <:2	100	48,332
INAPA	414,600		370,236		2410	784,836
Beneficiarios		228,000		526,867		757,277
						1,542,113

<:1: Choferes empleados por INAPA

<:2: Tarifa de agua RD\$3/m<sup>3</sup>

Costo de Operación y Mantenimiento por m<sup>3</sup> y por familia

Sistema	RD\$/m <sup>3</sup>	RD\$/familia/Mes
1. Sistema de Bomba Manual	0.005	0.044
2. Sistema de Bomba Motorizada	0.88	12.26
3. Sistema de reservorio, filtración, Bomba de Presión	8.91	58.09
4. Sistema de Camión Cisterna	6.34	18.06
INAPA	1.38	65,403.0

Tabla 8.2 Costo de Producción

	No.	Vida útil año	Costo Inicial RD\$	Costo Anual RD\$	RD\$/Familia/ Mes	RD\$/m <sup>3</sup>
Bomba Manual	131	8	3,394,210	424,276.25	14.27	1.77
Bomba Sumergible	7	15	592,421	39,494.73	2.04	0.15
Bomba Centrífuga(0.45kW)	4	15	54,400	3,626.67	0.44	0.07
Bomba Centrífuga (3.7kW)	2	15	44,600	2,973.33	0.75	0.21
Bomba Centrífuga (5.5kW)	2	15	118,800	7,920.00	1.55	0.21
Generador	7	15	1,127,000	75,133.33	3.87	0.28
	2	15	506,800	33,786.7	8.51	0.06
	2	15	540,000	36,000.0	8.80	0.68
Clorador	2	15	300,000	20,000.0	2.47	0.30
Camión Cisterna	2	8	1,420,000	177,500.0	66.33	23.29
Camión Grúa	2	6	988,500	164,750.0	2.75	0.29
Pick-up	2	6				
Motocicleta	2	6				
Camión Taller	1	15	1,120,500	74,700.0	1.25	0.13

	RD\$/Familia/Mes	RD\$/m <sup>3</sup>
Sistema de Bomba Manual	17.7	2.2
Sistema Bomba Motorizada	11.8	0.9
Sistema Reservorio, Filtracion y Bomba Presión	15.1	2.4
Sistema Camión Cisterna	67.5	23.7



**CAPITULO IX**  
**EVALUACION DEL PROYECTO**





## CAPITULO IX

### EVALUACION DEL PROYECTO

#### 9.1 Introducción

En general, los proyectos de abastecimiento de agua a las comunidades rurales son difíciles de juzgar cuantitativamente, debido principalmente a que existen problemas para cuantificar los beneficios. Las dificultades son compuestas cuando se trata de comunidades rurales dispersas, como la mayoría de los casos de las poblaciones del Proyecto propuesto a lo largo de la línea fronteriza con Haití.

Desde el punto de vista de abastecimiento de aguas, INAPA no tiene la política de cobrar tarifas a las comunidades rurales. Debería notarse que INAPA tiene una política de cobrar a las comunidades "urbanas" que se encuentran en áreas rurales, es decir, las capitales de los distritos. En la práctica, sin embargo, incluso en estas comunidades "urbanas" INAPA se enfrenta con el problema de recaudar tarifas de agua. Parece que hay un círculo vicioso, ya que los usuarios de agua denuncian el servicio por ser insatisfactorio como motivo de no pago, mientras tanto, INAPA se encuentra incapaz en mejorar los servicios porque el rendimiento de recaudación resulta reducido y apenas alcanza al 49% de la tarifa cargada.

#### 9.2 Pueblos Beneficiados

El gobierno de la República Dominicana ha dado alta prioridad al desarrollo de las áreas fronterizas, y preparó un plan de desarrollo regional en 1987 através de ONAPLAN con la asistencia de OEA. Por otra parte, el abastecimiento de agua y sanidad se consideran como elementos esenciales para el desarrollo socioeconómico, dentro de este contexto se diseñó el Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en la Región Occidental, para hacer frente a la necesidad urgente de abastecimiento de agua a las cuatro provincias occidentales. Una vez implementado este Proyecto, aumentará la capacidad de abastecimiento de agua segura para los pueblos beneficiarios en 1,363 metros cúbicos por día.

De los 158 pueblos propuestos por INAPA, 58 estarán incluidos en la ejecución del Proyecto, es decir, 37% de lo propuesto. Por lo que se refiere a la población, este Proyecto beneficiará a 25,630 habitantes de estos pueblos, y se extenderá el servicio hasta alrededor de 7% de la población de las cuatro provincias al año proyectado de 2000.

En la práctica, no obstante, el número de beneficiados será mayor si se toma en cuenta a los residentes de comunidades cercanas donde no tienen su propia instalación de abastecimiento de agua.

### 9.3 Voluntad de Pago

Lo que se ha mencionado arriba fué un ciclo vicioso que consiste en el servicio evidentemente insatisfactorio proporcionado por INAPA y el aparente desgano de los usuarios para pagar.

En todo caso, esta situación no hay que presentarlo como un hecho definitivo como se ha comprobado durante el estudio sobre el Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en la Región Occidental, en la planta piloto de abastecimiento de agua construido por JICA en Palo Blanco, cerca de la ciudad de Dajabón.

La instalación consiste en un pozo entubado equipado con una bomba de motor sumergible operado por un generador diesel, un tanque elevado y grifos públicos. Antes de construir la instalación piloto, la comunidad de Palo Blanco dependía de agua de río. Algunas persona de la localidad encontraba oportunidad de vender agua de río transportada por burro con sillas especiales de manera que se acomode bien los recipientes de agua. La respuesta de los vecinos de Palo Blanco fué muy positiva en principio, gracias a la existencia de grupos de voluntarios en la comunidad. Por su propia iniciativa, los residentes de Palo Blanco tomaron decisión de contribuir RD\$30 por familia por mes para operación y mantenimiento de la instalación de abastecimiento de agua, con participación de 75 familias de las 100 en total.

Como se describe en el Capítulo 8, los costos de operación y mantenimiento se han estimado como sigue:

Sistema de Producción	Costo de O y M RD\$/m <sup>3</sup>	RD\$/Casa/Mes (promedio)
Bomba Manual	0.005	0.044
Bomba Motorizada	0.88	12.26
Reservorio, Filtración	8.91	58.09
Camión Cisterna	6.34	18.06

Como se ha descrito en la Sección 8.4, el costo de operación y mantenimiento de instalación de abastecimiento de agua se estima a



RD\$1.00 con bomba manual por familia por mes, RD\$8.23 con bomba motorizada, RD\$28.78 con sistema de reservorio y RD\$17.14 con sistema de camión cisterna.

Por lo tanto, la contribución decidida por los vecinos de Palo Blanco, si se administra bien, es suficiente para cubrir no sólo los costos variables sino también una parte de los costos de reemplazo.

No obstante, en el Area del Proyecto aparecerán comunidades que no puedan cubrir todo el costo de operación y mantenimiento; por lo que se necesita alguna subvención de la parte de organismos gubernamentales o no gubernamentales. Si INAPA logra recaudar todo lo que concierne al servicio de agua, sería factible hacer una subvención cruzada de los pueblos financieramente fuertes a los pueblos pobres.

A pesar de la participación de buena voluntad de los residentes y autoridades locales, ofreciendo sus recursos limitados, su responsabilidad será restringida en su mayor parte al area de operación y mantenimiento diario. Por consiguiente, el gobierno debería tomar responsabilidad del costo de inversión y reemplazo de las instalaciones de abastecimiento de agua, considerándolo como infraestructura social del país.

#### **9.4 Mejora de Sanidad Pública**

De acuerdo con el Reporte de las Condiciones de Salud de 1990 publicado por la Secretaría de Salud Pública, las enfermedades infecciosas intestinales causaron el 17.0% de muerte de los infantes (menores de un año) y el 20.3% de muerte entre los niños de uno a cuatro años en la República Dominicana en 1985.

Si bien las enfermedades intestinales afecta a los niños más seriamente, también afectan mucho a los adultos. Aunque se no existen estadísticas precisas de los casos de enfermedades se estima generalmente que sólo alrededor del 50% de las enfermedades gastrointestinales son informados.

Los casos informados en 1987 de gastroenteritis y disentería, relacionados con la población estimada en 1987 son los siguientes.

Area	1981 Pobl.	1970-81 Crec.(%)	1987 Pob.	Gastro- enteritis	Disentería
República Dominicana	5,545,741	2.99	6,618,048	126,060	2,842
Dajabón	54,675	0.57	56,572	822	5
Monte Cristi	83,124	1.57	91,268	1,443	82
Independencia	35,908	0.81	37,689	2,825	36
Eliás Piña	61,895	1.21	66,527	4,298	114
4 Provincias	235,602		252,056	9,388	237
4 Prov./País	4.2%		3.8%	7.4%	8.4%

Como se vé arriba, las cuatro provincias de Monte Cristi, Dajabón, Eliás Piña e Independencia representaron el 7.4% de gastroenteritis y 8.4% de disentería dentro del país en 1987. Por otro lado, si se proyecta la población por provincia en 1987 mediante la tasa de crecimiento 1970-1981 del censo de población realizado en 1981, la población estimada de las cuatro provincias fué solo un 3.8% del país.

Estos datos indican que las enfermedades de gastroenteritis y disentería se presentan más alto en las cuatro provincias que en todo el país.

En el presente Estudio se realizaron entrevistas con los médicos en 40 hospitales y clínicas en las cuatro provincias y se consiguieron 37 respuestas válidas sobre enfermedades gastrointestinales.

Las cifras por cada provincia se muestra abajo:

Provincias	Enfermedades Gastrointestinales (% de todos los pacientes)
Eliás Piña	30 - 35
Independencia	38 - 40
Dajabón	39 - 43
Monte Cristi	27 - 33
Cuatro Provincias	33 - 37

Como se vé arriba, una tercera parte de todos los pacientes que vienen a los hospitales y clínicas rurales fueron afectados por enfermedades gastrointestinales. Aunque es difícil cuantificar los efectos por mejora de

sanidad en la productividad, es indudable que la provisión de agua potable segura producirá menos enfermedades causadas y relacionadas al agua, trayendo mejor salud, y contribuyendo a una vida más productiva.

### **9.5 Ahorro de Tiempo**

El Censo de Poblacion de 1981 dividió la unidad familiar en dos clases; familias que tienen su propio abastecimiento de agua en casa y familias que tienen fuentes de agua en menos de 100m de sus casas. Esto parece indicar que la meta de abastecimiento de agua seria proporcionar disponibilidad de agua en menos de 100m de distancia desde las casas.

Sin embargo, según la investigación socioeconómica efectuada en los pueblos propuestos, las fuentes de agua se localizan entre 50m y 950m de las casas. Esta distancia podría ser razonable en terrenos planos, pero la mayoría de los pueblos propuestos están situados en topografía quebrada, por lo que es duro especialmente cuando tienen que caminar con recipiente de agua cargada.

Si las fuentes de agua se sitúan en lugares convenientes, el beneficio que trae por ahorrar tiempo dependería, al mismo tiempo, de la disponibilidad de trabajo para que se pueda dedicar dicho tiempo a los labores más productivos en lugar de dedicarse al transportede agua.

En este sentido, todavía no existe ningún trabajo alternativo en el Area del Proyecto. No obstante, no hay duda que el ahorro de tiempo beneficiará a las amas de casa y niños, quienes se encargan de transportar agua para la familia. Es muy probable que los niños sacrifiquen parte de sus tiempos de estudio, o renuncien a la educación justamente por culpa del trabajo de transportar agua.

Un programa de educación debe ser diseñado para que las mujeres participen más en los asuntos de comunidad o que las mujeres desempeñen un rol preponderante en las actividades relacionadas a la higiene. El beneficio verdadero por ahorro de tiempo puede determinarse sólo cuando se realice una pos-evaluación, es decir, hay que evaluar después de cierto tiempo desde que la instalación de abastecimiento de agua se ponga en marcha. Para esto se necesita una pos-evaluación detallada, puesto que hay que efectuar un estudio cuidadoso sobre programa de tiempo de las mujeres y niños antes y después de puesta en marcha de las instalaciones de abastecimiento de agua.

### **9.6 Reducción de Costo**

Algunos pueblos y ciudades norteños de la Provincia de Monte Cristi dependen de agua comprada o aguas pluviales. Ambos casos requieren

gastos adicionales para asegurar el agua. En el caso de agua comprada, se puede observar dos modelos, el primero implica sólo compra de agua potable. El agua de uso general cuesta entre RD\$10 y RD\$17 en un bidón de 50 galones. El agua potable se compra en botellas de vidrio de 5 galones, que cuesta RD\$146 como costo inicial para botella más agua, y RD\$12 sólo para rellenar. La investigación socioeconómica del Area del Proyecto mostró que una familia típica de la provincia de Monte Cristi consume entre 30 y 100 galones de agua por día. De esta investigación, una familia típica en el norte de Monte Cristi se puede estimar lo siguiente:

<u>Tipo</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Frecuencia</u>	<u>Costo Unit.</u>	<u>Costo Mensual</u>
Agua para Propósitos Generales	50 gal.	Todos los días	RD\$10	RD\$300
Agua para Beber	5 gal.	Cada 2 días	RD\$12	RD\$180
Total/mes	1,575 gal.			RD\$480

Si se supone que el agua se compra sólo durante los meses secos de noviembre a abril, una familia típica que actualmente está comprando agua en el norte de Monte Cristi puede reducir RD\$2,880 por año el gasto de agua, si se concretiza este Proyecto.

Por otra parte, las aguas pluviales son la única fuente de agua en ciertas áreas norteñas de Monte Cristi, donde los pobladores tienen que acudir a construir tanque de concreto para almacenar aguas pluviales coleccionadas de techos de casas.

Estos tanques de almacenamiento de aguas pluviales se construye en cada casa, con la asistencia técnica y financiera del Servicio Social de Iglesias Dominicanas (SSID). El préstamo asciende a un par de miles de RD\$, lo cual cada familia reembolsa a plazos mensuales según la capacidad financiera de la familia, pagando normalmente alrededor de RD\$10 al mes.

En resumen, la ejecución de este Proyecto brindará beneficios en forma de reducir gastos de los pobladores en RD\$29.7 millones suponiendo que la vida útil del Proyecto es de 15 años de uso continuo, el número de familias que compra agua de uso general es de 1500, y el número de familias que depende de comprar agua potable es de 500.

Agua	Familia No.	Costo/Año (RD\$)	Tarifa de Agua por el Proyecto (RD\$)	Vida Util del Proyecto (años)	Reducción de Gastos (RD\$)
Compra propósito múltiple	1,500	2,880	1,200	15	37,800,000
Para beber	500	120	1,200	15	-8,100,000
<b>Total</b>	<b>2000</b>				<b>29,700,000</b>

### 9.7 Desarrollo de Comunidad

Una de las políticas del sector de abastecimiento de agua y sanidad es organizar a los residentes de comunidad, especialmente las mujeres, implicándoles en la solución de problema de abastecimiento de agua y sanidad local.

Esta es la medida más eficiente para garantizar la buena operación y mantenimiento de instalaciones de abastecimiento de agua. Con respecto a esto, hay un hecho prometedor que es la presencia de promotores sociales y una especie de grupos de voluntarios locales en algunas comunidades.

Fué uno de esos grupos que desempeñó un rol decisivo en la planta piloto de abastecimiento de agua en Palo Blanco. INAPA puede promover la formación y animar las actividades de esos grupos voluntarios en las comunidades objetivas, para que tengan la responsabilidad diaria de operación de abastecimiento de agua. Con la suficiente experiencia y confianza se convertirá el grupo en promotor para el crecimiento y desarrollo de la comunidad a través de emprender proyectos de ayuda propia.

### 9.8 Desarrollo del Sector Rural de Abastecimiento de Agua

Como se ha explicado, el sector rural de abastecimiento de agua tiene desventajas financieras, técnicas e institucionales. Este Proyecto incentivará al sector rural de abastecimiento de agua de necesidad urgente, por lo que se requieren recursos apropiados para fortalecer el sector en su capacidad financiera, técnica e institucional.

### 9.9 Evaluación General

El agua pura y segura a ser desarrollado en el Proyecto propuesto (570,600 miles de litros por año) beneficiará a 25,630 personas de 4,991 familias de 58 localidades en el área fronteriza. Esto significa que la cobertura de abastecimiento de agua de INAPA mejorará an forma cuantitativa y cualitativa.

Como se ha descrito previamente, se espera que el Proyecto propuesto tenga un impacto directo e indirecto, ambos en forma regional y nacional. Los efectos principales pueden ser resumidos como siguen:

- Parar la tendencia de la emigración de la población rural, el cual puede conducir a la disolución de las comunidades rurales;
- Acelerar las actividades de producción y promover el desarrollo socioeconómico en el área;
- Estabilizar y mejorar las condiciones de vida en la zona fronteriza, reforzando consecuentemente la seguridad nacional.

En adición, aunque esto es difícil de cuantificar, se espera de que los costos del tratamiento médico disminuyan como resultado del abastecimiento seguro del agua. Por otro lado, la organización a establecer para la operación y mantenimiento en las comunidades beneficiarias se espera que sirva también para promover el desarrollo comunal y regional.

Finalmente, el incremento de las oportunidades de empleo, durante el período de implementación del Proyecto, y el ahorro del tiempo cuando funcione las instalaciones se espera de que acelere las actividades económicas locales, por lo tanto, contribuyendo al desarrollo socioeconómico local.

En resumen, los diversos impactos descritos arriba lleva a la conclusión de que el Proyecto propuesto es esperado que tenga efectos benéficos significativos, por lo que se recomienda su inmediata implementación.



**CAPITULO X**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**







## CAPITULO X

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 10.1 Conclusiones

##### 10.1.1 Situación Actual de Abastecimiento de Agua

- El escasez de agua en el Area del Proyecto, en principio, se debe primero al atraso de explotación de recursos de agua, condiciones naturales y geográficas en las que se ubican las poblaciones, atraso de desarrollo e implementación de infraestructura social como caminos, electricidad, etc., y segundo, a la calidad deficiente de aguas subterráneas explotadas, falta de servicio de mantenimiento y administración para instalaciones existentes, etc.
- La situación de escasez de agua depende de localidad, según el tipo de recursos de agua disponible, distancia hasta las fuentes de agua, características regionales de épocas de lluvia y sequía, en todo caso, la situación más grave es la absoluta escasez de agua potable de buena calidad para todas las regiones.
- La Provincia de Independencia y la zona sur de la Provincia de Elías Piña gozan de corrientes subsuperficiales abundantes de buena calidad y cuentan con varias instalaciones de servicio de agua aprovechando dichas aguas subterráneas como fuente de agua. Las regiones montañosas como la Cordillera Central, Sierra de Neiba y Sierra de Baoruco, según sus condiciones geográficas, difieren mucho en el grado de dificultad de disposición de instalaciones para la explotación, y envío y distribución de agua, razón por la cual, existen gran diferencia entre las localidades en la situación de abastecimiento. Las localidades en la zona del Proyecto son atrasadas en explotación de agua debido a su difícil condición natural.
- Las localidades dispersas en la cuenca del río Yaque del Norte, están abandonadas del servicio de abastecimiento de agua en gran escala. En estas áreas, se observan muchas instalaciones abandonadas o desmanteladas debido a la deficiente calidad de agua subterránea. Estas zonas se localizan muchos casos cerca de canal de riego y/o canal de desagüe del río Yaque del Norte y otros ríos, lo cual facilita la obtención de agua para uso doméstico comparado con otras áreas, no obstante, resulta difícil obtener aguas limpias adecuadas para el consumo humano.

- Algunas localidades que se encuentran dentro del alcance del servicio de abastecimiento de agua de gran escala arriba mencionado, cuentan con instalaciones de abastecimiento de agua como línea de tubería, y otros; pero esas instalaciones prácticamente están paradas debido al descenso del caudal en las fuentes de agua, empeoramiento de función de purificación de agua, falta de carga de agua para el envío por gravedad, rotura de las líneas de conducción, etc., y como no tienen otra fuente de agua disponible, la situación se presenta muy grave. Por lo que es un requerimiento urgente la rehabilitación de instalaciones existentes o explotación de nuevas fuentes.
- En las localidades esparcidas en la costa norte del Océano Atlántico y la zona de colinas de la Provincia de Monte Cristi, la única fuente de agua para uso doméstico son reservorios construidos para almacenar aguas de escorrentía superficial, lo cual provoca escasez de agua muy seria en las épocas de sequía.
- Para enfrentar esta situación, se están realizando proyectos de abastecimiento de agua por organismos gubernamentales como INAPA e INDRHI, además de FUDECO, Servicio Social de Iglesias, entre otros organismos no gubernamentales, no obstante, estos proyectos son muy esporádicos y locales.

#### **10.1.2 Necesidad de Proyectos de Explotación y Abastecimiento de Agua**

En este estudio, se realizaron investigaciones de la situación de todas las 158 localidades solicitadas por INAPA a fin de comprender la situación de cada localidad para asegurar el agua de uso doméstico estable, capacidad financiera para mantenimiento y administración de sistema de agua, iniciativa y voluntad de participación. A través de esta investigación se han evaluado los siguientes puntos:

- Las localidades investigadas son poblaciones entre montañas en su mayoría, y se ubican en forma dispersa sobre las crestas de la zona y son generalmente más pequeñas que las de la tierra plana. Como se ha mencionado antes, la escasez de agua es muy severa, y las condiciones y medio ambiente de vida son tan duros como las condiciones naturales y socioeconómicas. Además, la mayoría de los beneficiarios de este proyecto son trabajadores empleados de pequeños agricultores o grandes plantaciones, con su nivel de vida económica no siempre tan alto. Sin embargo, la mayoría de los habitantes tienen fuerte deseo de asegurar agua en forma estable, y si se les proporcionaran una fuente y un sistema de abastecimiento de agua; son conscientes e

interesados de administrarlos y mantenerlos en forma independiente. A través de la investigación efectuada en Palo Blanco en la Provincia de Dajabón sobre organización para administración y mantenimiento, se ha comprobado que su conciencia y capacidad es apreciable.

- Es probable que los habitantes puedan encargarse de los costos de producción de agua, y mantenimiento y administración de instalaciones que el Proyecto les proporcione. No obstante, se supone que no tendrán capacidad financiera de manera que puedan encargarse de inversión inicial para construcción de instalaciones propuestas por este Proyecto o asumir los costos de renovación de equipos necesarios en el futuro.

Por esta razón, si se lleva a cabo la educación y orientación apropiada a los habitantes por INAPA u otros organismos, además de alguna subvención de la parte del Estado, sería muy factible la implementación del proyecto de explotación de agua.

Actualmente, INAPA cuenta con problemas financieros y técnicos, y su asistencia al Area del Proyecto es muy ineficiente, pero se puede esperar el fortalecimiento a través de la realización de este Proyecto.

- Las localidades objetivas del Proyecto están dispersas en la zona fronteriza. Por consiguiente, desde el punto de vista de la seguridad nacional política y militar, se espera fuertemente la estabilidad de la vida de los habitantes locales, al solucionar el grave problema de escasez de agua. Por esta razón, la pronta implementación de este Proyecto es muy esperada no sólo para responder a la demanda de muchos años de los habitantes, sino también para satisfacer la demanda nacional.

### **10.1.3 Posibilidad de Explotación de Fuentes de Aguas**

Los recursos de aguas en el Area de Proyecto, se clasifican generalmente en aguas superficiales (agua de río, agua de escorrentía superficial y agua de manantial) y aguas subterráneas (agua subterránea no confinada y agua subterránea confinada).

#### **(1) Aguas superficiales**

- Las aguas de ríos en el área de influencia del Proyecto están aprovechadas como fuente de agua para los sistemas de agua potable construidos por INAPA y otros organismos gubernamentales, abasteciendo 34.6 millones de toneladas de agua al año a unos 100

mil habitantes de las ciudades de los alrededores de las localidades rurales situadas en el Area de Proyecto.

- El volumen efectivo de agua de los recursos no explotados de los ríos en el Area del Proyecto se estima un 80% de escorrentia que corresponde a 1,000 millones de toneladas.  
No obstante, hay que tener en cuenta que un 60 a 70% de este caudal se dá en las épocas de lluvia en forma intensiva.  
Por otro lado, el caudal en las épocas de sequía es exageradamente poco.
- El caudal de los ríos, excepto el del río Yaque del Norte y río Artibonito, es de muy poca posibilidad de explotación efectiva como fuente estable de agua para abastecer a las localidades rurales, salvo en el caso de que se construyan represas de gran envergadura.
- En las localidades rurales de la zona montañosa, se aprovechan muchos afluentes como fuente de agua preciosa para los habitantes locales, sin embargo, no se pudo evaluarlos como recursos de agua para el Proyecto, debido a la falta de datos de caudal para poder evaluar la efectividad como recursos a utilizar.
- Los manantiales están explotados y aprovechados como fuente de agua para los sistemas de agua potable existente en la cuenca del lago Enriquillo y la zona montañosa del sur de la Provincia de Elias Piña.  
A excepción de estas zonas, no se pudo encontrar manantial como recurso de agua efectiva y estable para el Proyecto.
- En las localidades agrícolas y montañosas dl norte de la Provincia de Monte Cristi, la única fuente de agua para uso doméstico son los reservorios de aguas de escorrentía superficial; pero son de poca profundidad y de mal mantenimiento, en la época de sequía se convierte en inaptos para el agua de subsistencia desde el punto de vista tanto cuantitativa como cualitativa.
- En las localidades montañosas en el norte de la Provincia de Monte Cristi, se aprovechan las aguas de lluvia recogidas y almacenadas en el depósito de cada familia, mediante asistencia financiera y técnica del Servicio Social de Iglesias.

## (2) Aguas subterráneas

- Se prepararon mapas hidrogeológicos (1/100,000) y mapas de sección hidrogeológica, a fin de evaluar el potencial de recursos de aguas subterráneas en todo el Area del Proyecto, después de estudiar los

resultados de interpretación de imágenes de satélite y aerofotografías, investigación geológica en campo, exploración geofísica, perforación de pozos de prueba, prueba de bombeo, análisis de calidad de agua y análisis de estado de aguas subterráneas.

- El Area del Proyecto se puede dividir en 8 regiones hidrogeológicas. Las características de las aguas subterráneas en cada región son diversas en el estado del acuífero, la factibilidad de explotación y el volumen aprovechable. No obstante, excepto algunas zonas con restricciones hidrogeológicas, meteorológicas y geográficas, la factibilidad general de explotación es relativamente alta para resolver el grave problema actual de escasez de agua subterráneas.
- La zona de la Cordillera Septentrional (Región hidrogeológica I) tiene poco potencial de explotación, debido a poca cantidad de aguas subterráneas, además de la alta concentración de  $SO_4$  y Cl. La zona de la margen izquierda del río Macasia en la parte central de la Provincia de Elías Piña (Región hidrogeológica V-2) tiene poco potencial de explotación comparado con otras regiones, debido a su poca cantidad de aguas subterráneas.
- Los contornos del lago Enriquillo (Región hidrogeológica, VII y VIII), son excluidos del Proyecto como igual que las regiones I y V-2, en consideración a su poca urgencia de explotación de agua, porque en estas regiones están comparativamente desarrollados los sistemas de agua potable con fuente en aguas de manantial.
- Las regiones hidrogeológicas de posible explotación de aguas subterráneas confirmadas por los resultados de los pozos de pruebas son como se muestran en la siguiente tabla. En estas regiones, se determinaron en forma aproximada la profundidad requerida de los pozos, la altura de descarga requerida y la producción segura según las características de aguas subterráneas de cada región para establecer el plan de explotación.

Región Hidrogeológica	Producción de Seguridad		Profundidad de Acuífero	Acuífero
II	Q=100	Q $\geq$ 500	<60	No Confinado
III-1	Q=100		60~90	Confinado
III-2	Q $\geq$ 100	Q $\geq$ 1,000	60~90	"
III-3	Q=300	Q $\geq$ 500	60~120	"
III-4	20>Q $\geq$ 5	Q $\geq$ 300~500	30~60	"
IV-1	60>Q $\geq$ 10		30~60	No Confinado
IV-2 (norte)			70	"
IV-2 (sur)			70	"
V	20>Q $\geq$ 5	Q $\geq$ 300~500	50~70	Confinado
VI	20>Q $\geq$ 5		20	"

- La región II corresponde a la planicie de inundación del río Yaque del Norte y los acuíferos relativamente de poca profundidad serán objetos de explotación. En la región IV, los acuíferos en la formación de rocas madre meteorizadas o la formación con grietas serán objeto de explotación, con buena calidad de agua.
- Las sub-regiones 1,2 y 3 de la región III son las más viables tanto en calidad como en cantidad. Luego siguen las regiones III-4 y V-1 en potencial.

#### 10.1.4 Plan de Explotación

- En base a la investigación en las 158 localidades en el área del plan maestro, se escogieron las 58 localidades que se evaluarán urgente la implementación del Proyecto, después de haber estudiado la situación actual de abastecimiento de agua, situación socio-económica al mismo tiempo que la posibilidad de explotación de aguas subterráneas y gravedad de la escasez de agua.
- En las 47 localidades de las 58 seleccionadas, se establecieron sistemas de abastecimiento con bombas manuales y sistema de producción con bombas motorizadas, reservorios y grifos comunales, de acuerdo con el potencial de explotación de aguas subterráneas, sus



características, la población proyectada y volumen de consumo de agua proyectada de cada localidad.

- Se evaluaron que en las 11 localidades del norte de la Provincia de Monte Cristi, como no cuentan con fuentes efectivas de agua limpia, la escasez de agua es particularmente seria por lo que se ha planificado la distribución de agua por camiones cisternas para 4 localidades y para las 7 restantes, se enviará aguas de escorrentía superficial, una vez almacenada y purificada en los 2 reservorios existentes, hasta el depósito común en cada localidad con bomba motorizada.
- La administración diaria de las instalaciones y producción de agua una vez terminada la construcción, la tomarán los comités de usuarios compuestas por los beneficiarios de cada localidad bajo la jurisdicción y dirección de INAPA.
- El actual servicio de INAPA para las instalaciones de abastecimiento de agua en las poblaciones agrícolas y montañosas es muy ineficiente. Una vez realizado el Proyecto, el área de jurisdicción de INAPA se ampliará en tanto número y calidad como extensión y distancia, dificultando todavía más la administración efectiva y apropiada con el régimen actual.

#### **10.1.5 Plan de Implementación**

- Conforme a la grave situación de escasez de agua, se evaluó que la implementación del Proyecto es de urgencia. Se determinaron el plan tentativo de procedimiento y el presupuesto por año fiscal, en base a la estimación de que la ejecución del Proyecto tarde 3 años, incluido un año de preparación, según la envergadura de obras de construcción de las instalaciones y la suma de inversión necesaria propuestas.
- Las obras de construcción de cada año fiscal deben terminarse en el mismo año, e inmediatamente después de la terminación de las obras, debe comenzar el abastecimiento de agua a los habitantes locales, de acuerdo con el objetivo de este Proyecto.
- El costo total del Proyecto calculado, a nivel de gastos financieros, es aproximadamente de 127 millones de pesos dominicanos.
- El objetivo de este Proyecto es para abastecer agua de subsistencias como base de la vida de los habitantes de las localidades con grave situación de demanda de agua. Con la realización del Proyecto, se puede esperar varios efectos por la inversión directa e indirecta como mejora de la salud de los pobladores, ahorro de tiempo para recoger

agua, reducción de gasto de compra de agua, activación de las comunidades, etc., y a largo plazo, contribuirá grandemente al desarrollo social y económico de la sociedad local

## **10.2 Recomendaciones**

### **10.2.1 Principios Básicos**

- 1) El Proyecto propuesto es una empresa para responder al requerimiento fundamental de la vida de los habitantes locales, y no está sujeto a la idea de que los beneficiarios reembolsen la inversión necesaria. No obstante, debe realizarse el Proyecto indiferentemente de la conveniencia económica en consideración a la grave situación de escasez de agua, el nivel de vida socioeconómico de los habitantes locales y la necesidad de establecimiento del bienestar público desde el punto de vista de la seguridad nacional.
- 2) El plan de explotación y abastecimiento de agua propuesto se deberá llevar a cabo por iniciativa de INAPA, y es deseable ponerlo urgentemente en marcha bajo los siguientes principios básicos:
  - INAPA debe encargarse del total de la inversión inicial requerida para la explotación de recursos de agua, producción de recursos explotados, construcción y montaje de instalaciones y equipos de abastecimiento.
  - INAPA debe encargarse de los costos de inspección y mantenimiento periódicos o correctivos, mantenimiento preventivo, cursos de formación, renovación de equipos, etc. (incluyendo gastos de personal y gastos de viaje).
  - INAPA debe establecer la base financiera a través del diálogo con los organismos pertinentes sobre el fortalecimiento de la organización, adquisición del personal para poder llevar a cabo el control y administración adecuados y efectivos.
- 3) Considerando la situación de escasez de agua en las zonas que quedan fuera del alcance del Proyecto, se debe llevar urgentemente un estudio detallado necesario, paralelamente a la ejecución del Proyecto, de manera que sea factible el mismo tipo de proyecto en las localidades montañosas alejadas o las que sufren de escasez de agua aún encontrándose dentro del ámbito del servicio de agua potable.

## 10.2.2 Plan de Explotación

### 1) Plan de perforación

- La ubicación de los pozos se ha determinado tentativamente mediante los mapas topográficos de escala 1/50,000 y el esquema de estructura de localidades rurales elaborada en base a la investigación en campo. Por tanto, debe realizar la revisión y corrección de acuerdo con el levantamiento topográfico detallado en el momento de diseño detallado.
- En el momento de perforación de pozos, debe realizarse la investigación hidrogeológica y exploración geofísica detallada de los alrededores, o en caso necesario, investigación de sondeo porque es posible que las condiciones hidrogeológicas en la zona del Proyecto cambien localmente debido a su estructura geológica complicada.

### 2) Observaciones del nivel de agua subterránea y la precipitación

- El monitoreo del nivel de las aguas subterráneas debe realizarse en forma continua, no sólo para la administración adecuada y efectiva de las instalaciones del Proyecto sino también para la comprensión del comportamiento las agua subterráneas de plazos mediano y largo de la zona, para que sirvan de referencia necesaria y efectiva para futuros proyectos de explotación de aguas subterráneas.
- Los pluviómetros instalados por JICA, debe continuar la observación revisando nuevamente sus condiciones de localización y observación.
- INAPA debe realizar el monitoreo de largo plazo, como observación del nivel freático, precipitación, etc., como uno de los trabajos de producción y administración de agua, bajo su propia responsabilidad.

### 3) Formación profesional mediante la práctica del trabajo

La explotación de aguas subterráneas es una tecnología integral y se requiere un amplio conocimiento y experiencia de cada elemento técnico. Por lo tanto, los técnicos de aguas subterráneas deben asimilar todas las tecnologías que correspondan a la especialidad de cada uno; sondeo de aguas subterráneas, perforación de pozos, prueba de bombeo, evaluación cuantitativa, explotación, monitoreo. INAPA debe mejorar el nivel de los técnicos mediante la disposición del personal apropiado, en las etapas de diseño detallado y de ejecución.

#### 4) Reservorio

Para la zona norte de la Provincia de Monte Cristi, se propone sistemas de abastecimiento con reservorios debido a su bajo potencial de explotación de aguas subterráneas.

- Al planear sistemas de reservorios se debe investigar la tradición histórica de las localidades sobre escorrentía superficial, además de realizar minuciosamente investigaciones de control de aguas de escorrentía superficial, desvío del curso, etc., a fin de estudiar medidas de prevención de los posibles peligros.
- Se debe estudiar medidas para prevenir contaminación de agua por la libre circulación de los ganados en las épocas de sequía, para prevenir la infección a los beneficiarios.
- Se debe realizar diálogos con las comunidades locales sobre almacenamiento o utilización de agua para otros objetivos fuera de lo proyectado, en consideración a la peculiaridad de las zonas en que se introduce los reservorios.

### 10.2.3 Ejecución de Plan de Abastecimiento de Agua

#### 1) Auto-administración de recursos de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas es especialmente uno de los elementos componente de la naturaleza del lugar, y es por esto, un recurso que los mismos habitantes deben explotar y aprovechar mediante sus propias experiencias y conocimientos. Por lo tanto, es deseable que INAPA ilustre y dirija a los beneficiarios sobre aprovechamiento y administración apropiada de recurso de aguas subterráneas en el curso de realización de este Proyecto, al mismo tiempo que la discusión acerca del organización y administración de organismo de auto-administración, para buscar mejores medidas y soluciones.

#### 2) Administración y mantenimiento de las instalaciones

Se propone que los habitantes de las localidades rurales organicen su propia entidad de administración, y hagan con sus propias medios la operación y administración de las instalaciones.

### 10.2.4 Participación de las Mujeres

#### 1) Ahorro de tiempo de transporte del agua