

### 3.2 Plan de conservación de aguas subterráneas del área de alto uso de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá (Proyecto Occidental)

#### (1) Área del proyecto

El área de este proyecto es la cuenca del río Subachoque, la cuenca del río Chico, la cuenca del río Frío y el área a lo largo del alcance medio hasta la parte baja del Río Bogotá, donde las aguas subterráneas son muy usadas. Estas áreas están en el occidente y centro de la Sabana de Bogotá, donde las aguas subterráneas se bombean del acuífero Cuaternario en más de 6.000 pozos. Se llama la atención sobre el exceso de bombeo en estas áreas, en años recientes.

#### (2) Propósito del proyecto

Este proyecto son obras públicas para el medio ambiente con el propósito de mejorar la calidad del agua como explica a continuación:

##### < Recarga de aguas subterráneas >

El propósito de este proyecto es 1) el uso sostenible de aguas subterráneas sin problema alguno. 2) la acumulación del potencial de aguas subterráneas para su empleo adicional en áreas donde las aguas subterráneas son muy usadas en la irrigación y producción de flores.

##### < Alivio de la carga sobre las aguas subterráneas en el uso de agua >

Para aliviar la carga sobre las aguas subterráneas en área donde el agua subterránea es muy usada, debe realizarse la investigación y el desarrollo de tecnologías de nivel práctico. Este estudio debe incluir: 1) la utilización de fuentes alternas de agua para la irrigación y producción de flores y 2) mejoras en la eficiencia de la irrigación.

#### (3) Contenido del proyecto

Para lograr los propósitos del proyecto, deben llevarse a cabo dos sub-proyectos. A saber, 1) el proyecto de recarga de aguas subterráneas y 2) investigación y desarrollo de tecnologías para el uso de las aguas subterráneas.

##### < Proyecto de recarga de aguas subterráneas >

La recarga artificial debe llevarse a cabo aguas arriba del área donde se distribuyen los pozos de bombeo. Las fuente de agua para la recarga artificial es el agua de río de torrentes aguas arriba de las cuencas de los ríos Subachoque, Chico y Frío. En estas áreas, el agua del río es muy usada. Por consiguiente, para la recarga artificial debe usarse el agua sobrante de las inundaciones en la estación lluviosa. El plan de la recarga artificial se ilustra en la tabla-3.2.

**Tabla-3.2 Plan de pozos del Proyecto Occidental**

Área	Acuífero	Tamaño del pozo	Número de recarga bien	Capacidad máxima de recarga
Cuenca del Subachoque	Cuaternario	Longitud del pozo 300m Diámetro del pozo 10 pulgadas Tasa de inyección: 1.500m <sup>3</sup> /día/pozo/2 sitios	8 pozos en 4 sitios	0,14
Cuenca de Chico			10 pozos en 5 sitios	0,18
Aguas arriba de la cuenca del Frío			10 pozos en 5 sitios	0,18
Total			28 pozos en 14 sitios	0,50

### **< Investigación y desarrollo de la tecnología para el uso de aguas subterráneas >**

La tecnología para el uso de las aguas subterráneas debe investigarse y desarrollarse para aliviar exceso de uso de las aguas subterráneas en el área del proyecto.

- Reutilización de agua de irrigación drenada
- Uso de agua lluvia para la irrigación
- Uso de agua del río Bogotá para irrigación
- Traslado de empresas floricultoras a nuevos sitios
- Mejora de la eficiencia en la irrigación

#### **(4) Beneficiarios del Proyecto**

Las personas beneficiadas por este proyecto alcanza a las 200 mil, que pertenecen al sector agrícola.

#### **CAPITULO - 4 Plan de monitoreo**

Es necesario el monitoreo de las aguas subterráneas para su conservación. Uno de los ítem a supervisar deben ser el nivel de las aguas subterráneas, la producción de los pozos y la calidad de las mismas. El plan de monitoreo se resume en la tabla-4.1. En el monitoreo de los pozos deben seleccionarse los siguientes ítems.

**Tabla-4.1 Plan de monitoreo**

Item	Número de supervisar	Frecuencia de observación	Sitio de la observación	Propósito de Supervisar	Organización a cargo
Nivel de las aguas subterráneas	12	Medidor automático	Pozos del Cuaternario	- Fluctuación de nivel a largo plazo de las aguas subterráneas de Sabana de Bogotá. - Efecto de recarga artificial en Sabana de Bogotá	EAAB
	10	Medidor automático	Pozos del Cretáceo	- Influencia por el desarrollo de las aguas subterráneas en Cerros Orientales - Efecto de recarga artificial en los Cerros Orientales	EAAB
	Aproximadamente 300	4 veces/año	Pozos de monitoreo de la CAR	- Influencia por recarga artificial en Sabana de Bogotá - Nivel de las aguas subterráneas en Bogotá	CAR
	280	Una vez/mes	Los pozos registrados en el DAMA	- Influencia por el desarrollo de las aguas subterráneas en los Cerros Orientales	DAMA
Rendimiento	Aproximadamente 300	4 veces/año	Pozos de monitoreo de la CAR	- Rendimiento	CAR
	Aproximadamente 280	Una vez/año	Pozos registrados en el DAMA	- Rendimiento	DAMA
Calidad del agua	20	Dos veces/año	Sitios de muestreo de 100 análisis JICA de calidad del agua.	- Cambio de calidad de agua en Sabana de Bogotá	CAR
	10	Dos veces/año	-Pozos acerca a pozos de recarga artificial en Cerros Orientales -Pozos acerca a pozos de recarga artificial en Sabana de Bogotá	- Cambio de calidad de agua por recarga artificial	DAMA EAAB
Subsidencia	12	Dos veces/año	12 pozos cuaternarios con medidores automáticos de JICA	-Hundimiento del suelo por el descenso del nivel de las aguas subterráneas	CAR DAMA

### (1) Nivel de las aguas subterráneas

#### Área de la Ciudad de Bogotá

Se espera que los niveles de las aguas subterráneas bajarán por el desarrollo de las aguas subterráneas de los Cerros Orientales. La disminución en los niveles de las aguas subterráneas que será observado mediante el monitoreo, deben compararse con los calculados. El plan de desarrollo debe examinarse con base en estos resultados.

## **Sabana de Bogotá**

El nivel de aguas subterráneas debe ser observado mediante pozos de monitoreo que se seleccionarán cerca (dentro de 1km) a los pozos de recarga artificial, para confirmar efecto de la recarga artificial.

### **(2) Producción**

El DAMA implemento minitoreos mensuales de los pozos registrados al DAMA. Este monitoreo debe ser continuado para confirmar la producción del pozo. Las producciones de los pozos que esta registrado en la CAR no son observadas por ahora. En lugar de ello, la CAR debe seguir monitoreando la producción de cerca de 3.000 pozos, los cuales son los pozos regularmente monitoreados por la CAR.

### **(3) Calidad del agua**

Es necesario analizar la calidad de las aguas subterráneas de los pozos cercanos a los pozos de recarga artificial para identificar la influencia de dicha recarga, en los Cerros Orientales y en la parte occidental de la Sabana de Bogotá.

### **(4) Subsistencia de terrenos**

Se indica que el hundimiento de los suelos se origina como resultado del bombeo excesivo en el Área del Estudio del agua subterránea. Sin embargo, no existe información alguna que demuestre el fenómeno anterior. El propósito de monitorear el hundimiento de los suelos es evaluar la relación entre los niveles de agua subterránea y el hundimiento regional de los suelos. Las formaciones del Cuaternario en la parte central y occidental de la Sabana de Bogotá son el objetivo de este monitoreo. La subsidencia del terreno, la cual es causada por la disminución del nivel de agua subterránea. Debe ser examinada de acuerdo al cambio del nivel del agua subterránea. En consecuencia, las altitudes de 12 sitios con pozos Cuaternarios con registros automatizados de JICA deben ser observadas regularmente. La altitud de los punto de nivel debe ser medida tomando referencia de los puntos en la montaña (puntos estables contra la subsidencia del suelo) mas cercanos a los pozos de observación, en cambio de los puntos los que se encuentran cerca de los pozos de observación. El monitoreo debe ser llevado a cabo regularmente dos veces al año. La relación entre la subsidencia del suelo y el nivel de agua subterránea debe ser examinada usando el resultado dl monitoreo.

## **CAPITULO - 5 Las Instituciones y la operación / mantenimiento**

### **5.1 Instituciones para la Administración de Fuentes de agua y Aguas Subterráneas**

#### **(1) Establecimiento de la Comisión Conjunta para la Administración de las Cuencas Hidrográficas**

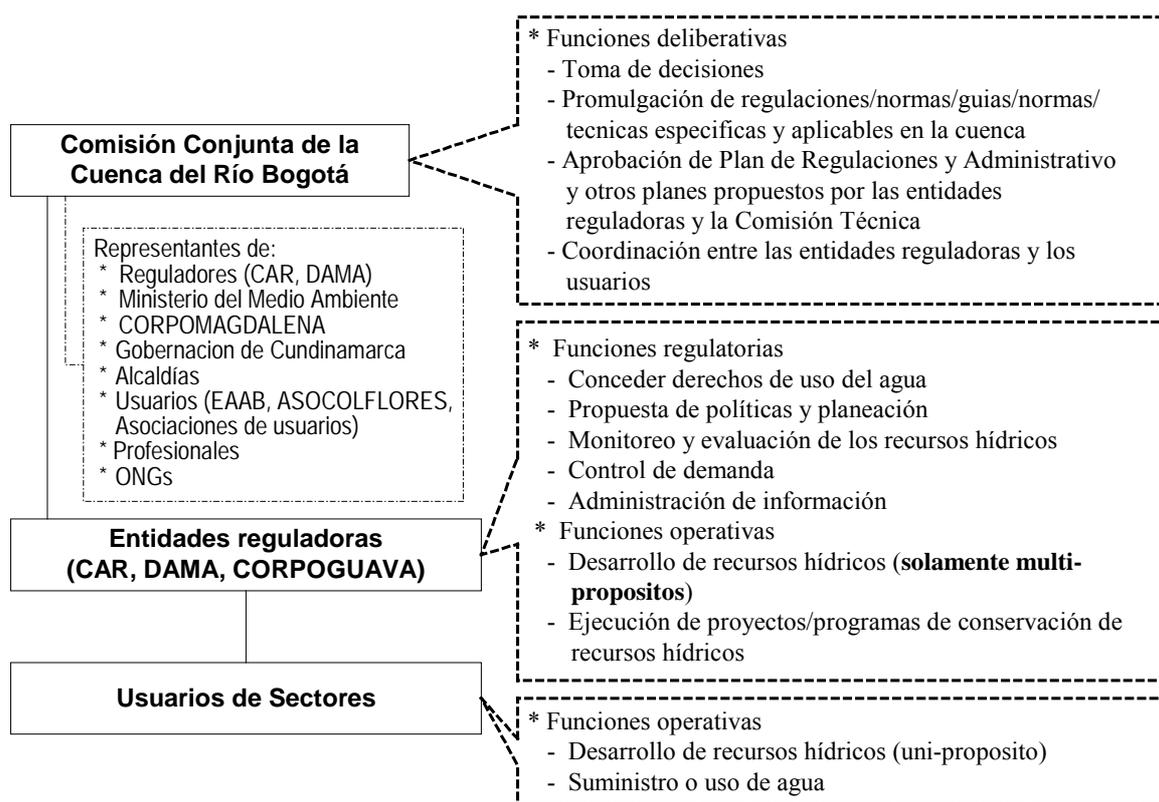
Los recursos hídricos de la Sabana de Bogotá son manejados por la CAR y el DAMA según la Ley 99 de 1993. La Corporación Autónoma Regional del Guavio también está a cargo en un área bastante limitada. A pesar del concepto de dirección integrada de las cuencas hidrográficas, las entidades administran a veces con sus propias normas y criterios, como los diferentes niveles de cargos por los derechos al agua. Como se discutió en las reuniones para la identificación del problema, la información sobre el potencial de aguas subterráneas, la calidad de agua, el volumen de agua extraída, etc., está esparcida por varias organizaciones relacionadas. Ninguna entidad tiene una buena comprensión sobre todas las condiciones de las aguas subterráneas. Las organizaciones a cargo de la dirección son bastante renuentes a dar permisos para nuevo desarrollos. En algunas de las partes centrales de la Sabana de Bogotá, el recurso de las aguas subterráneas se ha explotado extensivamente y las medidas para la

conservación del recurso todavía están por identificar. Se requiere el establecimiento de una Comisión Conjunta, como definió en la Ley 1604 del año 2002. La composición de los miembros de la comisión serán directores, o sus delegados de las organizaciones siguientes.

- 1) CAR
- 2) DAMA
- 3) Corporación Autónoma Regional del Guavio
- 4) Oficina Regional para la Dirección del Parque Nacional
- 5) Corporación Autónoma Regional de la Cuenca del río Magdalena

En el largo plazo, sin embargo, se deben agregar miembros representantes de otros grupos, incluso de las asociaciones de usuarios del agua, usuarios de grandes volúmenes de agua como entidades de acueductos, las municipalidades y de agrupaciones de ciudadanos como las ONGs. Para realizar la participación social estipulada en la Ley No. 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente). En esta fase, la Comisión Conjunta tomará todas las funciones como una entidad deliberativa. Bosquejando políticas, planes así como las normas y estándares, sin embargo, deben ser ejecutadas por las entidades reguladoras, como la CAR y el DAMA, incluso en esta fase. La estructura de la organización típica o recomendable así como las funciones de entidades involucradas en la administración de recursos de agua se ilustra más abajo.

El concepto a ser aplicado para la administración de los recursos de agua, es uno coordinado entre quienes administran estos intereses, como los gerentes de las entidades gubernamentales, los usuarios y las organizaciones medioambientales, en lugar del uno con educación restrictiva, por el gobierno y con obediencia por los usuarios o las personas. Para la coordinación de las normas, estándares y líneas de acción, como precios del agua, tal como se recomienda en la sección siguiente son instrumentos a ser preparados por especialistas o expertos y para ser aprobados por la Comisión Conjunta compuesta de varios tipos de interesados.



**Figura 5.1. Estructura Organizacional Recomendable del Manejo de Recurso Hidrográfico de la Cuenca del Río Bogotá**

## (2) Establecimiento de una Comisión Técnica para la Administración del Agua Subterránea

El establecimiento de una Comisión Técnica bajo y para el apoyo de la Comisión Conjunta también es recomendable. La Comisión Técnica estará a cargo de lo siguiente:

- Integrar las actividades de monitoreo (volumen de agua extraída, nivel de agua y calidad) y valorar el potencial y disponibilidad de las aguas subterráneas
- Recolectar y analizar la información sobre y para estimar la demanda presente y futura de las aguas subterráneas
- Hacer borradores de normas/guias técnicas para la administración de las aguas subterráneas
- Hacer investigaciones y recomendaciones sobre medidas para la protección de las aguas subterráneas, su conservación y desarrollo.
- Actividades para actualización técnica de las organizaciones y personas pertinentes.

Los miembros de la Comisión Técnica serían representantes o personal especializado en hidrogeología de las entidades que manejan las aguas subterráneas, grupos profesionales, usuarios y compañías perforadoras a cargo del desarrollo sostenible, como se indica a continuación. Como el establecimiento de la Comisión Conjunta puede tomar un tiempo largo, la Comisión Técnica debe establecerse inmediatamente, como grupo técnico o como fuerza de tarea.

- 1) CAR

- 2) DAMA
- 3) IDEAM
- 4) INGEOMINAS
- 5) Grandes usuarios (EAAB, ASOCOLFLORES)
- 6) Asociación Colombiana de Hidrogeólogos
- 7) Compañías perforadoras

**(a) Operaciones para el monitoreo y evaluación**

Las actividades de medición y monitoreo deben ser llevadas a cabo por la CAR, el DAMA y la EAAB que administran el monitoreo de los pozos. La Comisión Técnica debe llevar a cabo el análisis y la evaluación de los datos obtenidos del monitoreo.

En cuanto a los datos sobre volumen extraído, sería mejor el compilar los datos enviados por los usuarios dentro del sistema de monitoreo. Hay casi 1.000 pozos registrados la CAR diferentes de aquellos designados como pozos de monitoreo para este propósito. Es necesario animar a éstos usuarios de los pozos para instalar medidores y enviar los datos sobre el volumen de agua extraída.

**(b) Establecimiento de zonas y tarifas para la administración de la demanda y el ahorro de aguas subterráneas**

Como lo estipula la Ley No. 2811 de 1974 (Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente), Decreto No. 1729 del 2002, u otras leyes y decretos, la división por subcuencas es una herramienta fundamental para la administración del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

En el momento, la CAR está definiendo las tarifas del agua de acuerdo al volumen que cada cual extraiga, en vez de basarlo en el volumen extraído en una zona. Para una administración efectiva de la demanda y la conservación del recurso mediante la promoción del ahorro en el uso del agua, los precios del agua deben tener cuenta las condiciones de demanda-suministro. La Comisión o Grupo Técnico debe preparar el proyecto para establecer las zonas y tarifas con base en los resultados del Estudio y el monitoreo y la evaluación, para la aprobación de la entidad administradora.

**(c) Promoción del registro de los pozos y establecimiento del Registro de Perforadores**

Se estima en casi 6.000 los pozos no registrados dentro del Área del Estudio. En caso de que estos pozos se usen, su uso puede ser ilegal. Se indicó en las reuniones de discusión que hay muchos pozos abandonados que pueden ser fuente contaminante de los acuíferos. Es necesario llevar a cabo investigación de los pozos no registrados y permitir que los usuarios o dueños los registren en caso de que estén en uso o para que sean abandonados adecuadamente en caso de que estén fuera de uso. Para la investigación y ejecución, es necesario definir procedimientos legales así como para llevar a cabo el arreglo legal para dar al personal de la CAR, o el DAMA, o a contratistas, un estado legal, tal como el derecho para entrar a terrenos privados y edificios.

Para los pozos a ser perforados, se recomienda un sistema de registro de perforadores de pozos con el fin de solicitudes adecuadas para, perforar pozos, obras civiles y bombeos de prueba, y solicitudes para la extracción de aguas subterráneas. Debido a que el sistema de permisos para perforar podría tener una fuerte oposición por parte de los perforadores existentes o podría reconocerse como limitación de la libertad para escoger profesión que es garantizada por la Constitución, se recomienda que un sistema de registro sin el rechazo del registro a cualquier solicitud. Toda persona que quiera hacer negocios de perforación tiene

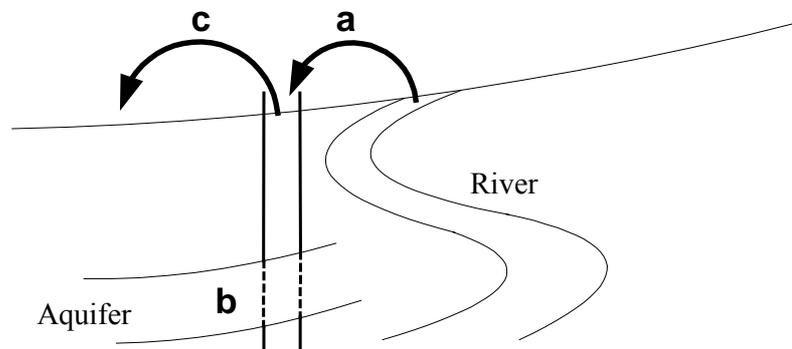
que solicitar el registro con información del representante de la compañía, lista de ingenieros y equipo disponible y estado financiero. En caso de que algunas acciones ilegales, como el perforar sin solicitud o permiso, los obras civiles que desechan al plan aprobado, la manipulación de los datos de pruebas de bombeo, sean descubiertos, se revocará el registro y la persona no puede perforar durante un cierto periodo.

#### (d) Solicitud de derechos de agua para la Recarga Artificial

En Colombia, no hay experiencia alguna sobre proyectos de recarga artificial iguales o similares al plan propuesto, y ninguna provisión legal se ha estipulado hasta ahora.

La recarga artificial incluirá los tres tipos de agua que se indican a continuación.

- a: Aguas a ser tomadas del río (agua de superficie) para la recarga
- b: Aguas cargadas en un acuífero
- c: Agua a ser extraídas y usada (aguas subterráneas) de los acuíferos



**Figura 5.2 Tipos de Agua Envueltos en la Recarga Artificial**

Puede haber dos opciones para la solicitud de derechos de agua en proyectos artificiales. Es necesario conseguir permisos de las entidades administradoras para la implementar proyectos sin importar cual de las opciones sobre derechos de agua se tome.

- A) En esta opción, la solicitud de derechos de agua no será hecha en épocas de toma de agua de superficie, pero sí en épocas de extracción de aguas subterráneas según el volumen extraído. Los proyectos artificiales no se consideran como aquellos que hacen uso del agua pero sí como los que se usan para conservar aguas subterráneas o aumentar la disponibilidad de recursos de aguas subterráneas.
- B) La solicitud será hecha en épocas de toma de agua de superficie y no en épocas de extracción de aguas subterráneas. Se considera como agua recargada aquella almacenada en el suelo por los poseedores de los derechos del agua de superficie.

Puesto que los proyectos de recarga artificial propuestos en el plan tienen una naturaleza de conservación de aguas subterráneas o de ampliación de la disponibilidad de las aguas subterráneas durante las temporadas de emergencia y las estaciones secas, la opción A sería la recomendada para los proyectos de los cerros orientales y de la sabana occidental. Para el proyecto de la sabana occidental, las entidades que administran las fuentes de aguas subterráneas llevarán a cabo el proyecto por sí mismas y será bastante natural aplicar la opción A y para los usuarios el solicitar derechos de agua cuando ellos extraigan aguas subterráneas.

## **5.2 Investigación y desarrollo de tecnología sobre el uso eficiente de Aguas subterráneas**

### **(1) Establecimiento de la Unidad de Ejecución del Proyecto**

Como la naturaleza del proyecto de investigación técnica y desarrollo (R&D) incluye dos elementos principales, i.e., el uso de agua para la irrigación y la conservación de las fuentes de aguas subterráneas, el proyecto debe ser llevado a cabo por la CAR y ASOCOLFLORES. Las dos organizaciones deben establecer inmediatamente una unidad conjunta para la ejecución del proyecto.

Se recomienda el empleo de consultores para el estudio de viabilidad del proyecto. En caso de que se requieran consultores internacionales, el Ministerio debe solicitar ayuda técnica preferentemente a los organismos extranjeros o internacionales. La Comisión o Grupo Técnico pueden trabajar como consultor interno y aconsejar en materia administrativa del recurso. La participación de institutos para irrigación o agricultura debe animarse sobre todo para el componente de la irrigación eficiente con menos agua subterránea.

### **(2) Fuentes financieras para el proyecto de Investigación y Desarrollo (R&D Project)**

Tal como se estipula en la Ley No. 99 de 1993 así como el Decreto No. 1729 de 2002, los cargos por derechos de agua así como la sobretasa a la propiedad inmobiliaria destinada a la conservación de los recursos ambientales y naturales renovables, a ser cobrada por los usuarios, debe usarse para la inversión en la conservación del recurso. Los fondos adicionales deben ser obtenidos complementariamente por las dos organizaciones.

Cuando se asuma que todos los cobros por el uso estimado de las aguas subterráneas ( $1\text{m}^3/\text{s}$ ) que se suponen debe pagar los granjeros de la floricultura y asumiendo un precio promedio de Col \$ 15/  $\text{m}^3$ , el recaudo anual de pagos alcanzarán aproximadamente a la mitad de los costos del proyecto de investigación y desarrollo. El impuesto suplementario anual a la propiedad de esos granjeros se contabilizaría como la porción considerable costo del proyecto. Para el periodo de implementación del proyecto de I&D, estos recursos deben apropiarse al proyecto con prioridad. Los fondos adicionales deben ser obtenidos en forma conjunta por las dos organizaciones.

## **5.3 Desarrollo del recurso humano**

Para actualizar el nivel técnico del personal comprometido en la administración y desarrollo de las aguas subterráneas, se recomienda lo siguiente.

### **(1) Transferencia de tecnología a través de este Estudio y del Estudio de Factibilidad, y mediante la solicitud de entrenamiento dentro del plan JICA**

La metodología adoptada en este Estudio y sus resultados, deben ser estudiados con mayor profundidad por las contrapartes. A través de un estudio de viabilidad solicitado al Gobierno del Japón, las entidades a cargo de la administración y desarrollo de las aguas subterráneas pueden aprovechar la oportunidad para la transferencia de tecnología de los expertos que sean enviados. Puesto que el JICA ha preparado varios cursos de entrenamiento, las entidades a cargo de administración y desarrollo de las aguas subterráneas pueden utilizarlos para la transferencia de tecnología.

#### **(a) Educación (edificación) mutua a través de las actividades en la Comisión Técnica**

El mejoramiento técnico puede realizarse a través de las actividades en la Comisión Técnica recomendada anteriormente mediante el intercambio de información y la edificación mutua entre los miembros de la comisión. Una de las principales razones para la propuesta de establecerla es la nivelación del personal técnico. Los seminarios para los perforadores de la

Comisión Técnica no sólo pueden contribuir al mejoramiento técnico sino también a un importante desarrollo de las aguas subterráneas.

**(b) Becas**

Para mejorar el nivel técnico a un nivel más alto en el campo de la hidrogeología, se pueden recomendar becas para el personal joven de la CAR, el DAMA, etc., para estudiar en cursos de Magíster o Ph. D. en universidades colombianas o extranjeras. Puede proponerse al IDEAM el dar la oportunidad al personal de todo el país a cargo de la administración de las aguas subterráneas que prepare un plan de becas principalmente para aquellos que quieran estudiar en el extranjero. Las becas debe reembolsarse cuando las personas abandonen las entidades públicas o por la administración de los recursos de agua, dentro de un cierto periodo, por ejemplo de cinco a diez años después que las personas terminen sus estudios.

**CAPITULO - 6 Diseño y estimación de costos**

**6.1 Diseño**

**(1) Criterios de diseño**

En Colombia, de acuerdo con los trabajos de perforación, las obras civiles, las obras de estructuras en concreto y las obras de instalaciones eléctricas, se permiten los siguientes criterios de diseño. Éstos criterios dependen de criterios americanos por lo tanto el Plan Maestro del Estudio para el “ Desarrollo de las Aguas subterráneas de la Sabana de Bogotá” se basa en estos criterios.

- (a) Obras de perforación de pozos:** AWWA-100(1997)
- (b) Obras civiles:**  
 Obras para la construcción de carreteras: Normas INVIAS  
 Obras para la instalación de tuberías: Reglamento el Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS–2000
- (c) Obras en estructuras de concreto:**  
 Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente NSR–98
- (d) Obras eléctricas:**  
 Código Eléctrico Nacional Colombiano CEC  
 Montaje de obras de suministro eléctrico  
 Montaje de instalaciones eléctricas

**(2) Capacidad de los pozos**

La distribución de los pozos de producción y recarga se diseña con base en el tamaño y capacidad del pozo estándar como se muestra en la tabla-6.23.

**Tabla-6.1 Capacidad estándar de los pozos**

Tipo de pozo	Acuífero	Longitud del pozo	Diámetro del pozo	Especificación de Capacidad de inyección
Pozo de producción	Cuaternario	200-300m	8 pulgadas	1,500m <sup>3</sup> /día
	Cretáceo	300m	10 pulgadas	3,000m <sup>3</sup> /día
Pozo de recarga	Cuaternario	200-300m	10 pulgadas	1,500m <sup>3</sup> /día
	Cretáceo	300m	10 pulgadas	3000m <sup>3</sup> /día

## **(2-1) Capacidad de producción de los pozos**

### **Pozos del Cuaternario**

Según los resultados del estudio, la productividad promedio específica de los pozos del Cuaternario es  $60\text{m}^2/\text{día}$ . Este valor puede usarse para una productividad de  $500$  a  $1.500\text{m}^3/\text{día}$ . La profundidad de los pozos depende del espesor del acuífero del Cuaternario de un lugar a otro. En este Estudio, el espesor representativo asumido es de  $200$  a  $300\text{m}$ .

### **Pozos del Cretáceo**

A partir de los resultados de las perforaciones exploratorias hechas por la EAAB, la productividad específica del Cretáceo es  $34\text{m}^2/\text{día}$  para una productividad de  $3.000\text{m}^3/\text{día}$ . La productividad específica depende de la productividad del pozo. La anterior productividad se estimó de los resultados las pruebas de achicamiento por etapas de los pozos de Suba y La Salle y de las pruebas de bombeo del pozo Vietnam. La profundidad de los pozos depende del espesor de las formaciones Labor y Tierna en los diferentes lugares. Las formaciones diferentes de las anteriores, como la formación Dura y parte de la formación Chipaque también pueden ser acuíferos. Por lo tanto, en este estudio las cuatro formaciones anteriores son consideradas acuíferos y se propone una profundidad de  $300\text{m}$  para bombear de estos acuíferos.

## **(2-2) Capacidad de recarga de los pozos**

### **Pozos del Cuaternario**

Partiendo de la asunción de que la capacidad de recarga es la misma que la capacidad de bombeo, la inyección específica de los pozos del Cuaternario se fija en  $60\text{m}^2/\text{día}$ . Este valor puede usarse para una inyección de agua de  $500$  a  $1.500\text{m}^3/\text{día}$ . Este valor es válido bajo la condición de que frecuentemente se le haga mantenimiento a los pozos de recarga de agua.

### **Pozos del Cretáceo**

Partiendo de la asunción de que la capacidad de recarga es la misma que la capacidad de bombeo, la inyección específica de los pozos del Cretáceo se fijó en  $34\text{m}^2/\text{día}$  para una tasa de inyección de  $3.000\text{m}^3/\text{día}$ . Este valor se basa en los resultados del estudio Piloto para la recarga artificial del sitio de Vitelma. Este valor es válido bajo la condición de que frecuentemente se le haga mantenimiento a los pozos de recarga.

## **(3) Diseño de instalaciones**

Las principales instalaciones para los dos proyectos propuestos: el desarrollo y conservación de las aguas subterráneas en los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá y el proyecto de conservación de las aguas subterráneas en la parte occidental de la Sabana de Bogotá, se muestran en la tabla-6.2 y tabla-6.3.

**Tabla-6.2 Diseño de instalaciones - Proyecto de Desarrollo y Conservación de las aguas subterráneas de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá**

Situación	Instalaciones	Tamaño	Unidad	No
Soacha	Pozo de Producción	Diametro/longitud: 1pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	8
	Bomba sumergible	Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500m <sup>3</sup> /día	No	8
	Instalación eléctrica	Línea entrante	m	3.200
	Tubería	Diámetro: 150mm	m	2.400
	Instalac. de purificación	Aereación+Pozo sedimentación+Clorinación Capacidad máxima 18.000m <sup>3</sup> /día	No	2
Viterna (Río San Cristóbal)	Pozo de Producción	Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	10
	Pozo producción/recarga	Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	10
	Bomba sumergible	Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500 m <sup>3</sup> /día	No	20
	Instal. eléctricas	Línea entrante	No	3.200
	Tubería	Diámetro: 150mm	m	2.400
	Estanque estableciendo	Capacidad: 30.000 m <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /día	No	1
	Instal. de purificación	Aereación+Pozo sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 90.000 m <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /día	No	1
San Diego (Río San Francisco)	Pozo de producción	Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	3
	Pozo producción/ recarga	Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	3
	Bomba sumergible	Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500 m <sup>3</sup> /día	No	6
	Instal. eléctricas	Línea entrante	m	250
	Tubería	Diámetro: 150mm, 250mm, 300mm (total)	No	900
	Instal. de la purificación	Aereación+Pozo sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 27.000 m <sup>3</sup> /día	No	1
Santa Ana y Chico	Pozo de producción	Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	4
	Bomba sumergible	Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500 m <sup>3</sup> /día	No	4
	Instal. eléctricas	Línea entrante	m	900
	Tubería	Diámetro: 150mm	m	800
	Instal. de purificación	Aereación+Pozo sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 18.000 m <sup>3</sup> /día	No	1
Cerros Norte	Pozo de producción	Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	6
	Bomba sumergible	Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500 m <sup>3</sup> /día	No	6
	Pozo de producción	Línea entrante	m	2.450
	Tubería	Diámetro: 150mm	m	1.750
	Instal. de purificación	Aereación+Pozo sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 27.000 m <sup>3</sup> /día	No	1
	Vía de acceso	4m anchura	m	200

**Tabla-6.3 Diseño de instalaciones - Proyecto de Desarrollo y Conservación de las aguas subterráneas de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá (continuación)**

Situación	Instalaciones	Tamaño	Unidad	No
Suba	Pozo de producción	Pulgada	No	2
	Bomba sumergible	Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500 m <sup>3</sup> /día,	No	2
	Instal. Eléctricas	Línea entrante	m	200
	Tubería	Diámetro: 150mm	m	600
	Instal. de purificación	Aereación+Pozo sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 9.000m <sup>3</sup> /día	No	1
Yerbabuena	Pozo de producción	Diámetro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	30
	Bomba sumergible	Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500 m <sup>3</sup> /día,	No	30
	Instal. eléctricas	Línea entrante	m	20,000
	Tubería	Diámetro: 150mm, 250mm, 300mm (Total)	m	20,500
	Instal. de purificación	Aereación+Pozo sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 45.000 m <sup>3</sup> /día	No	3
	Vía de acceso	4m ancho	m	17,100
	Sitio (Pozo)	30m x 30m	No	30
Total	Sitio (Purificación)	30m x 30m	No	3
	Pozo de producción	Diámetro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	63
	Pozo producción/recarga	Diámetro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	13
	Instal. de purificación	Aereación+Pozo sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 45.000 m <sup>3</sup> /día	No	10

**Tabla-6.4 Diseño de instalaciones- Proyecto Conservación de aguas subterráneas en la Parte Occidental de la Sabana de Bogotá**

Situación	Instalaciones	Tamaño	Unidad	No
< Proyecto de Recarga de torrente >				
Cuenca Chico (5 sitios)	Azud	Tamaño 2x4x1m, Entrada 0.3x1m,	No	14
Cuenca de Frío (5 sitios)	Cauce	0,3x0,3x10m	m	14
Cuenca de Subachoque(4) Total: 14sitios	Estanque estableciendo	Capacidad 30.000 m <sup>3</sup> (100mx100mx3m)	No	14
	Purificación	Instrumentos de purificación 3 unidades	No	14
	Tanque de regulación	Capacidad 20m <sup>3</sup>	No	14
	Pozo de recarga	Diámetro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m)	No	28
	Bomba sumergible	Para pozos de 10pulg.-7.5HP, H=150m, Q=500 m <sup>3</sup> /día	No	28
	Sitio	10.900 m <sup>3</sup>	No	14

## 6.2 Estimación de costos

El costo de los dos proyectos propuestos en el Plan Maestro, i.e., 1) Desarrollo y Conservación de las aguas subterráneas en los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá, 2) Conservación de aguas subterráneas en la parte occidental de la Sabana de Bogotá, se estima aproximadamente como sigue:

- \* Estándares para estimación de costos: CONSTRUDATA CIELOS RASOS 124 SEPTIEMBRE NOVIEMBRE 2002, PUBLI LEGIS,
- \* Costo de la unidad: A julio del 2002
- \* Tipo de cambio: EE.UU. \$1 = Col. \$2.700 (referencia JPY  
1 = Col \$ 20

Los costos del proyecto comprenden lo siguiente. Impuesto (IVA) esta incluido en cada elemento.

- \* Costo de construcción: Los costos de construcción de las instalaciones principales y auxiliar

- Instalaciones incluyendo las obras preparatorias y la instalación de equipos (Costo de; Materiales + Equipo + Mano de obra + Administración + Utilidades).
- \* Costo de adquisición tierras: Costos adquisición tierras requeridas para la construcción de instalaciones, incluido el costo de compensación.
  - \* Costo de diseño: Retribución a ser pagada a consultores por licitar, ingeniería de detalle y estimación del costo. 10% del costo de la construcción.
  - \* Costo de administración: Costo para el dueño del proyecto por administrar el proyecto. 1% del costo de construcción, adquisición de tierras e ingeniería.
  - \* Imprevistos: 10% de los costos de construcción, adquisición de tierras, diseño y administración.

El costo de los dos proyectos que se estimaron bajo las anteriores condiciones se muestra como sigue. Véase la tabla-6.5.

- Proyecto de desarrollo y conservación de aguas subterráneas en los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá  
Costo del proyecto: 75.43 millardos de pesos colombianos
- Proyecto de conservación de las aguas subterráneas en la parte occidental de la Sabana de Bogotá  
Costo del proyecto: 40.48 millardos de pesos colombianos

**Tabla-6.5 Costo estimado aproximado - aguas subterráneas y conservación en la Sabana**

Unidad: Millardos de Col \$

Ítem	Proyecto de desarrollo y conservación de aguas subterráneas - Cerros Orientales	Proyecto conservación de aguas subterráneas en el área occidental	Total
1. Costo de construcción	60,36	25,60	85,96
2. Investigación	-	9,00	9,00
3. Adquisición de tierras – costo/compensación	1,65	0,20	1,85
4. Costo de diseño	6,04	2,56	8,60
5. Costo de administración	0,67	0,28	0,95
6. Imprevistos	6,71	2,84	9,55
	75,43	40,48	115,91
<Total>	27,9 millones de US \$	15,0 millones de US \$	42,9 millones de US \$
	3.770 millones de yenes japoneses	2.030 millones de yenes japoneses	6.900 millones de yenes japoneses

Nota) IVA esta incluido en cada ítem.

## CAPITULO - 7 Programa de ejecución

### (1) Organización para la ejecución y preparación de fondos

La organización para la ejecución y preparación de fondos para los dos proyectos que fueron propuestos en el Plan Maestro: 1) Proyecto de desarrollo de las aguas subterráneas en los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá, 2) Proyecto de conservación de las aguas subterráneas en la parte occidental de la Sabana de Bogotá, se propone a continuación.

### **Proyecto de desarrollo de las aguas subterráneas en los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá**

El Ministerio del Medio Ambiente debe dirigir y manejar este proyecto, porque éste es un proyecto ambiental integrado que está planeado en dos áreas administrativas (el Departamento de Cundinamarca y la Ciudad de Bogotá D.C.). La organización a cargo de este proyecto debe ser la ciudad de Bogotá que recibirá el beneficio directo (suministro de agua para la ciudad de Bogotá) de este proyecto. La organización de aplicación debe ser el Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) cuya inversión es 100% capital del Ciudad de Bogotá D. C.

Fondos para la ejecución (75 Mil millones Pesos) deben ser de los fondos de inversión ambiental de Ciudad de Bogotá, y debe tenerse en cuenta el uso de fondos extranjeros (préstamos blandos) para la mayor parte de la implementación.

### **Proyecto de conservación de las aguas subterráneas en la parte occidental de la Sabana de Bogotá**

El Ministerio del Medio Ambiente debe supervisar y administrar este proyecto así como el proyecto mencionado anteriormente. La CAR, que se encarga de los proyectos ambientales en el Departamento de Cundinamarca, es el organismo adecuado para encargarse de este proyecto. La organización para ejecución debe ser una unidad conjunta (CAR y ASOCOLFLORES: las Organizaciones que reciben el beneficio de este proyecto). Esta se organizará en el futuro.

Los fondos para la ejecución (40 Mil millones Pesos) deben ser de los fondos de inversión ambiental de la CAR, y debe tenerse en cuenta el uso de fondos de inversión de ASOCOLFLORES y de fondos extranjeros (préstamos blandos) para la mayor parte de la implementación.

#### **(2) Programa de ejecución**

El programa de ejecución del proyecto de desarrollo y conservación de las aguas subterráneas y del proyecto institucional sobre la administración de las aguas subterráneas y etc. se propone como se muestra en la Tabla 7.1. Antes de la ejecución de los dos proyectos ambientales: 1) el proyecto de desarrollo y conservación de las aguas subterráneas y 2) el proyecto de conservación de las aguas subterráneas en la parte occidental de la Sabana de Bogotá, son necesarios de dos a tres años de trabajos de preparación (Estudio de Factibilidad y contratación de las firmas consultoras y de construcción).

**Tabla-7.1 Costo estimado provisional del proyecto – Desarrollo y conservación de las aguas subterráneas de la Sabana de Bogotá**

Item	Año															
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
<b>1 Proyecto Oriental</b>																
1-1 Preparación																
A M/P y F/S	X	XX	XX	XX	XX											
B Licitación y Contratación																
- Consultores						X										
- Cías. Constructoras						X										
1-2 Servicios de Consultoría																
A Sondeos/Diseño/Estimación de costos						X										
B Supervisión de construcciones							XX	XX	XX	XX						
1-3 Construcción (76 pozos)																
<b>2 Proyecto Occidental</b>																
1-1 Preparación																
A M/P y F/S	X	XX	XX	XX	XX											
B Licitación y Contratación																
- Consultores						X										
- Cías. Constructoras						X										
1-2 Servicios de Consultoría																
A Sondeos/Diseño/Estimación de costos						X										
B Supervisión de construcciones							XX									
1-3 Construcciones																
Proyecto de recarga con torrentes (14 sitios)							XX									
<b>3 Proyectos Institucionales</b>																
3-1 Preparación (E/F)	X	XX	XX													
3-3 Monitoreo de aguas subterráneas				XX												
3-3 Establecimiento de la comisión técnica para la administración de las aguas subterráneas				XX	XX											
3-4 Actividades de Comisión Técnica						XX										

**CAPITULO - 8 Examen de Ambiente inicial**

**Tabla-8.1 Lista de chequeo para la selección**

No.	Ítem medioambiental	Descripción	Evaluación	Notas (Razón)
<b>Ambiente social</b>				
1.	Reasentamientos	Reasentamiento debido a la ocupación de tierras (transferencia de residencias/tierras de derechos de propiedad)	[S][N] [?]	N
2.	Actividad económica	La pérdida de base de actividades económicas en la tierra y el agua	[S][N] [?]	N
3.	Tráfico y los medios públicos	Impactos en las escuelas, hospitales y condiciones presentes del tráfico, como el aumento de congestión de tráfico y accidentes,	[S][N] [?]	N
4.	Separación de Comunidades	Separación de las comunidades debido a la interrupción de tráfico del área	[S][N] [?] t	N
5.	Propiedad cultural	Daño a o pérdida de valor de iglesias, templos, santuarios, restos arqueológicos o otros recursos culturales	[S][N] [?]	N
6.	Derechos de agua y Derechos de Común	La obstrucción de derechos de pesca, derechos de agua, derechos de comunes	[S][N] [?]	N
7.	Condición de Salud pública	Deterioro de las condiciones de la salud pública e higiene debido a la generación de basuras y el aumento de plagas	[S][N] [?]	N
8.	Pérdida	Generación de desperdicios de la construcción, ruinas y leños	[S][N] [?]	N
9.	Peligros (Riesgos)	Aumente en peligro del fracaso de tierra, hundimientos, etc.,	[S][N] [?]	N
<b>Ambiente natural</b>				
10.	Topografía y Geología	Cambios de topografía valiosa y geología debido a la excavación o trabajos de relleno	[S][N] [?]	N
11.	Erosión de suelos	Erosión superficial por lluvia después de la reclamación y deforestación de tierras	[S][N] [?]	N
12.	Aguas subterráneas	Disminución de los niveles de aguas subterráneas debido a exceso de bombeo y aguas turbias causadas por trabajos de construcción	[S][N] [?]	N
13.	Situación hidrológica	Disminución de descarga aguas superficiales de río y humedales	[S][N] [?]	?
14.	Zona costera	Erosión costera y cambio de vegetación debido a la reclamación costera y los cambios costeros	[S][N] [?]	N
15.	Fauna y Flora	Construcción de puentes y extinción de especies debido a los cambios de condiciones del hábitat	[S][N] [?]	N
16.	Meteorología	Los cambios de temperatura, lluvia, vientos, etc. debido a la reclamación a gran escala y la construcción de edificios	[S][N] [?]	N
17.	Paisaje	Cambio de topografía y vegetación debido a la reclamación. Deterioro de la armonía estética por estructuras	[S][N] [?]	N
<b>Contaminación</b>				
18.	Contaminación del aire	Contaminación causada por gas de la descarga de vehículos o fábricas	[S][N] [?]	N
19.	Contaminación de agua	Contaminación de aguas subterráneas causada por la recarga artificial, etc.	[S][N] [?]	?
20.	Contaminación de suelos	Contaminación causada por descarga o difusión de alcantarillado o sustancias tóxicas	[S][N] [?]	N
21.	Ruido y Vibración	El ruido y vibraciones generadas por vehículos y operaciones de bombeo	[S][N] [?]	N
22.	Hundimiento de tierras	Deformación de la tierra y hundimiento de la tierra debido a bajar de mesa de las aguas subterráneas	[S][N] [?]	?
23.	Olor ofensivo	La generación de gas de la descarga y olor ofensivos por construcción y funcionamiento de instalaciones	[S][N] [?]	N
Evaluación global: Es necesario un proyecto EIA para la aplicación del proyecto			[Y][N] [?]	Y

**Tabla-8.2 Lista de chequeo para los objetivos**

Ítem medioambiental		Evaluación	Razón	
Ambiente Social	1	Reasentamiento	D	Una área ancha no se necesita
	2	Actividades Económicas	D	igual a la anterior
	3	Instalaciones Trafico / Publicas	D	En rural
	4	Separación de Comunidades	D	Sostenga sólo pequeños grupos
	5	Propiedad Cultural	D	igual a la anterior
	6	Derechos de agua y Derechos Comunes	C	El derecho de agua no es cierto
	7	Salud pública	D	Mejore
	8	Pérdida	D	Evitable por mando
	9	Peligros (riesgos)	D	
Ambiente Natural	10	Topografía y Geología	D	Sólo pequeños trabajos de construcción
	11	Erosión de suelos	D	igual a la anterior
	12	Aguas subterráneas	C	Interferencia con exista. Pozos.
	13	Situación Hidrológica	D	Riegue succión cuando una estación de agua alta
	14	Zona costera	D	Tierra adentro
	15	Fauna y Flora	D	No trabajar en bosques o humedales
	16	Meteorología	D	Construcción y operaciones a pequeña escala
	17	Paisaje	D	igual a la anterior
	18	Contaminación del aire	D	Trabajo pequeños de construcción
	19	Contaminación de agua	D	Prevención perfecta por control
	20	Contaminación Suelos	D	igual a la anterior
	21	Ruido y Vibraciones	D	igual a la anterior
	22	Hundimiento	C	Depende de la geología y cantidad retirada de aguas subterráneas
	23	Olor ofensivo	D	Poco gas de descarga en la construcción

Nota: Categoría de Evaluación

Se espera serio impacto

? Se espera algún impacto

? La magnitud del impacto es desconocida (Se necesita examen. El impacto puede clararse a medida que el estudio progresa)

? No se espera impacto (no e necesario IEE / EIA)

## CAPITULO - 9 Evaluación del proyecto

### 9.1 Evaluación económica

Evaluación económica significa el análisis de un proyecto desde el punto de vista de desarrollo de la planeación del país en su conjunto para, juzgar si una inversión generará beneficio público que valga la pena. En la evaluación económica, deben ajustarse los ingresos y los egresos de dinero en efectivo financiero, según el principio de análisis de costo-beneficio. Después de los ajustes del flujo de dinero en efectivo, se calcula la Tasa Interna Económica de Retorno (TIR económica), el Valor de Presente neto (VPN) y la Tasa

de Costo-beneficio (B/C). De esa información, se evidencia si este proyecto es significativo o no, desde el punto de vista de un país.

### **9.1.1 Asunciones principales**

En la estimación del costo y beneficio económico, se aplican las condiciones y asunciones siguientes. Se dan las asunciones en forma detallada en la Tabla-9.1.

#### **(1) Nivel de precios**

Para la evaluación económica, el nivel básico de precios para el costo y las estimaciones de beneficio se fijan a los precios de julio del 2002. En el momento, el tipo de cambio externo se fija a la tasa oficial del dólar Col \$2.700 por US \$1.00.

#### **(2) Costo de oportunidad del capital**

El costo de oportunidad del capital representa la proporción económica permisible de retorno para los proyectos de desarrollo. En este estudio el 13% de costo de oportunidad de capital (igual al adoptado en el estudio por el Banco Mundial en Colombia) se aplica desde el punto de vista de las necesidades para el desarrollo de aguas de emergencia y la conservación de las aguas subterráneas.

#### **(3) Valor económico**

En análisis económico, todos los costos de los bienes y servicios aplicados en el proyecto deben estimarse sobre la base del valor económico real. En este informe, el costo financiero local se convierte en el costo económico que aplica al factor de la conversión estándar del 96% calculado a partir de comercio externo de Colombia desde 1996 a 2002.

#### **(4) Vida económica**

Se usan varios componentes con diferentes especificaciones, para la construcción. La vida económica de cada componente es difícil de definir correctamente porque varía y depende de condiciones tales como el mantenimiento y el clima. En este análisis, la vida económica de las instalaciones y equipos se fijaron principalmente con base en las normas contabilidad de la EAAB, como se muestra en la Tabla-9.1. Sin embargo, los motores de bombeo se estimaron por separado, en 8 años de vida económica; para ser reemplazado periódicamente cada 8 años.

#### **(5) Horizonte de tiempo para la evaluación**

El periodo de evaluación económica se fijó en 20 años en este análisis, teniendo en cuenta la vida económica de los pozos, que generalmente se considera entre 15-20 años el Centro y Sur América.

En la estimación del costo beneficio económico se aplican las condiciones y asunciones tal como se presentan en la tabla-9.1.

**Tabla-9.1 Principales asunciones**

Items	Asunciones
1.Precios	A Julio del año 2002
2.Tasa de cambio del peso colombiano	Col\$ 2.700 = US\$ 1,00
3.Costo de oportunidad del capital	13 % (Con base en el estudio del Banco Mundial en Colombia)
4.Factor estándar de conversión	96 % (Con base en el comercio exterior de Colombia del 1996 al 2002)
5.Horizonte de tiempo para la evaluación	20 años
6.Vida económica (Basada principalmente en las normas contables de la EAAB)	1) Represa: 50 años      2) Charca de sedimentación: 50 años
	3) Pozo: 20 años      4) Instalaciones de tratamiento: 50 años
	5) Canal: 50 años      6) Electric Facilities: 20 years
	7) Motores bombas 8 años (a ser reemplazados periódicamente cada 8 años)

### 9.1.2 Costo

Los costos del proyecto están estimado en el Capitulo 6. Los costos financieros son convertidos a costos económicos aplicando el valor económico como se menciona anteriormente en la Tabla 9.2..

**Tabla-9.2 Costo económico del proyecto**

Proyecto	Costo económico del Proyecto	(Costo Financiero del Proyecto)
1. Proyecto de los Cerros Orientales	Col \$72.9 millardos	(Col \$75.4 millardos)
2. Proyecto Sabana Occidental	Col \$40.1 millardos	(Col \$40.5 millardos)

#### < Proyecto de la parte Occidental de la Sabana de Bogota >

Además, en cuanto al Proyecto Sabana Occidental, se consideran el costo de construcción de invernaderos y el costo relacionado con la expansión del área cultivada, y se agregan al costo global del Proyecto. Estos costos se estiman basándonos en las asunciones de la tabla-9.3, la mayor parte de la información proviene del Instituto de Alta Dirección Empresarial.

**Tabla-9.3 Costo de construcción y operación de invernaderos**

Items	Asunciones
<Costos diferentes al costo del Proyecto >	Fuente: Instituto de Alta Dirección Empresarial
	1) la Construcción de invernaderos
	- 4 US\$/m <sup>2</sup>
	- Costo de infraestructura: 28% de costo de construcción
	2) Reemplazo de Material Plástico: 15% de costo de construcción, cada 24 meses
	3) el Costo de operación: 18,000 US\$/ha

#### <Costo de operación y mantenimiento (O&M)>

El costo de operación y mantenimiento de los dos proyectos se estimó con base en las asunciones de la tabla-9.4.

**Tabla-9.4 Costo de O&M**

Proyecto	Asunciones
1) Proyecto Cerros Orientales de Bogotá	1) Electricidad
	- Consumo: 74 kwh/día/pozo
	- Precio: Col\$87kwh (el mismo precio de Vitelma en el 2000)
	2) Cloro
	- Consumo: 70% del de la planta Wiessner (0,00229/m <sup>3</sup> )
	- Precio: Col\$1.094/kg
	3) Cargo por aguas subterráneas: Col\$15/m <sup>3</sup>
	4) Mantenimiento: 2% de 1)+2)
2) Proyecto Occidental Sabana de Bogotá	2% del costo del proyecto

### 9.1.3 Beneficios

#### (1) Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá

##### (a) Suministro de Agua Municipal

#### < Suministro de agua en emergencias >

El volumen de agua subterránea proporcionada en caso de emergencia se cuenta como

beneficio.

Cuando el último gran derrumbe ocurrió en Chingaza en 1997, el agua que se lleva de Chuza a la Planta de Wiesner se detuvo durante 9 meses. Por consiguiente, el suministro de agua fue cubierto principalmente por la succión de agua de la Reserva de San Rafael en la Planta Wiesner y el funcionamiento a plena capacidad de la Planta de Tibitoc.

Se asume que el mismo tipo de accidentes grandes o desastres ocurre cada 15 años para estimar el beneficio, y entonces también se asume que el suministro de agua se detiene durante 6 meses, teniendo en cuenta los 3 meses de almacenamiento de Reserva de San Rafael como mostrado en Tabla-9.5.

#### < Suministro de agua regular >

El volumen de agua subterránea desarrollada por el Proyecto se cuenta como beneficio. Sin embargo, el beneficio sólo puede contarse a partir del año 2018, cuando se prevé una escasez de agua subterránea en términos de la demanda.

Se prevé un faltante en el suministro comparado con la demanda a partir del año 2018, juzgando el contenido del informe 'Actualización de la Proyección de la Demanda de Agua' de la EAAB, asumiendo el funcionamiento como sigue; una tasa de operación continua del 90% en las Plantas Wiesner y El Dorado, 2.0m<sup>3</sup>/s de la producción de aguas subterráneas y el resto de producción por Planta de Tibitoc. De acuerdo con esto, los beneficios puede contabilizarse a partir del año 2018. Las asunciones básicas se presentan en la Tabla-9.5.

#### < Aumento de Oxígeno disuelto en el río Bogotá >

Beneficio; el efecto de reducción de la demanda de oxígeno disuelto (DOB) en la cuenca del río Bogota, luego de las instalaciones de Tibitoc.

La mayor parte del proceso en la planta de tratamiento de agua involucra la reducción de DOB. Por lo tanto, la reducción de DOB en el río conlleva a la reducción del costo de tratamiento en la planta. Un aumento en el volumen en la tasa de flujo indica un aumento del oxígeno disuelto en el agua y esto trae efectos en la disminución de la concentración de DOB. La metodología para la estimación en el Río de Bogotá es como lo siguiente.

$$\begin{aligned} \text{Reducción de DOB} &= \text{DOB Presente} - 50\% \text{ del aumento de Oxígeno} \times \text{Coeficiente de la cuenca} \\ &\text{del Río (1/2}^n\text{)} \\ \text{Utilidad (año)} &= \text{Reducción de DOB} \times \text{Costo unitario de Tratamiento de DOB (por 1 mg de DOB)} \end{aligned}$$

El DOB presente y la concentración de oxígeno disuelto (Fuente: la Universidad de Andes, 2002) se modifica dependiendo de la condición de contaminación en cada localización. El coeficiente de Cuenca del Río disminuye con el cuadrado del número de la cuenca de la Planta Tibitoc debido a la disminución de oxígeno de la succión. El costo unitario actual de la Planta de Tratamiento del Salitre de Agua servidas que es 0.005 Col\$/mg de DOB se aplica aquí. Las asunciones básicas se presentan en la Tabla-9.5.

#### (b) Generación eléctrica incremental en el Río Bogotá

El desarrollo de las aguas subterráneas disminuirá la captación del Río de Bogotá por parte de la Planta de Tibitoc. La cantidad disminuida podría descargarse en el Río de Bogotá para mejorar su calidad de agua, sobre todo de en la reducción de DOB (véase (b) anterior). Además, el agua descargada contribuirá para aumentar la producción de energía eléctrica de la planta generadora localizada en la parte más baja del curso del Río Bogotá. Por lo tanto, el PIB incremental resultante de la energía eléctrica aumentada se contará como un beneficio.

El suministro de energía eléctrica y la demanda de Colombia actualmente son como sigue; la capacidad de suministro=13.100MWh, y la demanda=8.000MWh (fuente: EMGESA). El

suministro excede la demanda en la actualidad. Sin embargo, la escasez de energía eléctrica se prevé para el año 2014, asumiendo un incremento en la demanda del 4% (3.2% de aumento en el 2002 previsto por EMGESA). De acuerdo con esto, las utilidades se pueden contabilizar a partir del año 2014. Los consumos básicos se presentan en la Tabla-9.5.

**Tabla-9.5 Asunciones para los beneficios**

Beneficio	Asunciones
1. Suministro de agua de emergencia	1) Volumen del suministro: 4,0 m <sup>3</sup> /s - 63 pozos productores: 3,3 m <sup>3</sup> /s (=2,19 m <sup>3</sup> /s x 150%) - 13 pozos de recarga: 0,7 m <sup>3</sup> /s (=0,45 m <sup>3</sup> /s x 150%)
	2) Precio del agua: 1.500 Col\$/m <sup>3</sup> (EAAB average price of Jan-April 2002)
	3) Magnitud de la emergencia (Accidente) - Frecuencia: cada 15 años desde 1997 - Existencias de aguas: 6 meses considerando existencias para 3 meses en el reservorio de San Rafael
	1) Volumen del suministro: 2,0 m <sup>3</sup> /s (=2,19 m <sup>3</sup> /s x 90%) a partir del año 2018 cuando se prevé un faltante de agua producida por la EAAB.
	2) Precio del agua: 1.500 Col\$/ m <sup>3</sup> (Precio promedio de Ene-Abril 2002)
3. Efecto del aumento del oxígeno disuelto en el río Bogotá	1) Concentración actual de DOB: 15,13,50,250,90 y 49mg DOB/l en 6 lugares
	2) Incremento en oxígeno disuelto: Proporcional al aumento en volumen de agua por la relación de 1,6 O <sub>2</sub> 2mg <sup>3</sup> /s de agua (sitio web del CTI Science System Co. Ltd)
	3) Costo unitario: 0,005 Col\$/mg DOB (Planta tratamiento aguas negras del Salitre: 648 Col\$ /125.000 mg DOB)
4. Aumento en el GDP por la contribución de la energía eléctrica incremental en la cuenca del río Bogotá	1) GDP contribución de electricidad 1% (=70% de 1,5% en Japón)
	2) Año 2002 GDP estimado: 190 Col\$ billones
	3) Contribución del año 2014 cuando se asume un faltante de energía eléctrica comparado con la demanda.

## (2) Proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá

Un 3% del agua recargada anualmente se asume estará disponible para irrigación en la industria de la floricultura. La cantidad de agua disponible se convierte en expansión del área cultivada (ha). La contribución de la industria de la floricultura al GRDP de la agricultura de Cundinamarca se contabiliza como un beneficio de este proyecto. Las asunciones se indican en la tabla-9.6.

**Tabla-9.6 Asunciones para los beneficios**

Beneficios	Asunciones
Contribución de la floricultura al aumento del GRDP	1) 3% del agua recargada para uso de la floricultura
	2) Conversión a área cultivada (ha) tomando en cuenta el uso en floricultura (0,3l/s/ha)
	3) GRDP agrícola de Cundinamarca: 2,7 Col\$ billones - Contribución de la floricultura: 50% del GRDP

### 9.1.4 Resultados de la evaluación económica

La evaluación económica de los dos proyectos se realiza aplicando todos los criterios anteriormente mencionados. Los resultados de la evaluación económica se resumen la tabla 9.7.

**Tabla-9.7 Resultados de la evaluación económica de los dos proyectos**

Proyecto	EIRR	Valor presente neto	C/B
Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá	22%	Col\$ 85.8 millones	1,9
Proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá	21%	Col\$ 12 millones	1,3

### (1) Análisis del proyecto de los Cerros Orientales

La tasa interna de retorno esperada (TIR esperada) del proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá es el 23%, que obviamente excede el 13% del costo de oportunidad del capital. Por lo tanto se hace notar que este proyecto es factible desde el punto de vista económico y vale la pena promoverlo.

### (2) Análisis del proyecto del Occidente de la Sabana de Bogotá

La tasa interna de retorno esperada (TIR esperada) del proyecto del Occidente de la Sabana dio como resultado el 21% que evidentemente, también excede el 13% del costo de oportunidad del capital. En el caso que se haga uso del 2% de la recarga anual de agua, la TIR esperada sería del 17%, que también excede el costo de oportunidad. Como resultado, este proyecto debe tenerse en cuenta como económicamente eficiente y válido de ser promovido. La hoja de evaluación económica precisa se muestra en el Anexo-9.2.

## 9.2 Análisis financiero

### 9.2.1 Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá

#### (1) Evaluación Financiera

##### (a) Costo Financiero

El costo financiero consiste del proyecto financiero y el costo de operación y mantenimiento.

##### (b) Ingresos

Las aguas subterráneas desarrolladas pueden ser usadas para suministro de emergencia. Más aún, las aguas subterráneas se suministrarán rutinariamente con el propósito de sustituir parte de la producción de la planta de Tibitoc donde el costo de producción se considera demasiado alto. De acuerdo con los costos de producción de la planta de Tibitoc (tal como se presenta en la tabla-9.8) correspondientes con la cantidad de suministro de aguas subterráneas, es obvio reconocer como un ingreso financiero para el período de sustitución propuesto. Se derivará un completo ingreso financiero del suministro de aguas subterráneas a partir del año 2018 cuando la EAAB prevé un faltante en el suministro de agua.

**Tabla-9.8 Costo variable estimado de la planta de Tibitoc**

Items	Costo (Col\$/m <sup>3</sup> )	Observaciones
Electricidad	45	Costo actual del año 2000
Químicos	21	Dos veces la cantidad de Vitelma año 2000
Cargos por agua	120	Asumido del caso actual
Depreciación	50	Derechos de concesión menos el costo químicos (año 2000)

### (c) Resultado de la evaluación financiera

En este estudio se aplican el 14% de costo de oportunidad del capital, con base a las normas de la EAAB. Los resultados de la evaluación se resumen en la Tabla-9.9. La tasa financiera interna de retorno (FIRR-Financial Internal Rate of Return) del proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá resulta en 23%, que obviamente excede el 14% del costo de oportunidad del capital. Consecuentemente este proyecto es factible desde el punto de vista financiero.

La precisa evaluación financiera se muestra en el apéndice 9.3.

**Tabla-9.9 Resultado de la evaluación financiera del proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá**

Proyecto	FIRR	Valor presente neto	C/B
Proyecto Cerros Orientales de Bogotá	23%	Col\$ 63,0 millardos	1,7

### (2) Estructura de fondos para el proyecto

El costo del proyecto total sumará Col \$75,4 millardos (US \$27,9 millones).

El proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá es un proyecto de desarrollo y de conservación de las aguas subterráneas. Sin embargo, debe notarse que el Proyecto también es un proyecto evidentemente medioambiental. Teniendo esto en cuenta, podrían conseguirse fondos para el costo del proyecto de préstamos extranjeros blandos.

De acuerdo con esto, la composición de los fondos se propone preliminarmente como sigue;

- Fondos propios de la Organización de Implementación (EAAB)	: 20%	Col\$ 17,1 millardos (US \$6,3 millones)
- Préstamo extranjero blando	: 80%	Col\$ 58,3 millardos (US\$21,6 millones)

Nota: se excluyen los costos de adquisición de Tierra y el costo de administración del Préstamo Extranjero blando.

Asumiendo que la tasa de interés doméstica sea el 13% anual y el préstamo extranjero blando sea prestado al 2.2% anual, la tasa promedio ponderada de interés de este proyecto sería 4,6%. Esta tasa de interés considerablemente baja podría aumentar la tasa interna de retorno financiero (TIR financiero) (FIRR).

La estructura de fondos por año en línea con el progreso de la construcción, se resume en la Tabla-9.10.

**Tabla-9.10 Estructura de fondos por año**

Año	Costo del proyecto por Año		EAAB fondos propios		Préstamo Suave extranjero	
	Col \$mil millones	US \$millones	Col \$mil millones	US \$millones	Col \$mil millones	US \$millones
2006	23,4	8,7	4,9	1,8	18,5	6,9
2007	17,2	6,3	3,6	1,3	13,6	5,0
2008	18,4	6,8	4,5	1,7	13,9	5,1
2009	16,4	6,1	4,1	1,5	12,3	4,6
Total	75,4	27,9	17,1	6,3	58,3	21,6

### (3) Condiciones financieras de la EAAB

El consumo de agua no ha crecido como se esperaba debido a la larga presión económica; sin embargo las ganancias de la EAAB mejoraron con el aumento en las tarifas y la reducción de costos. Estas actividades generaron Col\$ 290 millardos de flujo de caja operacional en el año 2001.

La EAAB ha invertido agresivamente en las operaciones de agua y alcantarillado. La inversión alcanzó los Col\$ 390 millardos en el 2001, que se obtuvieron del flujo de caja operacional y préstamos. Como resultado, la deuda acumulada de la EAAB aumentó a Col\$ 630 millardos (a partir de julio del 2002), al igual que en el 2001 las ventas anuales de fueron de Col\$ 645 millardos. Sin embargo, las condiciones de los préstamos generalmente son de largo plazo y tasas de bajo interés. Según el programa de reembolsos, el reembolso llegará a su máximo en el 2006 (Col\$ 140 millardos) cuando la EAAB redima los bonos corporativos emitidos por primera vez en 1999. Esta cantidad podrá obtenerse del flujo de caja operacional y un nuevo préstamo. Los estados financieros (Balance General, Pérdidas y Ganancias, Flujo de Caja, Créditos y Deudas por Pagar) de la EAAB del 1996 al 2001 se presentan en el Anexo-9.4.

#### <Reembolso de préstamos para el proyecto>

Según el programa de reembolso de préstamos estimado por el equipo del Estudio, la suma de reembolso y interés tiene su tope en el 2016 (Col\$ 6,8 millardos) como se muestra en la Tabla-9.11. Cuando normalmente se reconoce en el mercado de capitales y financiero la EAAB es financieramente sólida, el reembolso del préstamo y pago de interés se juzga será ejecutado como se planeó. A propósito la EAAB adquirió una alta clasificación de crédito AA+ de la compañía de clasificación de crédito (Duffs & Phelps de Colombia) para una emisión de bonos corporativos programada para los años 2002–2004 por Col \$270 millardos.

**Table-9.11 Programa de reembolso de préstamos**

Items	2011	2016	2021
Reembolso(Col\$ millardos)	1,4	5,1	3,2
Interés (Col \$ millardos)	3,1	1,7	0,7
Total	4,5	6,8	3,9

## 9.2.2 Proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá

### (1) Organización ejecutora y composición de fondos

Se propone una implementación conjunta entre el Gobierno y los usuarios de las aguas subterráneas (principalmente cultivadores de flores asociados a ASOCOLFLORES) para la ejecución de este proyecto. El proyecto no está encaminado a recobrar su inversión (costo), así que los fondos para el proyecto son realmente (consisten en) inversiones o en subsidios. Por lo tanto, se propone una composición de fondos tal como se muestra en la tabla-9.12.

**Tabla-9.12 Ejecución y plan de fondos**

Socios Conjuntos	Participación	Fuente de fondos	Observaciones
Estado	70%	Cobros por las aguas subterráneas	En su mayoría por cargos hechos y recibidos de los cultivadores de flores.
		Inversión o Subsidios	Posiblemente a ser obtenidos mediante préstamos blandos internacionales, en razón a su carácter de proyecto ambiental.
Usuarios (Principalmente ASOCOLFLORES)	30%	Inversión o costos compartidos	Contribuciones espontáneas de los miembros de ASOCOLFLORES

Las respectivas cargas por año se presentan en la tabla 9.13.

**Tabla-9.13 Carga respectiva por año (Col\$ millones)**

Año	Costo proyectado	Government			ASOCOLFLORES	
		Carga por agua subterránea	Inversión o subsidio	Total	Total	Por miembro (asumido to be 400)
2006	5.497	738	3.110	3.848	1.649	4,1
2007	5.497	753	3.095	3.848	1.649	4,1
2008	5.497	768	3.080	3.848	1.649	4,1
2009	5.497	783	3.065	3.848	1.649	4,1
2010	5.497	799	3.049	3.848	1.649	4,1
2011	5.497	815	3.033	3.848	1.649	4,1
2012	5.497	831	3.017	3.848	1.649	4,1
2013	1.000	800	-	700	300	0,8
2014	1.000	800	-	700	300	0,8

## (2) Medidas de incentivos para los inversionistas

Para hacer avanzar el Proyecto, se recomiendan las medidas de incentivo siguientes, para promover entre los usuarios la inversión espontánea y para hacer entre ellos mayor conciencia sobre la conservación ambiental.

### < Reducción de impuestos sobre la renta o ingresos >

- La cantidad invertida por usuario se deduce, preferencialmente del impuesto sobre el ingreso, para evitarle a los usuarios el pago doble, ya que los cargos por el uso del agua subterránea parecen ya estar siendo cobrados a los usuarios.
- Además, se debe conceder una reducción de impuestos sobre el ingreso durante unos años fijos a los inversionistas, que corresponden con la cantidad invertida.

### < Aumento del volumen de concesiones de agua subterránea >

- Proponemos que se conceda un incremento en el volumen de la concesión correspondiente a la cantidad invertida.

## 9.3 Evaluación social

El objetivo de la evaluación social es evaluar los proyectos desde el punto de vista de los beneficios sociales como efectos positivos en la economía regional y la sociedad y mitigar los impactos negativos al ambiente social.

Los dos proyectos propuestos inducirán varios efectos positivos y negativos en el área del proyecto. Los proyectos aumentarán un suministro seguro y suficiente de agua municipal y de riego a los usuarios. Al mismo tiempo, los proyectos inducirán otros beneficios sociales y económicos e impactos sociales medioambientales al área afectada.

### 9.3.1 Beneficios Sociales

#### (1) Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá

##### <Para asegurar agua en caso de emergencia >

El desarrollo de las aguas subterráneas permite a la EAAB asegurar y suministrar agua en casos de emergencia parecidos en magnitud al accidente/desastre de Chingaza y durante las épocas de sequía. Especialmente los habitantes de los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá y Suba reciben un gran beneficio de las aguas subterráneas porque el sistema actual está inhabilitado para distribuir agua a lugares tan altos desde las tuberías del acueducto de Tibitoc.

### <Construcción de instalaciones para el suministro de agua en Soacha >

El área del plan de desarrollo está localizada en los cerros de Soacha donde los habitantes viven en la pobreza y cuya población crece rápidamente. El desarrollo de las aguas subterráneas corresponde a las exigencias de los habitantes acerca de la construcción de sistemas de acueducto.

### <Para asegurar agua para combatir incendios forestales>

En los Cerros Orientales ocurren incendios forestales todos los años, especialmente durante las estaciones secas de enero a febrero. El Proyecto planea construir muchos tanques y tuberías de distribución, los cuales podrían ofrecer un aumento significativo en los puntos de toma y recargue de agua para las actividades de combate de incendios.

### (2) Proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá

La recarga artificial evitará el descenso de los niveles de aguas subterráneas y generará la disponibilidad incremental del uso de las aguas subterráneas. Más aún, contribuirá a asegurar el agua de irrigación hasta cierto punto en caso de sequía. Todo esto puede traer un gran beneficio a los cultivadores de flores y a los agricultores que en su mayoría dependen de las aguas subterráneas

### (3) Efectos integrados

#### < Aumento de las oportunidades de empleo y activación de la economía regional >

La construcción de instalaciones y los trabajos de instalación de los equipos relacionados para proyectos como los pozos, presas, tuberías, tanques y carreteras de acceso, ofrecerán nuevas oportunidades de trabajo a las personas desempleadas y subempleadas de la región, del propio sector de la construcción y demás sectores relacionados. El efecto del empleo desde el punto de vista monetario por parte del proyecto se estima como de muestra en la Tabla-9.14.

**Tabla-9.14 Efecto en el empleo generado por el proyecto**

Proyecto	Mano de obra requerida (horas)	Valor estimado de los salarios
Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá	680.000	Col\$ 1.3 millardos
Proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá	1.304.000	Col\$ 2.5 millardos

Nota: Asunciones - 8 horas de trabajo / día, 20 días de trabajo-/ mes y salario mínimo 309.000 Pesos/mes

En general, los trabajadores gastan sus ganancias en cosas para vivir, como la comida, ropa y misceláneos. Sus hábitos de consumo estimularán la actividad de los negocios de industriales manufactureros relacionados y tiendas minoristas de la región. Por lo tanto, el aumento en el consumo por los nuevos trabajadores inducirá un efecto económico multiplicador en la región, que activará la economía regional en su conjunto.

### 9.3.2 Impacto en el ambiente social

Por otro lado, los proyectos propuestos podrían generar varios problemas sociales entre las sociedades y los residentes en el área afectada, durante el proceso de construcción. Los impactos sociales negativos derivados de los problemas, deben ser mitigados por la implementación de los proyectos. De tal modo que los problemas puedan surgir en el medio social y las medidas de solución a estos, deben ser estudiados detalladamente.

En el Capítulo 8 se hace un examen de las condiciones iniciales (IEE) y se presentan las medidas de alivio a estos impactos sociales negativos. La planeación cuidadosa de estas

medidas es efectiva en el alivio de los impactos sociales negativos, pero deberían ser dadas a conocer y explicadas públicamente, y discutidas con las sociedades y los residentes. Todas estas implementaciones completas podrán minimizar efectivamente los impactos sociales.

### Appendix-2.1 Current Water Sources by Sector and by Municipality

Municipalities	Domestic			Industrial/Commercial/public		Flower		Agriculture	
	S-W		G-W	S-W	G-W	S-W	G-W	S-W	G-W
	EAAB	Others							
A. Bogotá D.C.	○	X	X	○	○	-	-	-	-
B. Municipalities (13) close to Bogotá D.C.									
B-1 Municipalities (10): Water Supplied by EAAB									
1) Cajicá	○	X	X	○	○	○	○	△	○
2) Chía	○	X	X	○	○	○	○	△	○
3) Funza	○	X	○	○	○	○	○	△	○
4) Gachancipá	○	X	X	○	○	○	○	△	○
5) La Calera	○	X	X	○	X	○	○	△	○
6) Madrid	○	○	○	○	○	○	○	△	○
7) Mosquera	○	X	○	○	○	○	○	△	○
8) Soacha	○	X	X	○	○	○	○	△	○
9) Sopó	○	X	X	○	○	○	○	△	○
10) Tocancipá	○	X	X	○	○	○	○	△	○
Subtotal	10	1	3	10	9	10	10	-	10
B-2 Municipalities (3): Water Self-supplied									
1) Cota	X	X	○	○	○	○	○	△	○
2) Facatativá	X	○	○	○	○	○	○	△	○
3) Zipaquirá	X	○	○	○	○	○	○	△	△
Subtotal	0	2	3	3	3	3	3	-	2
Subtotal	10	3	6	13	12	13	13	-	12
C. Other Municipalities (17)									
1) Bojacá	X	○	○	○	○	○	○	△	○
2) Chocontá	X	○	X	○	X	○	○	△	○
3) Cogua	X	○	X	○	X	○	○	△	○
4) Cucunubá	X	○	○	○	X	-	-	△	△
5) El Rosal	X	X	○	○	X	-	-	△	△
6) Guasca	X	○	X	○	X	○	○	△	△
7) Guatavita	X	○	X	○	X	-	-	△	△
8) Nemocón	X	○	X	○	X	○	○	△	○
9) Pasca	X	○	X	○	X	-	-	△	△
10) Sesquilé	X	○	X	○	○	○	○	△	○
11) Sibaté	X	○	X	○	○	○	○	△	△
12) Subachoque	X	○	X	○	○	○	○	△	○
13) Suesca	X	○	○	○	X	○	○	△	△
14) Tabio	X	○	X	○	○	○	○	△	○
15) Tausa	X	○	○	○	X	-	-	△	△
16) Tenjo	X	○	○	○	○	○	○	△	○
17) Villapinzón	X	○	X	○	X	-	-	△	△
Subtotal	0	16	6	17	6	11	11	-	8
Total of Municipalities	10	19	12	30	18	24	24	-	20
Bogotá & All Municipality	11	19	12	31	18	24	24	-	20

Note: 1) S-W; Surface Water, G-W; Groundwater

2) ○; actually used, X; actually not used, and △; provably used

**Appendix-2.2 Population Projection of the Study Area**

Unit: persons

Municipalities	All Municipality related to Study Area					Study Area					
	DANE	Projection by EAAB and CAR				DANE	Projection by EAAB and CAR				
	2000	2000	2005	2010	2015	2000	2000	2005	2010	2015	
A. Bogotá D.C.	6,437,842	6,484,968	7,282,781	8,086,532	8,878,537	6,437,842	6,484,968	7,282,781	8,086,532	8,878,537	
B. Municipalities (13) close to Bogotá D.C											
B-1 Municipalities (10): Water Supplied by EAAB, in Total or Part											
1)	Cajicá	40,154	40,457	46,916	53,533	60,175	40,154	40,457	46,916	53,533	60,175
2)	Chía	61,743	56,865	63,487	71,158	79,943	61,743	56,865	63,487	71,158	79,943
3)	Funza	51,508	50,806	58,017	65,165	72,084	51,508	50,806	58,017	65,165	72,084
4)	Gachancipá	6,707	7,681	9,246	10,960	12,809	6,707	7,681	9,246	10,960	12,809
5)	La Calera	24,188	21,056	22,911	25,139	27,751	17,051	16,016	18,572	21,515	24,791
6)	Madrid	52,110	53,276	62,488	72,425	83,025	52,110	53,276	62,488	72,425	83,025
7)	Mosquera	27,753	31,837	38,822	46,316	54,371	27,753	31,837	38,822	46,316	54,371
8)	Soacha	283,889	378,015	494,250	623,704	765,112	283,889	378,015	494,250	623,704	765,112
9)	Sopó	14,586	13,949	15,485	16,958	18,341	14,586	13,949	15,485	16,958	18,341
10)	Tocancipá	14,602	16,719	20,306	24,159	28,303	14,602	16,719	20,306	24,159	28,303
	Subtotal	577,240	670,661	831,928	1,009,517	1,201,914	570,103	665,621	827,589	1,005,893	1,198,954
B-2 Municipalities (3): Water Self-supplied											
1)	Cota	14,784	15,012	17,157	19,307	21,417	14,784	15,012	17,157	19,307	21,417
2)	Facatativá	90,266	82,342	91,212	100,878	111,458	90,266	82,342	91,212	100,878	111,458
3)	Zipaquirá	91,113	79,238	86,387	95,440	106,649	91,113	79,238	86,387	95,440	106,649
	Subtotal	196,163	176,592	194,756	215,625	239,524	196,163	176,592	194,756	215,625	239,524
	Subtotal	773,403	847,253	1,026,684	1,225,142	1,441,438	766,266	842,213	1,022,345	1,221,518	1,438,478
C. Other Municipalities (17)											
1)	Bojacá	6,010	5,642	5,936	6,274	6,659	5,538	5,241	5,557	5,915	6,319
2)	Chocontá	17,974	15,447	14,610	13,901	13,305	16,183	13,980	13,312	12,752	12,288
3)	Cogua	15,202	13,821	13,735	13,715	13,765	15,202	13,821	13,735	13,715	13,765
4)	Cucunubá	9,581	9,189	9,766	10,407	11,126	1,069	1,032	1,074	1,117	1,162
5)	El Rosal	7,828	7,828	8,482	9,464	10,845	7,828	7,828	8,482	9,464	10,845
6)	Guasca	11,208	8,690	7,555	6,604	5,807	8,129	6,364	5,631	5,014	4,492
7)	Guatavita	6,953	6,517	6,511	6,535	6,592	5,034	4,748	4,815	4,909	5,033
8)	Nemocón	10,778	9,987	10,569	11,248	12,036	10,778	9,987	10,569	11,248	12,036
9)	Pasca	11,383	9,917	9,442	9,033	8,684	891	763	697	636	581
10)	Sesquilé	6,779	6,245	6,080	5,946	5,844	6,779	6,245	6,080	5,946	5,844
11)	Sibaté	29,808	24,823	24,966	25,228	25,602	28,004	23,468	23,746	24,129	24,612
12)	Subachoque	13,751	18,774	19,018	19,339	19,747	13,285	18,080	18,336	18,670	19,089
13)	Suesca	13,680	11,784	12,014	12,312	12,684	10,787	9,361	9,664	10,033	10,474
14)	Tabio	11,962	11,148	11,468	11,859	12,329	11,962	11,148	11,468	11,859	12,329
15)	Tausa	7,214	6,552	6,274	6,019	5,788	4,787	3,810	3,600	3,401	3,213
16)	Tenjo	19,357	21,060	25,355	30,611	37,070	19,357	21,060	25,355	30,611	37,070
17)	Villapinzón	16,312	14,210	13,375	12,659	12,052	11,818	10,433	10,017	9,674	9,399
	Subtotal	215,780	201,635	205,157	211,155	219,934	177,430	167,369	172,139	179,093	188,550
Total of Municipalities											
		989,183	1,048,888	1,231,841	1,436,297	1,661,372	943,696	1,009,582	1,194,484	1,400,611	1,627,028
Bogotá and All Municipality											
		7,427,025	7,533,856	8,514,622	9,522,829	10,539,909	7,381,538	7,494,550	8,477,265	9,487,143	10,505,565

Note:

Municipalities	Unit Consumption Rate (liter/person)				Service Coverage Ratio (%)				Basic Water Demand				Water Loss Rate (%)			
	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015
A. Bogotá D.C.	115,6	112,5	109,3	109,3	88,1	90,7	90,7	90,7	749,9	819,1	884,2	970,4	31,2	31,0	31,2	31,3
B. Municipalities (13) close to Bogotá D.C.																
B-1 Municipalities (10): Water Supplied by EAAB, in Total or Part																
1) Cajicá	137,3	137,3	137,3	137,3	91,1	91,5	92,0	92,4	5,6	6,4	7,4	8,3	34,2	34,2	34,2	34,2
2) Chía	182,2	182,2	182,2	182,2	97,9	98,0	98,1	98,2	10,4	11,6	13,0	14,6	39,1	32,0	32,0	32,0
3) Funza	103,0	103,0	103,0	103,0	82,4	84,2	85,7	87,2	5,2	6,0	6,7	7,4	34,2	34,2	34,2	34,2
4) Gachancipá	103,0	103,0	103,0	103,0	76,1	78,5	80,6	82,6	0,8	1,0	1,1	1,3	34,2	34,2	34,2	34,2
5) La Calera	103,0	103,0	103,0	103,0	80,7	82,6	84,4	85,9	1,6	1,9	2,2	2,5	34,2	34,2	34,2	34,2
6) Madrid	103,0	103,0	103,0	103,0	83,0	84,7	86,2	87,6	5,5	6,4	7,5	8,6	34,2	34,2	34,2	34,2
7) Mosquera	103,0	103,0	103,0	103,0	54,0	58,6	62,7	66,5	3,3	4,0	4,8	5,6	34,2	34,2	34,2	34,2
8) Soacha	112,1	112,1	112,1	112,1	87,5	88,8	89,9	90,9	42,4	55,4	69,9	85,7	18,2	18,1	18,2	18,3
9) Sopó	106,2	106,2	106,2	106,2	91,8	92,2	92,6	93,0	1,5	1,6	1,8	1,9	34,2	34,2	34,2	34,2
10) Tocancipá	103,0	103,0	103,0	103,0	88,6	89,7	90,8	91,2	1,7	2,1	2,5	2,9	34,2	34,2	34,2	34,2
Subtotal	117,1	116,5	116,1	115,8	86,1	87,4	88,6	89,7	77,9	96,4	116,8	138,9				
B-2 Municipalities (3): Water Self-supplied (EAAB projects to supply Cota and Zipaquirá from 2005.)																
1) Cota	103,0	103,0	103,0	103,0	70,9	73,8	76,4	78,8	1,5	1,8	2,0	2,2	34,2	34,2	34,2	34,2
2) Facatativá	137,3	137,3	137,3	137,3	93,0	93,4	93,7	94,0	11,3	12,5	13,9	15,3	31,2	31,0	31,1	31,3
3) Zipaquirá	137,3	137,3	137,3	137,3	95,3	95,5	95,8	96,0	10,9	11,9	13,1	14,6	34,2	34,2	34,2	34,2
Subtotal	134,4	134,3	134,2	134,2	92,2	92,6	93,1	93,5	23,7	26,2	28,9	32,2				
Subtotal	118,8	118,0	117,5	117,1	87,4	88,4	89,4	90,4	101,6	122,5	145,7	171,0				
C. Other Municipalities (17)																
1) Bojacá	185,8	179,7	173,0	165,8	80,0	82,0	83,8	85,4	0,9	1,0	1,0	1,0	35,0	35,0	35,0	35,0
2) Chocontá	93,9	107,0	120,5	134,4	80,0	82,0	83,8	85,4	1,3	1,4	1,5	1,6	35,0	35,0	35,0	35,0
3) Cogua	160,1	157,0	153,1	148,5	80,0	82,0	83,8	85,4	2,2	2,2	2,1	2,0	35,0	35,0	35,0	35,0
4) Cucunubá	152,9	147,7	142,2	136,4	80,0	82,0	83,8	85,4	0,2	0,2	0,2	0,2	35,0	35,0	35,0	35,0
5) El Rosal	157,6	155,2	151,7	147,0	80,0	82,0	83,8	85,4	1,2	1,3	1,4	1,6	35,0	35,0	35,0	35,0
6) Guasca	148,7	151,2	150,2	144,9	80,0	82,0	83,8	85,4	0,9	0,8	0,7	0,6	35,0	35,0	35,0	35,0
7) Guatavita	157,4	154,6	151,2	147,0	80,0	82,0	83,8	85,4	0,7	0,7	0,7	0,7	35,0	35,0	35,0	35,0
8) Nemocón	167,8	163,8	159,0	153,2	80,0	82,0	83,8	85,4	1,7	1,7	1,8	1,8	35,0	35,0	35,0	35,0
9) Pasca	159,8	157,9	154,7	150,1	80,0	82,0	83,8	85,4	0,1	0,1	0,1	0,1	35,0	35,0	35,0	35,0
10) Sesquillé	160,6	155,7	149,7	142,7	80,0	82,0	83,8	85,4	1,0	0,9	0,9	0,8	35,0	35,0	35,0	35,0
11) Sibaté	181,8	176,2	169,9	163,0	80,0	82,0	83,8	85,4	4,2	4,1	4,1	4,0	35,0	35,0	35,0	35,0
12) Subachoque	155,3	151,3	146,8	141,9	80,0	82,0	83,8	85,4	2,6	2,5	2,5	2,5	35,0	35,0	35,0	35,0
13) Suesca	161,3	158,2	154,4	149,9	80,0	82,0	83,8	85,4	1,5	1,5	1,5	1,6	35,0	35,0	35,0	35,0
14) Tabio	162,8	158,2	153,0	147,2	80,0	82,0	83,8	85,4	1,8	1,8	1,8	1,8	35,0	35,0	35,0	35,0
15) Tausa	151,4	146,1	139,8	132,4	80,0	82,0	83,8	85,4	0,6	0,5	0,5	0,4	35,0	35,0	35,0	35,0
16) Tenjo	158,8	158,5	153,4	144,9	80,0	82,0	83,8	85,4	3,3	4,0	4,7	5,4	35,0	35,0	35,0	35,0
17) Villapinzón	163,1	160,7	156,4	150,2	80,0	82,0	83,8	85,4	1,7	1,6	1,5	1,4	35,0	35,0	35,0	35,0
Subtotal	132,2	131,9	130,1	127,0	80,0	82,0	83,8	85,4	26,0	26,5	27,1	27,7				
Total of Municipalities	121,0	120,0	119,1	118,3	86,1	87,5	88,7	89,8	127,7	149,1	172,8	198,7				
Bogotá and All Municipality	116,3	113,5	110,7	110,7	87,8	90,2	90,4	90,6	877,6	968,2	1.057,0	1.169,1				

Reference: EAAB Projection (Residencial + Mixto)

Source: 1) Bogotá D.C. and 13 Municipalities; "Actualización de la Proyección de la Demanda de Agua, Informe Final 1999", EAAB

2) Other 17 Municipalities; "Inventario y Diagnóstico de los Recursos Naturales Renovables del Área Jurisdiccional de la CAR 1999", CAR

Note: 1) Service Coverage Ratio: ① Bogotá D.C.; (demanda facturada)/basic demand, ② 13 Municipalities; "Monografías Territoriales (POT)", ③ Other 17 municipalities; estimation by the Study Team

④ Coverage ratio increase; by 5% during 5 years if the ratio being attained more than 90% and by 10% if less than 90%

2) Water Loss Rate of other 17 Municipalities; estimation by the Study Team

## Appendix-2.4 Projection of Non-domestic Water Demand

Unit: 1

Municipalities	Basic Water Demand								Surface Water Demand				Groundwater Demand		
	Industrial				Commercial, Public and Others				Total of Non-domestic Use				Total of Non-domestic U		
	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010	2015	2000	2005	2010
A. Bogotá D.C.	58,2	75,3	90,0	108,6	137,5	179,4	215,1	259,6	284,3	369,1	443,1	535,6	15,2	18,5	22,5
B. Municipalities (13) close to Bogotá D.C.															
B-1 Municipalities (10): Water Supplied by EAAB, in Total or Part															
1) Cajicá	0,3	0,4	0,5	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3	0,7	0,9	1,1	1,3	0,2	0,3	0,3
2) Chía	0,8	0,9	0,9	1,0	0,3	0,4	0,4	0,5	2,0	1,9	2,0	2,2	0,0	0,0	0,0
3) Funza	0,7	0,8	1,0	1,2	0,1	0,2	0,2	0,2	1,3	1,5	1,8	2,1	0,2	0,3	0,3
4) Gachancipá	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6
5) La Calera	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	-	-	-
6) Madrid	0,7	0,9	1,0	1,2	0,2	0,2	0,2	0,3	1,3	1,6	1,9	2,2	0,8	1,0	1,2
7) Mosquera	0,4	0,6	0,8	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	1,0	1,4	1,7	1,9	2,3	2,8
8) Soacha	7,1	10,8	14,5	18,2	1,3	1,7	2,2	2,7	10,3	15,3	20,4	25,6	1,4	1,7	2,1
9) Sopó	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
10) Tocancipá	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,3	0,4
Subtotal	10,3	14,8	19,3	23,8	2,4	2,9	3,6	4,3	17,0	23,2	29,8	36,5	5,7	6,9	8,4
B-2 Municipalities (3): Water Self-supplied															
1) Cota	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
2) Facatativá	1,3	1,4	1,5	1,7	0,4	0,4	0,5	0,5	2,4	2,6	2,9	3,2	0,9	1,1	1,3
3) Zipaquirá	1,2	1,4	1,5	1,6	0,4	0,4	0,4	0,5	2,4	2,7	2,9	3,2	0,0	0,0	0,0
Subtotal	2,6	2,9	3,2	3,5	0,8	0,8	0,9	1,0	5,0	5,5	6,1	6,7	1,1	1,3	1,6
Subtotal	12,9	17,7	22,5	27,2	3,1	3,8	4,5	5,4	21,9	28,7	35,9	43,2	6,8	8,2	10,0
C. Other Municipalities (17)															
1) Bojacá	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,6	0,8
2) Chocontá	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-
3) Cogua	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-
4) Cucunubá	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-
5) El Rosal	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	1,0	1,0	-	-	-
6) Guasca	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-
7) Guatavita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-
8) Nemocón	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-
9) Pasca	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-
10) Sesquilé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
11) Sibate	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	2,3	2,8	3,4
12) Subachoque	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
13) Suesca	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	-	-	-
14) Tabio	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
15) Tausa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	-	-	-
16) Tenjo	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
17) Villapinzón	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-
Subtotal	1,4	1,5	1,6	1,7	0,9	0,9	0,9	0,9	3,5	3,7	3,8	4,0	3,1	3,8	4,6
Total of Municipalities	14,3	19,2	24,0	28,9	4,0	4,7	5,5	6,3	25,4	32,4	39,7	47,2	9,9	12,0	14,7
Bogotá and All Municipality	72,5	94,4	114,1	137,5	141,5	184,1	220,5	265,9	309,7	401,5	482,8	582,8	25,1	30,6	37,2
	Reference: EAAB Projection								284,3	369,1	443,1	535,6			

Source: 1) Bogotá D.C.; "Actualización de la Proyección de la Demanda de Agua, Informe Final 1999", EAAB

2) 30 Municipalities; "Inventario y Diagnóstico de los Recursos Naturales Renovables del Área Jurisdiccional de la CAR 1999", CAR

Note: Water Loss Rate is the same as applied to Domestic Water in Appendix-6.3

### Appendix-2.5 Projection of Floriculture Water Demand

Municipalities	Areas (ha)			Consumption (liter/sec./ha)	Total Water Demand				Groundwat	
	Registered	Unregistered	Total		2000	2005	2010	2015	2000	2005
A. Bogotá D.C.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B. Municipalities (13) close to Bogotá D.C										
B-1 Municipalities (10): Water Supplied by EAAB, in Total or Part										
1) Cajicá	126,8	55,1	181,9	0,30	54,6	60,2	66,5	73,4	43,7	48,2
2) Chía	188,9	82,1	270,9	0,30	81,3	89,7	99,1	109,4	65,0	71,8
3) Funza	362,9	157,7	520,6	0,30	156,2	172,4	190,4	210,2	124,9	137,9
4) Gachancipá	85,6	37,2	122,8	0,30	36,8	40,7	44,9	49,6	29,5	32,5
5) La Calera	7,0	3,0	10,0	0,30	3,0	3,3	3,7	4,1	2,4	2,7
6) Madrid	827,6	359,5	1187,1	0,30	356,1	393,2	434,1	479,3	284,9	314,6
7) Mosquera	67,6	29,3	96,9	0,30	29,1	32,1	35,4	39,1	23,3	25,7
8) Soacha	60,0	26,1	86,1	0,30	25,8	28,5	31,5	34,8	20,7	22,8
9) Sopó	169,5	73,6	243,1	0,30	72,9	80,5	88,9	98,2	58,4	64,4
10) Tocancipá	263,3	114,4	377,7	0,30	113,3	125,1	138,1	152,5	90,6	100,1
Subtotal	2.159,2	938,0	3.097,2		929,2	1.025,9	1.132,6	1.250,5	743,3	820,7
B-2 Municipalities (3): Water Self-supplied										
1) Cota	138,5	60,2	198,7	0,30	59,6	65,8	72,7	80,2	47,7	52,6
2) Facatativá	290,4	126,1	416,5	0,30	124,9	138,0	152,3	168,2	100,0	110,4
3) Zipaquirá	59,6	25,9	85,5	0,30	25,6	28,3	31,3	34,5	20,5	22,7
Subtotal	488,5	212,2	700,7		210,2	232,1	256,2	282,9	168,2	185,7
Subtotal	2.647,6	1.150,2	3.797,8		1.139,4	1.257,9	1.388,9	1.533,4	911,5	1.006,3
C. Other Municipalities (17)										
1) Bojacá	96,9	42,1	138,9	0,30	41,7	46,0	50,8	56,1	33,3	36,8
2) Chocontá	1,5	0,7	2,2	0,30	0,6	0,7	0,8	0,9	0,5	0,6
3) Cogua	18,5	8,0	26,5	0,30	8,0	8,8	9,7	10,7	6,4	7,0
4) Cucunubá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5) El Rosal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6) Guasca	68,3	29,7	98,0	0,30	29,4	32,5	35,8	39,6	23,5	26,0
7) Guatavita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8) Nemocón	90,9	39,5	130,3	0,30	39,1	43,2	47,7	52,6	31,3	34,5
9) Pasca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10) Sesquilé	126,5	55,0	181,5	0,30	54,4	60,1	66,4	73,3	43,5	48,1
11) Sibaté	88,5	38,4	126,9	0,30	38,1	42,0	46,4	51,3	30,5	33,6
12) Subachoque	445,5	193,5	639,0	0,30	191,7	211,6	233,7	258,0	153,4	169,3
13) Suesca	171,7	74,6	246,3	0,30	73,9	81,6	90,1	99,4	59,1	65,3
14) Tabio	32,7	14,2	46,8	0,30	14,1	15,5	17,1	18,9	11,2	12,4
15) Tausa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16) Tenjo	255,0	110,8	365,7	0,30	109,7	121,1	133,7	147,7	87,8	96,9
17) Villapinzón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal	1.395,8	606,4	2.002,2		600,6	663,2	732,2	808,4	480,5	530,5
Total of Municipalities	4.043,4	1.756,6	5.800,0		1.740,0	1.921,1	2.121,1	2.341,8	1.392,0	1.536,9
					150,3	166,0	183,3	202,3	120,3	132,8
					1000m3/day	1000m3/day	1000m3/day	1000m3/day	1000m3/day	1000m3/day

## Appendix-9.1

### Economic Evaluation of Bogota Eastern Hill Project (Groundwater Development and Conservation Project in the Bogota Eastern Hills)

Project Cost (Col\$ million)	72,889
EIRR	22%
NPV (Col\$ million)	79,171
B/C	1.9

(Col\$ million)

Year	Cost			Benefit					Net	
	Invest. & Replace	O&M	Total	Groundwater Supply		Dissolved Oxygen	Electric Generation	Total		
				Emergency	Regular					
1	2006	23,106	497	23,604	0	0	0	7	7	-23,597
2	2007	16,975	1,833	18,808	0	0	0	534	534	-18,274
3	2008	17,400	4,168	21,568	0	0	0	825	825	-20,743
4	2009	15,408	6,287	21,695	0	0	0	1,030	1,030	-20,665
5	2010	0	6,287	6,287	0	0	0	1,030	1,030	-5,258
6	2011	0	6,287	6,287		0	0	1,030	1,030	-5,258
7	2012	0	6,287	6,287	94,867	0	0	1,030	95,897	89,610
8	2013	0	6,287	6,287	0	0	0	1,030	1,030	-5,258
9	2014	2,860	6,287	9,147	0	0	8,361	1,030	9,391	244
10	2015	2,200	6,287	8,487	0	0	8,361	1,030	9,391	903
11	2016	1,650	6,287	7,937	0	0	8,361	1,030	9,391	1,453
12	2017	1,650	6,287	7,937	0	0	8,361	1,030	9,391	1,453
13	2018	0	6,287	6,287	0	94,755	8,361	1,030	104,145	97,858
14	2019	0	6,287	6,287	0	94,755	8,361	1,030	104,145	97,858
15	2020	0	6,287	6,287	0	94,755	8,361	1,030	104,145	97,858
16	2021	0	6,287	6,287	0	94,755	8,361	1,030	104,145	97,858
17	2022	2,860	6,287	9,147	0	94,755	8,361	1,030	104,145	94,998
18	2023	2,200	6,287	8,487	0	94,755	8,361	1,030	104,145	95,658
19	2024	1,650	6,287	7,937	0	94,755	8,361	1,030	104,145	96,208
20	2025	-23,570	6,287	-17,283	0	94,755	8,361	1,030	104,145	121,428

Note: Opportunity cost of capital = 13%

## Appendix-9.2

### Economic Evaluation of Bogota Western Plain Project (Groundwater Development and Conservation Project in the Bogota Western Plain)

Project (Col\$ million)	Cost	40,099
EIRR		21%
NPV (Col\$ million)		12,049
B/C		1.3

(Col\$ million)

Year		Cost									Benefit	Net
		Project				Greenhouse				Total		
		Invest. & Replace	Research & Develop.	O&M	Total	Invest.	Replace	Running Cost	Total			
1	2006	4,443	1,000	87	5,529	1,216	0	334	1,550	7,079	1,638	-5,442
2	2007	4,443	1,000	173	5,616	1,216	0	668	1,884	7,500	3,275	-4,225
3	2008	4,443	1,000	260	5,702	1,216	143	1,002	2,218	7,921	4,913	-3,007
4	2009	4,443	1,000	346	5,789	1,216	143	1,336	2,552	8,341	6,551	-1,790
5	2010	4,443	1,000	433	5,875	1,216	285	1,670	2,886	8,762	8,189	-573
6	2011	4,443	1,000	519	5,962	1,216	285	2,004	3,220	9,182	9,826	644
7	2012	4,443	1,000	606	6,049	1,216	428	2,338	3,554	9,603	11,464	1,861
8	2013	0	1,000	606	1,606	0	428	2,338	2,338	3,944	11,464	7,520
9	2014	73	1,000	606	1,679	0	570	2,338	2,338	4,017	11,464	7,447
10	2015	73	0	606	679	0	428	2,338	2,338	3,017	11,464	8,447
11	2016	73	0	606	679	0	570	2,338	2,338	3,017	11,464	8,447
12	2017	73	0	606	679	0	428	2,338	2,338	3,017	11,464	8,447
13	2018	73	0	606	679	0	570	2,338	2,338	3,017	11,464	8,447
14	2019	73	0	606	679	0	428	2,338	2,338	3,017	11,464	8,447
15	2020	73	0	606	679	0	570	2,338	2,338	3,017	11,464	8,447
16	2021	0	0	606	606	0	428	2,338	2,338	2,944	11,464	8,520
17	2022	0	0	606	606	0	570	2,338	2,338	2,944	11,464	8,520
18	2023	0	0	606	606	0	428	2,338	2,338	2,944	11,464	8,520
19	2024	0	0	606	606	0	570	2,338	2,338	2,944	11,464	8,520
20	2025	-12,904	0	606	-12,298	-1,234	428	2,338	1,104	-11,194	11,464	22,658

Note: Opportunity cost of Capital = 13%

### Appendix-9.3

#### Financial Evaluation of Bogota Eastern Hills Project (Groundwater Development and Conservation Project in the Bogota Eastern Hills)

Project (Col\$ million)	Cost	75,415
FIRR		23%
NPV (Col\$ million)		62,989
B/C		1.7

(Col\$ million)

Year	Cost			Benefit			Net Cash Flow	
	Invest. & Replace	O&M	Total	Decrease of O&M (Tibitoc)	Water Supply	Total		
1	2006	23,397	517	23,914	1,161	0	1,161	-22,753
2	2007	17,163	1,905	19,067	4,181	0	4,181	-14,886
3	2008	18,418	4,331	22,750	11,429	0	11,429	-11,321
4	2009	16,437	6,534	22,971	14,914	0	14,914	-8,058
5	2010	0	6,534	6,534	14,914	0	14,914	8,380
6	2011	0	6,534	6,534	14,914	0	14,914	8,380
7	2012	0	6,534	6,534	14,914	0	14,914	8,380
8	2013	0	6,534	6,534	14,914	0	14,914	8,380
9	2014	2,860	6,534	9,394	14,914	0	14,914	5,520
10	2015	2,200	6,534	8,734	14,914	0	14,914	6,180
11	2016	1,650	6,534	8,184	14,914	0	14,914	6,730
12	2017	1,650	6,534	8,184	14,914	0	14,914	6,730
13	2018	0	6,534	6,534	0	94,755	94,755	88,221
14	2019	0	6,534	6,534	0	94,755	94,755	88,221
15	2020	0	6,534	6,534	0	94,755	94,755	88,221
16	2021	0	6,534	6,534	0	94,755	94,755	88,221
17	2022	2,860	6,534	9,394	0	94,755	94,755	85,361
18	2023	2,200	6,534	8,734	0	94,755	94,755	86,021
19	2024	1,650	6,534	8,184	0	94,755	94,755	86,571
20	2025	-23,570	6,534	-17,036	0	94,755	94,755	111,791

Note: Opportunity cost of capital = 14%

## Appendix-9.4 Financial Statement of EAAB (1/3)

### 1) Profit and Loss Statement of EAAB

(Col\$ million)

Items		1996	1997	Increase%	1998	Increase%	1999	Increase%	2000	Increase%	2001	Increase%	
Operational Revenue	Water	179,708	186,031	3.5	233,291	25.4	253,451	8.6	341,581	34.8	435,981	27.6	
	Sewerage	73,533	80,812	9.9	106,412	31.7	123,745	16.3	162,308	31.2	210,861	29.9	
	Others	-	-	-	-8	-	-114	-	4,194	-	-1,887	-	
Total		253,241	266,843	5.4	339,695	27.3	377,082	11.0	508,083	34.7	644,955	26.9	
Expenses	Operation	Water	45,672	87,935	92.5	130,462	48.4	140,450	7.7	230,323	64.0	184,558	-19.9
		Sewerage	11,145	18,961	70.1	31,470	66.0	33,914	7.8	40,457	19.3	71,231	76.1
	Total		56,817	106,896	88.1	161,932	51.5	174,364	7.7	270,780	55.3	255,789	-5.5
	Administrative	118,467	141,666	19.6	167,973	18.6	255,638	52.2	279,998	9.5	304,923	8.9	
Total		175,284	248,562	41.8	329,905	32.7	430,002	30.3	550,778	28.1	560,712	1.8	
Operational Profit		77,957	18,281	-	9,790	-	-52,920	-	-42,695	-	84,243	-	
Non-operational	Income	56,203	81,085	44.3	116,013	43.1	166,192	43.3	117,990	-29.0	137,170	16.3	
	Expenses	15,466	58,698	279.5	107,212	82.7	282,259	163.3	76,102	-73.0	168,605	121.6	
Non-operational Profit		40,737	22,387	-45.0	8,801	-60.6	-116,067	-	41,888	-	-31,435	-	
<b>Net Profit before Extraordinary Items</b>		<b>118,694</b>	<b>40,668</b>	<b>-65.7</b>	<b>18,591</b>	<b>-54.2</b>	<b>-168,987</b>	-	<b>-807</b>	-	<b>52,808</b>	-	
Extraordinary Profit	Surplus from Adjustment for Inflation	54,681	51,924	-5.0	31,118	-40.0	13,491	-56.6	22,678	-	69,508	-	
Net Profit after Extraordinary Items		173,375	92,592	-46.6	49,709	-46.3	-155,496	-	21,871	-	122,316	559.3	

### 2) Cash Flow of EAAB

(Col\$ million)

Items		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Operating CF	Income	77,957	18,281	9,790	-52,920	-42,695	84,243
	Depreciation & Provision	58,292	54,072	63,197	337,787	103,382	73,135
	Working Capital	-127,722	-18,293	65,119	123,707	145,366	195,137
	Subtotal	8,527	54,060	138,106	408,574	206,053	352,515
	Extraordinary Income	30,606	41,101	127,679	111,091	16,129	34,016
	Extraordinary Expenses	-13,062	-12,993	-23,038	-160,521	-833	-93,874
	Subtotal	17,544	28,108	104,641	-49,430	15,296	-59,858
Total		26,071	82,168	242,747	359,144	221,349	292,657
Investment CF		-104,531	-158,393	-179,909	-411,097	-320,445	-390,619
Financial CF	Foreign & Domestic Loans	45,852	134,437	102,455	272,295	92,805	81,688
	Repayment of Loans	-44,880	-49,055	-116,261	-153,433	-20,207	-28,016
	Net	972	85,382	-13,806	118,862	72,598	53,672
	Financial Income	51,631	74,900	44,675	87,406	99,207	103,154
	Financial Expenses	-2,403	-45,704	-84,171	-121,737	-75,269	-74,731
	Net Profit	49,228	29,196	-39,496	-34,331	23,938	28,423
Total		50,200	114,578	-53,302	84,531	96,536	82,095
Cash Increase		-28,260	38,353	9,536	32,578	-2,560	-15,867
Cash & the Likes at End of Year		105,945	144,298	153,933	187,182	143,585	128,951

## Appendix-9.4 Financial Statement of EAAB (2/3)

### 3) Balance Sheet of EAAB

(Col\$ million)

Assets		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Current Assets	Cash and Bank	11,119	11,633	24,015	27,936	72,254	63,041
	Short-term Account Receivable	159,045	191,025	198,830	195,818	214,755	227,935
	Inventory	10,290	8,542	11,611	13,917	16,469	10,380
	Short-term Investment	94,825	133,021	130,589	118,209	71,332	65,910
	Others	4,810	4,136	8,842	1,039	3,558	546
	Subtotal	280,089	348,357	373,887	356,919	378,368	367,812
Fixed Assets	Facilities, Machinery & Equipment	1,527,132	1,236,658	1,552,202	1,876,978	2,276,566	2,753,587
	Long-term Investment	120,011	159,104	104,474	171,970	131,659	103,552
	Long-term Account Receivable	29,518	32,695	29,597	30,006	51,031	46,356
	Others	4,793	3,609	9,488	13,068	45,620	69,962
	Subtotal	1,681,454	1,432,066	1,695,761	2,092,022	2,504,876	2,973,457
Total of Assets		1,961,543	1,780,423	2,069,648	2,448,941	2,883,244	3,341,269
Liabilities & Equities		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Current Liabilities	Short-term Account Payable	70,642	63,972	95,714	141,450	185,289	64,105
	Interest and Loan Payable	18,792	22,062	34,789	22,236	35,092	58,167
	Bond & Note Payable			25,811	7,636	2,553	1,341
	Others	17,558	52,002	69,979	32,366	118,266	117,134
	Subtotal	106,992	138,036	226,293	203,688	341,200	240,747
Fixed Liabilities	Loan Payable	259,006	341,118	314,585	454,567	519,820	583,767
	Other Financial Debt	18,405	18,405	-	32,564	32,138	-
	Others	369,667	437,769	462,050	711,814	785,344	1,066,663
	Subtotal	647,078	797,292	776,635	1,198,945	1,337,302	1,650,430
Total of Liabilities		754,070	935,328	1,002,928	1,402,633	1,678,502	1,891,177
Equities	Paid-in Capital	920	335	335	335	335	335
	Fiscal Capital	-	-	-	-	47,409	75,715
	Donation	116,766	153,231	209,636	241,940	239,285	239,285
	Reserve	311,339	118,695	347,967	397,676	397,676	419,548
	Evaluation	603,316	332,803	458,316	561,095	652,904	747,631
	Retained Earnings	175,132	240,031	50,466	-154,738	-132,867	-32,422
	Subtotal	1,207,473	845,095	1,066,720	1,046,308	1,204,742	1,450,092
Total of Liabilities and Equities		1,961,543	1,780,423	2,069,648	2,448,941	2,883,244	3,341,269

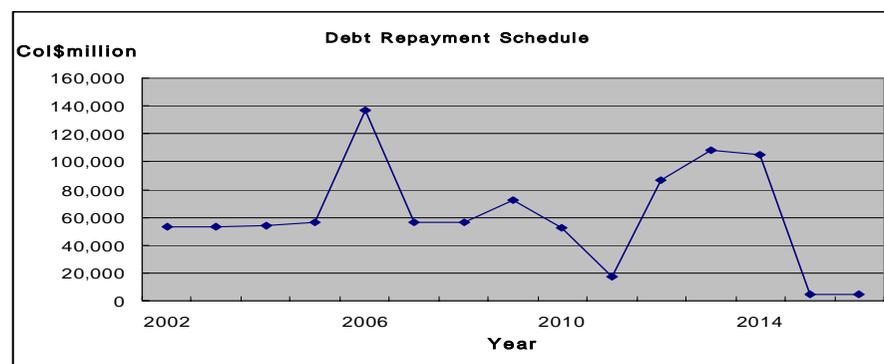
## Appendix-9.4 Financial Statement of EAAB (3/3)

### 4) Current Indebtedness (Bonds and Loans) of EAAB

(Col\$ million)

	Lender	Contract Year	Objectives	Amount			Terms and Conditions		
				Initial	2001 Dec	Currency	Period		Interest Rate (%)
							Debt	Grace	
1	Bond	1999 Dec	to replace IBRD loan	50,000	50,000	Col\$ M	7	(7)	DTF+3.25
2		1999 Dec	to replace IBRD loan	30,000	35,354	Col\$ M	7	(7)	11.15
3		1999 Dec	Investment to Sewerage	20,000	20,000	Col\$ M	10	(10)	DTF+3.4
4		2002 p	Investment to Water and Sewerage	70,000	-	Col\$ M	10	(10)	
5		2003 p	Investment to Water and Sewerage	100,000	-	Col\$ M	10	(10)	
6		2004 p	Investment to Water and Sewerage	100,000	-	Col\$ M	10	(10)	
7	Banco Popular	1999 Feb	to replace	30,000	30,000	Col\$ M	10	(3)	DTF+4.5
8	FINDETER (Sustitution)	1999 Jun	to replace IDB loan	28,000	28,000	Col\$ M	12	(3)	DTF+4.0
9	FINDETER (Dorado)	1999 Oct	El Dorado Plant	26,000	26,000	Col\$ M	12	(3)	DTF+4.0 or +3.0
10		2000 Dec	Distribution System of El Dorado	3,000	3,000	Col\$ M	12	(3)	DTF+3.0
11		2001 Jun	Distribution System of El Dorado	7,000	7,000	Col\$ M	12	(3)	DTF+3.0
12		2002 Jan	Distribution System of El Dorado	7,800	-	Col\$ M	12	(3)	DTF+4.5
13	FINDETER (Fontibon)	2001 Dec	Sewerage Plant	15,300	-	Col\$ M	12	(3)	DTF+4.0
14	Distrito capital - PIDUZOB	1972 Dec	Dev of Oriental Zone of Bogota	3.5	0.16	US\$ M	30	(7.5)	2.0
15	IDB	1986 Jan	Ciudad Bolivar	3.4	2.06	US\$ M	28	(5)	2.0
16	National Government	1993 Aug	Refinance for External Debt 93-97	147.8	55.8	US\$ M	17	(4.5)	10-years US Bond + 300 basis
17	IBRD	1995 Dec	Santa Fe Project	58.0	38.5	US\$ M	17	(5)	Libor
18		1995 Dec	Santa Fe Project	87.0	58.9	US\$ M	15	(3.5)	Libor
19	JBIC	1991 Dec	San Rafael Reservoir, Control Center and Park	8,375.0	4,387	JPY M	25	(7)	4.75
Total of Actual Indebtedness					631,508	Col\$ M			DTF:8.54% (June 17, 2002)
(as of December 2001)					275.6	US\$ M			IPC: 7.7 % (2001)

Note: P=Programmed





PARTE - 14	PLAN DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	14-1
	CAPITULO - 1 Política básica del Plan .....	14-1
	1.1 Importancia del Plan .....	14-1
	1.2 Política básica de desarrollo de aguas subterráneas .....	14-1
	1.3 Política básica de conservación de aguas subterráneas .....	14-3
	CAPITULO - 2 Proyección de demanda de aguas subterráneas .....	14-5
	2.1 Condiciones actuales del Área de Estudio .....	14-5
	2.2 Proyección de la demanda de agua en el Área de Estudio .....	14-9
	Agua Subterránea .....	14-11
	2.3 Proyección de demanda de agua subterránea en el Área del Plan de Desarrollo y 14-14	
	Conservación .....	14-14
	2.3.1 Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá .....	14-14
	CAPITULO - 3 Plan de desarrollo y conservación .....	14-17
	3.1 Proyecto de desarrollo y conservación de las aguas subterráneas en los cerros orientales de la Sabana de Bogotá (Proyecto Oriental) .....	14-17
	3.2 Plan de conservación de aguas subterráneas del área de alto uso de aguas subterráneas en la Sabana de Bogotá (Proyecto Occidental) .....	14-22
	CAPITULO - 4 Plan de monitoreo .....	14-23
	CAPITULO - 5 Las Instituciones y la operación / mantenimiento .....	14-25
	CAPITULO - 6 Diseño y estimación de costos .....	14-31
	6.1 Diseño .....	14-31
	6.2 Estimación de costos .....	14-34
	CAPITULO - 7 Programa de ejecución .....	14-35
	CAPITULO - 8 Examen de Ambiente inicial .....	14-37
	CAPITULO - 9 Evaluación del proyecto .....	14-39
	9.1 Evaluación económica .....	14-39
	Evaluación económica significa el análisis de un proyecto desde el punto de vista de desarrollo de la planeación del país en su conjunto para, juzgar si una inversión generará beneficio público que valga la pena. En la evaluación económica, deben ajustarse los ingresos y los egresos de dinero en efectivo financiero, según el principio de análisis de costo-beneficio. Después de los ajustes del flujo de dinero en efectivo, se calcula la Tasa Interna Económica de Retorno (TIR económica), el Valor de Presente neto (VPN) y la Tasa de Costo-beneficio (B/C). De esa información, se evidencia si este proyecto es significativo o no, desde el punto de vista de un país. ....	14-39
	9.2 Análisis financiero .....	14-44
	9.3 Evaluación social .....	14-47
	Los dos proyectos propuestos inducirán varios efectos positivos y negativos en el área del proyecto. Los proyectos aumentarán un suministro seguro y suficiente de agua municipal y de riego a los usuarios. Al mismo tiempo, los proyectos inducirán otros beneficios sociales y económicos e impactos sociales medioambientales al área afectada. .....	14-47
	Tabla-1.1 Rendimiento seguro remanente por cuenca .....	14-2
	Tabla-1.2 Proporción actual de utilización de aguas subterráneas .....	14-3

Tabla-2.1 Fuentes de agua por tipo y por sector en el Área de Estudio .....	14-5
Tabla-2.2 Capacidad de producción y suministro reales por planta de tratamiento (m3/seg) .....	14-6
Tabla-2.2A Proyección de la demanda de la EAAB (nivel medio de la demanda) .....	14-7
Tabla-2.3 Población del Área de Estudio (Unidad: 1000 personas).....	14-9
Tabla-2.4 Población por cuenca de río (1,000 personas) .....	14-9
Tabla-2.5 Tasas de proyección de la demanda de agua.....	14-10
Tabla-2.6 Demanda doméstica de agua proyectada (Unidad: 1000m <sup>3</sup> /día).....	14-11
Tabla-2.7 Demanda de agua no doméstica proyectada (Unidad: 1000m <sup>3</sup> /día).....	14-12
Tabla-2.8 Uso actual de agua en floricultura.....	14-12
Tabla-2.9 Demanda de agua proyectada para floricultura (Unidad: 1000m <sup>3</sup> /día).....	14-12
Tabla-2.10 Demanda proyectada de agua para agricultura (Unidad: 1000m <sup>3</sup> /día).....	14-13
Tabla-2.11 Demanda total de agua en el Área de Estudio.....	14-13
Tabla-2.12 Demanda de agua subterránea (m3/seg) .....	14-14
Tabla-2.13 Proyección de la población .....	14-15
Tabla-2.14 Proyección de tasas unitarias .....	14-16
Tabla-2.15 Proyección de la demanda de aguas subterráneas de los Cerros Orientales de la Ciudad de Bogotá .....	14-16
Tabla-2.16 Demanda de agua subterránea para irrigación en la parte central de la Sabana de Bogotá .....	14-17
Tabla-3.1 Plan de pozos del Proyecto Oriental .....	14-21
Tabla-3.2 Plan de pozos del Proyecto Occidental .....	14-22
Tabla-4.1 Plan de monitoreo .....	14-24
Tabla-6.1 Capacidad estándar de los pozos.....	14-31
Tabla-6.2 Diseño de instalaciones - Proyecto de Desarrollo y Conservación de las aguas subterráneas de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá.....	14-33
Tabla-6.3 Diseño de instalaciones - Proyecto de Desarrollo y Conservación de las aguas subterráneas de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá (continuación) .....	14-34
Tabla-6.4 Diseño de instalaciones- Proyecto Conservación de aguas subterráneas en la Parte Occidental de la Sabana de Bogotá.....	14-34
Tabla-6.5 Costo estimado aproximado - aguas subterráneas y conservación en la Sabana .....	14-35
Tabla-7.1 Costo estimado provisional del proyecto – Desarrollo y conservación de las aguas subterráneas de la Sabana de Bogotá.....	14-37
Tabla-8.1 Lista de chequeo para la selección.....	14-38
Tabla-8.2 Lista de chequeo para los objetivos .....	14-39
Tabla-9.1 Principales asunciones .....	14-40
Tabla-9.2 Costo económico del proyecto.....	14-41
Tabla-9.3 Costo de construcción y operación de invernaderos .....	14-41
Tabla-9.4 Costo de O&M.....	14-41
Tabla-9.5 Asunciones para los beneficios .....	14-43
Tabla-9.6 Asunciones para los beneficios .....	14-43
Tabla-9.7 Resultados de la evaluación económica de los dos proyectos .....	14-44
Tabla-9.8 Costo variable estimado de la planta de Tibitoc .....	14-44
Tabla-9.9 Resultado de la evaluación financiera del proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá.....	14-45
Tabla-9.10 Estructura de fondos por año.....	14-45
Table-9.11 Programa de reembolso de préstamos.....	14-46
Tabla-9.12 Ejecución y plan de fondos .....	14-46

Tabla-9.13	Carga respectiva por año (Col\$ millones).....	14-47
Tabla-9.14	Efecto en el empleo generado por el proyecto .....	14-48
Figura-1.1	Concepto de recarga artificial .....	14-5
Figura-1.2	EAAB Sistema de suministro de agua: a partir de finales del año 2001 .....	14-8
Figura-1.3	Estructura estándar de pozo .....	14-18
Figura-1.2	Plan de pozos para el desarrollo y conservación del agua subterránea ..	14-19
Figura 5.1.	Estructura Organizacional Recomendable del Manejo de Recurso Hidrográfico de la Cuenca del Río Bogotá.....	14-27