**< El suministro de agua para la ciudad de Bogotá >**

La cantidad actual de agua suministrada por la EAAB a la Ciudad de Bogotá y a las ciudades vecinas es de15$m^3$/s. Se estima que la cantidad de agua a ser suministrada en el año 2015 es de 23$m^3$/s. El actual sistema de suministro de agua de la EAAB consta de tres sistemas. A saber, 1) Sistema Weisner (máxima capacidad de purificación: 12$m^3$/s), 2) Sistema Tibitoc (máxima capacidad de purificación: 11$m^3$/s), 3) Sistema de Sur (máxima capacidad de purificación: 2$m^3$/s).

La capacidad total de purificación alcanza los 25$m^3$/s. Sin embargo, es difícil sostener un suministro de agua de 25$m^3$/s debido a la fluctuación en el volumen de agua de cada fuente y a las interrupciones en el funcionamiento por el mantenimiento de plantas de purificación. Especialmente si la capacidad actual de funcionamiento de la planta de purificación de Tibitoc es de 6$m^3$/s. Considerando la mejora en la calidad del agua de río Bogotá por el aumento en la descarga, el uso en irrigación y generación de energía hidroeléctrica, la EAAB está planeando reducir la cantidad procesada a 2$m^3$/s en el futuro cercano, aunque no se ha decidido cuándo se llevará a cabo. Con base en tales antecedentes, es casi seguro el urgente desarrollo de nuevas fuentes de agua para el acueducto.

Hay otro problema en el suministro de agua en caso de emergencia. El Sistema de Weisner es vulnerable contra los desastres naturales como terremotos, porque en este sistema el agua se lleva desde la Represa de Chingasa, que se localiza a 40km de las plantas de purificación, por medio de un túnel a través del área montañosa. En 1997, el suministro de agua se detuvo en este sistema durante 9 meses. Es más, el desarrollo de nuevas fuentes de agua en caso de reparaciones a gran escala de plantas de purificación y tuberías también es una necesidad importante.

Con base en los anteriores antecedentes, en el proyecto propuesto se desarrollarán aguas subterráneas del orden de los 2$m^3$/s (para el caso usual: todo el año) y de 4$m^3$/s (para emergencias: durante 6 meses, una vez cada15 años).

**< Mejora en la calidad del agua >**

El desarrollo de nuevas aguas subterráneas para el acueducto disminuirá la toma de agua en la planta de tratamiento de Tibitoc. Esta disminución en la toma de agua significa un aumento neto en el caudal del Río Bogotá que contribuirá a la mejora de la calidad del agua de dicho río.
Un aumento en el caudal del Río Bogotá 1) aumentará el oxígeno disuelto que contribuirá a la mejora de la calidad del agua río abajo de la planta de purificación de Tibitoc, y 2) contribuirá a aumentar la generación hidroeléctrica de la planta eléctrica que está localiza en la parte más baja de la Sabana de Bogotá (el consumo actual es de 20$m^3$/s durante todo el año).

**(3) Contenido del proyecto**

Los pozos están diseñados para lograr los propósitos del proyecto considerado el potencial de las aguas subterráneas y la demanda de agua planeada. Es más, los pozos de recarga artificiales están diseñados para la conservación de las aguas subterráneas del área. En esta área, puede usarse una cantidad total de 0.5$m^3$/s agua para recarga artificial, agua que es tomada actualmente por la planta de purificación de Vitelma del río San Cristóbal y por la planta de San Diego en el río San Francisco. Esta agua se volverá agua excedente para la recarga artificial, porque se ha decidido sacar de servicio ambas plantas. Sin embargo, en caso de emergencia, se usarán los pozos de recarga como pozos de la producción. En la tabla-5.8 se muestran las especificaciones y la cantidad de pozos de producción y recarga. La distribución de pozos en cada bloque es como sigue:

**Área de los Cerros del Norte, área de Santana/Chico, área de Suba, área de Soacha**

Se perforarán nuevos pozos al lado del tanque existente para el suministro de agua. Se almacenará el agua subterránea bombeada en el tanque existente para el suministro actual y emergente. Se construirán plantas de purificación al lado de este tanque.

**Área de Vitelma y área de San Diego**

Se perforarán nuevos pozos de producción a lo largo de los ríos San Cristóbal y San Francisco. Se usarán las aguas bombeadas de los pozos a través de las nuevas instalaciones de purificación y las tuberías existentes para el suministro corriente y emergente al área de los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá y al área de Soacha. Se perforarán pozos de recarga artificial cerca de los pozos de producción para usar el agua sobrante del río, la cual puede ser usada por la abolición de las plantas de purificación de Vitelma y San Diego. En caso de emergencia, se bombearán aguas subterráneas incluso de los pozos de recarga artificial para contrarrestar el faltante de agua.

**Área de Yerbabuena**

Se perforarán pozos de producción en los cerros del área de Yerbabuena. Las aguas subterráneas de los pozos se unirán al sistema de suministro de agua existente (Tibitoc-Ciudad de Bogotá) por medio de los nuevos medios de purificación construidos.

**Tabla-5.7 Plan de pozos del Proyecto Oriental**

| Área | Acuífero | Bien el tamaño | Bien el número | Capacidad máxima ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|---|
| Cerros Norte, Santana/Chico, área de Suba. Se perforarán nuevos pozos al lado del tanque existente para el suministro de agua | Cretáceo | Profundidad del pozo: 300m<br>Diámetro del pozo: 10 pulg.<br>Producción: 3,000$m^3$/día/pozo<br>Inyección: 3,000$m^3$/día/pozo | 12 | 0,42 |
| Área de Soacha. Se perforarán nuevos pozos al lado del tanque existente para el suministro de agua. | | | 8 | 0,28 |
| Vitelma y área de San Diego. | | | Pozos de la producción: 13<br>Recargue pozos: 13 | 0,45 |
| Área cerros de Yerbabuena, norte de Ciudad de Bogotá. | | | 30 | 1,04 |
| Total | | | Pozos de Producción: 63<br>De Recarga: 13 | < Producción ><br>Usual: 2,19<br>Emergencia: 4,00<br>< Recarga ><br>Usual: 0,45 |

**(4) Beneficiarios del proyecto**

La población directamente beneficiada por el suministro de agua de este proyecto es 1,3 millones. La población beneficiada por el suministro de agua en caso de la emergencia es mayor de 7,7 millones o sea igual a toda la población servida por la EAAB.

### 5.3.2 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 dónde las aguas subterráneas son muy usadas en la irrigación y producción de la 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.

2) mejoras en la eficiencia de la irrigación.

**(3) El 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) la 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 muestra en la Tabla-5.8.

**Tabla-5.8 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<br>Diámetro del pozo 10 pulgadas<br>Tasa de inyección: 1.500m$^3$/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.

- Re-utilización de agua de irrigación drenada
- El uso de lluvia para la irrigación
- El uso de agua del río Bogotá para irrigación
- Traslado de nuevos sitios para la producción de flores
- 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.

## 5.4 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-5.9. En el monitoreo de los pozos deben seleccionarse los siguientes ítems.

**Tabla-5.9 Plan de monitoreo**

| Artículo | 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 Sabana de Bogotá.<br>- El resultado 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<br>- El efecto de recarga artificial en los Cerros Orientales | EAAB |
| | Aproximadamente 300 | 4 veces/año | Pozos de monitoreo de la CAR | - La influencia por recarga artificial en Sabana de Bogotá<br>- 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 | - El rendimiento | DAMA |
| Calidad del agua | 20 | Dos veces/año | Sitios de muestreo de 100 análisis JICA de calidad del agua. | - El cambio de calidad de agua en Sabana de Bogotá | CAR |
| | 10 | Dos veces/año | -Pozos acerca a pozos de recarga artificial en Cerros Orientales<br>-Pozos acerca a pozos de recarga artificial en Sabana de Bogotá | - El cambio de calidad de agua por recarga artificial | DAMA<br>EAAB |
| Subsidencia | 12 | Dos veces/año | 12 pozos cuaternarios con medidores automáticos de JICA | –Hundimientos del suelo por el descenso del nivel de las aguas subterráneas | CAR<br>DAMA |

### (1) Nivel de las aguas subterráneas

**<u>Área de la Ciudad de Bogotá</u>**

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.

**<u>Sabana de Bogotá</u>**

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) 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.

**(3) Hundimiento de la tierra (suelos)**

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.

### 5.5 Las Instituciones y la operación y mantenimiento

**(1) Fuentes de agua y la administración de las aguas subterráneas**

**< El establecimiento de la Comisión Conjunta para la Administración de las Cuencas Hidrográficas y la Comisión Técnica para la Administración de las aguas subterráneas >**

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, i) la CAR, ii) el DAMA, iii) la Corporación Autónoma Regional del Guavio, iv)la oficina regional para la dirección de parques nacionales, y la 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 ONG´s.

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/guías 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

Los miembros de la Comisión Técnica serían representantes o personal especializados en hidrogeología de i) la CAR, ii) el DAMA, así como, de institutos nacionales como iii) el IDEAM, iv) INGEOMINAS, v) Grandes usuarios (EAAB, ASOCOLFLORES), vi) la Asociación Colombiana de Hidrogeología, así como de las vii) Compañías de perforación.

**< 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.

**< Establecimiento de zonas y tarifas para la administración de la demanda y el ahorro de aguas subterráneas >**

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.

**< 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.

**< 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. 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.

**(2) Investigación y desarrollo de tecnología sobre el uso eficiente de Aguas subterráneas**

**< Establecimiento de la Unidad de Implementación 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 implementación 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.

**< 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.

**(3) Desarrollo del recurso humano**

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

**< Transferencia de tecnología a través de este Estudio y del Estudio de Factbilidad, 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.

**< La educación 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.

**< 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.

## 5.6 Diseño y estimación de costos

### 5.6.1 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-5.10.

**Tabla-5.10 Capacidad estándar de los pozos**

| Tyep de pozo | Acuífero | Longitud del pozo | Diámetro del pozo | Capacidad de Especific/inyección |
|---|---|---|---|---|
| Producción bien | Cuaternario | 200-300m | 8 pulgadas | 1,500m$^3$/día |
| | Cretáceo | 300m | 10 pulgadas | 3,000m$^3$/día |
| Recargue bien | Cuaternario | 200-300m | 10 pulgadas | 1,500m$^3$/día |
| | Cretáceo | 300m | 10 pulgadas | 3000m$^3$/día |

### (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-5.11 y la Tabla-5.12.

## Tabla-5.11 Diseño de instalaciones - Proyecto de Desarrollo y Conservación de las aguas subterráneas de los Cerros Orientales de la Sabana de Bogotá

| Situación | Medios | 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$^3$/día | No | 8 |
| | Instalación eléctrica | Línea entrante | m | 3.200 |
| | Tubería | Diámetro: 150mm | m | 2.400 |
| | Instalac. de purificación | Aereación+Charca sedimentación+Clorinación Capacidad máxima 18.000m3/día | No | 2 |
| Vitelma (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$^3$/día | No | 20 |
| | Instal. eléctricas | Línea entrante | No | 3.200 |
| | Tubería | Diámetro: 150mm | m | 2.400 |
| | Estanque estableciendo | Capacidad: 30.000 m$^3$ m$^3$/día | No | 1 |
| | Instal. de purificación | Aereación+Charca sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 90,000 m$^3$ m$^3$/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$^3$/día | No | 6 |
| | Instal. eléctricas | Línea entrante | m | 250 |
| | Tubería | Diámetro: 150mm, 250mm, 300mm (total) | No | 900 |
| | Instal. de la purificación | Aereación+Charca sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 27.000 m$^3$/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$^3$/día | No | 4 |
| | Instal. eléctricas | Línea entrante | m | 900 |
| | Tubería | Diámetro: 150mm | m | 800 |
| | Instal. de purificación | Aereación+Charca sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 18.000 m$^3$/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$^3$ m$^3$/día | No | 6 |
| | Pozo de producción | Línea entrante | m | 2.450 |
| | Tubería | Diámetro: 150mm | m | 1.750 |
| | Instal. de purificación | Aereación+Charca sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 27.000 m$^3$/día | No | 1 |
| | Vía de acceso | 4m anchura | m | 200 |
| Suba | Pozo de producción | inch | No | 2 |
| | Bomba sumergible | Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500 m$^3$/día, | No | 2 |
| | Instal. eléctricas | Línea entrante | m | 200 |
| | Tubería | Diámetro: 150mm | m | 600 |
| | Instal. de purificación | Aereación+Charca sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 9.000m3/día | No | 1 |
| Yerbabuena | Pozo de producción | Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m) | No | 30 |
| | Bomba sumergible | Para pozos de 10pulg. -75KV, H=150m, Q=4.500 m$^3$/día, | No | 30 |
| | Instal. eléctricas | Línea entrante | m | 20,000 |
| | Tubería | Diámetro: 150mm, 250mm, 300mm (Total) | m | 20,500 |
| | Instal. de purificación | Aereación+Charca sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 45.000 m$^3$/día | No | 3 |
| | Vía de acceso | 4m ancho | m | 17,100 |
| | Sitio (Pozo) | 30m x 30m | No | 30 |
| | Sitio (Purificación) | 30m x 30m | No | 3 |
| Total | Pozo de producción | Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m) | No | 63 |
| | Pozo producción/recarga | Diametro/longitud: 10pulg./150m+8pulg./150m(300m) | No | 13 |
| | Instal. de purificación | Aereación+Charca sedimentación+Clorinación Capacidad máxima: 45.000 m$^3$/día | No | 10 |

**Tabla-5.12 Diseño de instalaciones- Proyecto Conservación de aguas subterráneas en la Parte Occidental de la Sabana de Bogotá**

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

### 5.6.2 Costo estimado

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-5.3.

- 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: 62.57 millardos de pesos colombianos

**Tabla-5.13 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 |
| <Total> | 75,43 | 40,48 | 115,91 |
| | 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.

## 5.7 Programa de implementación

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

La organización para la implementación 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 medioambiental 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 implementación (75 Mil millones Pesos) deben ser de los fondos de inversión medioambiental 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 implementación 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 implementación (63 Mil millones Pesos) deben ser de los fondos de

inversión medioambiental 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 implementación

El programa de implementación 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 5.14. Antes de la implementación de los dos proyectos medioambientales: 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-5.14 Cronograma de ejecución del Proyecto**

| Item \ Año | | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **Proyecto Oriental** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 (76pozos) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **2** | **Proyecto Occidental** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 | XX | XX | XX | | | |
| 1-3 | Construcciones | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Proyecto de recarga con torrentes (14 sitios) | | | | | | | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | | | |
| **3** | **Proyectos Institucionales** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3-1 | Preparación (F/S) | X | XX | XX | | | | | | | | | | | | | |
| 3-3 | Monitoreo de aguas subterráneas | | | | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX |
| 3-3 | Establecimiento de la comisión técnica para la administración de las aguas subterráneas | | | | XX | XX | | | | | | | | | | | |
| 3-4 | Actividades de Comisión Técnica | | | | | | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX |

## 5.8 Examen inicial del medio ambiente

(1) El Equipo del Estudio ha decidido que para intentar el desarrollo de las aguas subterráneas es necesario un estudio preliminar comprensible de impacto ambiental, mediante un proceso de selección de los factores ambientales.

(2) Luego mediante un proceso de excavaciones, el Equipo del Estudio también decidió que los siguientes factores ambientales deberían ser cuidadosamente examinados en el estudio preliminar.

- Posibilidad de contaminación de las aguas subterráneas como consecuencia de la recarga artificial
- Posibilidad de disminuir el nivel aparente de las aguas subterránea y posibles interferencias entre los pozos existentes con la extracción de aguas subterráneas
- Posible hundimiento de la superficie de los suelos por la extracción de aguas subterráneas

**Tabla-5.15 Descripción del proyecto**

| Item | Descripción | Descripción |
|---|---|---|
| Nombre del proyecto | Plan de desarrollo de aguas subterráneas | Plan de conservación de las aguas subterráneas |
| Antecedentes | El potencial de desarrollo todavía permanece mientras que la demanda de agua es requerida para el desarrollo | Abolishing of existing 2 purification plants take place Spare river water<br>Remarkable lowering of water table require artificial recharge |
| Objective | Desarrollar las aguas subterráneas | Conservar las aguas subterráneas |
| Localización | Región montañosa oriental<br>Otra área potencial | Región montañosa oriental<br>Sabana central de Bogotá |
| Agencia ejecutora | EAAB | EAAB |
| Beneficiarios | | |
| Componentes del proyecto | | |
| Tipo de proyecto | Desarrollo de las aguas subterráneas | Recarga artificial |
| Carácter del proyecto | Agua potable | |
| Profundidad/Calidad del agua | 200~300m | 200~300m |
| Plan principal/estructura | Pozo profundo, cuenca sedimentaria | Pozo profundo, cuenca sedimentaria, reservorio |
| Tanque de almacenamiento | | |
| Unidad de purificación | | |
| Instalaciones correspondientes | | |
| Otros | | |

## 5.9 Evaluación del proyecto

### 5.9.1 Evaluación económica

#### (1) Asunciones para la evaluación económica

En la estimación del costo beneficio económico se aplican las asunciones tal como se presentan en la Tabla-5.16.

**Tabla-5.16 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<br>(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 en 8 años) | |

### (2) 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-5.17.

**Tabla-5.17 Costo de O&M**

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

### (3) Beneficios

Los beneficios son estimados con base en las asunciones de la Tabla-5.18.

**Tabla-5.18 Asunciones para los beneficios**

| Beneficio | Asunciones |
|---|---|
| 1. Suministro de agua de emergencia | 1) Volumen del suministro: 4,0 $m^3$/s |
| | - 63 pozos productores: 3,3 $m^3$/s (=2,19 $m^3$/s x 150%) |
| | - 13 pozos de recarga: 0,7 $m^3$/s (=0,45 $m^3$/s x 150%) |
| | 2) Precio del agua: 1.500 Col$/$m^3$ (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 |
| 2. Suministro regular de agua | 1) Volumen del suministro: 2,0 $m^3$/s (=2,19 $m^3$/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$/ $m^3$ (Precio promedio de Ene-Abril 2002) |
| 3. Efecto del aumento del oxígeno disuelto en el río Bogotá | 1) Concentración actual de BOD:15,13,50,250,90 y 49mg BOD/l en 6 lugares |
| | 2) Incremento en oxígeno disuelto: Proporcional al aumento en volumen de agua por la relación de 1,6 $O_2$ 2mg$^3$/s de agua (sitio web del CTI Science System Co. Ltd) |
| | 3) Costo unitario: 0,005 Col$/mg BOD (Planta tratamiento aguas negras del Salitre: 648 Col$ /125.000 mg BOD) |
| 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. |

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

- Suministro de agua de emergencia: La cantidad de agua subterránea suministrada en emergencias se contabiliza como beneficio.
- Suministro de agua regular: La cantidad de agua subterránea desarrollada y suministrada por el proyecto se contabilizada como beneficio. Sin embargo, los beneficios solo pueden ser contabilizados a partir del año 2018 cuando se prevé un faltante de aguas subterráneas.
- Incremento del oxígeno disuelto en el río Bogotá: El desarrollo de las aguas subterráneas disminuirá la toma que del agua del río Bogotá hace la planta de Tibitoc. Esta menor cantidad puede ser descargada en el río para mejorar su calidad y para el riego. La reducción de la demanda de oxígeno biológico (BOD) en la cuenca del río Bogotá después de la localización de la planta de Tibitoc puede ser contabilizada como un beneficio.

- Incremento de la generación eléctrica en el río Bogotá: Adicionalmente, la descarga de agua contribuirá a aumentar la generación de energía eléctrica de la planta localizada en la parte más baja del curso del río Bogotá. Por los tanto, la generación incremental (GDP) resultante se contabilizará como un beneficio, a partir del año 2014 cuando se prevé un faltante de energía eléctrica.

**(b) Proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá**

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-5.19.

**Tabla-5.19 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 |

**(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-5.20. Los resultados EIRR (tasa estimada de retorno sobre la inversión) del proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá y del proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá son respectivamente 22% y 21% que exceden el 13% del costo de oportunidad del capital. Por lo tanto se hace notar que los proyectos son factibles desde el punto de vista económico.

**Tabla-5.20 Resultado de la evaluación económica de los dos proyectos**

| Proyecto | EIRR | Valor presente neto | C/B |
|---|---|---|---|
| Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá | 22% | Col$ 79,2 millardos | 1,9 |
| Proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá | 21% | Col$ 12,9 millardos | 1,3 |

### 5.9.2 Análisis financiero

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

**(a) 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-5.21) 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-5.21 Costo variable estimado de la planta de Tibitoc**

| Items | Costo (Col$/m$^3$) | 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) |

**(b) 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-5.22. 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.

**Tabla-5.22 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 |

**(c) Plan financiero para los costos del proyecto**

El costo total del proyecto será de un monto de Col$ 75,4 millardos (US$ 27,9 millones). El proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá obviamente también es un proyecto ambiental.. Teniendo esto en cuenta, los fondos para el costo del proyecto pueden ser obtenidos de prestamos internacionales blandos. Por lo tanto, se propone la siguiente composición de dichos fondos;

| | | |
|---|---|---|
| - Fondos propios de la Organización de Implementación (EAAB) | : 20% | Col$17,1 millardos (US$ 6,3millón) |
| - Préstamos internacionales blandos | : 80% | Col$58,3 billion (US$21,6millón) |

Nota: Se excluyen de los préstamos blandos internacionales los costos de adquisición de tierras y administrativos.

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

**<Organización implementadora y composición de los fondos>**

Se propone una implementación conjunta entre el Gobierno y los usuarios de las aguas subterráneas (principalmente cultivadores de flores asociados con ASOCOLFLORES) para la ejecución de este proyecto. El proyecto no esta encaminado a recobrar su costo, así que los fondos para el proyecto consisten inversiones o en subsidios. Por lo tanto, se propone una composición de fondos tal como se muestra en la Tabla-5.23.

**Tabla-5.23 Implementación 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 |

### 5.9.3 Evaluación social

Se esperan los siguientes beneficios sociales de estos proyectos.

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

**<Para asegurar el 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 Chingasa y durante las épocas

secas. 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 la región de 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 por 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**

Se estiman los siguientes efectos, los cuales traerían un gran beneficio a los cultivadores de flores y los agricultores que dependen principalmente de las aguas subterráneas.

- Impedir la baja en el nivel de las aguas subterráneas
- Generar un incremento en la disponibilidad de aguas subterráneas para su uso
- Asegurar agua de irrigación por cierto tiempo en caso de sequías

**(3) Efectos integrados**

En adelante se espera un aumento en las oportunidades de empleo y la reactivación de la economía regional. El efecto del empleo es una de las bases monetarias del Proyecto y se estima en Col$1,3 millardos del Proyecto de los Cerros Orientales de Bogotá y en Col$2,6 millardos del Proyecto del occidente de la Sabana de Bogotá.