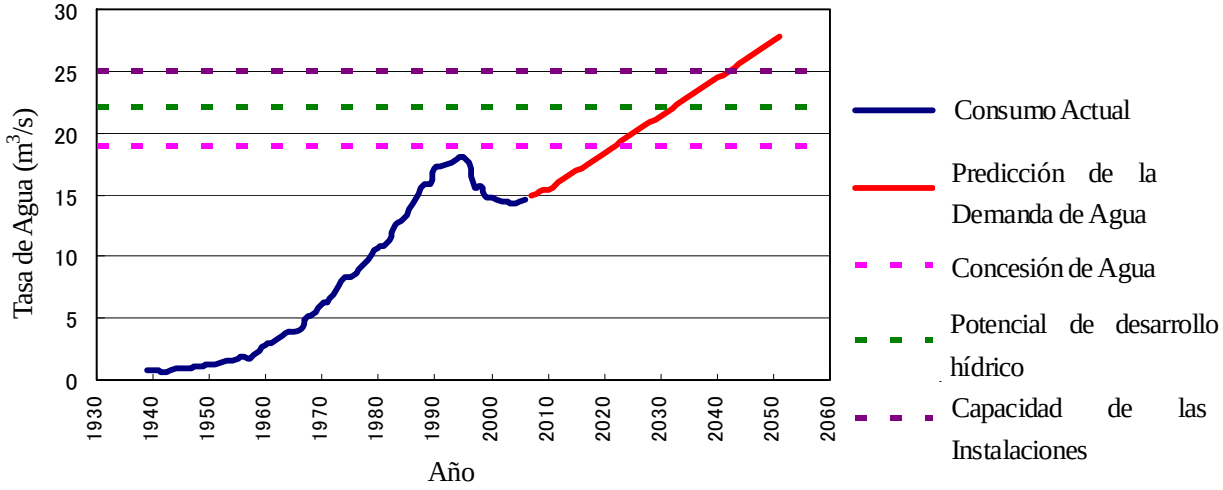
CAPÍTULO 4. ASPECTOS DEL PLAN MAESTRO ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

4.1. Plan Maestro Actual

(1) Proyección de la demanda de agua

El consumo real de agua en el pasado y la demanda estimada para el futuro se muestran en la Figura-2.4- 1.



Fuente: Acueducto, Plan de Expansión de Abastecimiento de Agua, 2005.

Figura-2.4- 1 Consumos Real de Agua y Demanda Estimada

El agua proveniente del Sistema de Chingaza fue interrumpida durante 9 meses en 1997 a causa del colapso del túnel de conducción de agua desde el Embalse de Chuza. A esto se le denominó la "Crisis de Chingaza". El consumo de agua se redujo dramáticamente durante este periodo. Después de la crisis, el Acueducto redujo la presión del abastecimiento de agua, subió la tarifa de consumo y realizó una campaña para ahorrar agua. Como resultado, el consumo de agua se redujo a 89 L/día/persona en el 2006, que fue el 60% del consumo a principios de los 90s de 150 L/día/persona. el consumo actual de agua en Bogotá se sigue manteniendo en un nivel bajo después de la "Crisis de Chingaza".

(2) Aspectos del Plan Maestro Existente

1) Plan Maestro (P/M versión 1995)

El Acueducto formuló el Plan Maestro de Expansión del Sistema de Abastecimiento (P/M) en 1995. La capacidad de producción de agua del Acueducto en ese momento era de 25 m^3/s y la demanda de agua era de 18 m^3/s. Por esta razón, el desarrollo de nuevos recursos de agua fue considerado necesario a partir del año 2005. Con base en este pronóstico, se propusieron proyectos para el desarrollo de nuevos recursos de agua, como se muestra en la Tabla-2.4- 1 Sin embargo, la demanda estimada fue mucho más alta que el consumo real debido a la "Crisis de Chingaza" en 1997. Después de la crisis, el consumo de agua ha sido controlado por el Acueducto.

2) Plan Maestro (P/M) Revisado (2005)

El Acueducto revisó el P/M (versión 1995) en el 2005. El consumo de agua en Bogotá D.C. se

redujo fuertemente después de la "Crisis de Chingaza", desde entonces el Acueducto controló la demanda posterior a la crisis, manteniendo después de esto, el consumo de agua en un nivel bajo. El P/M revisado en el año 2005 fue el sucesor de los proyectos propuestos por el antiguo P/M. Sin embargo, comenzando los proyectos propuestos por el viejo P/M fueron aplazados para el año 2028, porque la demanda real del agua era inferior a la prevista. Los proyectos propuestos por el P/M revisado fueron clasificados en tres categorías como se muestra en la Tabla-2.4- 1.

Tabla-2.4- 1 Proyectos Propuestos en el P/M Revisado (2005)

Proyectos y Periodo	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1) Estrategia Básica y Diseño (2005-2020)										
2) Optimización del sistema de abastecimiento de agua (2021-2028)										
3) Expansión del sistema de abastecimiento de agua (2029-2050)										

Fuente: Acueducto, Plan de Expansión de Abastecimiento de Agua, 2005.

La importancia del desarrollo de agua subterránea propuesta en el P/M se resume de la siguiente manera:

- El desarrollo de agua subterránea en la ciudad de Bogotá tiene como objetivo el abastecimiento suplementario de agua para mitigar la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento actual, que depende de fuentes de agua superficiales en lugares distantes.

- El abastecimiento mediante agua subterránea debe ser planeado, independientemente del abastecimiento de agua actual mediante agua superficial, pues el abastecimiento a través de agua subterránea puede compensar la vulnerabilidad del abastecimiento regular.

(3) Capacidad Actual de Abastecimiento de Agua

Por otro lado, la capacidad actual de las instalaciones de abastecimiento de agua del Acueducto se muestra en la Tabla-2.4- 2.

Tabla-2.4- 2 Derechos de Concesión de Agua y Capacidad de Producción de Agua del Acueducto (2007)

Sistema de Abastecimiento de Agua	Factor que Afecta el Uso de Agua				Producción Actual (m^3/s)	Aumento Potencial en la Producción de agua (m^3/s)
	Potencial Hidrológico (m^3/s)	Capacidad para tratamiento[1] (m^3/s)	Concesión de agua (m^3/s)	Mínimo de (a), (b), (c)		
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(d)-(e)
(1) Chingaza	14,1	17,6	13,2	13,2	10,0	3,2
(2) Tibitóc	7,0	10,5	4,8	4,8	4,0	0,8
(3) Agr. Sur	0,9	2,1	1,0	0,9	0,5	0,4
Total	22,0	30,2	19,0	18,9	14,5	4,4

Fuente: Acueducto.

Nota -1) La capacidad de tratamiento de las plantas Vitelma y San Diego no están incluidas.

La relación entre: potencial hidrológico, capacidad de tratamiento y derechos de concesión de agua es el siguiente:

Concesión de Agua	<	Potencial Hidrológico	<	Capacidad de Tratamiento
(19,0 m^3/s)		(22,0 m^3/s)		(30,2 m^3/s)

Como se muestra anteriormente, la cantidad de concesión de agua es el de menor valor de los tres

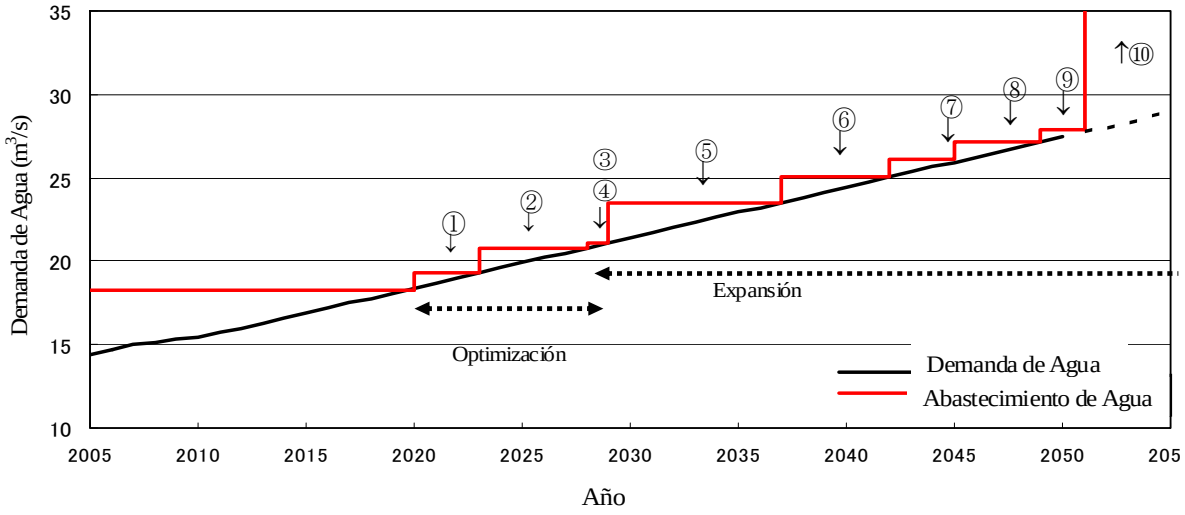
factores. Se estima que la demanda de agua excederá los derechos de concesión de agua (18.8 m^3/s) en el 2022, el potencial hídrico (22.12 m^3/s) en el 2033 y a la capacidad de tratamiento (25 m^3/s) en el 2042, respectivamente.

Como se aprecia en la Tabla-2.4- 2 el desarrollo de nuevas fuentes de agua (construcción de instalaciones de captación de agua) y derechos adicionales de concesión de agua serían necesarios para alcanzar la capacidad máxima de la infraestructura actual.

4.2. Revisión del Plan Maestro Existente

(1) Demanda de Agua y Desarrollo de Recursos Hídricos

El Acueducto tiene Planes Maestros para la optimización y expansión del sistema de abastecimiento de agua. La relación entre la demanda y el abastecimiento de agua por éste proyecto se muestra en la Figura-2.4-2.



No.		Proyecto		No.		Proyecto	
Optimización	①	Expansión de la tubería de la Regadera a la Planta La Laguna, Planta Vitelma, Embalse la Regadera y Planta La Laguna.		Expansión	⑥	Chingaza	Canal de Agua Chuza norte, etapa-3.
	②	Uso Pleno del Embalse de Tominé.			⑦		Embalse La Playa.
	③	Reciclaje del agua de lavado en las plantas de tratamiento.			⑧		Canal de Agua Chingaza suroriental.
	④	Chingaza	Sobre flujo del Embalse de Chuza.		⑨	Sur	Embalse la Regadera II.
	⑤		Canal de agua Chuza norte, etapa 1-2.		⑩	Canal de agua parte alta del Sumapaz	Canal de agua parte alta del Sumapaz.
					⑪		Canal de agua parte media del Sumapaz.

Fuente: Equipo de Estudio JICA analizado con base en el P/M del Acueducto (2005)

Figura-2.4- 2 Demanda y Abastecimiento de Agua

(2) Características de los Proyectos

A continuación se resumen los proyectos propuestos.

- Comparando el proyecto de expansión de Chingaza y el proyecto de desarrollo en el Sumapaz, el primero es menor en la escala de desarrollo y el más alto en términos de eficacia de costos que el de Sumapaz. Ambos proyectos requieren de la construcción de nuevas instalaciones. Sin embargo el túnel de conducción de agua existente (40 km de longitud) puede ser utilizado para los proyectos de expansión de Chingaza, siendo esta es la razón por la cual los costos de Chingaza son altos.

- El proyecto de expansión de Chingaza consiste de 5 proyectos independientes. Cada proyecto puede ser implementado escalonadamente, siguiendo de cerca el aumento en la demanda de agua.

- El proyecto de optimización tiene la mas alta eficacia económica porque no hay necesidad de realizar nuevas construcciones. Sin embargo, la cantidad de agua que se desarrolla es pequeña.

- El proyecto de desarrollo del Sur (nuevo embalse la Regadera) tiene la eficacia más baja. Actualmente existen 3 embalses sobre el río Tunjuelo (la Regadera, Tunjuelo y Los Tunjos). Es por esto que la eficacia de la construcción de un embalse adicional sobre el río Tunjuelo es baja.

4.3. Manejo de los Recursos Hídricos

El P/M existente fue revisado en éste Estudio desde cuatro puntos de vista: i) manejo de la cantidad, ii) manejo de la calidad, iii) manejo de la distribución del agua y iv) manejo del riesgo. Los resultados de la revisión se describen a continuación:

(1) Manejo de la Cantidad

El porcentaje de cobertura del abastecimiento de agua en Bogotá D.C. es mayor al 90%. El consumo unitario promedio para uso domestico es de 89 ℓ/día/persona. En 1997 hubo una considerable disminución de agua denominada "Crisis de Chingaza". Después de esto, el Acueducto ha controlado el consumo de agua mediante tarifas altas de consumo, reducción de la presión y campañas para ahorrar agua. Como resultado, el consumo de agua se redujo de 150 ℓ/día/persona en 1992 a 89 ℓ/día/persona el 2006 en promedio. Esta tasa de consumo es mucho menor que la de otras capitales Suramericanas.

(2) Manejo de la Calidad

(a) Calidad del Agua Superficial

El abastecimiento actual del Área Metropolitana de Bogotá depende de fuentes de agua superficiales. Existen tres sistemas de abastecimiento de agua los cuales obtienen su agua de ríos y se tratan en sus plantas de tratamiento. La calidad del agua tratada alcanza los estándares de calidad en Colombia. El uso del agua del Río Bogotá es muy activo, por lo tanto existen varios puntos de captación y de drenaje. La calidad del agua del Río Bogotá presenta un mayor deterioro que otras fuentes de agua. En el área de captación de la Planta de Tibitóc, la calidad del agua del Río Bogotá está bajo el control de la CAR. El grado de contaminación se encuentra actualmente dentro de los límites estipulados en los estándares de calidad del agua, sin embargo, con el aumento de la carga de polución en un futuro cercano, se estima que la capacidad de las plantas de tratamiento actuales no será suficiente. El deterioro o mejoramiento de la calidad de agua del Río Bogotá, en el futuro depende de la CAR.

(b) Calidad del Agua Subterránea

Calidad del Agua Subterránea en el Acuífero Cuaternario

El agua subterránea del acuífero Cuaternario presenta una alta concentración de materiales orgánicos, donde una purificación a gran escala es necesaria para hacerla apta para consumo humano. Por lo tanto, el agua subterránea del acuífero Cuaternario se usa principalmente para fines agrícolas. El material orgánico proviene de las características geológicas del acuífero y no de la polución artificial. Actualmente, una gran cantidad de agua es extraída del acuífero Cuaternario, sin embargo no se ejecutan medidas para conservar la calidad del agua subterránea.

En años recientes, la SDA selló los pozos dentro del área urbana de Bogotá que no estaban en operación. Esta medida se toma para proteger el agua subterránea contra la contaminación a través de éstos pozos. Esto se puede considerar como una actividad de manejo de la calidad del agua.

Agua Subterránea en el Acuífero Cretáceo

La calidad del agua del acuífero Cretáceo es buena, es decir apta para consumo. Sin embargo, en la actualidad el agua subterránea no es extraída del acuífero Cretáceo en los Cerros Orientales y del Sur. Por lo tanto, hasta el momento no hay informes de contaminación en el acuífero dentro del Área. Cualquier actividad de nuevos desarrollos esta prohibida en el área de protección forestal de los Cerros

Orientales de acuerdo a la regulación del 2004. Ésta regulación contribuye a la conservación de los recursos hídricos subterráneos del acuífero Cretáceo, el cual se recarga principalmente por la lluvia. Esto se puede considerar como una actividad para el manejo de la calidad del agua.

(3) Distribución del Agua

(a) Derechos de Concesión de Aguas Superficiales

Los derechos de concesión de agua del Acueducto se dividen en dos categorías: Cuenca del Río Bogotá y otras Cuencas.

Derechos de Concesión de Agua en la Cuenca del Río Bogotá

La producción de agua en la Planta Tibitóc ocupa el 30% del abastecimiento total del Acueducto. El agua del Río Bogotá es utilizada no solamente para abastecimiento, sino también para la agricultura y el uso industrial. Recientemente, la concesión de agua para uso agrícola ha aumentado. Teniendo en cuenta ésta tendencia, la posibilidad de aumentar el volumen de concesión del río Bogotá para el Acueducto en el futuro es baja.

Derechos de Concesión de Agua fuera de la Cuenca del Río Bogotá

El Acueducto planea desarrollar nuevos recursos hídricos fuera de la cuenca del Río Bogotá, como las cuencas de los ríos Sumapaz y Chingaza. Los derechos de concesión de agua para estas cuencas lo establecen la UAESPNN, CORPOGUAVIO y CORPOORINOQUIA. El Acueducto tiene actualmente los derechos de concesión de agua otorgados por estas entidades para su uso. Considerando las buenas relaciones entre el Acueducto y éstas tres entidades, existe una alta probabilidad que nuevas concesiones de agua sean otorgadas en el futuro.

(b) Derechos de Concesión de Aguas Subterráneas

La CAR y la SDA tienen la autoridad para otorgar los derechos de concesión de agua subterránea las áreas antes mencionadas. El otorgamiento de la concesión depende del desarrollo potencial estimado de agua subterránea. Por otro lado, cualquier actividad incluyendo el desarrollo de recursos hídricos está prohibida en el área de protección forestal de los Cerros Orientales (aproximadamente por encima de 2.700 m.s.n.m.). Por consiguiente, el desarrollo de aguas subterráneas deberá realizarse fuera del área de protección. Por el contrario, el área de los Cerros Sur no presenta restricciones de protección forestal.

(4) Manejo del Riesgo

De acuerdo al P/M del Acueducto (2005), el desarrollo de recursos hídricos en el Área de Chingaza es un proyecto de alta prioridad para satisfacer la demanda futura de agua. La excelente calidad del agua en el área contribuye a disminuir los costos de operación por tratamiento de agua, comparado con los otros sistemas de abastecimiento. Adicionalmente existen una gran cantidad de recursos hídricos en el área. Como resultado el Sistema Chingaza cubre el 70% del total de agua abastecida por el Acueducto, presentando los costos de operación más bajos de todo el Sistema de Abastecimiento. Todavía hay bastante capacidad de conducción de agua en el Sistema Chingaza, que estará capacitado para cubrir una futura expansión. Es claro que en el futuro el Sistema Chingaza aumentará su importancia en el abastecimiento de agua.

Por otro lado, el agua del Sistema Chingaza es conducida 40 km a través de un túnel, el cual es vulnerable a desastres naturales como un terremoto. El túnel de conducción de agua pueda colapsar y el abastecimiento de agua puede verse interrumpido de nuevo, como en el caso de la “Crisis de Chingaza” en 1997. La expansión del Sistema Chingaza aumentará la vulnerabilidad del abastecimiento de agua.

4.4. Propuestas al P/M del Acueducto

1) Los proyectos propuestos en el P/M están programados para comenzar después del 2029. Se le da una alta prioridad a los proyectos de expansión de recursos hídricos en el Sistema Chingaza. El sistema cuenta con suficiente capacidad extra para la conducción de agua. Es evidente que la

expansión del Sistema Chingaza presenta varias ventajas sobre los proyectos en otras áreas, desde cualquier punto de vista. Los recursos hídricos podrían ser expandidos siguiendo el plan anterior.

2) Por otro lado, el transporte de agua desde el Sistema Chingaza hacia el Área Metropolitana de Bogotá se hace a través de las montañas por un túnel de 40 km de longitud. Existe un alto riesgo de interrupción en la conducción de agua debido al colapso del túnel, como se estableció con la "Crisis de Chingaza" (1997).

3) De acuerdo al P/M del Acueducto, el abastecimiento de agua por el Sistema Chingaza se expandirá en el futuro. Por lo tanto, el riesgo de una interrupción en la conducción de agua desde el área de Chingaza se aumentará en el futuro próximo. Como contramedida ante esta posible situación, se deben preparar proyectos para el abastecimiento de agua en caso de emergencia de la siguiente manera:

   a) Operación continúa de la Planta Tibitóc, y aumento de la producción de agua en caso de emergencia.

   b) Preparación para la re-apertura de las plantas cerradas.

   c) Desarrollo de aguas subterráneas en las afueras del área metropolitana de Bogotá D.C. como fuente alternativa de agua en caso de emergencia.

4) El P/M del Acueducto será revisado en el 2008. El plan para el desarrollo de fuentes alternativas de agua para abastecimiento en caso de emergencia deberá ser incluido en el P/M.

CAPÍTULO 5. PLAN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE BOGOTÁ POR MEDIO DE AGUA SUBTERRÁNEA

5. 1. Política Básica del Plan Maestro

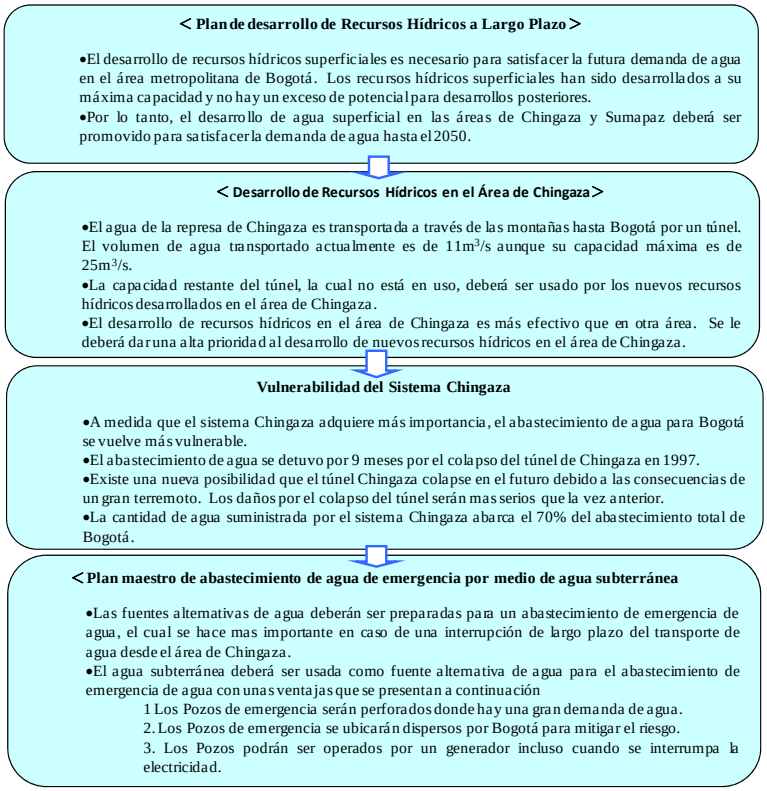
5.1.1 Abastecimiento de Agua en Caso de Emergencia

La política básica del Plan Maestro del abastecimiento de agua por medio del agua subterránea es la siguiente:

<Política Básica para el abastecimiento de agua por medio de Agua Subterránea

El desarrollo de recursos hídricos en el área de Chingaza deberá ser promovida para el abastecimiento sostenible de agua a largo plazo en el área metropolitana de Bogotá. Por otro lado, la conducción de agua desde el área de Chingaza es vulnerable a desastres naturales. Por lo tanto, las instalaciones de abastecimiento en caso de emergencia deberán ser planeadas para el uso de aguas subterráneas alrededor del área metropolitanita de Bogota.

Los antecedentes para la estrategia anterior son los siguientes:



5.1.2 Abastecimiento normal por medio de agua subterránea

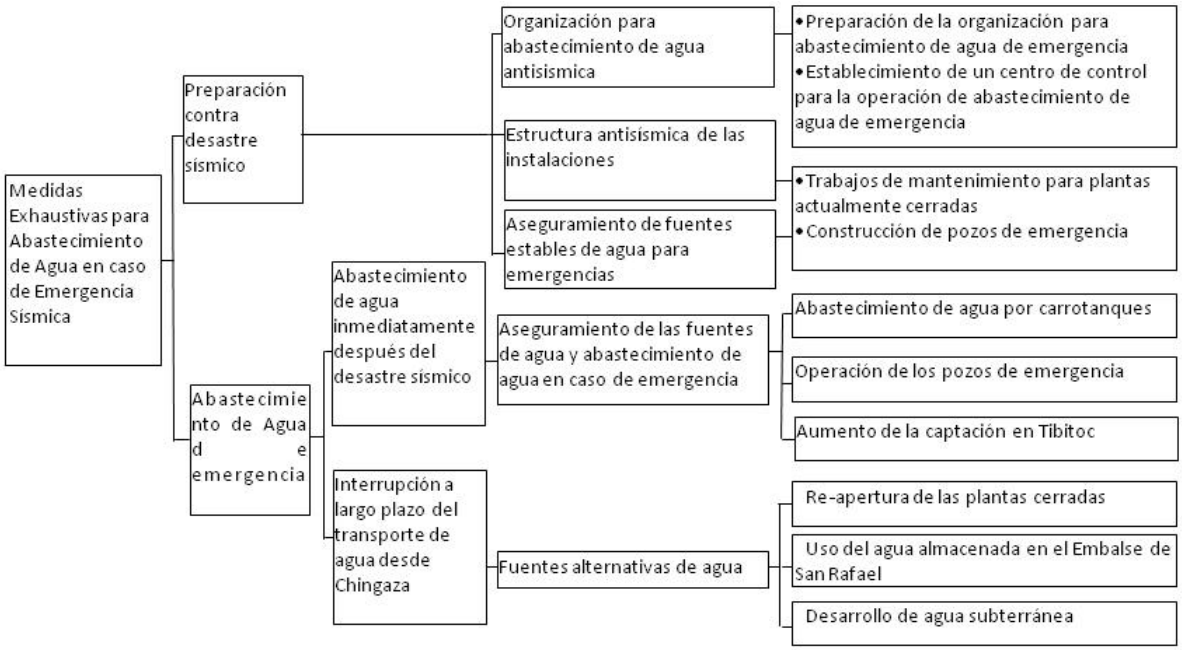
Como se describió en la sección anterior, las instalaciones para el abastecimiento por medio de agua subterránea son para casos de emergencia. Estas instalaciones necesitan una de mantenimiento regular.

5. 2. Plan de Abastecimiento de Agua en Caso de Emergencia

5.2.1. Alternativas para el Abastecimiento de Agua en Caso de Emergencia

(1). Medidas Exhaustivas para el Abastecimiento de Agua en Caso de Emergencia Sísmica

Las medidas exhaustivas propuestas para abastecimiento de agua en casos de emergencia se muestran en la Figura-2.5-1.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura-2.5- 1 Medidas Exhaustivas para el Abastecimiento de Agua en caso de Emergencia Sísmica

(2). Valoración del Daño al Sistema de Abastecimiento de Agua por Terremoto

Se valoran dos tipos de daño por terremoto para el sistema de abastecimiento de agua en Bogotá.

- Daños al sistema de tuberías en el Área Metropolitana de Bogotá.
- Daños al túnel y tuberías de conducción de agua de las fuentes de agua.

El escenario de los daños es el siguiente:

Inmediatamente Después de la Ocurrencia de un Desastre Sísmico (Escenario-1)

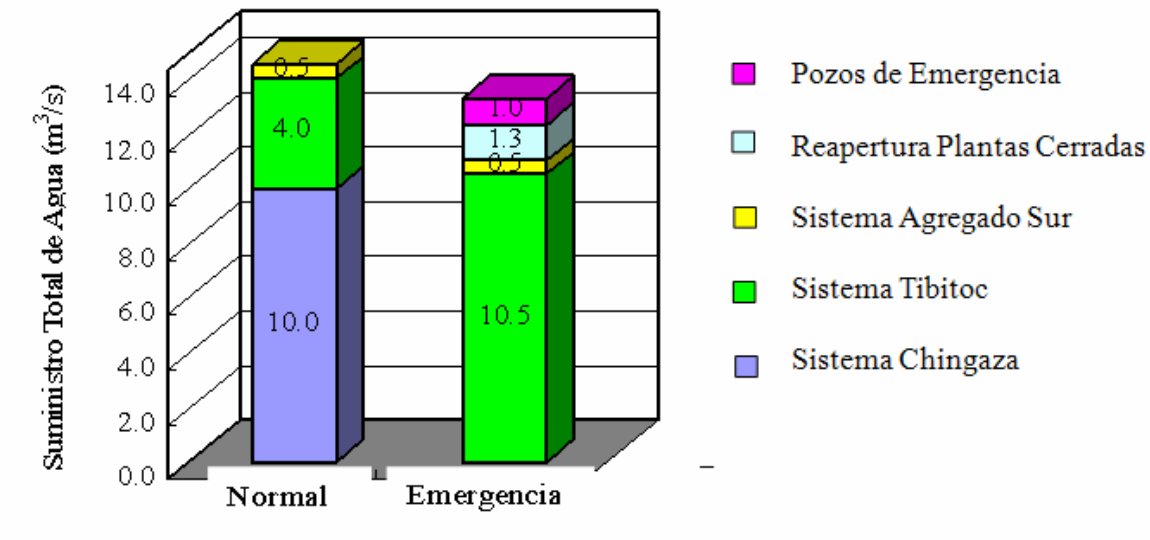
Inmediatamente después de la ocurrencia de un desastre sísmico el agua será distribuida por carrotanques, (propuesta del Equipo de Estudio de JICA), debido al daño a la red de tuberías en el área urbana. En este caso, el agua restante en los embalses/tanques del Acueducto y el agua subterránea de los pozos de emergencia serán las fuentes de agua para el abastecimiento de emergencia.

La cantidad de agua a ser abastecida inmediatamente después de un desastre sísmico deberá ser de 15 litros/día/persona, la cual es la cantidad mínima para supervivencia humana (objetivo del Acueducto).

Interrupción en la Conducción de Agua a Largo Plazo (Escenario-2)

Si el túnel de Chingaza colapsa, el abastecimiento de agua se puede ser interrumpido por un periodo

largo (Durante La Crisis de Chingaza en 1997, la interrupción del abastecimiento del agua duró 9 meses). En este caso, es necesario usar todas las fuentes alternativas de agua para mantener el abastecimiento normal. El abastecimiento de agua normal es de 14,5 m^3/s como se muestra en la Figura-5.2-2, donde el 70% corresponde al sistema Chingaza. Aunque el Sistema Chingaza sea interrumpido, 13.3 m^3/s de agua pueden ser suministradas por fuentes alternativas, como se muestra en la Figura-2.5-2.



Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 2 Recursos de Agua en Abastecimiento de Agua Normal y de Emergencia

5.2.2. Evaluación del Plan Alternativo

El plan alternativo para abastecimiento de agua en caso de emergencia se evalúa a continuación en la Tabla-2.5-1.

Tabla-2.5- 1 Evaluación del Plan de Abastecimiento en caso de emergencia

Alternativa	Estabilidad de las fuentes de agua en Emergencia		Costo (Nueva inversión)	Producción de Agua
	Inmediatamente después del desastre (hasta 1 semana)	Periodo de emergencia prolongado (hasta 9 meses)		
(a) Uso del agua almacenada en el Embalse de San Rafael	Inestable (se esperan daños a las instalaciones)	Estable por 3 meses	No es necesario	Grande (10 m^3/s ×3 meses)
(b)Aumento de la Captación en la Planta de Tibitóc	Inestable (se esperan daños a las instalaciones)	Estable	No es necesario	Grande (10,5 m^3/s)
(c) Sistema Agregado Sur	Inestable (se esperan daños a las instalaciones)	Estable	No es necesario	Pequeña (0,51 m^3/s)
(d) Re-apertura de las plantas de tratamiento cerradas	Inestable (se esperan daños a las instalaciones)	Estable	Necesario (para mantenimiento)	Pequeña (1,3 m^3/s)
(e) Pozos de emergencia.	Estable (abastecimiento de agua puntual en los pozos)	Estable	Necesario	Pequeña (1,5 m^3/s)

Fuente. Equipo de Estudio JICA

La alternativa de (e) "Pozos de Emergencia", es más estable que las otras, ya que los pozos de emergencia pueden ser ubicados de manera dispersa para cubrir toda la ciudad, lo cual es más útil para abastecer agua inmediatamente después de un desastre grave.

En caso de una interrupción prolongada en la conducción de agua desde el Sistema Chingaza (colapso del túnel de Chingaza), todas las alternativas para equilibrar el déficit de agua de Chingaza son necesarias. Por lo tanto, se propone que todas las alternativas propuestas en la Tabla-2.5-1 sean aplicadas para el abastecimiento de agua de emergencia.

5. 3. Demanda de Agua Subterránea

El objetivo del desarrollo de aguas subterráneas es asegurar el suministro de agua en caso de emergencias causada por un desastre natural, como un gran terremoto. Por lo tanto, el uso de agua subterránea deberá ser considerado como una fuente alternativa de agua para abastecimiento de emergencia y por lo tanto debe ser incluida en los planes de contingencia del Acueducto.

La demanda de agua subterránea en emergencias se estima en dos escenarios separados:

- Escenario 1: Daño en las redes de distribución de la ciudad de Bogotá.
- Escenario 2: Daño a la conducción de agua desde Chingaza.

Demanda del Escenario 1

Se estima con base en el volumen mínimo de agua de 15 litro/día/persona en emergencias, esperado por el Acueducto, y que corresponde al 15% del consumo habitual por habitante en Bogotá (90-110 litros/día/persona).

Demanda del Escenario 2

Se estima teniendo en cuenta la operación total de abastecimiento de otras plantas tales como Tibitóc, Vitelma, Yomasa y el Dorado, excepto en San Rafael (de Chingaza)

La Tabla-2.5-2 muestra la demanda de agua subterránea para dos casos en el 2007 y el 2020.

Tabla-2.5- 2 Demanda de agua subterránea en caso de emergencia

<table>
<tr><th>Escenario</th><th>Periodo de Rehabilitación</th><th colspan="3">Base de la Estimación</th><th>Demanda de Agua Subterránea</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1. <Escenario 1> Daño en las Redes de Distribución</td><td rowspan="2">60 días</td><td colspan="2">Por persona/día (a)</td><td>Población de Bogotá (b)</td><td>= (a) x (b)</td></tr>
<tr><td>Año 2007</td><td rowspan="2">15 litros [1)]</td><td>6,8 millones [2)]</td><td>1,18 m^3/s</td></tr>
<tr><td>Año 2020</td><td>9,7 millones [3)]</td><td>1,68 m^3/s</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2. <Escenario 2> Daños al túnel de conducción del Sistema Chingaza</td><td rowspan="3">9 meses</td><td colspan="2">Demanda Total (c)</td><td>Abastecimiento Máximo de las otras plantas (d)</td><td>= (c) – (d)</td></tr>
<tr><td>Año 2007</td><td>14,5 m^3/s</td><td rowspan="2">Tibitóc (10,5 m^3/s), Agregado Sur (0,5 m^3/s) otras (1,3 m^3/s)</td><td>2,2 m^3/s</td></tr>
<tr><td>Año 2020</td><td>18,4 m^3/s [4)]</td><td>6,1 m^3/s</td></tr>
</table>

Nota: 1) Volumen esperado del Acueducto, 2) Estimado a partir del censo del 2005, 3) "Proyecciones de la población, 2003" de Humberto Molina, 4) Plan Maestro del Acueducto 2005.

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

5. 4. Simulación de Aguas Subterránea

5.4.1 Pozos de Producción

(1). Ubicación de los Pozos

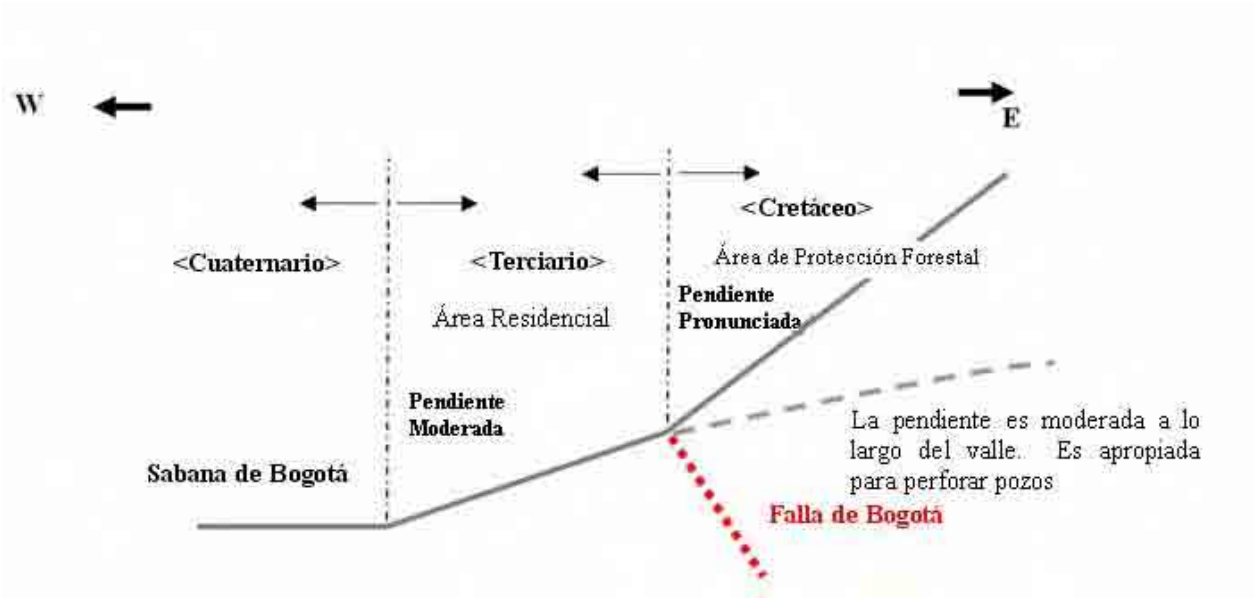
La ubicación de los pozos se planeó considerando el abastecimiento de agua en caso de emergencia.

La ubicación de los pozos se muestra en la Figura-2.5- 4. Se propuso un total de 64 pozos de los cuales 4 ya existen. La ubicación de los pozos fue seleccionada fuera del área de protección y del área urbana de mayor densidad (Ver Figura-2.5- 3)

(2). Pozos en el Área de Protección Forestal

La actividad económica, incluyendo la perforación de pozos, es prohibida dentro del área de protección forestal de los cerros Orientales. Sin embargo, hay algunos lugares apropiados para la perforación de pozos en los cerros Orientales. Como se muestra en la Figura-2.5-3 pendientes escarpadas con grandes alturas se encuentran generalmente en el área de protección forestal. Por consiguiente, la perforación de pozos no es apropiada. Sin embargo, hay algunos lugares donde las corrientes de la montaña cortan el valle amplio y profundo. Las áreas al interior de los valles son en ocasiones apropiadas para la perforación.

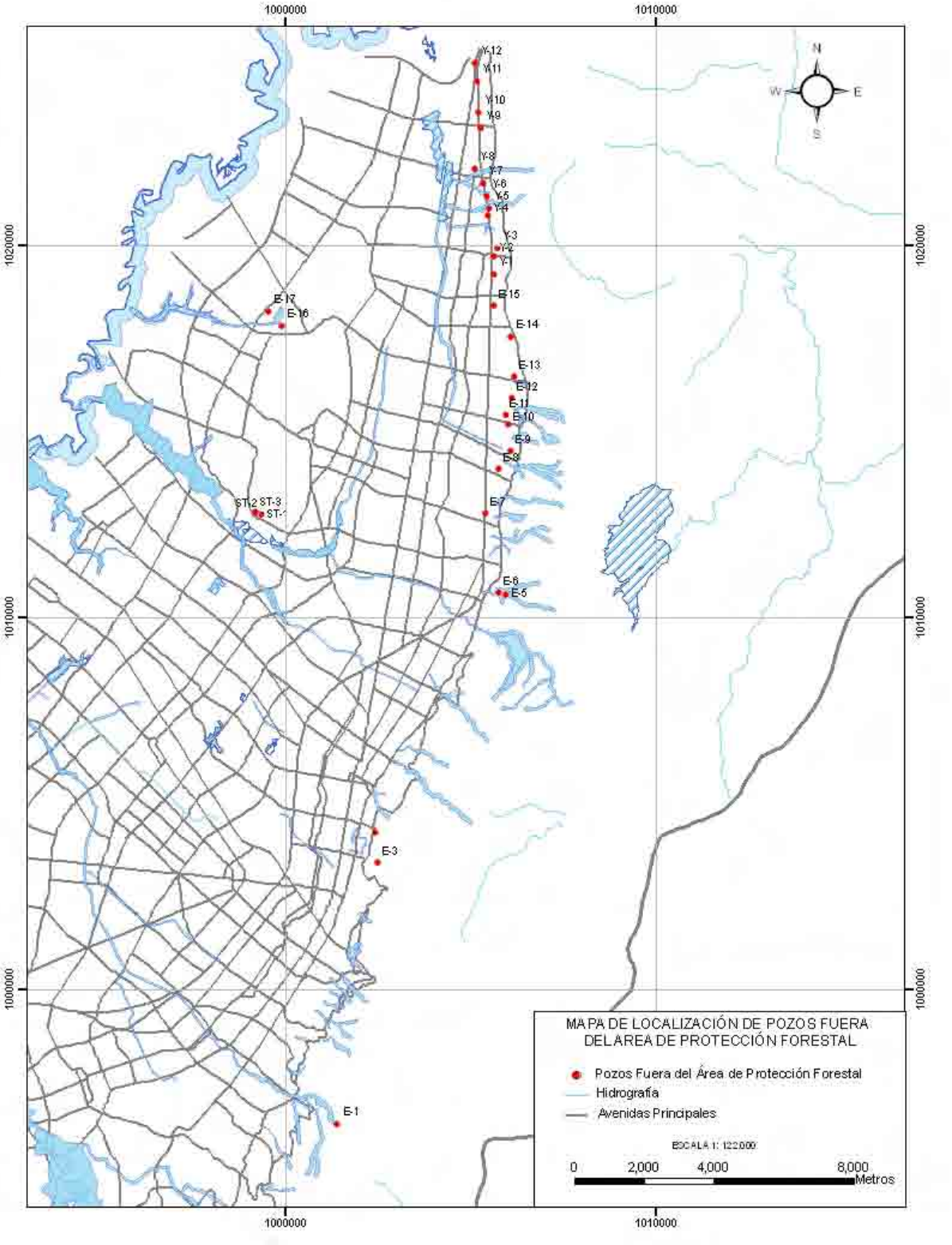
Los sitios de perforación fueron seleccionados siguiendo los criterios mencionados anteriormente.



Fuente. Equipo de Estudio JICA

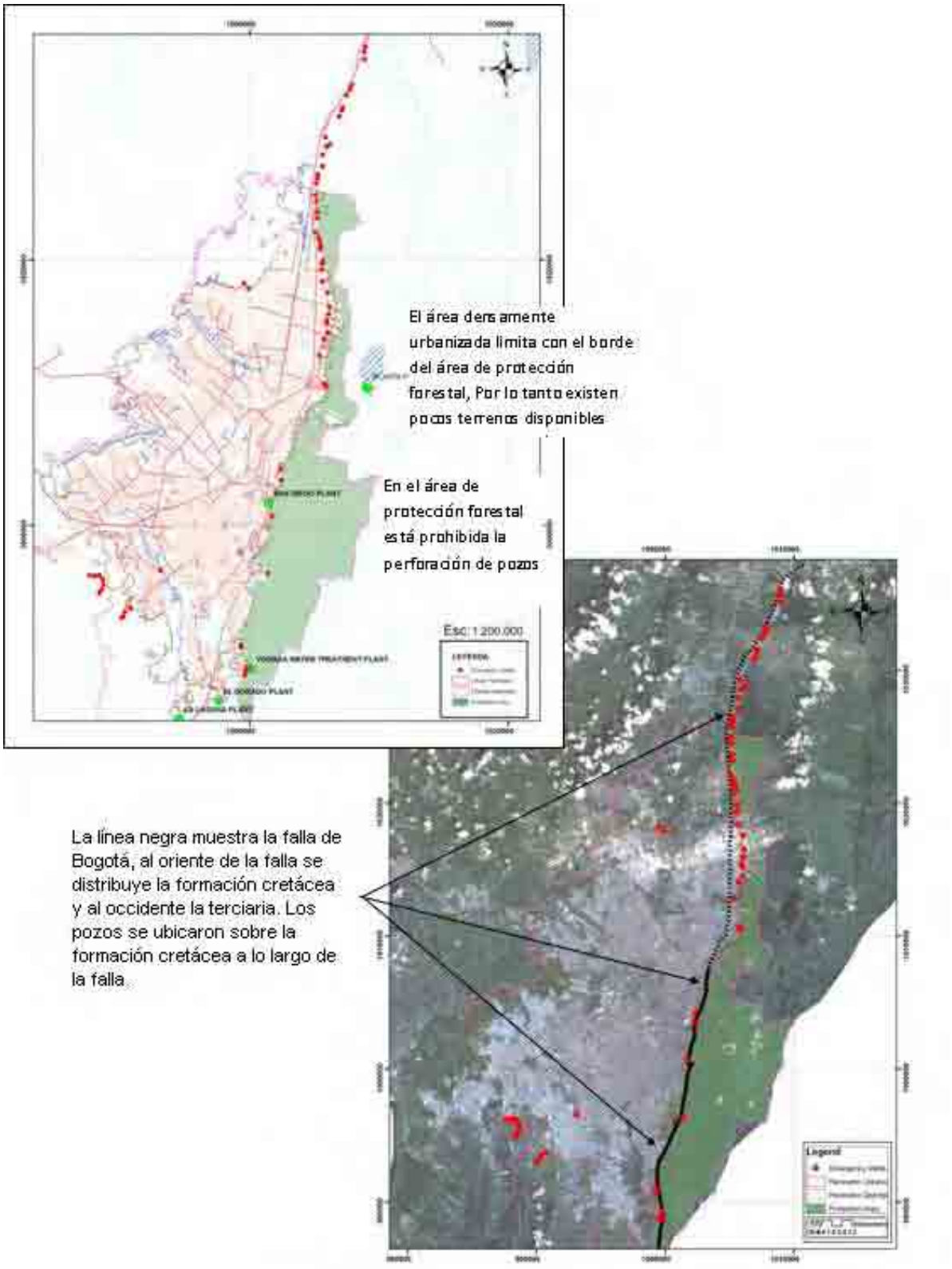
Figura-2.5- 3 Criterio para Perforar en los Cerros Orientales

Los sitios convenientes para la perforación de pozos dentro del área de protección son mostrados en la Figura-2.5-6 como referencia. Sin embargo la perforación de pozos dentro del área de protección forestal, no es permitida por las normas existentes.



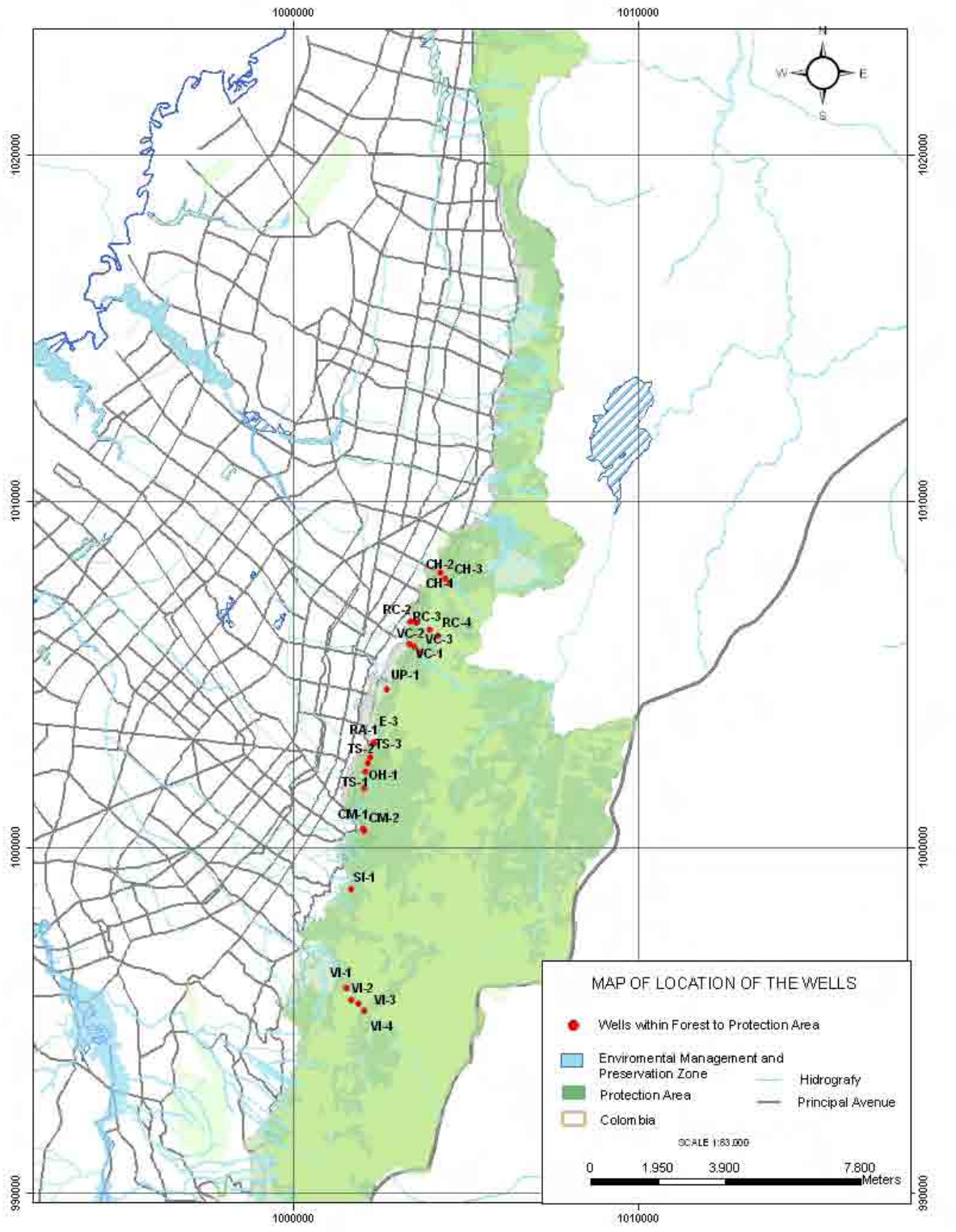
Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 4 Ubicación de Pozos para los Cerros Orientales



Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 5 Área de Protección Forestal y Área Densamente Urbanizada

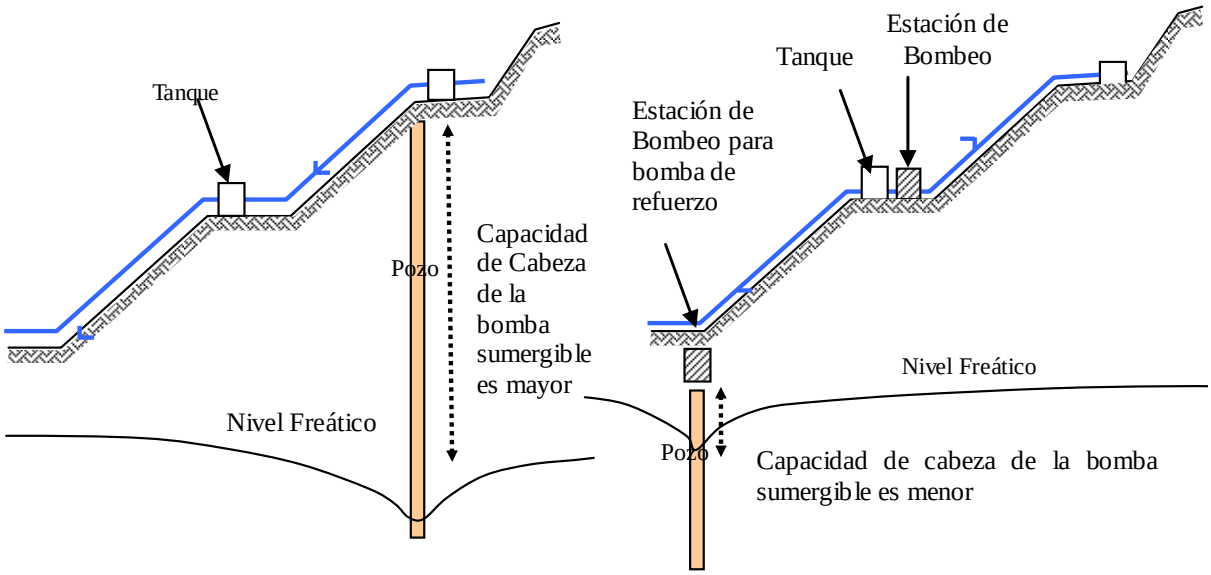


Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 6 Ubicación de Posibles Pozos dentro del Área de Protección Forestal

(3). Ubicación de los Pozos en la Ladera de los Cerros

Los pozos se ubicarán a lo largo de la ladera de los cerros principalmente. Los costos de construcción y operación de los pozos dependen de su ubicación como se muestra en la Figura-2.5-7.



Alternativa-1 Pozos ubicados en la parte Alta de los Cerros

Alternativa-2 Pozos ubicados en la parte Baja de los Cerros

Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 7 Alternativas para la Ubicación de los pozos

Los pozos deben estar ubicados en la parte baja de los cerros, si el acuífero Cretácico esta distribuido en la totalidad de la ladera, el agua subterránea será bombeada por bombas sumergibles desde cada pozo hacia un tanque en la superficie. Luego, el agua subterránea en el tanque será bombeada de nuevo hasta la parte alta de los cerros mediante una bomba elevadora de presión, lo cual es más eficiente en los costos de operación que bombear el agua subterránea de un pozo directamente a la parte alta de los cerros.

(4). Número de Pozos

La producción de cada pozo debe estar entre 1.500 y 3.000 m^3/día, teniendo en cuenta la capacidad del acuífero Cretácico, al igual que el diámetro estándar de los pozos y la capacidad disponible de la bomba sumergible. En este Estudio se proponen 62 pozos. La producción ideal de los 62 pozos esta alrededor de 1 m^3/s a 2 m^3/s.

5.4.2 Producción Óptima

(1). Producción Optima

La producción optima de los pozos esta restringida por el potencial de desarrollo de agua subterránea. Ésta se decidirá considerando cuidadosamente el impacto del bombeo sobre el nivel freático. Para decidir la producción óptima, se examinaron seis alternativas de producción (ver Tabla-2.5- 3). El abatimiento del nivel freático para cada alternativa de producción fue analizado mediante una simulación de aguas subterráneas.

Tabla-2.5- 3 Alternativas de producción de los pozos

Alternativa	Producción Total (m^3/s)	Producción por pozo (El número total de pozos es de 6)	Anotaciones
Alternativa-1	1	84.400 m^3/día	= corresponde al escenario-1 en el 2007
Alternativa-2	2	172.800 m^3/día	
Alternativa-3	3	432.000 m^3/día	
Alternativa-4	4	345.600 m^3/día	
Alternativa-5	5	432.000 m^3/día	
Alternativa-6	6	518.400 m^3/día	= corresponde al escenario-2 in el 2020

Fuente. Equipo de Estudio JICA

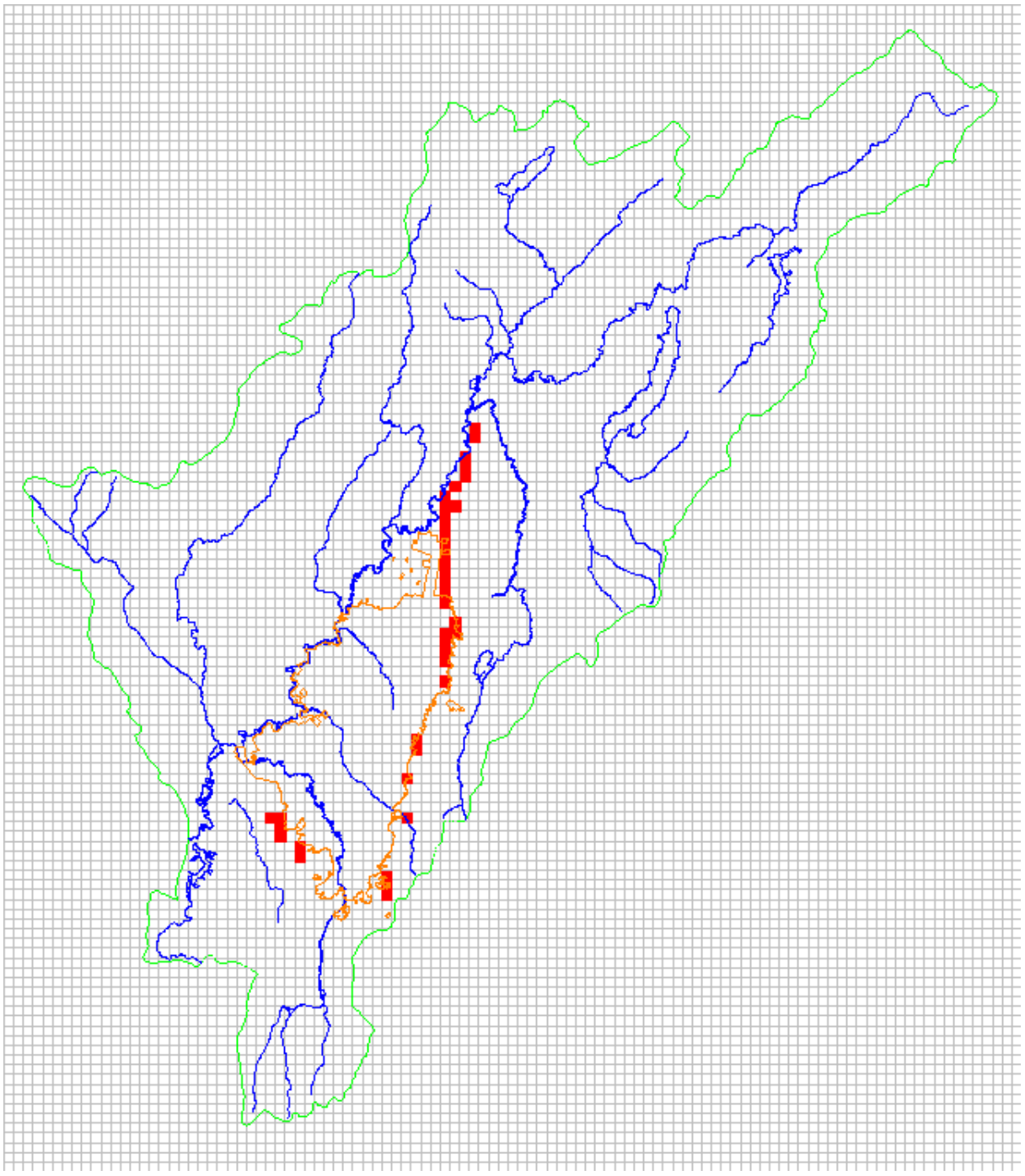
(2). Plan de Bombeo de Acuerdo a la Simulación de Aguas Subterráneas

Se investigo la influencia del bombeo de los 62 pozos planeados (en el acuífero Cretáceo) sobre la distribución de la cabeza hidráulica en los acuíferos circundantes. Con base en el análisis de su influencia, el plan óptimo de bombeo fue seleccionado entre la alternativa 1 a la alternativa 6.

La tasa de bombeo para cada pozo en el modelo de simulación fue asignada de acuerdo a las siguientes suposiciones:

- La tasa de bombeo total esta distribuida equitativamente entre los 62 pozos planeados.
- Todos los pozos operan 24 horas.
- La tasa de bombeo varía entre 1,0 m^3/s y 6,0 m^3/s de acuerdo a las diferentes alternativas de simulación. Alternativa-1 hasta la Alternativa -6 en la Tabla-2.5-3.
- El periodo de simulación se fija entre 0 y 365 días (=12 meses)

La ubicación de los pozos planeados en el modelo se muestra en la Figura-2.5-8.



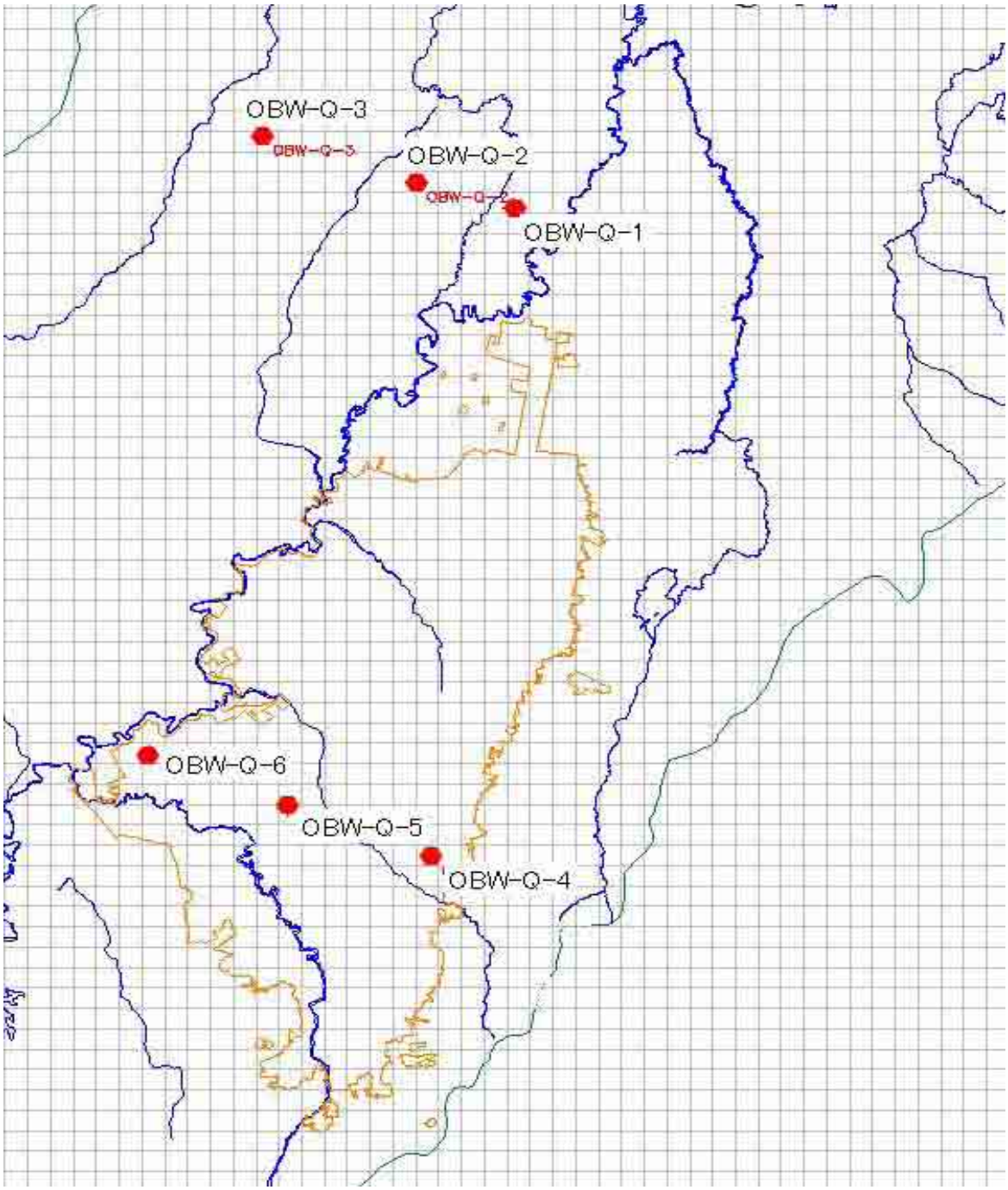
Fuente. Equipo de Estudio JICA

Nota: Las celdas rojas representan aquellas con pozos de bombeo- hasta 3 pozos por celda.

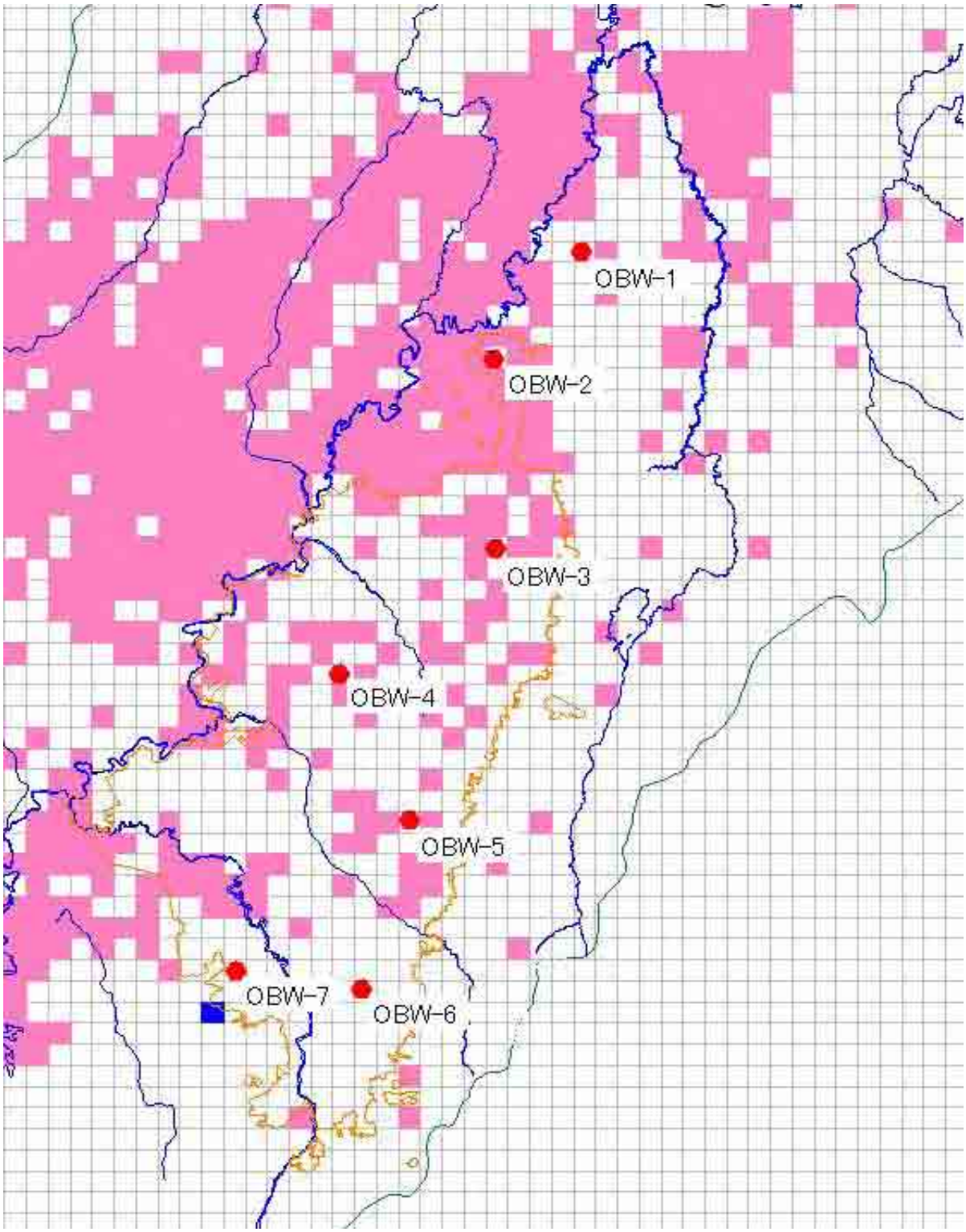
Figura-2.5- 8 Distribución en el Modelo de los Pozos Planeados

(3). Pozos de Observación de Niveles

Se observó una reducción del nivel freático y de cabeza hidráulico debido al bombeo de los nuevos pozos planeados en el acuífero Cretáceo y en la capa de sedimentos del Cuaternario encima de éste. La ubicación de los pozos se muestra en la Figura-2.5-9.



Pozos de Observación en la capa de sedimentos Cuaternaria



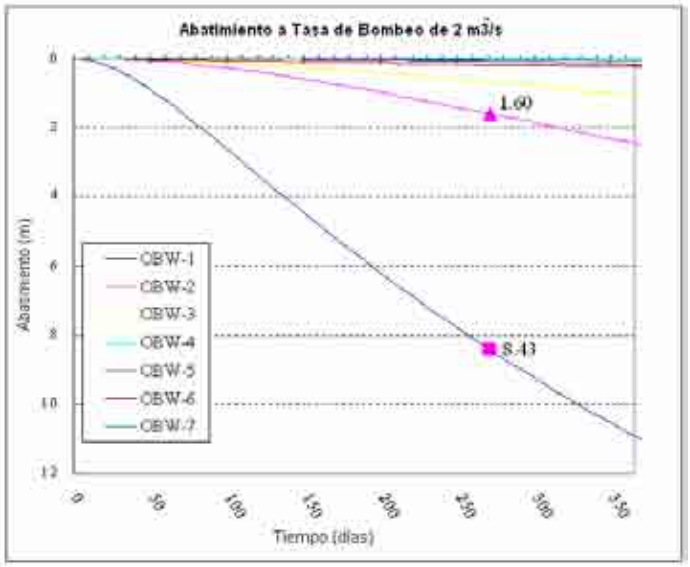
Pozos de Observación en el Acuífero Cretáceo

Fuente. Equipo de Estudio JICA

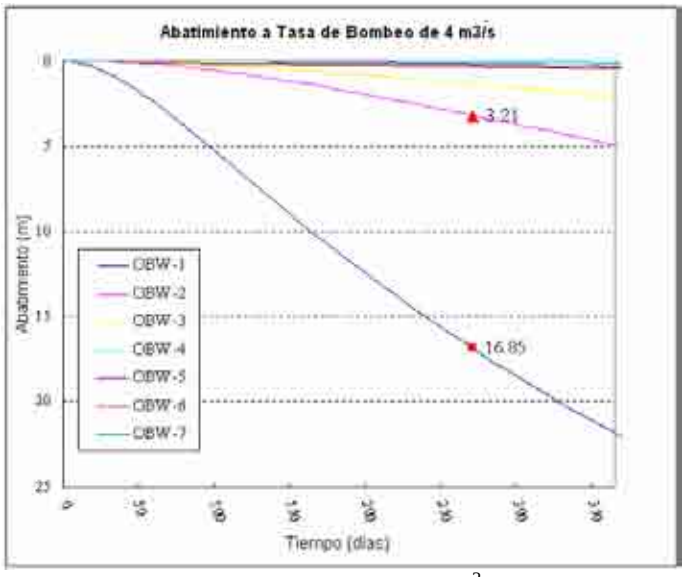
Figura-2.5- 9 Ubicación de los Pozos de Observación

a) Reducción del nivel Freático en el Acuífero Cretáceo

Como resultado de la simulación transitoria se calculó la disminución de la cabeza hidráulica con relación al tiempo de bombeo en cada pozo de observación. Dos ejemplos se muestran en la Figura-2.5-10.



Escenario 2 (tasa total de bombeo 2,0 m^3/s)



Escenario 4 (tasa total de bombeo 4,0 m^3/s)

Nota: Los marcadores indican la reducción en un tiempo de 271 días (9 meses).

Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 10 Relación Reducción Nivel Freático-Tiempo de Bombeo en el Acuífero Cretáceo

b) Abatimiento de Niveles en las capas del Sedimento Cuaternario

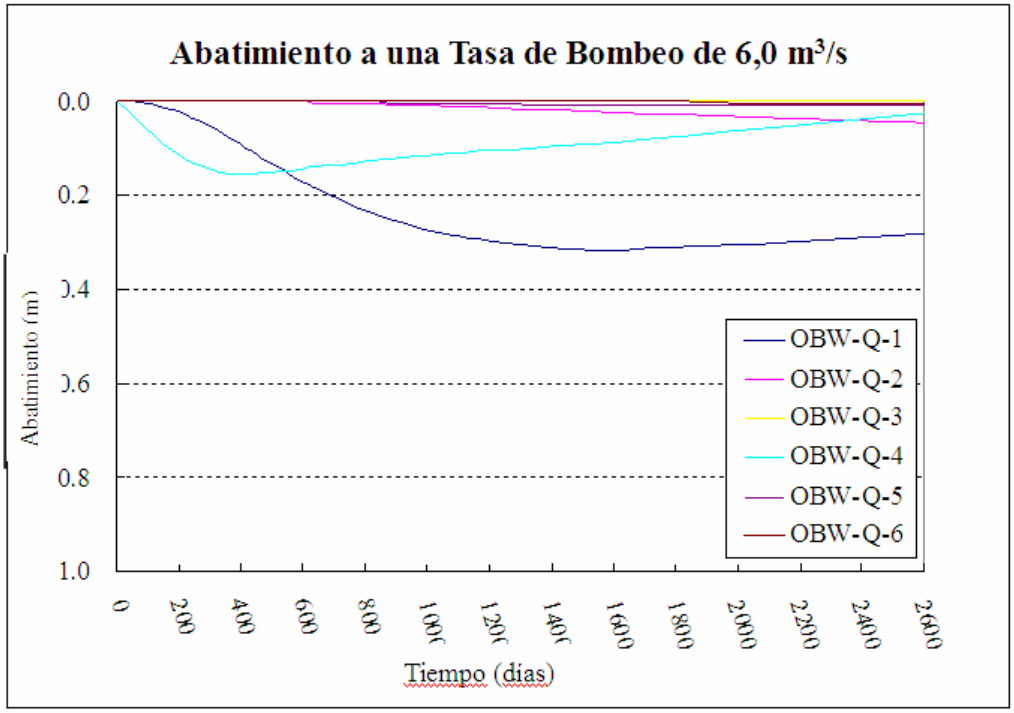
El abatimiento en las capas de sedimentos del Cuaternario después de 271 días (para el caso del Escenario 6 el cual presenta la tasa de bombeo más alta) fue muy pequeño. Por lo tanto la posibilidad de subsidencia se considera muy pequeña e insignificante en esta área.

c) Resultado de la Simulación

De acuerdo a los resultados de la simulación subterránea, se establecen las siguientes conclusiones respecto al comportamiento del agua subterránea debido al bombeo de 62 nuevos pozos.

- El abatimiento máximo después de nueve meses de operación en un área donde las condiciones hidrogeológicas no son favorables y bajo la tasa de bombeo más alta (6.0 m^3/s) es de 25 m. El abatimiento promedio del nivel freático se estima alrededor de 5 m. (bajo las mismas condiciones). Se considera que un abatimiento de este nivel no entorpece la operación de los pozos de bombeo.

- El bombeo de los pozos nuevos no tiene mayor efecto sobre el nivel freático de la capa de sedimentos del Cuaternario.



Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 11 Reducción de los niveles freáticos en las capas del sedimento cuaternario

d) Producción Óptima

Se estima que la producción promedio de agua subterránea de un pozo es de 2,000m^3/día. Por lo tanto, la producción total para 62 pozos podría ser calculada en 1.44m^3/s. Esta cifra será implementada para el diseño de las instalaciones. Sin embargo, la posibilidad des esta producción será examinada desde el punto de vista hidrogeológico. Se espera que el impacto ambiental del bombeo de los 62 pozos planeados sea el siguiente:

a) Disminución del nivel freático en los otros pozos existentes.

b) Subsidencia de la formación Cuaternaria debido a la disminución del nivel freático.

La disminución ó abatimiento del nivel freático del acuífero Cuaternario por las alternativas de bombeo planteadas es muy pequeño y por lo tanto despreciable. En conclusión la producción óptima se planea de acuerdo a los siguientes criterios:

<Impacto a los pozos existentes>

La disminución del nivel freático en los pozos existentes por efecto de bombeo de los 62 pozos planeados puede ser pequeña y no afectará su uso. Los pozos existentes son utilizados principalmente para uso agrícola e industrial. En caso de emergencia, la prioridad será el abastecimiento de agua a la comunidad por lo tanto el bombeo de los pozos de emergencia es prioritario sobre el bombeo de los privados.

<Impacto en la subsidencia del suelo>

La producción planeada de 1,44m^3/s esta entre la Alternativa -1(1m^3/s) y la Alternativa-2 (1m^3/s), permitiendo también, una menor subsidencia del suelo que las resultantes de las otras Alternativas. Considerando la de los datos del suelo. En consecuencia, la producción planeada de 1.44 m^3/s podrá ser la producción óptima.

5.4.3 Instalaciones Para el Tratamiento de Agua

(1). Plan Para las Instalaciones de Tratamiento de Agua

El plan óptimo para las instalaciones de tratamiento de agua se formulará básicamente sobre las siguientes condiciones:

1) La calidad del agua subterránea del estrato Cretáceo se considera mejor que la del estrato Cuaternario. Los ítems de la calidad de agua subterránea a ser analizados son Hierro (Fe) y Manganeso (Mn).
2) En caso que el agua cruda presente substancias difíciles de remover por la Alternativa A-1 (tales como turbidez, ácido silícico soluble y demás), se adoptará el sistema convencional: mezcla, coagulación, sedimentación y filtración.
3) En caso que la concentración de Fe y Mn en el agua subterránea pueda ser disminuida mediante una mezcla con agua tratada, se adoptaría el sistema de combinación de cloración y mezcla con agua tratada.

Con base en los puntos mencionados se proponen cuatro alternativas, dependiendo del uso y la calidad del agua subterránea, como se muestra en la Tabla-2.5- 4.

Tabla-2.5- 4 Alternativas para el Sistema de Tratamiento de Aguas Subterránea

Condiciones de la calidad del agua cruda / Condiciones del abastecimiento de Agua			**Caso donde el Fe y el Mn excede el valor estándar**			**Caso donde el Fe y el Mn están dentro los valores estándar**
			Alternativa A-1	**Alternativa A-2**	**Alternativa A-3**	**Alternativa B-1**
Escenario de Desastre	1. Daños a la red de distribución de Agua en Bogotá	El periodo de abastecimiento de agua será alrededor de diez días	Cloración	Cloración + Sistema Pequeño[1]	Sistema Convencional[2]	Cloración
	2. Daños al túnel de conducción de agua de Chingaza	El periodo de abastecimiento de agua de emergencia será cercano a 9 meses	Cloración＋ Mezcla con otras aguas tratadas.	Cloración＋ Sistema Pequeño[1]	Sistema Convencional	Cloración
Costos de Construcción/Costos de Operación			Bajo	Medio	Alto	Bajo

Anotaciones:

1. Sistema Pequeño: Sistema Compuesto de Filtración por Arena (tipo de filtración a presión).
2. Sistema Convencional: Sistema compuesto por sedimentación y filtración por arena.

Fuente. Equipo de Estudio JICA

(2). Sistema de Tratamiento de Agua

Los criterios para establecer el sistema de tratamiento de lodos para cada alternativa de tratamiento de agua se muestran en la Tabla-2.5-5.

Tabla-2.5- 5 Calidades deseadas de agua cruda y agua tratada (Alternativas A-1 y B-1)

Ítem de Calidad de Agua	Unidades	Calidad Esperada del Drenaje por Alternativa			Diseño Efluente Estándar	Estándar
		A-1 y B-1	A-2	A-3		
pH	-	-	5,8-8,6	5,8-8,6	5,8-8,6	Estándares de Calidad de Agua en Japón
Turbiedad	NTU	-	Menor que 100	Mayor que 1.000	Menor que 200	Estándares de Calidad de Agua en Japón
Fe	mg/l	-	Menor que 10*[2]	Mayor que 50	Menor que 10 (Hierro Soluble)	Estándares de Calidad de Agua en Japón
Mn	mg/l	-	Menor que 10	Mayor que 50	Menor que 10 (Manganeso Soluble)	Estándares de Calidad de Agua en Japón
Necesidad de Tratamiento de lodos		**No** (No drenaje)	**No**	**Si***[1]		

Notas: 1.En caso que la concentración de hierro en el drenaje sea mayor a 10 mg/l la instalación del espesante debe ser examinada.

Fuente. Equipo de Estudio JICA

Los residuos de las Alternativas A-1 y B-1 se estima están dentro de los estándares de desechos en Colombia. Por lo tanto, teniendo en cuenta el costo de efectividad contra los costos de construcción, no se aplican sistemas de tratamientos de lodos en este plan maestro.

El sistema de tratamiento de lodos solo se aplicará cuando la Alternativa A-3 sea adoptada.

(3). Selección del Sistema de Tratamiento de Agua y Lodos

El sistema de tratamiento de agua y lodos propuesto finalmente en este Plan Maestro se muestra en la Tabla-2.5- 6. Se escogió teniendo en cuenta: calidad del agua cruda, tipo de tratamiento necesario y relación costo-efectividad.

Tabla-2.5- 6 Sistema de Tratamiento de Agua y Lodos Propuesto a ser Aplicado en este Estudio

Sistema Propuesto		Contenido
Ítem	Tipo de Tratamiento	
Tratamiento de Agua	Alternativa-2	Cloración＋Sistema pequeño[1)]
Tratamiento de Lodos	No es necesario	El tratamiento de lodos no es necesario en principio. Sin embargo, el tratamiento mínimo necesario debe ser implementado para prevenir un impacto ambiental.

Notas: 1. Sistema pequeño: El sistema compuesto de filtración por arena (Filtración por presión).

Fuente. Equipo de Estudio JICA

5.4.4 Plan para las Instalaciones Conducción y Distribución de Agua

La composición fundamental del sistema de conducción y distribución para abastecimiento de agua subterránea en caso de emergencia, desde las instalaciones de captación hasta las de distribución se muestra en la Figura-2.5- 12.

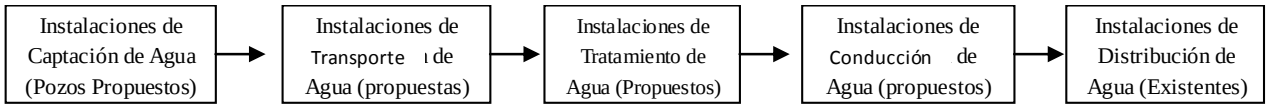
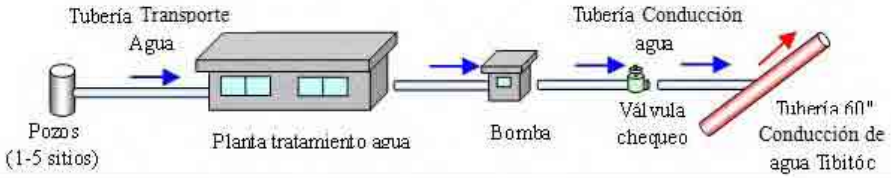
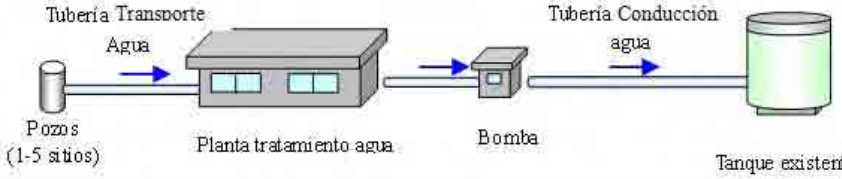
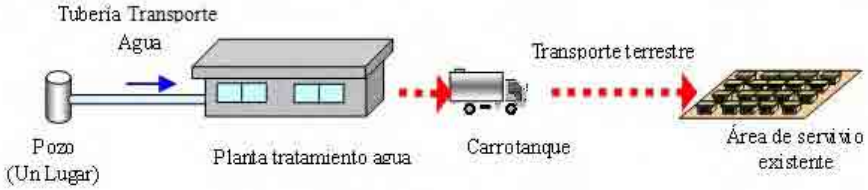


Figura-2.5- 12 Composición de las Instalaciones de Conducción y Distribución de Agua para la Utilización de Agua Subterránea en caso de Emergencia

En cuanto a la composición de las instalaciones de conducción y distribución, se planean tres posibilidades como se muestra en la Figura-2.5-13. El abastecimiento de agua por medio de agua

subterránea se propone como método de emergencia. Sin embargo, el sistema de agua subterránea está disponible para un eventual abastecimiento de agua regular.

Forma	Propósito de la Transmisión/ Distribución	Composición de las instalaciones de transmisión y distribución de agua para el uso de agua subterránea
Tipo-1	Regular/ Emergencia	
Tipo-2	Regular/ Emergencia	
Tipo-3	Emergencia	

Fuente. Equipo de Estudio JICA

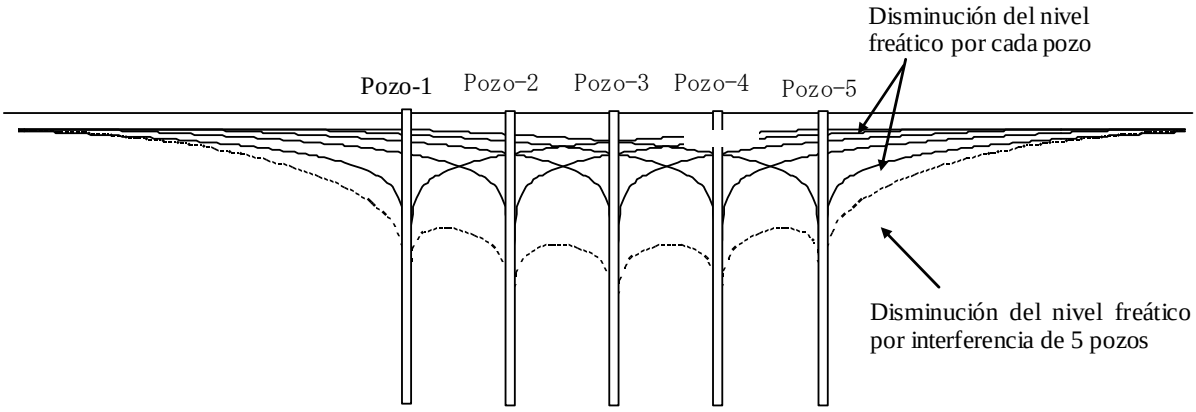
Figura-2.5- 13 Composición de las Instalaciones de Conducción y Distribución de Agua para Uso de Agua Subterránea

5. 5. Manejo de la Operación de los Pozos

(1). Interferencia y Producción de los Pozos

Se propone que la producción total de los pozos sea 62 x 2.000 m^3/día = 1,44 m^3/s. Sin embargo, sería necesario aumentar la producción de los pozos cuando urgentemente se requiera una mayor cantidad de agua. En este caso, existe una gran posibilidad que se presente una disminución significativa del nivel freático dada la interferencia de los pozos.

Si los pozos se ubican en línea recta, la disminución del nivel freático causada por la interferencia entre pozos será mayor en el centro (pozo-3) como se aprecia en la Figura-2.5- 14.



Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 14 Interferencia entre 5 Pozos

Por lo tanto, cuando una gran cantidad de agua es bombeada desde el campo de los pozos, es necesario controlar la producción de cada pozo para evitar una disminución perjudicial del nivel freático por interferencia entre pozos. Se planea bombear en promedio hasta 2.000 m^3/día de agua subterránea de cada pozo en caso de emergencia. En caso de necesitar una mayor cantidad de agua, la tasa de bombeo de cada pozo seria aumentada de formas diferentes para cada pozo.

(2). Distribución Óptima de la Producción por Pozo

Para aumentar la producción de los pozos es necesario distribuir las producciones óptimas de cada pozo. Ésta se examinó mediante una programación lineal. El objetivo y las restricciones de la programación lineal son las siguientes:

- Objetivo: Obtener la producción máxima de los 62 pozos.
- Restricción: Provocar el mismo grado de abatimiento de agua subterránea en cada pozo.

(3). Resultado del Cálculo

De acuerdo a los resultados calculados, la producción de los pozos debe ser distribuida de 100% a 40% desde el centro del campo de los pozos hacia los extremos.

5. 6. Análisis de Subsidencia del Terreno

La subsidencia del terreno ocasionada por los proyectos propuestos fue analizada de la siguiente manera:

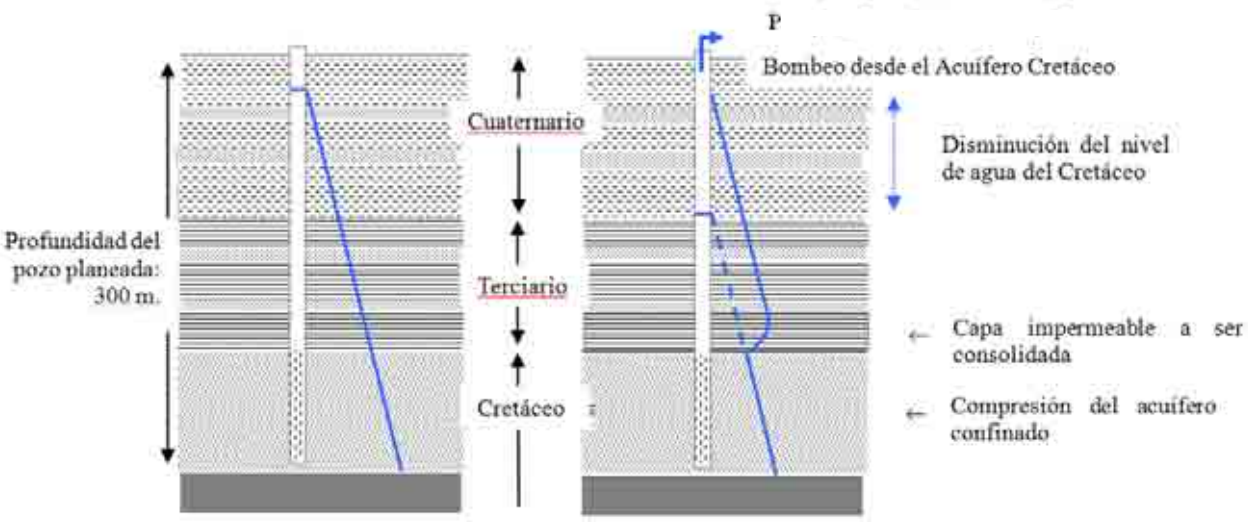
(1). Modelo de Subsidencia en el Área de Estudio

El mecanismo de subsidencia del terreno en el Área de Estudio a causa del proyecto propuesto se muestra en la Figura-2.5- 15.

Como se muestra en la figura solo una parte limitada de la capa Terciaria, la cual tiene contacto con el acuífero Cretáceo, estará influenciada por el bombeo desde el acuífero Cretáceo.

Modelo de Consolidación

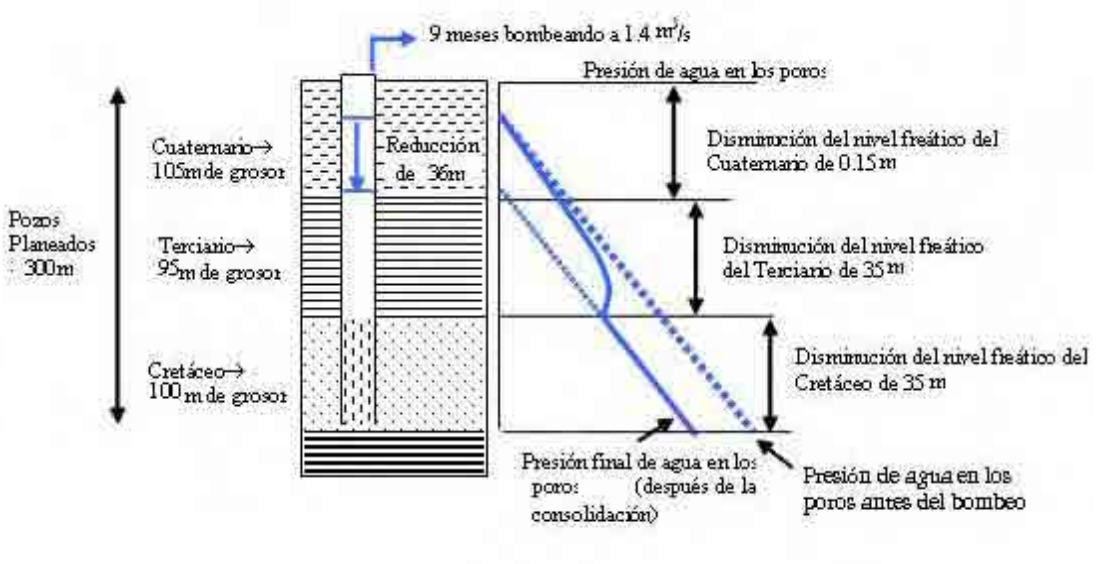
El modelo para el análisis de consolidación por los proyectos propuestos se muestra en la Figura-2.5-16. Los valores de reducción en la presión de agua en los poros son resultado de la simulación de agua subterránea.



Antes del bombeo b) Después del Bombeo

Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 15 Mecanismo de Subsidencia del Terreno



Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 16 Modelo de Consolidación

Cantidad de Subsidencia del Terreno

Se calculó la cantidad de subsidencia del terreno estimada a partir del modelo en la Figura-5.27. Los resultados se presentan en la Tabla-2.5- 7.

Tabla-2.5- 7 Cantidad de Subsidencia del Terreno

Geología	Condiciones para la Consolidación	Factor Tiempo (Tv)	Cantidad de subsidencia después de 9 meses de bombeo		
			Subsidencia final (m)	Grado de Consolidación (%)	Subsidencia después de 9 meses de bombeo (m)
			(a)	(b)	(a)×(b)
Cuaternario	Un lado	9.6×10^{-5}	0.02	5	0.001
Terciario	-	-	0.003325	100	0.003325
Cretáceo	-	-	0.00105	100	0.00105
Total					0.0091

Fuente. Equipo de Estudio JICA

Tal como se menciona anteriormente, la cantidad de subsidencia del terreno después de 9 meses de bombeo es muy pequeña, debido a que las capas Cuaternarias y Cretáceas previenen la subsidencia de las capas Cuaternarias suaves.

5. 7. Proyecto Piloto para el Uso de Agua Subterránea

El objetivo general del Acueducto con el Proyecto Piloto para uso de agua subterránea es conocer sus problemas técnicos y sus soluciones. Los objetivos del Proyecto son:

- Conocer y resolver problemas técnicos en cuanto a la construcción, operación y manejo de las instalaciones de abastecimiento de agua en caso de emergencia mediante agua subterránea.

- Estimar costos de construcción, operación y manejo de las instalaciones de abastecimiento de agua de emergencia mediante agua subterránea.

En este proyecto, un pozo de emergencia será conectado a la tubería de agua existente para distribuir el agua subterránea en el sistema de abastecimiento de agua.

Ubicación del Proyecto Piloto

Dadas sus buenas condiciones, el proyecto piloto debe ser implementado en el estanque de sedimentación de Vitelma del Acueducto.

Instalaciones para el Proyecto Piloto

Las instalaciones para abastecimiento de agua en emergencia consisten de un pozo, instalaciones simples para el tratamiento de agua, instalaciones eléctricas y tuberías. El agua subterránea bombeada del pozo proviene del acuífero Cretáceo y presenta buena calidad para su consumo aunque contiene concentraciones de Fe y Mn un poco altas. Las instalaciones de tratamiento para remover el Fe y el Mn son necesarias.

Uso Efectivo del Proyecto Piloto

En este Estudio se propone el Plan Maestro del proyecto de abastecimiento de agua en emergencia mediante agua subterránea. Después del proyecto piloto, se pueden implementar proyectos similares a éste, que finalizarían con el proyecto propuesto de 62 pozos para el abastecimiento de emergencia.

5. 8. Plan de Monitoreo

El mantenimiento de los pozos es necesario para el uso de los pozos de producción durante periodos largos en las mejores condiciones. Para esto se necesitan monitoreos de diferentes tipos como los

indicados a continuación:

Monitoreo para controlar la producción de los pozos.

Monitoreo para inspeccionar el impacto ambiental del bombeo.

Monitoreo para Controlar la Producción de los Pozos

El contenido del monitoreo se describe en la Tabla-2.5-8.

Tabla-2.5- 8 Monitoreo para Inspeccionar La Influencia del Bombeo sobre el Ambiente Natural

Objetivo	Ítem a ser monitoreado		Frecuencia Monitoreo	Uso del Resultado del Monitoreo
	Ítem	Anotaciones		
Nivel Freático	Nivel Freático Dinámico de los pozos en operación (nivel estático del agua de los pozos no operados)	El nivel freático será medido por un registrador automático	Observación Continua	• Se realizará la limpieza de los pozos cuando la capacidad específica del pozo disminuya[1)]. • Se detectarán fallas en el bombeo[2)]
Producción	Producción del Pozo	La producción del pozo será observada por un medidor de flujo	Observación Continua	• La producción será controlada de acuerdo al nivel freático
Calidad del Agua	Estándares de Calidad del Agua	Tanto el agua cruda como la tratada serán muestreadas y analizadas.	Una Vez/mes	• Se juzgará la conveniencia del agua potable. • Los cambios en la calidad del agua proveerán información sobre el cambio de las propiedades del acuífero.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Monitoreo para Inspeccionar el Impacto Ambiental del Bombeo

El contenido de este monitoreo se resume en la Tabla-2.5- 9

Tabla-2.5- 9 Monitoreo para inspeccionar el Impacto Ambiental causado por el bombeo

Objetivo	Ítems a ser Monitoreados		Frecuencia	Uso del Resultado del Monitoreo
	Ítem	Anotaciones		
Nivel Freático del Pozo	Nivel estático del agua en los pozos de observación	Los niveles estáticos del agua de los pozos de observación del Cuaternario serán medidos por un medidor automático. El pozo de observación debe estar cerca de los pozos de producción del Cretáceo.	Observación Continua	Se determinará el impacto del bombero en el acuífero Cretáceo sobre el nivel freático del Cuaternario.
Subsidencia	Elevación del Terreno	La elevación en el terreno del pozo de observación Cuaternario será observada.	Una vez cada seis meses	Se puede juzgar la ocurrencia de deslizamientos de tierra en el Cuaternario y la relación entre la subsidencia de tierra y el bombeo desde el acuífero Cretáceo.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

5. 9. Institución y Operación/Mantenimiento

(1). Procedimiento de Abastecimiento de Agua en Caso de Emergencia

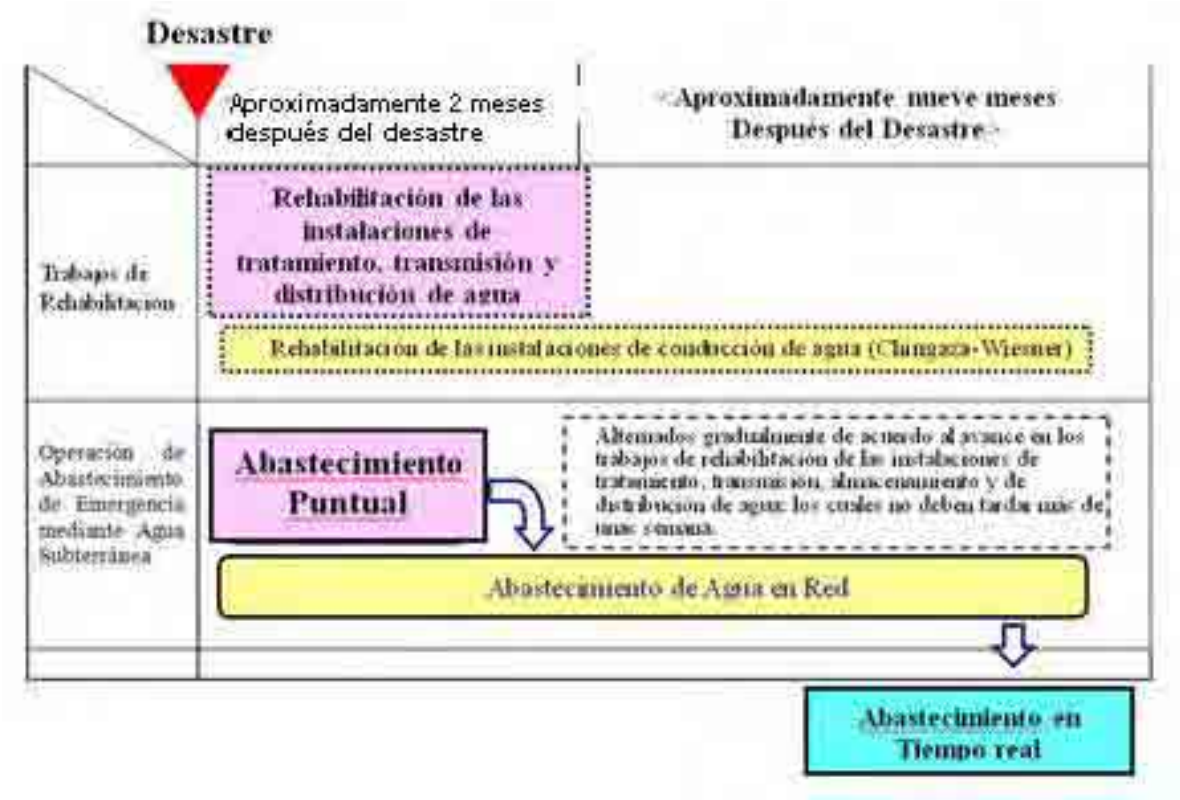
La organización encargada del abastecimiento de agua en caso de emergencia es la Gerencia Corporativa de Sistema Maestro a mando del Gerente General del Acueducto. En las etapas tempranas de la operación de emergencia, una comunicación cercana con las organizaciones relacionadas será especialmente necesaria.

(2). Operación y Mantenimiento para el Abastecimiento de Agua Subterránea en Caso de Emergencia

Los tipos de operación para abastecimiento de agua subterránea en caso de emergencia se clasifican de la siguiente manera:

1) **Abastecimiento Puntual de Agua:** Abastecimiento de agua usando carrotanques para su distribución. Los carrotanques irán a los puntos de distribución de agua (pozos o instalaciones de tratamientos propuestos en la Sección 7.4) y después a la comunidad.
2) **Abastecimiento de Agua en Red:** Abastecimiento de agua utilizando las instalaciones de tratamiento, conducción y distribución existentes o rehabilitadas con un sistema automático de control. Los carrotanques también pueden estar disponibles, siendo abastecidos por hidrantes de la red del sistema de abastecimiento de agua.

La coordinación de los dos tipos de abastecimiento de agua de emergencia se ilustra en la Figura-2.5-17. La operación de los dos tipos de abastecimiento de agua de emergencia debe ser alternada gradualmente de acuerdo al avance de los trabajos de rehabilitación en las instalaciones de tratamiento, conducción y distribución de agua; los cuales no deben tardar más de dos meses.



Fuente: Equipo de Estudio JICA.

Figura-2.5- 17 Operación de Abastecimiento de Agua Subterránea en Caso de Emergencia

(3). Personal para el Abastecimiento de Agua de Emergencia mediante Agua Subterránea

Es recomendable que el personal permanente haga parte del personal del Acueducto y no trabaje únicamente para el abastecimiento de agua de emergencia. Con la experiencia de la emergencia de Chingaza, el Acueducto ha preparado contratos con compañías propietarias de carrotanques o vehículos similares, por medio de los cuales las compañías proveen estos vehículos junto con sus conductores en caso de emergencia.

(4). Aumento de la Preparación para Eventos de Emergencia

Las operaciones de emergencia tienden a ser complicadas y confusas por naturaleza bajo

circunstancias de incertidumbre. Se recomienda para una respuesta rápida y adecuada a situaciones de emergencia lo siguiente:

1) Comunicación con las organizaciones relevantes relacionadas con la prevención y atención a emergencias del Distrito.
2) Preparación y actualización de listas de contactos (personal del Acueducto para abastecimiento de agua de emergencia, contratistas de carrotanques y materiales, etc.).
3) Preparación de un Manual de Operación y Entrenamiento.
4) Ejercicios y Entrenamiento.

(5). Organización para el Manejo del Abastecimiento de Agua por medio de Agua Subterránea

Aunque las bombas, válvulas e instalaciones de tratamiento pueden ser controladas por el sistema de control remoto, las actividades regulares para el monitoreo de los pozos pueden ser subcontratadas. Incluso, el establecimiento de una unidad en la Gerencia Corporativa del Sistema Maestro para manejar el abastecimiento de agua subterránea es recomendado.

5. 10. Cronograma de Implementación del Plan Maestro

A continuación se presentan los componentes del proyecto y el cronograma de implementación para el Plan Maestro de abastecimiento de agua de emergencia por medio de agua subterránea.

Componentes del Proyecto

El proyecto está dividido en tres "sub-proyectos", como se muestra en la Tabla-2.5- 10.

Tabla-2.5- 10 Plan Maestro para el Abastecimiento de Agua de Emergencia por medio de Agua Subterránea

Subproyecto			Numero de Pozos	Agua Producida (m^3/s)
a)	**Cerros Sur**	Soacha	7 pozos	0,16
		Ciudad Bolívar	4 pozos	0,10
		Usme	5 pozos	0,12
b)	**Yerbabuena**		17 pozos	0,32
c)	**Cerros Orientales**		29 pozos	0,67
Total			62 pozos	1,37

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(1). Periodo de Iniciación de Proyectos

El objetivo de este proyecto es la construcción de pozos para abastecimiento de agua de emergencia, el cual se limita a un periodo entre 10 días y 9 meses. El proyecto debe comenzar cuanto antes para su temprana terminación ya que los desastres naturales son imprevisibles.

(2). Plan para la Construcción de las Fases del Proyecto

Los tres "subproyectos" propuestos deben ser implementados en tres fases, cada fase tiene un periodo de un año. La estrategia para la construcción de las fases del proyecto es la siguiente:

El cronograma del proyecto se muestra en la Tabla-2.5- 11.

Tabla-2.5- 11 Cronograma de implementación del Proyecto

Ítem		Año													Notas
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Plan Maestro del Proyecto																Estudio JICA
EF Estudio de Factibilidad																Estudio JICA[1)]
－Aprobación del Proyecto －Obtención del Presupuesto																Decisión de Inversión del Acueducto
Diseños detallados																－Estudios geofísicos, －Análisis calidad agua
Construcción	Cerros Sur															Construcción Pozo: 13
	Yerbabuena															Construcción Pozo:17
	Cerros Orientales															Construcción Pozo:23
O/M de las instalaciones																

Nota: 1) La implementación de Estudio JICA no ha sido fijada a la fecha.

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

5. 11. Diseño y Estimación de Costos

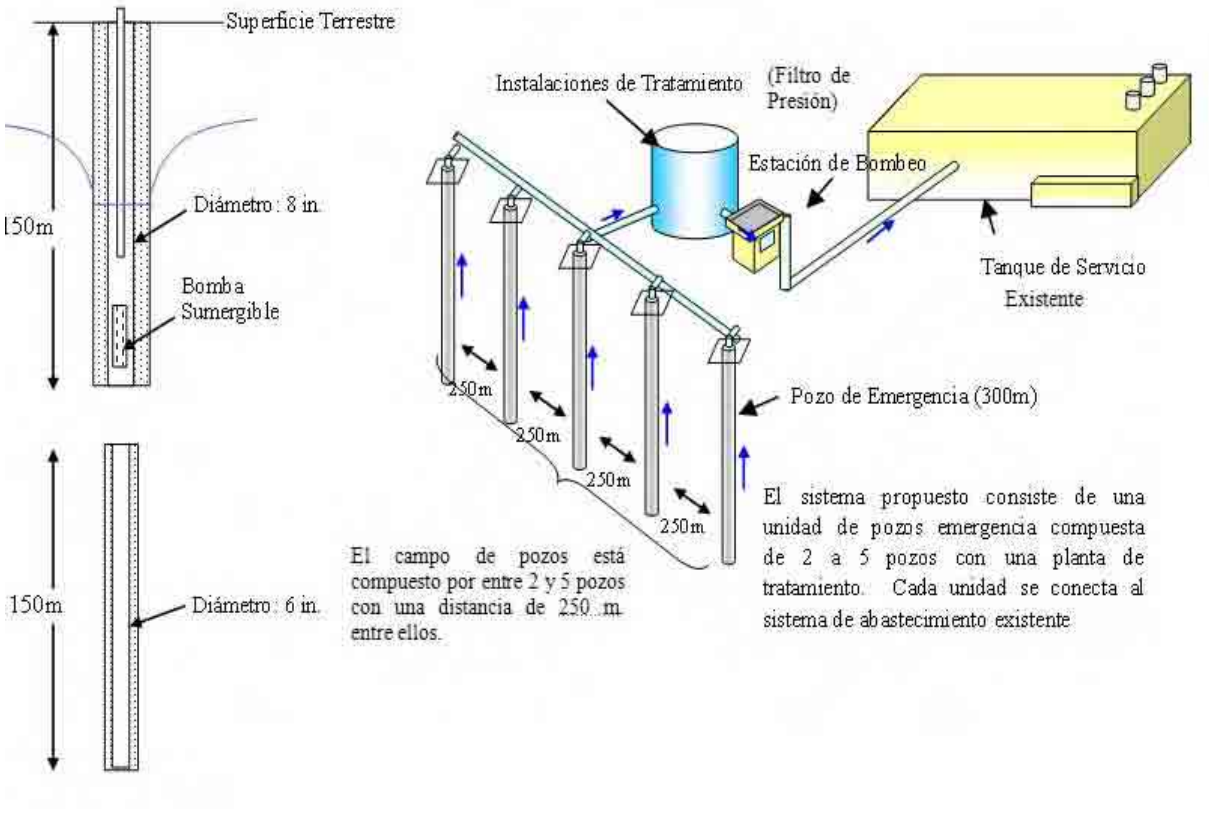
5.11.1 Diseño

(1). Diseño Estándar

Para el diseño de los pozos en Colombia se establecen criterios en cuanto a los trabajos de perforación del pozo, obras civiles, obras en estructura de concreto y las obras de instalación eléctrica. Estos criterios dependen de los estándares que se tengan en E.U.A. Por lo tanto el diseño de las instalaciones de abastecimiento de agua de emergencia mediante agua subterránea se basa en los siguientes criterios.

(2). Composición de las Instalaciones

Las instalaciones del proyecto propuesto para abastecimiento de agua de emergencia se muestran en la Figura-2.5-18.



A). Diseño del Pozo B) Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia

Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 18 Composición de las Instalaciones de Emergencia

Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia

Un campo de pozos está compuesto entre 2 y 5 pozos y está conectado a un filtro de tratamiento de agua. De este sistema se constituye una unidad de abastecimiento de emergencia. El agua tratada desde la unidad será enviada a los tanques de servicio y tuberías existentes.

5.11.2 Estimación de Costos

El costo del proyecto propuesto en este Plan Maestro de Desarrollo de Agua Subterránea en los Cerros Sur, Yerbabuena (primera y segunda etapa) y Cerros Orientales se estima aproximadamente de la siguiente manera:

Los costos de las tres fases del proyecto se estimaron bajo las condiciones anteriores (ver Tabla-2.5-12).

Fase I, Cerros Sur	Col$ 31.250 millones
Fase II, Yerbabuena	Col$ 33.770 millones
Fase III, Cerros Orientales	Col$ 48.540 millones

Tabla-2.5- 12 Estimación Aproximada de Costos (unidades: Col$ millones)

Ítem	Fase-I Cerros Sur	Fase-II Yerbabuena	Fase-III Cerros Orientales	Cantidad
1. Costos de Construcción	23.010	26.950	36.610	86.570
2. Adquisición de Tierras	610	500	1.140	2.520
3. Honorarios de Ingeniería	2.300	2.700	3.660	8.660
4. Costos de Administración	260	300	420	980
5. Contingencia	2.620	3.050	4.210	9.880
<Total>	28.800	33.500	46.310	108.610
	14.33 millones US$	16.67 millones US$	23.04 millones US$	54.04 millones US$
	1.691 millones JPY	1.967 millones JPY	2.719 millones JPN	6.378 millones JPN

Nota: IVA incluido en cada ítem. Unidades: millones de pesos colombianos.

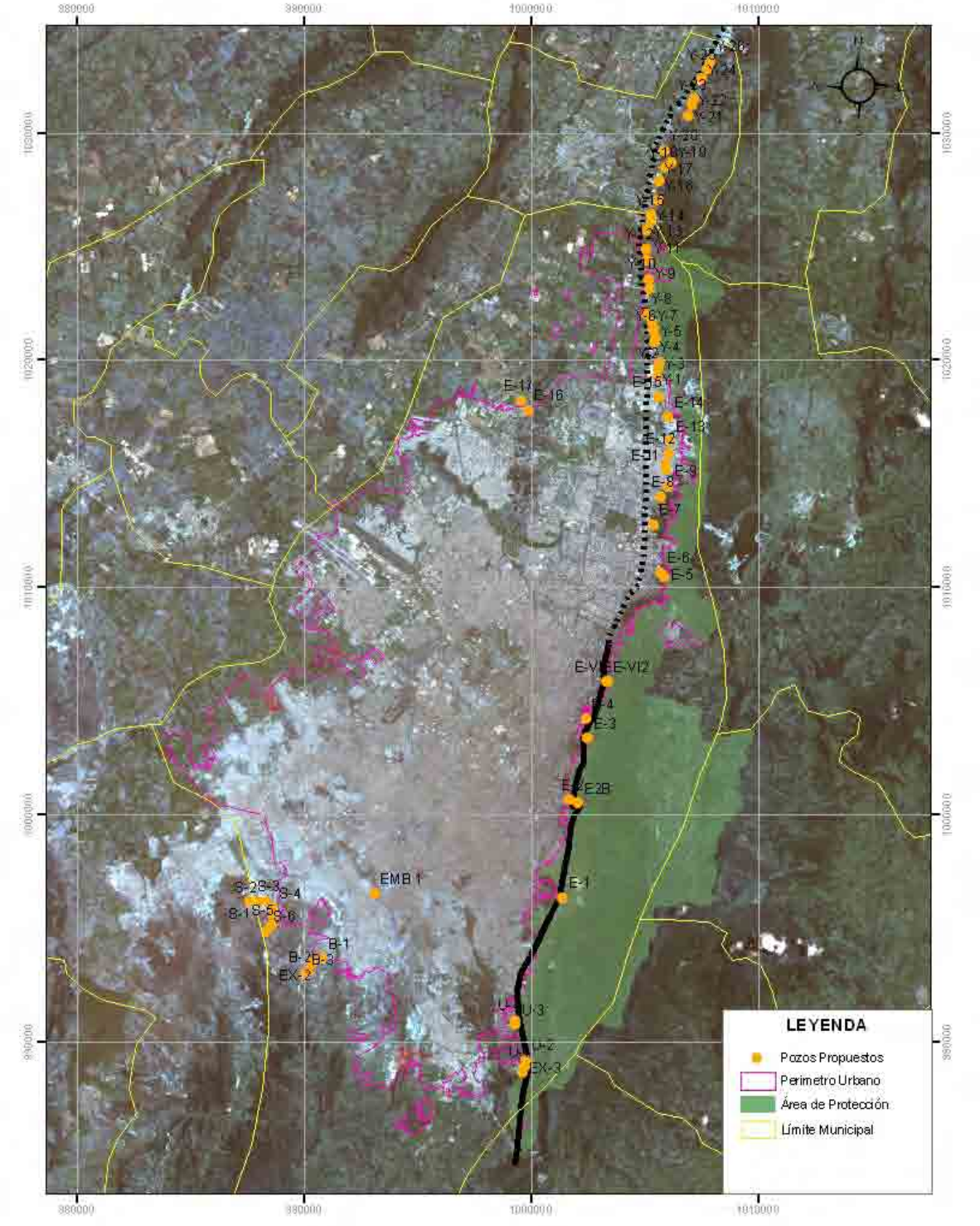
Fuente. Equipo de Estudio JICA

5. 12. Evaluación Ambiental Inicial (EAI)

La evaluación ambiental inicial (EAI) del proyecto para el abastecimiento en emergencia mediante agua subterránea, fue conducida de acuerdo a las Pautas de Consideración Ambiental y Social de JICA ("JICA *Guidelines*"). La EAI se llevó a cabo para determinar posibles impactos adversos y para recomendar medidas de mitigación para tales impactos. Después de la EAI se realizó un análisis de los posibles impactos como consecuencia del proyecto propuesto, mientras se tienen en cuenta los requerimientos institucionales colombianos para la evaluación del impacto ambiental (EIA).

5.12.1 Condiciones Ambientales y Sociales Actuales Dentro y Alrededor del Área del Proyecto

Las ubicaciones de los lugares del Proyecto se muestran en la Figura-2.5- 19.



Fuente. Equipo de Estudio JICA

Figura-2.5- 19 Mapa de Ubicación del Proyecto

5.12.2 Impacto Ambiental y Social

Los resultados de las compensaciones del proyecto, basados en la investigación de campo junto con las pautas de JICA para Consideración Ambiental y Social (1994), se muestran en la Tabla-5.43. De acuerdo a estos resultados, se requiere que la entidad ejecutora del Proyecto lleve a cabo las medidas apropiadas, asumiendo los impactos ambientales y sociales como se precisa para cada ítem.

(1). Ámbito Social

1) Adquisición de tierras / reasentamiento involuntario

El área del Proyecto en los Cerros Sur está localizada en terrenos vacantes (de pastoreo) donde no se involucra ningún reasentamiento. Sin embargo, la adquisición de tierras es necesaria debido a que éstas son propiedad privada. Por consiguiente, es necesario consultar con el propietario ya sea para comprar o arrendar el predio.

2) Trafico / Instalaciones Públicas Existentes

Se anticipa un impacto sobre el flujo vehicular dentro del área del proyecto, debido al transporte de equipos de construcción y materiales a los sitios de perforación, además de los trabajos de perforación de pozos y de construcción de instalaciones de abastecimiento de agua, etc.

3) Derechos de Concesión de Agua

Los permisos de perforación y los derechos de concesión de agua en el área del Proyecto dentro de Bogotá se obtienen de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Para las otras áreas, los permisos de perforación y los derechos de concesión de agua se obtienen de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

(2). Ambiente Natural

1) Abatimiento del Nivel Freático

El bombeo de agua subterránea puede probablemente causar un abatimiento del nivel freático y agotamiento del acuífero.

(3). Polución

1) Polución del Agua

La degradación de la calidad del agua, como resultado de la turbiedad que acompaña los trabajos de construcción, puede ser mitigada por métodos convencionales.

2) Subsidencia del Terreno

Existe la posibilidad de subsidencia por un bombeo exagerado. El mecanismo de subsidencia por bombeo de agua subterránea bajo el Proyecto está por ser establecido.

3) Ruido y Vibración

Este impacto se anticipa bajo la mayoría de proyectos y puede ser manejado con medidas convencionales. Además hay flexibilidad para ubicar las instalaciones (de manera que mitigue el impacto) ya que las instalaciones planeadas en el Proyecto son de pequeña escala.

5.12.3 Conformidad con Leyes, Estándares y Planes del Gobierno Colombiano y Categorización Respectiva

(1). Conformidad con las Leyes, Estándares y Planes del Gobierno Colombiano

Los proyectos deben cumplir con las leyes, reglamentos y estándares relacionados con consideraciones ambientales y sociales establecidos por los gobiernos que tienen jurisdicción sobre los sitios del Proyecto (incluyendo al gobierno nacional y local). Se concluye lo siguiente:

El desarrollo de agua subterránea no requiere la expedición de una licencia ambiental como lo estipula el MAVDT (decreto 1220 del 2005). Tampoco es necesario realizar un reporte de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA). La autorización requerida en cuanto al desarrollo de aguas subterráneas, comprende de una concesión de derechos de agua para el bombeo constante en el caso de un pozo de producción, junto con un permiso para llevar a cabo la exploración subterránea.

(2). Categorización

El Proyecto tendrá un impacto relativamente menor. Como no causa un impacto adverso significativo en el ambiente circundante. Por lo tanto, el proyecto propuesto es estimado finalmente como Categoría "B". Sin embargo, un análisis detallado de la disminución del nivel freático y subsidencia del terreno puede ser necesario en la etapa del Estudio de Factibilidad.

5.12.4 Medidas Recomendadas de Mitigación

Se recomiendan las siguientes medidas de mitigación contra los impactos adversos que se anticipan por la implementación del proyecto.

(1). Ambiente Social

1) Adquisición de Tierras y Reasentamiento

En la medida de lo posible el Proyecto busca usar predios públicos. Sin embargo, en casos donde el área del Proyecto corresponda a terrenos privados, la agencia ejecutora del proyecto (contraparte) deberá negociar con el propietario para adquirir o llegar a un acuerdo sobre los terrenos.

2) Derechos de Concesión de Agua y Permisos de Perforación

Las aplicaciones para los permisos de perforación y derechos de concesión de agua deben ser entregadas a la SDA dentro del área urbana de Bogotá y a la CAR para zonas fuera del área urbana de Bogotá.

3) Transporte e infraestructura

Se anticipa un impacto en el flujo vehicular dentro del área alrededor del proyecto, debido al transporte a los sitios de perforación de equipos de construcción, materiales, trabajos de perforación de pozos, construcción de instalaciones de abastecimiento de agua, etc. Por consiguiente, será necesario tener personal de control del tráfico durante la ejecución del Proyecto.

(2). Medio Ambiente

1) Disminución del Nivel Freático

De acuerdo a la simulación de agua subterránea realizada en este Estudio, la disminución del nivel freático en el Cuaternario a causa del bombeo del Cretáceo es muy pequeña y despreciable. Se debe proponer un plan de monitoreo. El monitoreo continuo del nivel freático servirá de retroalimentación para la operación del proyecto.

2) Subsidencia del Terreno

De acuerdo al análisis de subsidencia realizado en este Estudio, la cantidad de subsidencia causada por el bombeo del proyecto será pequeña y prácticamente despreciable. De igual forma se debe proponer un plan de monitoreo para mejorar la exactitud de la predicción de subsidencia del terreno.

5. 13. Evaluación del Proyecto

5.13.1 Evaluación Económica

El objetivo del desarrollo de agua subterránea es asegurar y abastecer agua en casos de emergencia como consecuencia de desastres naturales, especialmente en el área de Chingaza. Sin embargo, la evaluación económica para emergencias ha sido escasamente desarrollada en términos monetarios. Por lo tanto, la evaluación que se lleva a cabo en este Plan Maestro se hace desde el punto de vista de ventajas comparativas que presenta el desarrollo de agua subterránea.

Las ventajas que presenta el desarrollo de agua subterránea son las siguientes:

- Diversificación de riesgos.

- Bajos costos de desarrollo.
- Ubicación de los pozos más cercana al área de demanda.
- Aplazamiento de la inversión para la escasez prevista para 2022.

(1). Diversificación de Riesgos

Este Plan Maestro sugiere el desarrollo de 59 pozos para el abastecimiento de agua en casos de emergencia. Adicionalmente, tres pozos exploratorios ya perforados por JICA, también pueden ser utilizados para el abastecimiento en casos de emergencia para un total de 62 pozos. La producción planeada de los 62 pozos es de 124,000 m^3/día (1.435 m^3/s).

El Acueducto tiene una fuerte dependencia del sistema de conducción de agua desde Chingaza. Un desastre natural puede dañar este sistema de distribución, por lo cual el desarrollo de agua subterránea diversificará los riesgos contra este tipo de desastres.

(2). Costos de Desarrollo más Bajos

Los costos de desarrollo de agua subterránea se presentan en la Sección-5.7 y se estiman en Col$ 108.600 millones lo que equivale a US$ 54.0 millones: costo unitario US$ 37.7 millones/m^3/s.

Entre tanto, el Acueducto ha planeado ocho proyectos de expansión de abastecimiento en el "Plan de Expansión de Abastecimiento de Agua, 2005". Estos proyectos están para desarrollar 32.23 m^3/s de agua superficial como se muestra en la Tabla-2.5-13. La inversión total es de US$ 2,277 millones: el costo unitario promedio es de US$ 70.6 millones/m^3/s.

En términos de desarrollo por m^3/s, el agua subterránea se cotiza en US$ 32.9 millones más bajo que el agua superficial.

(3). Ubicación de los Pozos Cercanos al Área de Demanda

En los días inmediatamente posteriores al desastre, el abastecimiento puntual de agua predomina entre otras medidas como abastecimiento de emergencia. El desarrollo de los 64 pozos es planeado, cerca de áreas residenciales, lo que permite una rápida entrega y distribución del agua a los ciudadanos. Esta entrega rápida reduce los costos de transporte a la vez que ahorra tiempo.

(4). Aplazamiento De La Inversión Para La Escasez Prevista Para 2022

De acuerdo al "Plan de Expansión de Abastecimiento de Agua, Acueducto, 2005", la demanda de agua excederá: para el 2022 los derechos de concesión de agua (18,8 m^3/s); para el 2033 el potencial de agua (22,12 m^3/s) y para el 2042 la capacidad de las instalaciones (25 m^3/s).

La producción planeada para los 62 pozos es de 1,4 m^3/s como se presenta en la Tabla-5.44. Esto permite posponer la implementación del plan de expansión por 3 años cuando se tiene en cuenta la utilización regular de agua subterránea al igual que su uso en emergencias.

5.13.2 Análisis Financiero

(1). Condiciones Financieras Actuales del Acueducto

Cabe anotar que el Acueducto adquirió una alta tarifa de crédito "AA+" de la compañía calificadora de riesgo Duffs & Phelps de Colombia, para los bonos corporativos expedidos entre el 2002 y 2004. Adicionalmente, "BRC Investor Services" calificó otro bono corporativo como "AAA", el cual fue expedido para asegurar prestamos del WB (Banco de Agua) y bancos domésticos en Octubre del 2006 (ver numeral 4 - Corte Financiero de Costos).

1) Rentabilidad

Los "estados de perdidas y ganancias" de Acueducto desde el año fiscal (AF) del 2004 hasta el 2008 se presenta en la tabla 5.1. La tabla indica con claridad, los excelentes resultados financieros que

continuamente el Acueducto ha obtenido durante cada año.

- Los ingresos netos han crecido cada año de manera paralela al aumento de rentas operacionales. La tasa de ingresos netos para las rentas operacionales del año fiscal 2007 muestra un destacado alto nivel de 14%.

- La proporción de cobertura de interés para un periodo de 4 años, desde el 2004 hasta el 2007 es de 5.5 en promedio; especialmente en el año 2007 este promedio se elevo en 11.0. Es evidente que el Acueducto ha obtenido suficientes ingresos operacionales para cubrir los intereses de pago.

2) Seguridad y Estabilidad Financiera

El balance contable del Acueducto, del año fiscal 2003 a Septiembre del 2007 del acueducto desde el año fiscal 2004 hasta septiembre de 2008 se presenta en la Tabla-7.2. La tabla da cuenta de la continua seguridad y solidez financiera del Acueducto.

- La tasa actual indica la seguridad a corto plazo. Generalmente se requiere al 120-140%. La tasa actual del Acueducto es de 242-522%, lo que significa que el Acueducto mantiene los suficientes activos canjeables contra cuotas a corto plazo.

- Los Activos operacionales fijos tales como terrenos, equipos, maquinaria, vehículos y edificios son necesarios para salvaguardar la empresa a largo plazo. La adquisición de tales activos fijos por lo general requieren también de fondos a largo plazo. La proporción fija del Acueducto indica un 84-92% lo que significa que los activos fijos para operación han sido adquiridos mediante la utilización de fondos de largo plazo.

- La proporción de capital indica un alto nivel de 55-58% lo que significa que más de la mitad de los activos han sido adquiridos con fondos propios.

3) Flujo de Caja

La proyección del flujo de caja del Acueducto se presenta en la Tabla-5.47. La tabla muestra que las actividades operativas generan un flujo de caja neto positivo y ayudan a un buen balance de flujo de caja cada año.

- El flujo de caja neto de las actividades operativas continúa creciendo.

- El flujo de caja neto total de la operación y de actividades de inversión se vuelve positivo en el 2010.

- El flujo de caja neto del año se vuelve positivo en el 2011.

- El flujo de caja neto de las actividades financieras se vuelve positivo en el 2014 debido a una disminución de la deuda.

4) Corte Financiero de Costos

Como consecuencia de sus buenas ganancias, el Acueducto ha implementado medidas para reducir costos. Al respecto, el Acueducto lanzó Col$ 250 mil millones de bonos corporativos en Octubre del 2006. El objetivo es reducir el pago de intereses y su exposición a cambios en la tasa de moneda extranjera, pagando anticipadamente el préstamo significativo a bancos domésticos y al Banco de Agua. Como resultado, las tazas de interés han caído de 12,3% a 9,8% en una etapa inicial.

(2). Evaluación Financiera del Proyecto

1) Costo de Desarrollo

El costo del desarrollo de agua subterránea se analiza en la sección 5.11 y se estima en Col$ 108.610

millones para 3 años como se muestra en la Tabla-2.5-13. El costo anual promedio de desarrollo es de Col$ 36.200 millones.

Tabla-2.5- 13 Costo Anual del Desarrollo (Col$ millones)

Área	Desarrollo de Pozos	Fase-1 2011	Fase-2 2012	Fase-3 2013	Total
8sme, C. Bolívar y Soacha	13	28.800	-	-	28.800
Yerbabuena	17	-	33.500	-	33.500
Cerros Orientales	12	-	-	46.310	46.310
	11	-	-		
Total	53	28.800	33.500	46.310	108.610

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

2) Financiación

Se asume que el costo de desarrollo será financiado por bancos domésticos, con las siguientes condiciones:

- Término de Préstamo: 12 años.
- Periodo de Gracia: 3 años.
- Tasa de Interés: 12%.

Estas condiciones de préstamo se consideran bastante conservativas comparadas con las condiciones de préstamo actuales del Acueducto. El peso promedio de la tasa de interés sería 3,7% si el 80% de los costos de construcción pueden ser financiados por un préstamo de un patrocinador internacional (se asume será JBIC: tasa de interés de 1,4%, termino del préstamo a 25 años).

El Acueducto planea formular un nuevo plan maestro en el 2008, revisando el Plan Maestro 2005. El Plan Maestro y el Estudio de Factibilidad de JICA junto con el proyecto piloto para uso de agua subterránea manejado por el Acueducto, se verán reflejados en el nuevo Plan Maestro 2008. De acuerdo al Departamento de Finanzas, las medidas apropiadas de financiamiento, incluyendo fondos propios, deben ser estudiadas en el momento de decidir la inversión para el desarrollo de agua subterránea.

3) Habilidad para el Pago de Deudas

El pago máximo anual es de Col$ 23.900 millones y Col$ 17.800 millones como promedio anual. Este pago representa solo el 8,2% de los Col$ 216.000 millones del pago actual de la deuda del Acueducto en el 2006.

El Acueducto considera que tiene los recursos necesarios para enfrentar la deuda, juzgando desde el balance de flujo de caja y el alto nivel de “habilidad para pagar”.

4) Análisis de Rentabilidad

De acuerdo a las proyecciones de ganancias y pérdidas del Acueducto, la ganancia operacional crece cada año. Las ganancias netas también resultan positivas cada año.

El costo incremental incluyendo intereses y depreciación por el desarrollo de agua subterránea será de Col$ 19 mil millones en el 2014 y Col$18 mil millones en el 2017. Es obvio que estos costos son muy pequeños y no afectan seriamente la ganancia proyectada por el Acueducto.

5) Recuperación del Costo de Inversión

El proyecto del desarrollo de agua subterránea apunta primordialmente al abastecimiento de emergencia y no a la expansión de consumidores. En este sentido, el Acueducto no puede generar operaciones de ingreso adicionales por este proyecto y por tanto, recuperar el costo de desarrollo.

No obstante, el Acueducto puede recuperar el costo de desarrollo del proyecto si lo incorpora en la tarifa de agua, de acuerdo a la siguiente formula existente, aun cuando la modificación de la tarifa

depende considerablemente en las decisiones de la administración.

5.13.3 Evaluación Social

Se espera que el proyecto genere varios beneficios sociales en las áreas donde se implementa, de la siguiente manera:

(1). Aumento del la Población Servida en casos de Emergencia

En este Plan Maestro se consideran dos métodos de abastecimiento de agua: uno es el abastecimiento puntual de agua y el segundo es el abastecimiento de agua en red. De los 62 pozos, 6 son exclusivamente para el abastecimiento puntual, mientras que los restantes 56 están diseñados para ambos tipos de abastecimiento (puntual y en red). La población servida por ambos métodos se estima respectivamente a continuación (ver Tabla-5.52).

- 8.300.000 habitantes pueden ser servidos por el abastecimiento puntual exclusivamente: esto es igual a la población estimada para el 2011.

- 706.000 habitantes pueden ser servidos por el abastecimiento en red exclusivamente: esto corresponde al 10% de la población del 2007 y al 7% de la población estimada para el 2020.

(2). Abastecimiento de Agua para Mitigar Incendios Forestales

En los Cerros Orientales y Sur anualmente se presentan incendios forestales, especialmente durante la época de sequía entre Enero y Febrero. El Departamento de Bomberos de Bogotá apaga estos incendios. Este proyecto planea construir tanques y tuberías de distribución que permitan a los bomberos tomar agua para la operación de apagado del incendio.

(3). Aumento de la Oportunidad de Empleo

Durante la implementación del proyecto, los trabajos de construcción ofrecen nuevas oportunidades laborales, a gente desempleada y subempleada de la región, en construcción y sectores afines. Adicionalmente el consumo de los trabajadores estimularía la actividad comercial de los negocios de la región. Por lo tanto, este aumento en el consumo (por parte de los nuevos trabajadores) induciría un efecto económico multiplicado a la región, el cual activa la economía regional como un todo.

PARTE 3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

CAPÍTULO 1. Proyecto Prioritario

El proyecto de abastecimiento de emergencia mediante agua subterránea propuesto en el Plan Maestro, de aquí en adelante, P/M, fue discutido y aprobado por la contraparte Colombiana. Los proyectos de alta prioridad fueron seleccionados en el Estudio del P/M implementado así los estudios de Factibilidad para estos. El propósito es este proyecto es perforar 64 pozos alrededor de la ciudad de Bogota para el abastecimiento de agua de emergencia. La prioridad de los proyectos propuestos se muestra en la Tabla-3.1- 1.

Tabla-3.1- 1 Prioridad de los Proyectos Propuestos en el Plan Maestro

Prioridad y Proyecto		Proyecto	
1ra	Proyecto Prioritario	Proyecto Piloto para uso de Agua Subterránea	
2da	Proyecto 1er Periodo	Proyecto Cerros Orientales	
3ra	Proyecto 2do Periodo	Proyecto Cerros Sur	Soacha
			Ciudad Bolívar
4ta	Proyecto 3er Periodo	Yerbabuena	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

a) Proyecto Prioritario

El Proyecto Piloto para Uso de Agua Subterránea fue seleccionado como proyecto prioritario, ya que su implementación permitiría reconocer problemas técnicos en la construcción.

b) Proyecto Primer Periodo

El proyecto en los Cerros Orientales fue seleccionado como el proyecto del primer periodo. El centro de Bogotá esta localizado cerca de los Cerros Orientales, desde donde a través de los pozos, se puede abastecer rápidamente a la totalidad de la Ciudad. Esta es la razón fundamental de la selección del proyecto en los Cerros Orientales como altamente prioritario.

c) Proyecto Segundo Periodo

El proyecto en los Cerros Sur fue seleccionado como el proyecto del segundo periodo. El área de este proyecto su ubica en la parte sur de la Ciudad, donde se levantan numerosas viviendas sobre la pendiente. Se presume que esta área podría ser el epicentro de un terremoto de magnitud considerable ocasionando grandes desastres y seguramente con repercusión en las tuberías de distribución de agua.

d) Proyecto Tercer Periodo

El proyecto Yerbabuena fue acordado como proyecto del tercer periodo. Yerbabuena esta ubicado entre los municipios de Chía y Sopo, al norte de Bogotá. En caso de emergencia, los pozos de esta área podrán distribuir agua a Bogotá y a los municipios cercanos mediante carrotanques y tuberías. La lejanía de Yerbabuena al centro de la Ciudad es una de las razones principales de su asignación como proyecto de baja prioridad.

La Contraparte Colombiana solicitó la implementación del Estudio de Factibilidad para el Proyecto Piloto y el del Primer Periodo, ya que son los más importantes y urgentes. Sin embargo, considerando

la escala de la totalidad del proyecto y su urgencia, se acordó entre la Contraparte y el equipo de estudio de JICA, que los proyectos del Segundo y Tercer Periodo fueran también incluidos en el Estudio de Factibilidad.

CAPÍTULO 2. PLAN DE ACCIÓN

Se propuso un plan de acción para ejecutar los proyectos de abastecimiento de agua de emergencia presentados en el estudio del P/M. El contenido del plan de acción se muestra en la Figura-3.2-1.

Actividad	2008						2009												2010				
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
1) Establecimiento del P/M para abastecimiento de agua de emergencia																							
2) Selección de proyectos prioritarios																							
3) Implementación del E/F																							
4) Validación resultados del E/F																							
5) Implementación del proyecto piloto para uso de agua subterránea																							
6) Desarrollo de tecnología y estudio para el desarrollo de agua subterránea																							
7) Determinación de la inversión y adquisición de presupuesto por el Acueducto																							

Nota: P/M: Plan Maestro, E/F: Estudio de Factibilidad.
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.2- 1 Plan de Acción

Las actividades del Plan de Acción, se resumen de la siguiente manera:

1). Acuerdo del P/M para el Abastecimiento de Agua de Emergencia.

El P/M para el abastecimiento de agua de emergencia mediante agua subterránea fue discutido por el Equipo de Estudio JICA y la contraparte Colombiana, acordando los intereses en el proyecto.

2). Selección de Proyectos Prioritarios

En las reuniones entre el Equipo de Estudio JICA y la contraparte Colombiana se estableció la prioridad de los proyectos propuestos en el P/M. La más alta prioridad fue dada al Proyecto Piloto para el Uso de Agua Subterránea. Las siguientes prioridades fueron:

i) Proyecto Oriental, ii) Proyecto Sur y iii) Proyecto Yerbabuena.

3). Implementación del Estudio de Factibilidad (E/F)

Se examinó la factibilidad del proyecto propuesto, de acuerdo a los requerimientos de la contraparte.

4). Aprobación de los Resultados del E/F

El proyecto para abastecimiento de agua en caso de emergencia propuesto por el E/F fue aprobado por la contraparte Colombiana y el Equipo de Estudio de JICA.

5). Proyecto Piloto para uso de Agua Subterránea

Los problemas técnicos en cuanto al diseño y construcción de las instalaciones para el abastecimiento emergencia, al igual que su costo de operación, se resolverán a través de la implementación del Proyecto Piloto.

6). Desarrollo Técnico y Estudio para el Desarrollo de Agua Subterránea

La tecnología y el conocimiento adecuado son indispensables para el desarrollo de agua subterránea y la operación de los pozos. Por esta razón, el estudio de los métodos para analizar el flujo y almacenamiento de agua subterránea son imprescindibles. Este estudio debe ser realizado por el Acueducto junto con la SDA y la CAR.

7). Determinación de la Inversión y Adquisición del Presupuesto

De acuerdo a los resultados del P/M y el E/F del Equipo de Estudio JICA, el Acueducto determinará la necesidad de inversión y el procedimiento, para el abastecimiento en caso de emergencia.

CAPÍTULO 3. PLAN PARA EL PROYECTO PRIORITARIO

En el Estudio del Plan Maestro, se presento el perfil del proyecto y fue evaluada la necesidad y responsabilidad del proyecto para el abastecimiento de agua de emergencia, considerando el suministro a largo plazo para la ciudad de Bogotá. En este Estudio de Factibilidad, se revisaron lo proyectos propuestos en el P/M, y se valoró la factibilidad de cada proyecto.

El proyecto propuesto se explica abajo en orden de acuerdo a su prioridad:

3. 1. Proyecto Prioritario: Proyecto Piloto para uso de Agua Subterránea

3.1 1. Objetivo del Proyecto Piloto para uso de Agua Subterránea

El objetivo del Proyecto Piloto es verificar la efectividad del abastecimiento mediante agua subterránea en caso de emergencia. El abastecimiento de agua mediante agua subterránea es una nueva experiencia para el Acueducto. Por esta razón, antes de la implementación de los proyectos del agua subterránea, se deben resolver los problemas de diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones para el suministro de agua de emergencia; a través de la implementación del Proyecto Piloto.

Operación de las Instalaciones

Existen dos métodos para operar las instalaciones:

a) Abastecimiento de agua directo, de los pozos a los carrotanques.

b) Conexión de los pozos de emergencia a las instalaciones existentes como carrotanques y tuberías.

Ambos métodos son necesarios para el abastecimiento de agua en caso de emergencia. Sin embargo, el método (b) requiere de la instalación de una larga tubería hasta el tanque existente. El costo de construcción de ésta nueva tubería puede exceder el presupuesto disponible para el Proyecto Piloto. Por lo tanto, el método (a) será examinado en más detalle en este E/F.

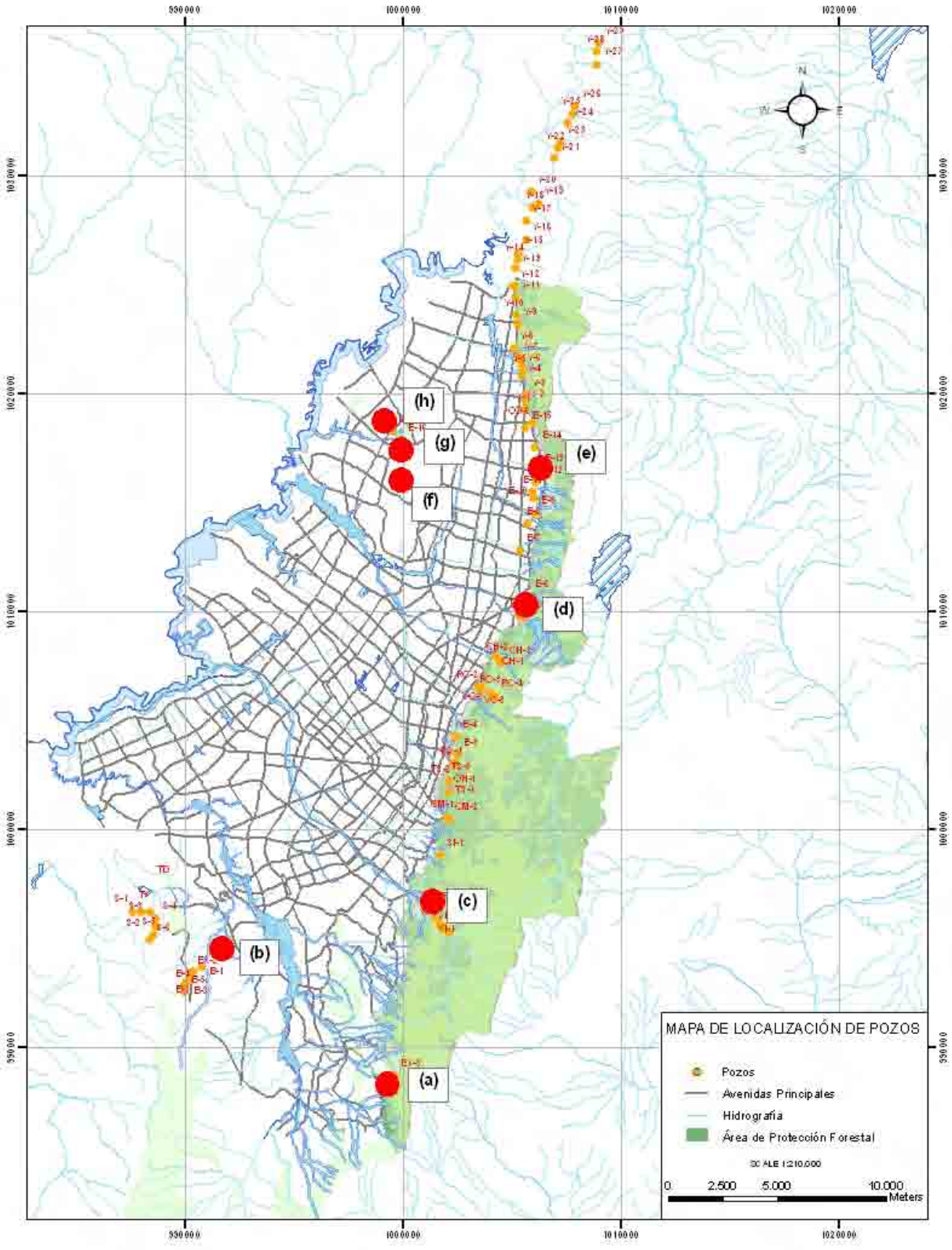
Manual para Respuesta Inmediata

Se ha desarrollado un manual de repuesta en caso de emergencia, en el cual se definen las actividades que deben llevarse a cabo para responder de manera inmediata ante un escenario de desastre (ver apéndice-1).

3.1 2. Sitio para el Proyecto Piloto

El Acueducto cuenta con ocho pozos dentro de Bogotá, los cuales podrán ser utilizados en el Proyecto Piloto. La ubicación de estos pozos se muestra en la Figura-3.3- 1.

El Acueducto tiene la intención de implementar el Proyecto Piloto de más alta prioridad de los ocho sitios en el año 2009. Los pozos presentan una alta producción de agua subterránea, por lo tanto, todos los ocho pozos podrían ser utilizados para Proyectos Pilotos en el futuro.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 1 Sitio para el Proyecto Piloto

3.1 3. Plan de las Instalaciones para el Proyecto Piloto

(1) Plan de las Instalaciones para el Sistema de Abastecimiento de Agua en caso de Emergencia

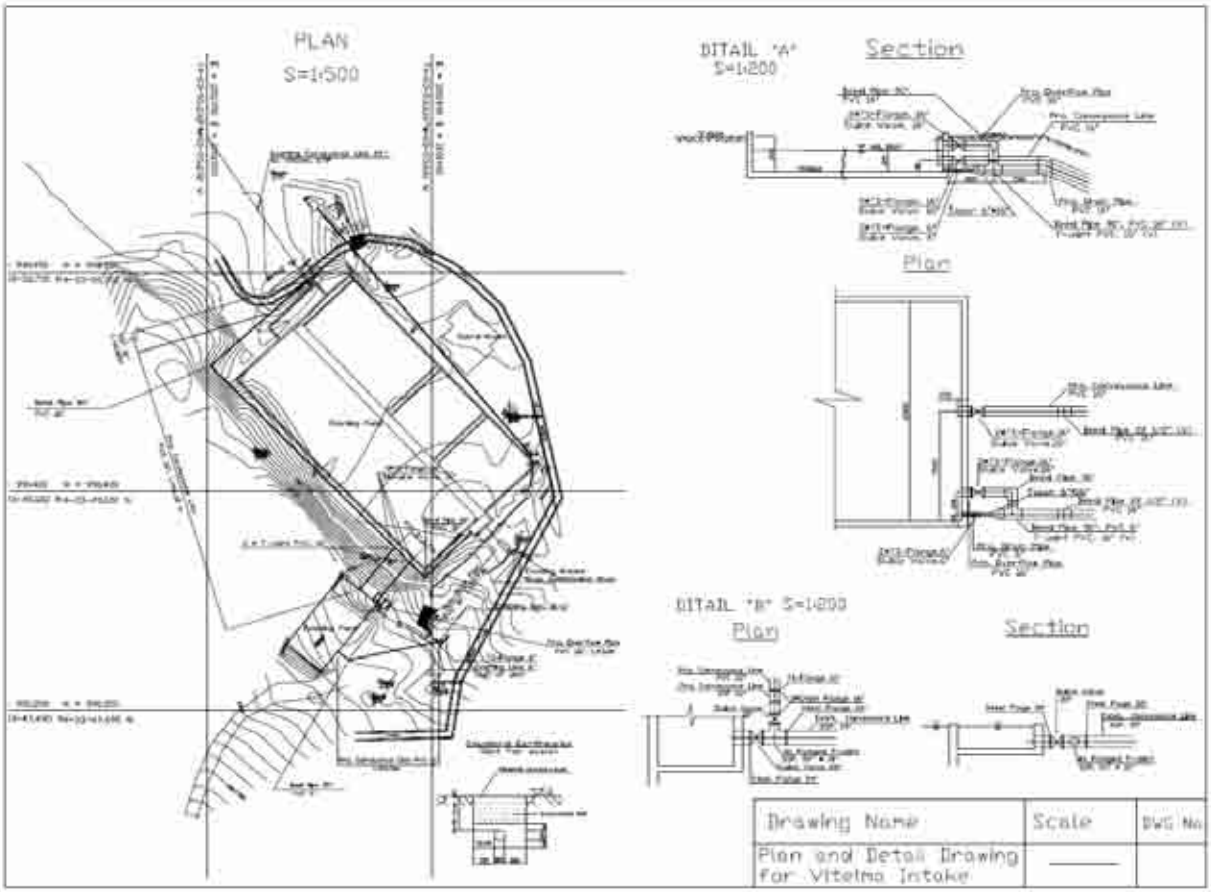
1). Composición y Puntos de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia

La composición y los puntos de conexión para la unidad de abastecimiento de agua del Proyecto Piloto se muestran la siguiente Tabla-3.3- 1.

Tabla-3.3- 1 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia (Proyecto Piloto)

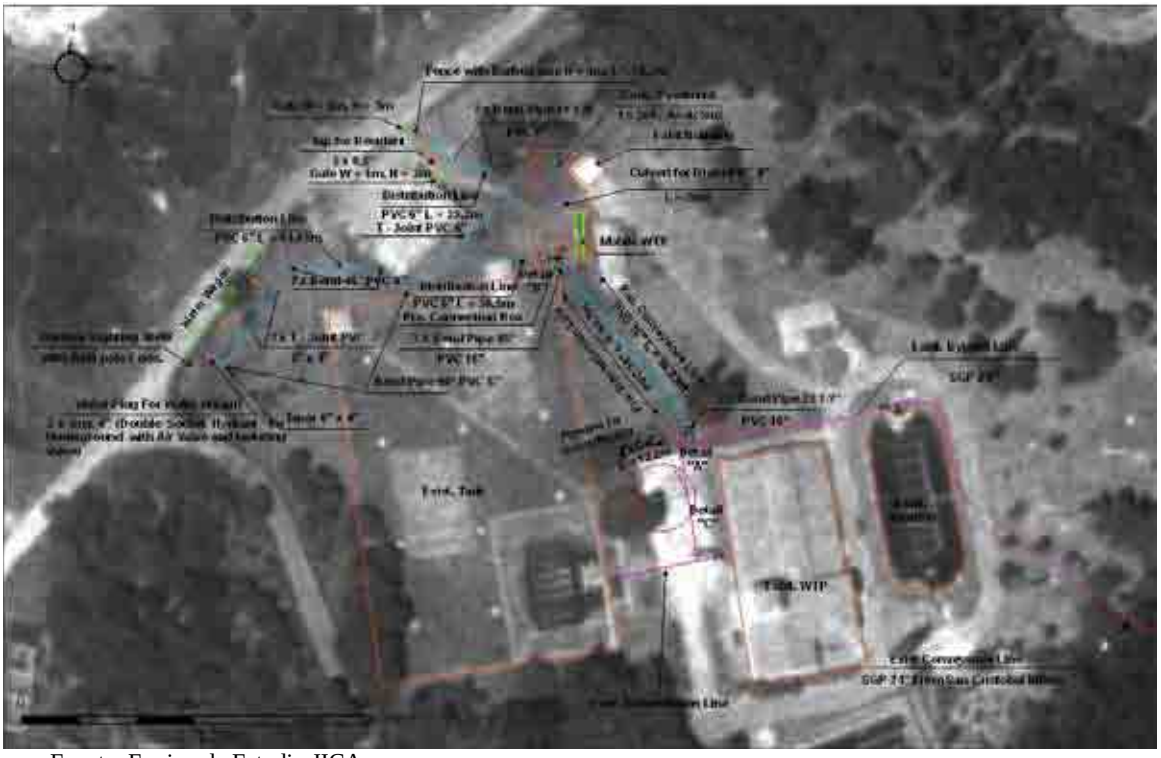
Nombre del Proyecto	Lugar		Unidad de Abstecimiento No.	Pozo				Bomba del Pozo			Línea de Conducción		Tipo de Tratamiento		Línea de Transmisión		Conexión a: (instalación existente)	Tipo de Abastecimiento 1)
				No.	Nuevo/ Existente	Diámetro (in)	Profundidad (m)	Diámetro (in)	Cabeza (m)	Poder (kW)	Diámetro (in)	Longitud (m)	Volumen (m3/día)	Proceso	Diámetro (in)	Longitud (m)		
Proyecto Piloto	Usme	Usme	PP-01	EX3	Existente	-	-	1,3	132	3,7	1,6	25	100	Cloración+Aeración+ Filtro de Presión	-	-	-	1
	Cerros Sur	Ciudad Bolivar	PP-02	EX2	Existente	-	-	3,2	121	26	6	25	1.000	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	1
	San Cristoba l	Vitelma	PP-03	E-1	Existente	-	-	4	100	37	16	100	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	16	50	Tanque Vitelma	2
	Usaquen	La Aguadora	PP-04	E-5	Existente	-	-	4	190	75	6	25	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	1
		La Salle	PP-05	E-14	Existente	-	-	4	102	37	-	-	2.000	Cloración	-	-	-	1
	Suba	Tanque Suba	PP-06	ST-2	Nuevo	8" + 6"	300	4	100	55	6	25	2.500	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	1
		Suba	PP-07	E-16	Existente	-	-	4	97	55	6	25	2.500	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	1
		Mariscal Sucre	PP-08	E-17	Existente	-	-	4	85	45	-	-	2.500	Cloración	-	-	-	1

Fuente: Equipo de Estudio JICA



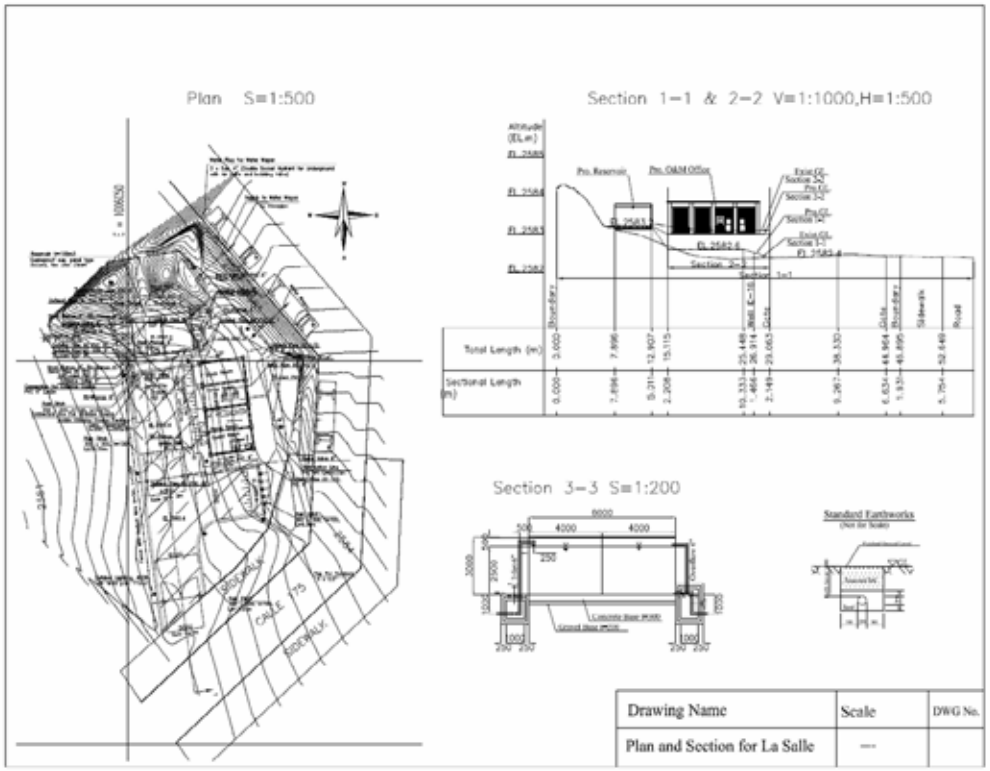
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 2 Diseño Detallado para el Proyecto Piloto de Vitelma (Sitio del Pozo)



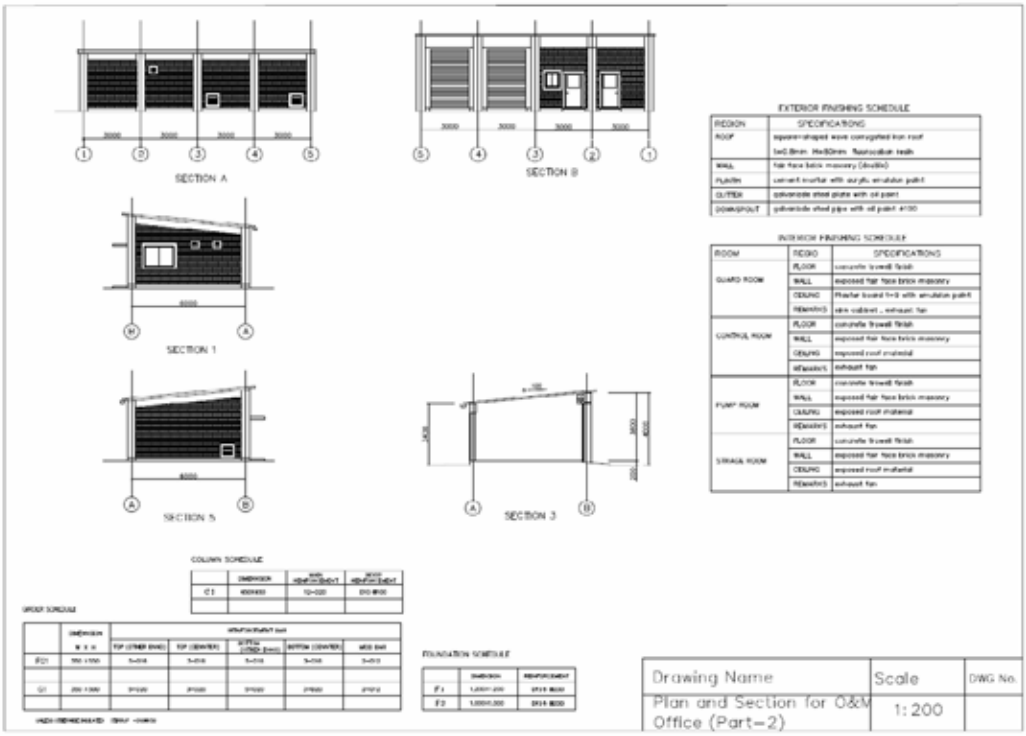
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 3 Plano para la Planta de Tratamiento de Agua de Vitelma



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 4 Diseño Detallado para el Proyecto Piloto de La Salle (Plano y Corte)



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 5 Plano y Corte para la Oficina de Operación y Mantenimiento en La Salle

3. 2. Proyecto del Primer Periodo

El proyecto Oriental se escogió para el primer periodo por las siguientes razones:

- Los Cerros Orientales están localizados cerca del centro de la ciudad de Bogotá, que necesitará gran cantidad de agua en caso de emergencia. El agua subterránea de los Cerros Orientales podrá ser enviada rápidamente a la ciudad de Bogotá.
- El acuífero Cretácico en los Cerros Orientales es excelente y puede producir una gran cantidad de agua subterránea.

(1) Perfil del Proyecto Oriental

El perfil del proyecto Oriental se muestra en la Tabla-3.3- 2.

Tabla-3.3- 2 Perfil del Proyecto Oriental

Área	Número de pozos[1)]	Agua Abastecida (m^3/día)	Área a ser abastecida	Población Abastecida[2)]
Santa Fe	1(1)	2.000	Bogotá D.C.	133.000
Chapinero	1	2.000		133.000
Usaquén	14(2)	28.000		1.866.000
Suba	5(3)	12.500		833.000
Bogotá Rural	12	24.000		1.600.000
Total	33(6)	68.500		4.565.000

Nota-1)( ): Pozos para el proyecto Piloto
Nota-2) Bajo una condición de tasa de consumo unitario de 15 L/persona/día
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Los pozos de emergencia serán perforados en los Cerros Orientales y suministrarán agua para Bogotá mediante los siguientes métodos:

a) Abastecimiento de agua puntual.

b) Abastecimiento de agua por el sistema de red.

Abastecimiento Puntual de Agua

El agua subterránea de los pozos de emergencia puede ser distribuida mediante un abastecimiento puntual. El agua seria recogida por carrotanques en el sitio del pozo y después seria conducida a Bogotá.

Abastecimiento de Agua en Red

En caso de una suspensión de largo plazo, el agua los pozos de emergencia puede ser conducida a las instalaciones existentes (tanques y tuberías) para su abastecimiento.

3.2.1 Plan de Distribución de los Pozos

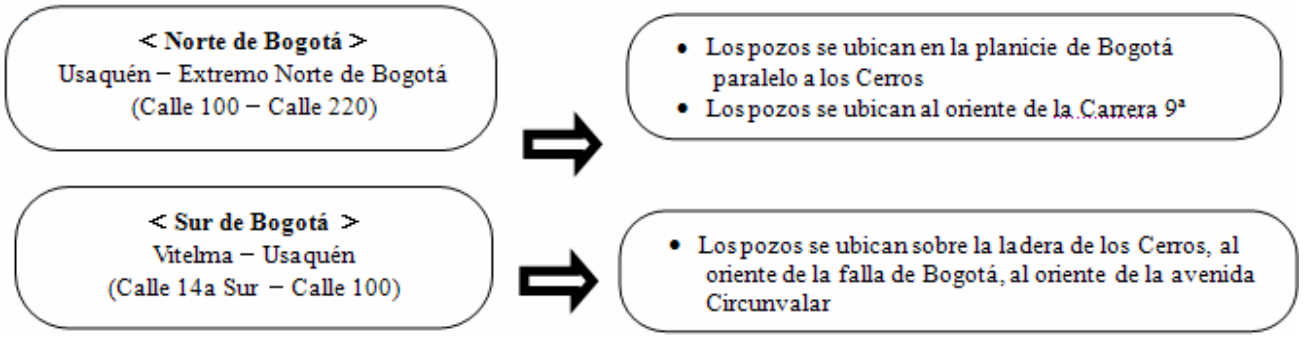
(1) Distribución de los Pozos

La ubicación de los pozos se muestra en la Figura-3.3- 8.

(2) Ubicación del Pozo y la Falla de Bogotá

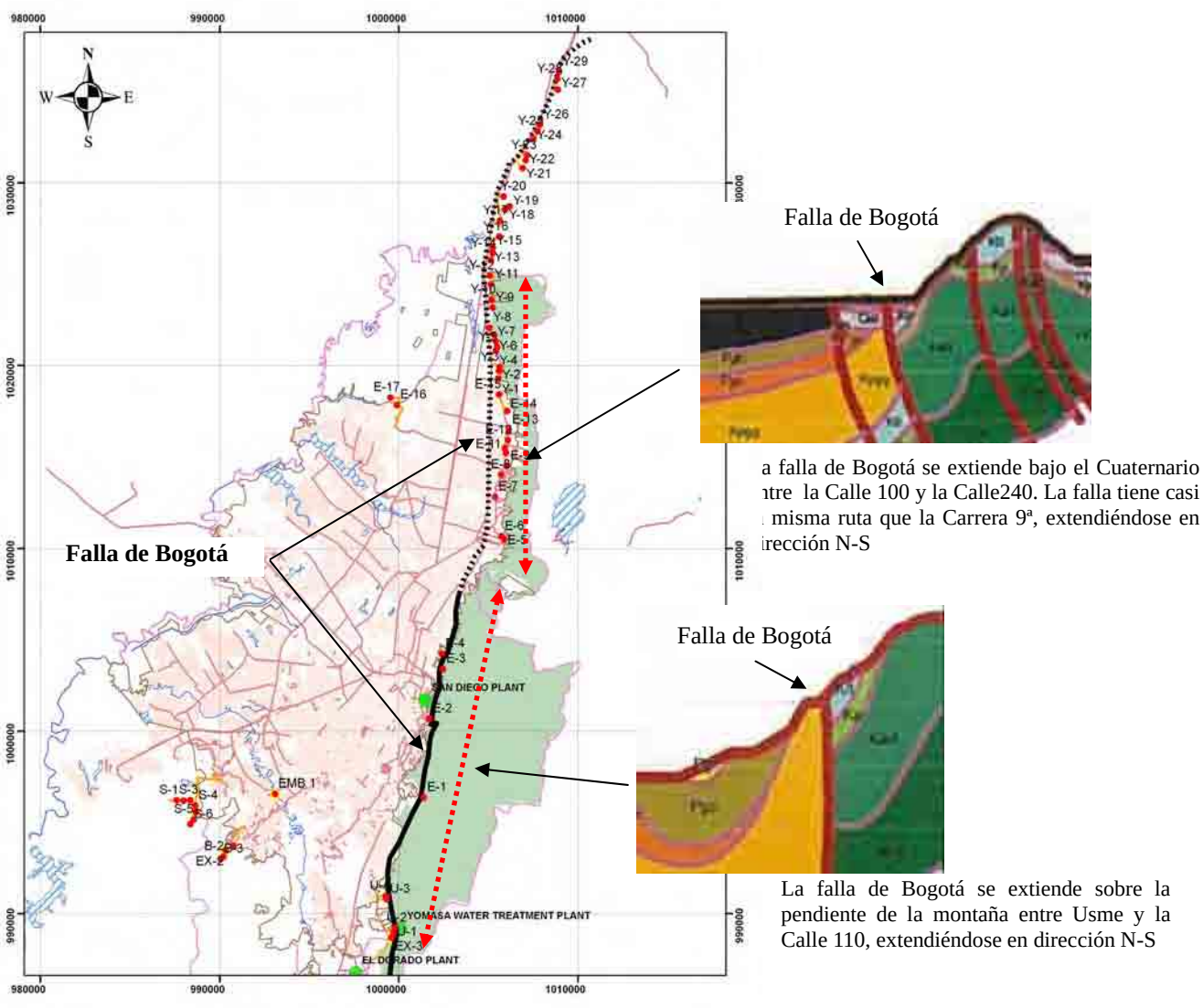
Los pozos se ubican a lo largo de la falla de Bogotá como se muestra en la Figura-3.3- 7. La falla de Bogotá es un factor importante para seleccionar la ubicación de los pozos. Las siguientes características de la falla de Bogotá fueron tenidas en cuenta para la selección de los sitios:

- La falla de Bogotá establece el límite entre el Cretácico y el Terciario. Los sitios de los pozos estarán ubicados en el área del Cretácico, al Oriente de la Falla.
- La falla de Bogotá está localizada en un área de gran altura en la parte sur de los Cerros Orientales, luego reduce su altura gradualmente hacia el norte, a lo largo de los Cerros Orientales y finalmente se hunde en el suelo de Usaquén. Por lo tanto, la elevación de los pozos se reduce también gradualmente de sur a norte siguiendo la falla de Bogotá. Los sitios de los pozos alcanzan finalmente la Sabana de Bogotá, en el norte de Usaquén.
- Es preferible perforar los pozos a cierta distancia al oriente de la Falla de Bogotá, ya que se asume que es una falla inversa. De acuerdo a los resultados previos de la perforación exploratoria, se considera que una distancia de 200 m., entre la Falla y el punto de perforación, es suficiente.
- Considerando la condición hidrogeológica descrita anteriormente, se seleccionó la ubicación óptima de los pozos como se muestra en la Figura-3.3- 7



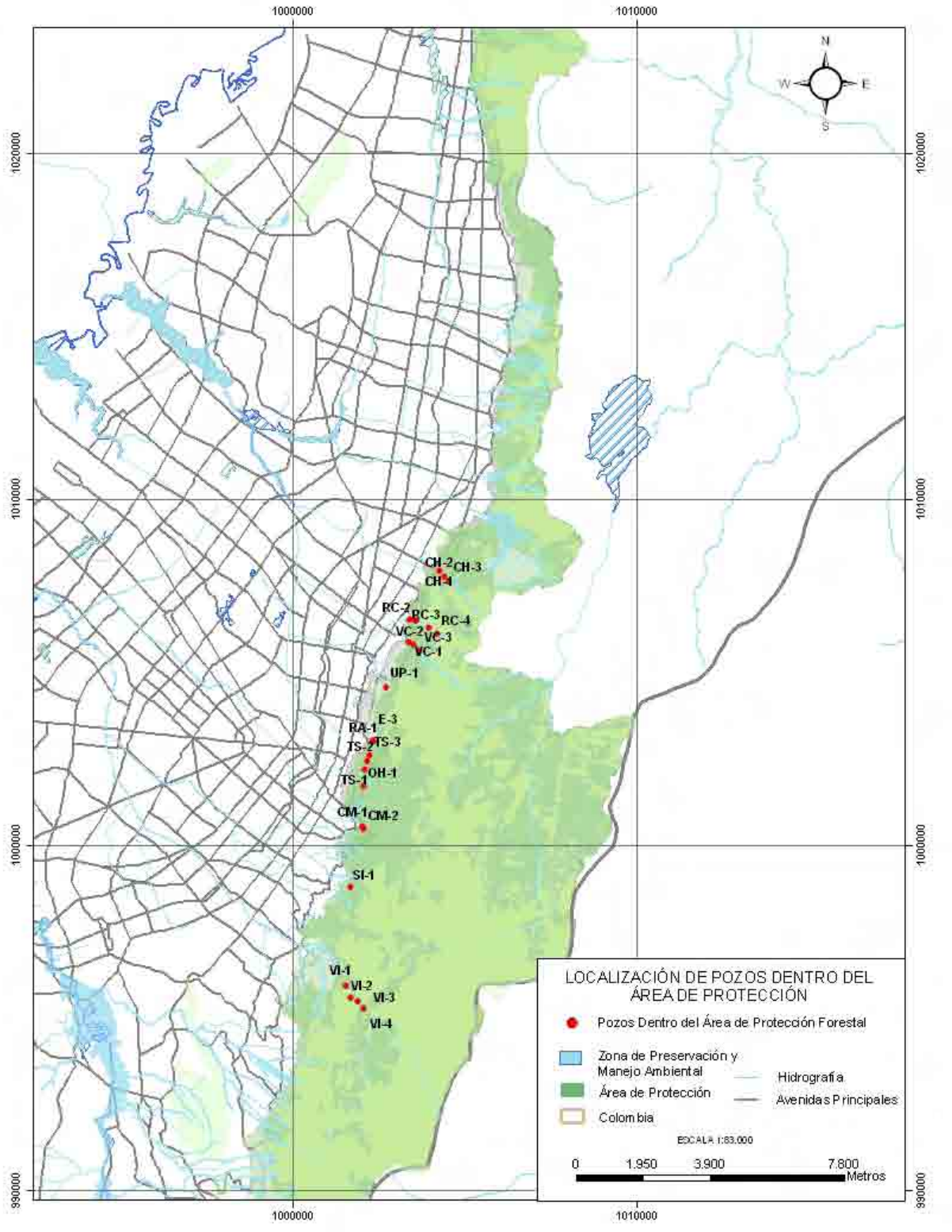
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 6 Ubicación Óptima de los Pozos



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 7 Falla de Bogotá y Pozos



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 8 Ubicación de los Pozos

Considerando las condiciones geológicas, los pozos deben ubicarse a mayor altura en el Sur, y a menor altura en el Norte. Como resultado, el nivel freático de los pozos es más profundo en el Sur, y más superficial en el norte. Esto significa que el desarrollo de agua subterránea presenta mayores ventajas en el Norte con relación al Sur. A continuación se explica esta afirmación:

(3) Numero de Pozos en el P/M y en el E/F

En el proyecto oriental del M/P fueron propuestos 29 pozos y los sitios propuestos para éstos fueron cuidadosamente revisados en el E/F. Como resultado, 5 pozos (TA-1, TA-2, CO-2, ST-1, ST-2, ST- 3) fueron agregados al plan, y dos pozos (E-2, E-4) fueron eliminados del mismo. Finalmente, un nuecero total de 33 pozos fue propuesto por el Proyecto Oriental.

3.2.2 Diseño de las Instalaciones

(1) Diseño de las Instalaciones para el Sistema de Abastecimiento de agua

La composición y los puntos de conexión para la unidad de abastecimiento de agua del Proyecto del Primer Periodo se muestran en la Tabla-3.3- 3.

Tabla-3.3- 3 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Emergencia (Proyecto del Primer Periodo)

Nombre del Proyecto	Lugar		Unidad de Abstecimiento No.	Pozo				Bomba del Pozo			Línea de Conducción		Tipo de Tratamiento		Línea de Transmisión		Conexión a: (instalación existente)	Tipo de Abastecimiento 1)
				No.	Nuevo/ Existente	Diámetro (in)	Profundidad (m)	Diámetro (in)	Cabeza (m)	Poder (kW)	Diámetro (in)	Longitud (m)	Volumen (m3/día)	Proceso	Diámetro (in)	Longitud (m)		
Proyecto Prioritario	Vitelma	Vitelma	-	(E-1)	(Piloto)	-	-	-	-	-	-	-	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	-
	Chapinero	Paraiso	1-01	E-3	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	6	25	Tanque Paraiso 3	2
	Usaquén	Tanque Santa Ana	1-02	TA-1	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	4.000	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	1
				TA-2	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	587						
		La Aguadora	1-03	(E-5)	(Piloto)	-	-	-	-	-	-	-	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	8	325	Tanque Santa Ana	2
				E-6	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	358	2.000					
		Bosque Medina	1-04	E-7	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	1
		Bosque de Pinos	1-05	E-8	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	1
			1-06	E-9	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	2.000					
		Cerros Norte	1-07	E-10	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	8.000	Cloración+ Filtro de Presión	12	20	Tanque Soratama 1	2
				E-11	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	10	305						
		Soratama		E-12	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	535						
				E-13	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	605						
		Codito	1-08	(E-14)	(Piloto)	-	-	-	-	-	-	-	2.000	Cloración	6	1.330	Tanque Codito 1	2
			1-09	E-15	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	6	55	Tanque Codito 1	2
			1-10	CO-2	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	2.000		6	134	Tanque Codito 2	2
	Suba	Tanque Suba	1-11	ST-1	Nuevo	8" + 6"	300	4	100	55	6	137	5.000	Cloración+ Filtro de Presión	12	537	Tanque Suba Nuevo	2
				ST-3	Nuevo	8" + 6"	300	4	100	55	6	55						
				(ST-2)	(Piloto)	-	-	-	-	-	-	-	2.500					
		Suba	-	(E-16)	(Piloto)	-	-	4	97	55	6	25	2.500	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	-
		Mariscal Sucre	-	(E-17)	(Piloto)	-	-	4	85	45	-	-	2.500	Cloración	-	-	-	-
	Bogotá Rural	Bogotá Rural	1-12	Y-1	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	70	6.000	Cloración + Filtro de Presión	24	12.535	Tanque Santa Ana	2
				Y-2	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	500						
				Y-3	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	200						
				Y-4	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	10.000		20	1.500		
				Y-5	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	12	200						
				Y-6	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	10	350						
				Y-7	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	350						
				Y-8	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	500						
				Y-9	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	4.000		12	2.580		
				Y-10	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	440						
				Y-11	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	4.000		8	1.330		
				Y-12	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	520						

Fuente: Equipo de Estudio JICA

3. 3. Proyecto del Segundo Periodo

El proyecto Sur se propuso como el Proyecto del Segundo Periodo. Los Cerros Sur se ubican en la localidad de Ciudad Bolívar y en el municipio de Soacha al Sur de la Ciudad. Se asume un daño considerable en caso de ocurra un terremoto con epicentro cerca al área.

(1) Perfil del Proyecto

En el área, se propone perforar 14 pozos para abastecimiento de agua en caso de emergencia, para producir 13.100 m^3/día de agua subterránea. El método para el abastecimiento es el siguiente:

a) Abastecimiento puntual de agua en el sitio del pozo.

b) Abastecimiento de agua en red mediante la conexión de los pozos de emergencia a las instalaciones existentes.

Tabla-3.3- 4 Perfil del Proyecto Sur

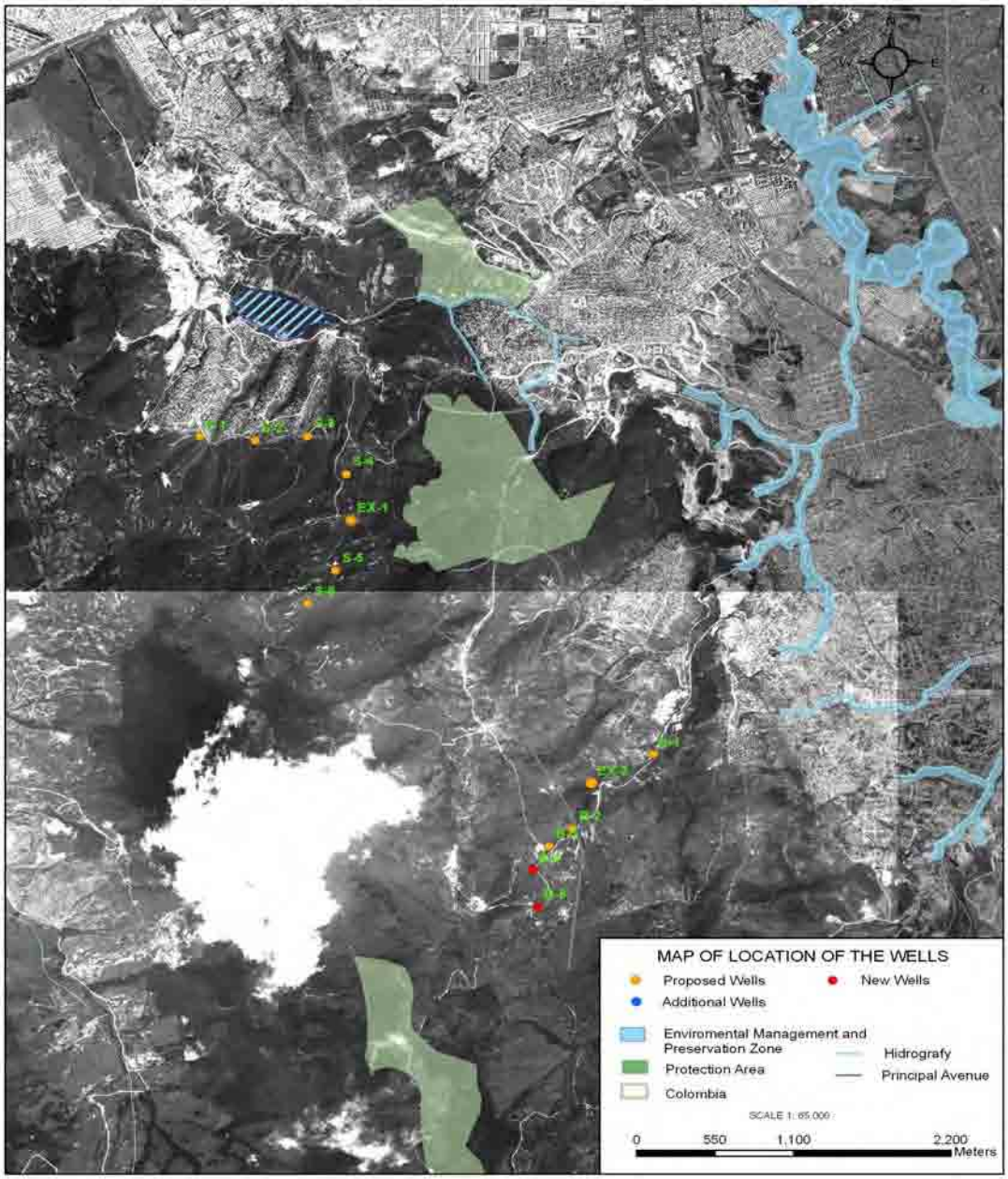
Área	Número de Pozos[1)]	Abastecimiento de Agua (m^3/día)	Área Abastecida	Población Abastecida[2)]
Ciudad Bolívar	7	6.000	Ciudad Bolívar	400.000
Soacha	7	7.000	Soacha	466.000
Usme	1 (1)	100	Usme	6.000
Total	14 (1)	13.100		872.000

Nota-1)( ): Número de Pozos para el Proyecto Piloto.
Nota-2) Bajo una condición de tasa de consumo unitario de 15ℓ/persona/día
Fuente: Equipo de Estudio JICA

3.3.1 Localización De Los Pozos

(1) Ubicación de los Pozos

La ubicación de los pozos del proyecto Sur se muestra en la Figura-3.3-5. La formación Cretácea se encuentra ampliamente distribuida en los Cerros Sur y su condición geológica es prácticamente la misma a través del área. La estructura geológica de los Cerros Sur es claramente diferente a la de los Cerros Orientales, donde la condición geológica cambia abruptamente debido a la falla de Bogotá. Por lo tanto, la selección de la ubicación de los pozos en los Cerros Sur tiene pocas restricciones geológicas. El factor determinante para la selección del lugar de perforación es la accesibilidad (condición de las vías) y la adquisición de predios.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 9 Ubicación de los Pozos en los Cerros Sur

(2) Número de Pozos en el P/M y E/F

En el P/M se propusieron 16 pozos para el Proyecto Sur. Los lugares de perforación de los pozos se revisaron detalladamente en el E/F. Como resultado se eliminaron 4 pozos del plan (U-1, 2, 3,4) y se incluyeron dos pozos más en Ciudad Bolívar (B-4 y B-5). Finalmente se propuso un total de 14 pozos en el Proyecto Sur.

3.3.2 Diseño de las Instalaciones

(1) Diseño de las Instalaciones para el Sistema de Abastecimiento de agua

La composición y los puntos de conexión para la unidad de abastecimiento de agua del Proyecto del Segundo Periodo se muestran en la Tabla-3.3- 5.

Tabla-3.3- 5 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Emergencia (Proyecto del Segundo Periodo)

Lugar		Unidad de Abstecimiento No.	Pozo				Bomba del Pozo			Línea de Conducción		Tipo de Tratamiento		Línea de Transmisión		Conexión a: (instalación existente)	Tipo de Abastecimiento 1)
			No.	Nuevo/ Existente	Diámetro (in)	Profundidad (m)	Diámetro (in)	Cabeza (m)	Poder (kW)	Diámetro (in)	Longitud (m)	Volumen (m3/día)	Proceso	Diámetro (in)	Longitud (m)		
Cerros Sur	Ciudad Bolívar	2-01	(Ex2)	(Piloto)	-	-	-	-	-	-	-	1.000	Cloración + Filtro de Presión	16	2.160	Tanque Volador	2
			B-1	Nuevo	8" + 6"	300	3,2	121	26	6	516	5.000					
			B-2	Nuevo	8" + 6"	300	3,2	121	26	12	487						
			B-3	Nuevo	8" + 6"	300	3,2	121	26	10	280						
			B-4	Nuevo	8" + 6"	300	3,2	121	26	8	261						
			B-5	Nuevo	8" + 6"	300	3,2	121	26	6	427						
	Soacha	2-02	S-1	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	3.000	Cloración + Filtro de Presión	10	632	Soacha P/S	2
			S-2	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	515						
			S-3	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	920						
		2-03	S-4	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	4.000	Cloración + Filtro de Presión	12	2.545	Tanque Santo Domingo	2
			EX1	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	546						
			S-5	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	956						
			S-6	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	1.287						
Usme	Usme	-	(EX3)	(Piloto)	-	-	-	-	-	-	-	100	Cloración + Aeración + Filtro de Presión	-	-	-	-

Fuente: Equipo de Estudio JICA

3. 4. Proyecto del Tercer Periodo

Se propuso el proyecto Yerbabuena como el proyecto del tercer periodo. El área Yerbabuena queda relativamente lejos del centro de la Ciudad, lo que hace que el valor del Proyecto Yerbabuena disminuya como abastecimiento de emergencia. Adicionalmente, Yerbabuena no hace parte de Bogotá sino de los municipios de Chía y Sopó, lo que dificulta más el desarrollo del proyecto por el Acueducto, que si fuera dentro de Bogotá. Por otro lado, la capacidad del acuífero del área es alta, y debería ser desarrollado como fuente de agua en caso de emergencia para Bogotá en el futuro.

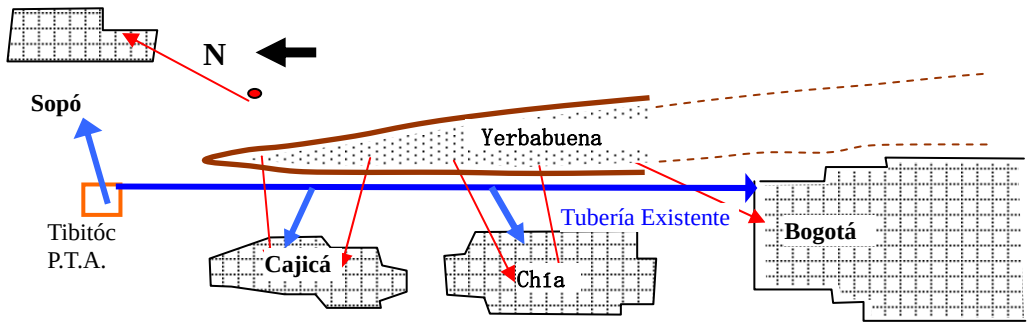
(1) Perfil del Proyecto

Yerbabuena está cerca de Chía, Cajicá y Sopó. Estos tres municipios reciben abastecimiento de agua en bloque del Acueducto. El crecimiento de la población es acelerado y ocupa el 66% del total del suministro de agua del Acueducto. El Acueducto abastecerá estos municipios incluso en caso de emergencia. Los pozos en Yerbabuena pueden ser usados para este objetivo. La estrategia para el abastecimiento de agua en casos de emergencia en Yerbabuena se propone a continuación (ver Figura-3.3-10).

a) Abastecimiento puntual de agua para el norte de Bogotá, Chía, Cajicá y Sopó.

b) Abastecimiento de agua en red para Chía y Cajicá

El plan anterior se describe a continuación:



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 10 Distribución de Agua en el Proyecto Yerbabuena

Tabla-3.3- 6 Distribución de Agua del Proyecto Yerbabuena

Área	Número de pozos	Suministro de Agua (m^3/día)	Área para el Suministro de Agua	Población Servida note)
Chía	9	18,000	Bogota, Chía, Cajicá, Sopó	1,200,000
Sopó	8	16,000		1,066,000
Total	17	34,000		2,266,000

Nota: bajo condiciones de una tasa de unidad de consumo de 15ℓ/persona/día
Fuente: Equipo de Estudio JICA

(2) Abastecimiento Puntual de Agua

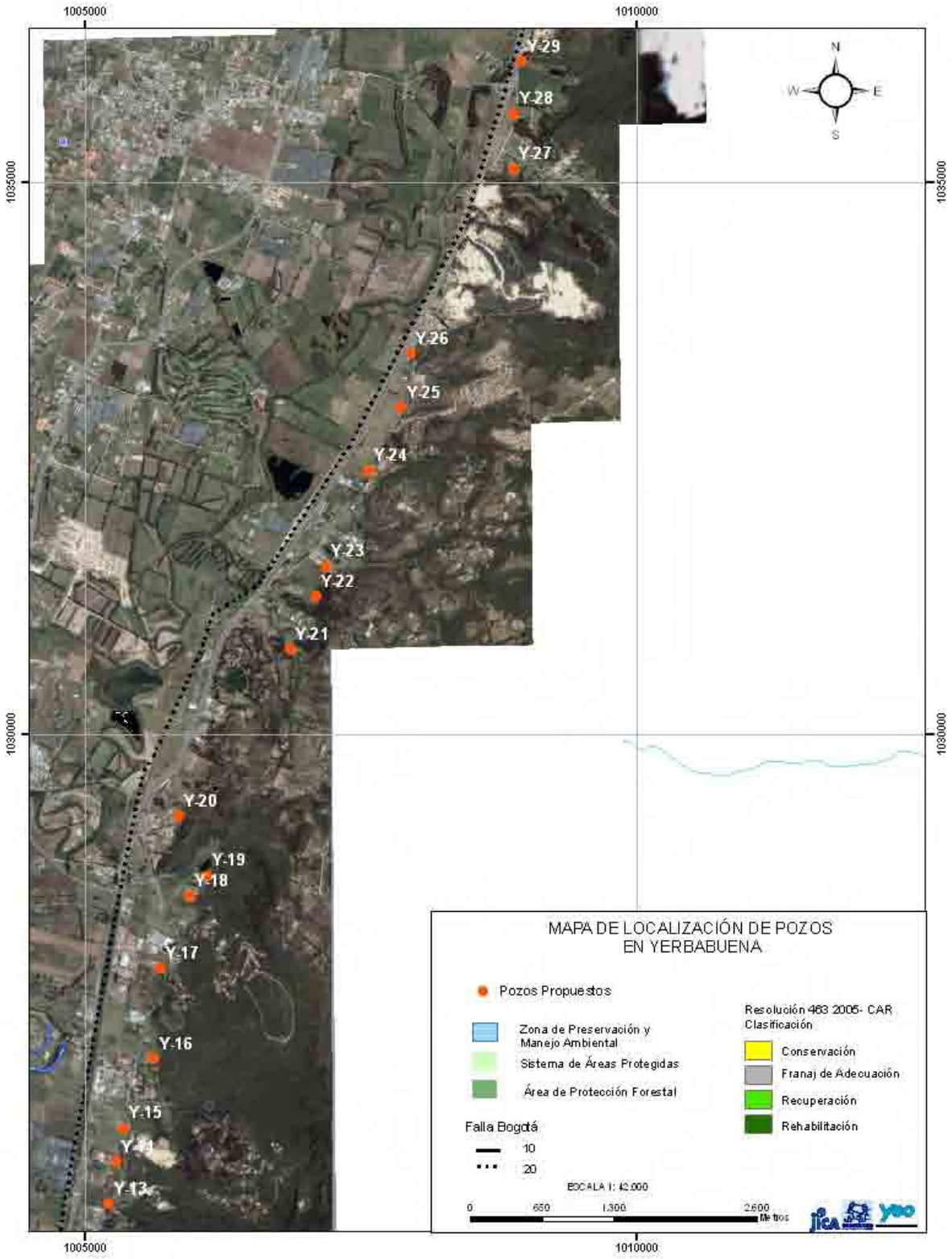
El abastecimiento puntual de agua será implementado mediante carrotanques. El área a ser abastecida seria: el norte de Bogotá, Chía, Cajicá y Sopó. Los pozos están ubicados cerca de estas áreas, lo que hace posible el abastecimiento de agua por carrotanques en caso de emergencia.

(3) Abastecimiento de Agua en Red

El abastecimiento de agua en red es posible utilizando la tubería existente entre Tibitóc y Bogotá. Sin embargo, esta tubería es relativamente vieja, por lo que es mejor no usarla. En tal caso sería necesario construir una nueva tubería, pero esta construcción requiere de una enorme inversión, la cual no es realista para un abastecimiento de agua de emergencia. En este E/F, se propuso el envío de agua de los pozos a través de las tuberías existentes de Chía y Cajicá.

3.4.1 Ubicación de los Pozos

La ubicación de los pozos del proyecto Yerbabuena se muestran en la Figura-3.3-11.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 11 Ubicación de los Pozos del Proyecto Yerbabuena

(1) Número de Pozos en el P/M y en E/F

Para el Proyecto Yerbabuena se propusieron 17 pozos en el P/M. Los lugares propuestos para la implementación del Proyecto se revisaron cuidadosamente en el F/S, sin ningún cambio en el plan original.

3.4.2 Plan de las Instalaciones

(1) Plan de las Instalaciones para el Sistema de Abastecimiento de agua

La composición y los puntos de conexión para la unidad de abastecimiento de agua del Proyecto del tercer Periodo se muestran en la Tabla-3.3-7.

Tabla-3.3- 7 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Emergencia (Proyecto del Tercer Periodo)

Nombre del Proyecto	Lugar		Unidad de Abstecimiento No.	Pozo				Bomba del Pozo			Línea de Conducción		Tipo de Tratamiento		Línea de Transmisión		Conexión a: (instalación existente)	Tipo de Abastecimiento 1)
				No.	Nuevo/ Existente	Diámetro (in)	Profundidad (m)	Diámetro (in)	Cabeza (m)	Poder (kW)	Diámetro (in)	Longitud (m)	Volumen (m3/día)	Proceso	Diámetro (in)	Longitud (m)		
Proyecto Tercera Prioridad	Yerbabuena	Chía	3-01	Y-13	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	450	8.000	Cloración + Filtro de Presión	12	2.340	Red de Tuberías de Chía	3
				Y-14	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	330						
				Y-15	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	10	670						
				Y-16	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25	8.000		12	235		
				Y-17	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	825						
				Y-18	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	245						
				Y-19	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	10	655						
				Y-20	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	12	210						
		Sopo	3-02	Y-21	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	1.355	6.000	Cloración + Filtro de Presión	10	2.590	Red de Tuberías de Sopo	3
				Y-22	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	95						
				Y-23	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	600						
				Y-24	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	545	6.000		10 16	205 2.500		
				Y-25	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	520						
				Y-26	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25						
				Y-27	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	775	6.000		10 20	485 25		
				Y-28	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	445						
				Y-29	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	60						

Fuente: Equipo de Estudio JICA

3. 5. Diseño General de las Instalaciones

(1) Plan para las Instalaciones de los Pozos

1). Pozos

El diámetro básico del pozo puede ser de 10 pulg., en la parte superior y de. 8 pulg., en la parte inferior para profundidades de 150 m, para casos de 250 m, puede ser utilizado el mismo diámetro; sin embargo, cuando el nivel de agua estimado es de -150 m o más, los diámetros empleados deben ser proporcionales.

2). Motores y Bombas Sumergibles

Las Bombas Piezométricas Sumergibles para pozos profundos, las cuales son comúnmente usadas en los pozos y tienen una aplicabilidad general, podrán ser adoptadas en este proyecto. Teniendo en cuenta las especificaciones del suministro de energía y la caída de Voltaje de la Bogota, el motor sumergible deberá ser de 400V, hz, trifásico. Los modelos de bombeo y la capacidad deberán ser seleccionados de acuerdo a la capacidad esperada de bombeo, el total esperado de la cabeza de bomba y las curvas de ejecución del bombeo, de un numero de fabricantes de bombas que puedan suministrarlas en Colombia, garantizando la sana competencia y buenos resultados económicos en la gestión.

3). Suministro De Energía a las bombas

Para facilitar la operación y el mantenimiento de las bombas, las instalaciones de suministro de energía, deberán ser instaladas en la planta de tratamiento de agua, y los cables de energía deberán ser instalados a lo largo de la tubería de distribución de agua subterránea. Este tipo de diseño puedo contribuir a la inversión económica.

4). Tubería de distribución de Agua

La tubería de PVC (con especificación de 1.6Mp) que se encuentra fácilmente en Bogota, puede ser adoptada como la tubería de distribución de agua. En el proceso de instalación, la zanja deberá rellenarse con arena de 20 cm de espesor alrededor de la tubería, para su protección. Debido a la degradabilidad y condición quebradiza de la tubería de PVC, cuando está en contacto con la luz ultravioleta se recomienda el uso de tubería de de acero al carbón, con un cubrimiento exterior, cuando la tubería sea instalada en la superficie.

5). Instalaciones Auxiliares

- Para garantizar la seguridad de los pozos deberán instalarse cercas alrededor del perímetro.
- Las cercas deberán ser de 2.0 m de malla de alambre de zinc, y al final deberá tener un alambre de púas que impidan su escalada sobre ella. Además, una puerta pivotante de 1m de ancho deberá ser instalada.
- Como una medida preventiva contra la delincuencia deberán ubicarse luces exteriores. Estas estarán conformadas por una lámpara fluorescente sencilla de 20W sobre un tubo de acero de 6m de altura.
- Del mismo modo, deberán construirse vías de acceso pavimentadas en donde sea necesario y con un ancho de 5 m.

(2) Plan de las Instalaciones del Tratamiento y distribución de Agua

1). Plan de las Instalaciones de Tratamiento de Agua

Según la regulación anterior (Decreto 475 de 1998), se definio de manera diferente el estándar para la calidad del agua de abastecimiento regular y en caso de emergencia. Una nueva regulación (Decreto 1575, del 2007 y la Resolución 2115 del 2007), presenta solamente una único estándar de calidad para ambos casos. En el proyecto propuesto, el agua subterránea del acuífero Cretácico será usado para el abastecimiento de emergencia, donde se puede verifican que tan solo las concentraciones de Fe y Mn exceden ligeramente los nuevos estándares de calidad de agua. El Fe y el Mn pueden ser removidos fácilmente por un filtro de presión. Por lo tanto, las instalaciones de tratamiento de agua fueron planeadas para satisfacer los estándares de calidad de agua en los proyectos propuestos.

Plan de equipos eléctricos

La energía de Bogota es abastecida por la empresa de energía local a través de líneas de 11.4 kv, 60 Hz y trifásicas. El suministro de energía hasta el primer polo eléctrico deberá ser suministrado por las líneas ubicadas para al fin pertenecientes a la empresa de energía. El presupuesto para esto será incluido en el proyecto.

Plan de las Instalaciones del Tratamiento de Agua

La calidad del agua en el área de estudio es excelente, de acuerdo a los resultados del análisis de la calidad de agua realizado en los pozos, en donde solamente los niveles de Fe y Mn, se encontraron ligeramente por encima de los estándares de Colombia. Los métodos de tratamiento posibles son: a) el método de filtración por gravedad, b) el método de filtración por presión y c) el método de presión osmótica, etc. Para el proyecto se sugiere el sistema de filtrado por presión porque la presión residual del bombeo se puede aprovechar como presión de conducción, lo que reduce el tiempo de la reacción. Los métodos que se muestran en la Tabla-3.3- 8 se pueden considerar adecuados para el tratamiento del agua.

Tabla-3.3- 8 Métodos de Tratamiento de Agua

Sistema de Tratamiento de Agua	Substancias Tratadas		Lugar
	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	
(1) Cloración	0,3 ó menor	0,1 ó menor	La Salle, Mariscal Sucre
(2)Cloración + filtro de Presión	0.3 - 3.0	0,1 – 3,0	Todas las demás aparte de (1) y (3)
(3)Cloración + Aeración + Filtro de Presión	3,0 ó mayor	3,0 ó mayor	Usme

Fuente: Equipo de Estudio JICA

El tanque de distribución deberá contar con la suficiente capacidad para almacenar el volumen correspondiente a 30 minutos de bombeo del pozo. Para garantizar la distribución a un carrotanque sin necesidad de una bomba, el tanque de distribución debe instalarse a una altura de 3 m con respecto a la vía. Si el terreno es plano, el tanque de distribución se instalará en una estructura más alta que la vía, para obtener la diferencia de altura.

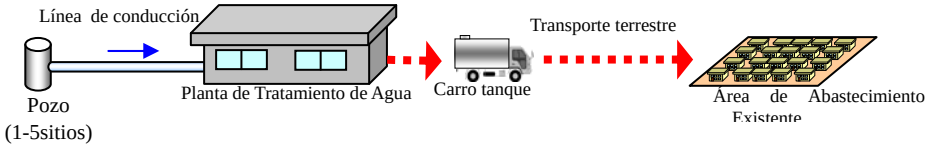
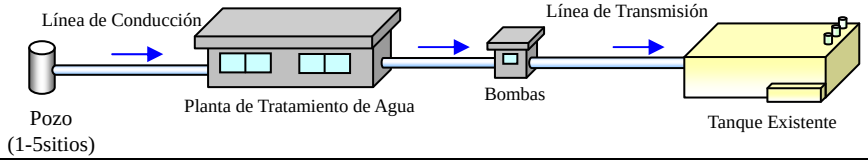
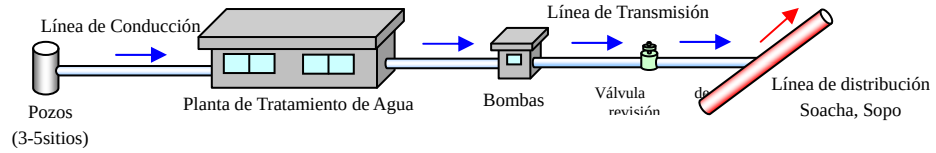
Plan para el Equipo Auxiliar

El equipo eléctrico tal como el transformador, el panel de control, etc. debe instalarse bajo techo para garantizar su durabilidad a largo plazo. Por lo tanto, es necesario construir una caseta eléctrica dentro de la planta de tratamiento. Igualmente es necesario instalar un baño y un tanque de tratamiento de agua para asegurar las condiciones sanitarias para los operadores.

2). Plano de la Instalación de Abastecimiento de Agua

a) Plano para la Instalación del Abastecimiento de Agua

Para las instalaciones para el abastecimiento de agua se han planeado tres tipos, como se muestra en la Figura-3.3-12, las instalaciones del tipo 1, 2 y 3 deberán implementar puntos de suministro de agua mediante carrotanques, para abastecimiento de emergencia inmediato al desastre.

Tipo	Composición de las Instalaciones para el abastecimiento de agua mediante agua subterránea
Tipo-1	
Tipo-2	
Tipo-3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 12 Composición de las Instalaciones del Abastecimiento de Agua mediante Agua Subterránea

3. 6. Producción Optima

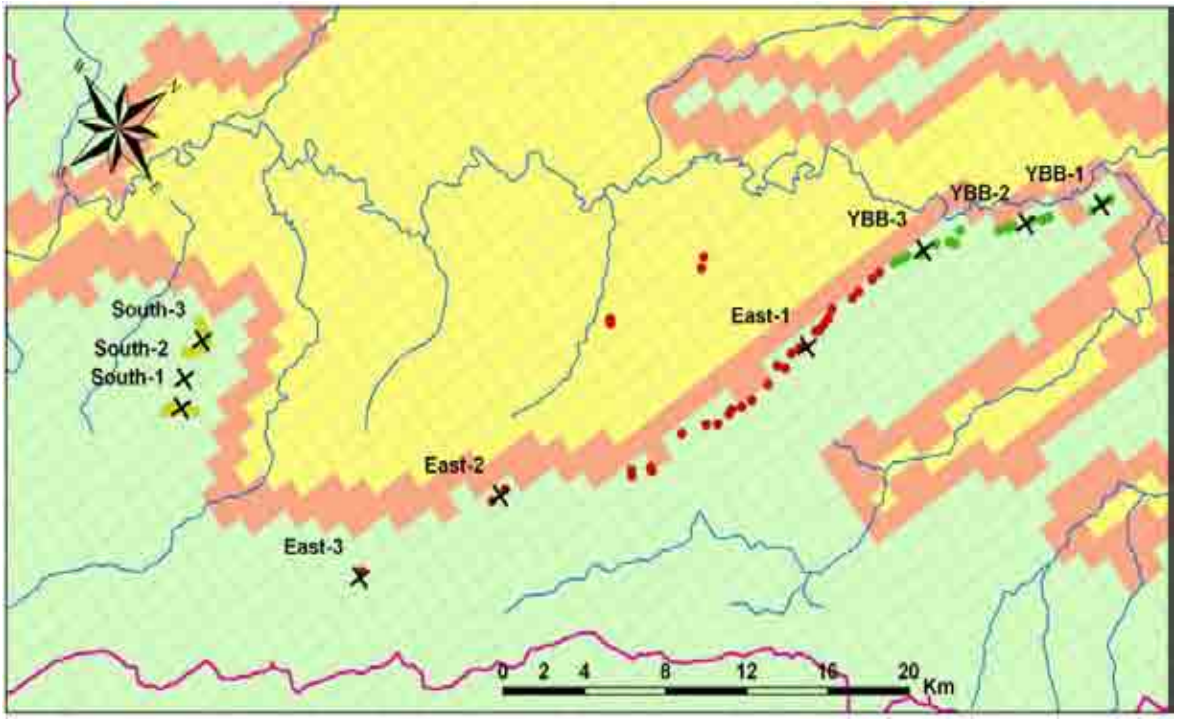
3.6.1 Abatimiento del Nivel Freático

1). Ubicación de los Pozos Planeados

El plan de abastecimiento de agua en caso de emergencia se conforma de tres proyectos con la construcción de pozos de bombeo. El Proyecto Oriental incluye 33 pozos, el Proyecto Sur 14 pozos y el proyecto Yerbabuena 17 pozos. Los pozos planeados están ubicados a lo largo del área de los Cerros Orientales y se distribuyen sobre las cuatro cuencas tributarias del río Bogotá: Bogotá (L) – Fucha, Tunjuelo y Soacha.

2). Abatimiento del Nivel Freático

Este será examinado a profundidad para clarificar la posibilidad del bombeo planeado. Un modelo de simulación de agua subterránea fue usado para examinar estos aspectos. Utilizando la función de la "observación del abatimiento" en el software MODFLOW, en una simulación de aguas subterránea, fueron instalados tres pozos de observación virtuales por cada área del proyecto como se muestra en la Figura-3.3-13

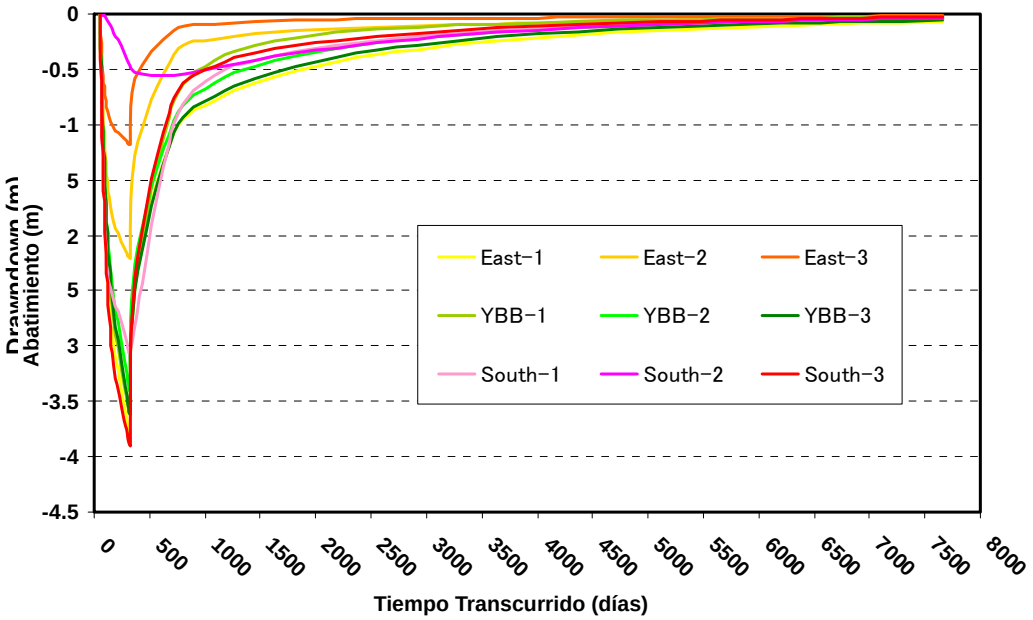


Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 13 Ubicación de los Pozos de Observación

La Figura-3.3- 14 muestra el resultado de la simulación de todos los pozos de observación e indican lo siguiente:

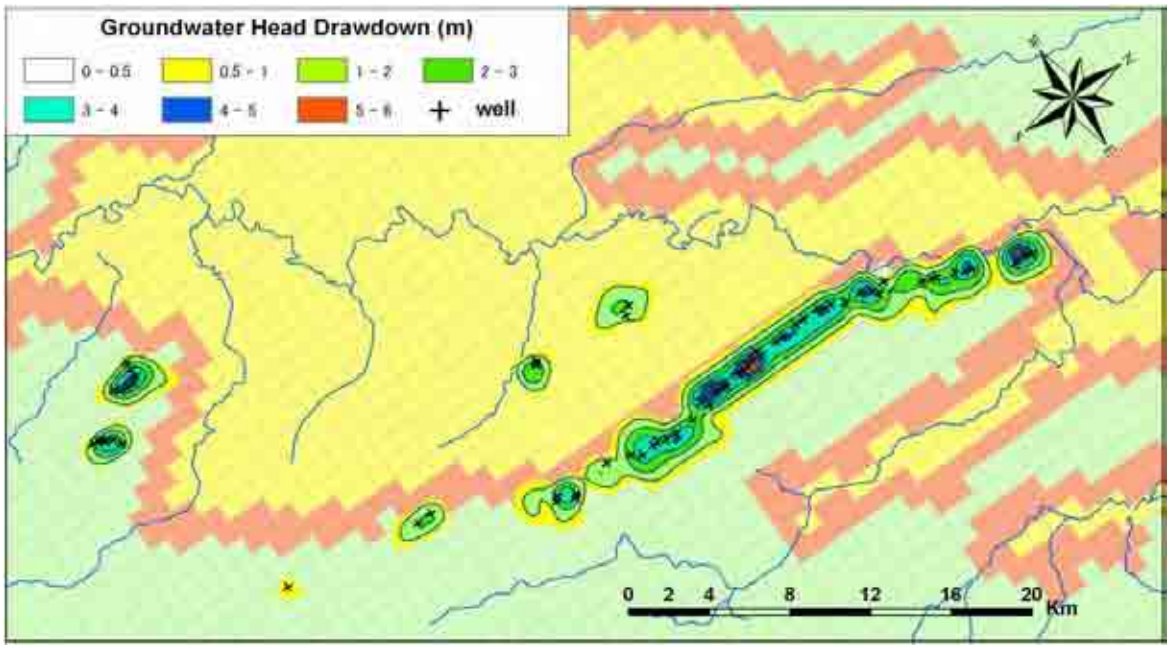
- El Abatimiento del nivel Freático ocurre en todas las áreas del proyecto. El máximo abatimiento en los pozos de observación para cada área del proyecto varía de 3.5 a 4 m.
- No se identificó ninguna señal del abatimiento alcanzando el equilibrio durante el bombeo.
- El abatimiento en cada pozo de observación se recupera rápidamente después de finalizado el bombeo. El abatimiento en casi todos los pozos de observación se recupera prácticamente un metro en un año.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 14 Curvas de Cambio en el Nivel Freático de los Pozos Temporales de Observación

La Figura-3.3- 15 muestra la distribución del abatimiento del nivel freático en el momento de finalizar el bombeo. En algunos lugares cercanos a los pozos de bombeo se presenta un abatimiento relativamente grande (aproximadamente cinco metros) en el estrato Cretácico. Este abatimiento es indispensable para recolectar suficiente agua subterránea en el área de los pozos. Se considera que una disminución de la cabeza hidráulica de esta magnitud en un área de base rocosa, no puede causar problemas ambientales, como se mencionó anteriormente. Por lo tanto, el abatimiento en el estrato Cretácico puede ser considerado dentro del rango admisible.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 15 Área Afectada por el Proyecto

3). Balance entre Bombeo de Agua Subterránea y Recarga

El área de recarga y la cantidad de recarga anual en cada cuenca tributaria se sintetizan en la Tabla-3.3- 9. Si la cantidad de recarga anual de agua subterránea se compara con el total de la descarga, es evidente que la recarga es menor a la descarga. La proporción de la recarga para descarga es de 63.1%. Este resultado corresponde a las curvas de abatimiento en los nueve meses de duración de la descarga, el abatimiento continuará disminuyendo sin alcanzar el equilibrio.

Tabla-3.3- 9 Cantidad de Recarga para los Pozos Propuestos

Cuenca	Área (m^2)	Tasa_R (mm/año)	Recarga Anual (m^3)
Soacha	8.471.446	53	448.987
Tunjuelo	13.583.232	129	1.752.237
Bogota(L)	110.436.866	118	13.031.550
Fucha	24.910.090	194	4.832.557
Total	**157.401.634**	--	**20.065.331**

Nota: Tasa_R es la tasa de recarga anual de agua subterránea obtenida del análisis hidrológico
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Sin embargo, el propósito de este proyecto es suministrar agua en caso de emergencia, con un máximo de nueve meses de duración de la descarga. La descarga deberá ser detenida siguiendo las disposiciones de la emergencia. La cabeza hidráulica se puede recuperar rápidamente como se muestra en las curvas de abatimiento de los pozos de observación en la Figura-3.3- 14.

De acuerdo al anterior análisis del balance de aguas subterráneas, la cantidad total de descarga en el proyecto podrá recuperarse por una recarga de 1.58 años. Este análisis del balance hídrico permite concluir que, como contramedida de abastecimiento de agua en emergencia, el balance de aguas subterráneas puede mantenerse aún cuando todos los pozos estén trabajando completamente dentro de la duración del proyecto, en caso de

que el intervalo de implementación sea de dos años o más.

Resumiendo el análisis anterior, se puede concluir, de acuerdo al balance hídrico subterráneo, a las precauciones contra impactos ambientales y al uso de agua subterránea, que el proyecto de abastecimiento de agua de emergencia es factible si se implementa en intervalos mayores a dos años.

3.6.2 Subsidencia del terreno

La subsidencia del terreno sucederá en el suelo blando del Cuaternario cerca de la superficie. El modelo ara la subsidencia del terreno fue propuesto en el Estudio del M/P. El abatimiento del nivel de agua subterránea por el bombeo de los pozos propuestos fue pronosticado en el E/F. la posibilidad de la subsidencia del terreno fue analizado utilizando este resultado.

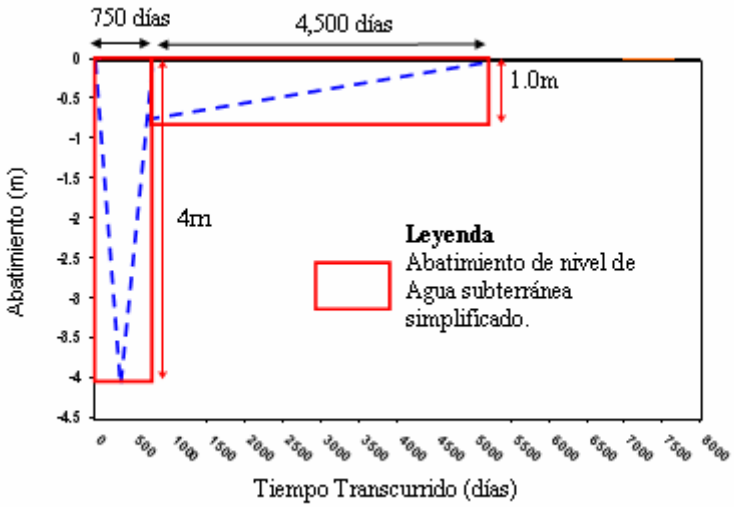
- La duración del bombeo es menor a 9 meses. Este bombeo causará un abatimiento del nivel de agua subterránea para dirigir la subsidencia del terreno del Cuaternario. En consecuencia, los cálculos deben ser realizados en 2 pasos, como se explica abajo para obtener la subsidencia exacta del terreno del Cuaternario.

Paso-1. Se calculó, la subsidencia final del terreno en caso de bombeo permanente.

Paso-2. La subsidencia final del terrero anterior fue modificada, considerando la recuperación del nivel de agua después de que se detiene el bombeo.

(1) Nivel de Abatimiento del Agua Subterránea por Bombeo

El abatimiento del nivel de agua fue analizado por la simulación del agua subterránea en el E/F. Este resultado puede ser simplificado como se muestra en la Figura-3.3- 16. Este abatimiento del nivel de agua simplificado fue usado para el análisis.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 16 Nivel de abatimiento Modificado de Aguas Subterránea

(2) Subsidencia Total del Terreno

La subsidencia Total del terreno bajo el nivel de abatimiento asumido de aguas subterráneas se muestra en la Tabla-3.3-10.

Tabla-3.3- 10 Subsidencia Total del Terreno

Geología	Espesor (m)	Nivel de Abatimiento de Agua Subterránea (m)	Subsidencia del Terreno (m)
Cuaternario	105	4	0,00520
Terciario	95	4	0,00038
Cretáceo	100	4	0,00012
Total			0,00570

Fuente: Equipo de Estudio JICA

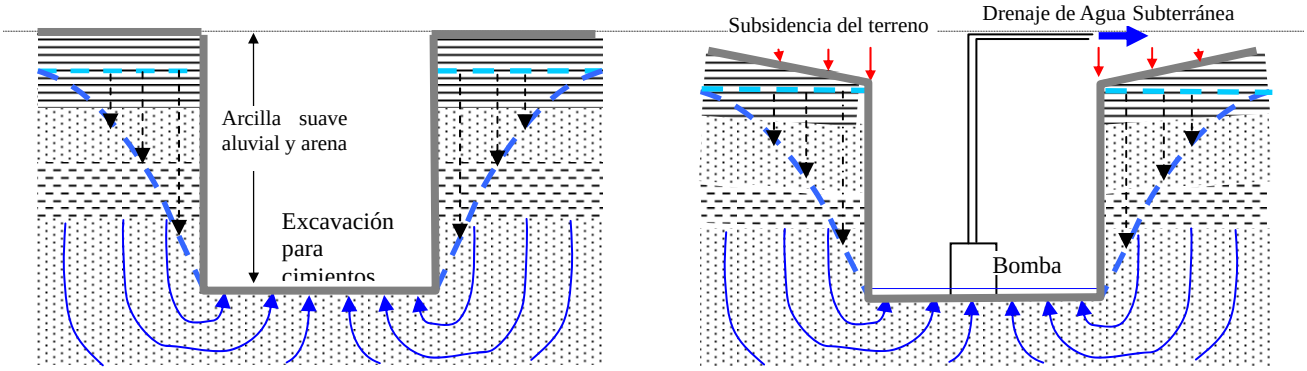
Como se muestra en la Tabla-3.3- 10, la subsidencia total del terreno por bombeo fue calculada de 0.0057 m. La subsidencia del terreno del Terciario y el Cretáceo se recuperará completamente con la recuperación del nivel de agua subterránea después de detener el bombeo. La subsidencia del terreno del Cuaternario se recuperará también parcialmente con el recobro del nivel de agua subterránea. Por esta razón, la subsidencia del terreno final será más pequeña que la que se muestra en la Tabla-3.3- 10, y el impacto en la subsidencia del terreno es insignificante.

(3) Subsidencia del Terreno en la Ciudad de Bogotá

Es de destacar que la subsidencia del terreno está actualmente teniendo lugar en la ciudad de Bogotá. El mecanismo de la subsidencia del terreno y la relación con el proyecto propuesto, es de la siguiente manera:

a) Mecanismo de Subsidencia del terreno

La subsidencia actual del terreno que tiene lugar en la ciudad de Bogotá tiene una relación muy fuerte con los trabajos de construcción de edificios. Grandes trabajos de excavación son implementados para la instalación de los cimientos de los edificios. El agua subterránea fluirá en el fondo de la excavación, y será drenada a través de bombeo. Luego, el nivel de agua subterránea alrededor del hoyo disminuirá y por consiguiente, ocurrirá la subsidencia del terreno El mecanismo de la subsidencia del terreno es mostrado en la Figura-3.3-17.



(a) Excavación Posterior (antes de la subsidencia del terreno)

b) Drenaje de Agua subterránea y Subsidencia del Terreno

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 17 Flujo de Agua Subterránea por la Excavación y la Resultante de la Subsidencia del Terreno

Este tipo de subsidencia del terreno tendrá lugar cerca de la superficie del suelo. El mecanismo de la subsidencia de terreno es claro, y el are a de su influencia se limita alrededor del hoyo de excavación.

b) Relación entre el Proyecto Propuesto y la Subsidencia del Terreno

En el proyecto propuesto, el agua subterránea será bombeada desde las profundidades de la roca Cretácica. Se espera que el comportamiento del terreno por tal bombeo sea de la siguiente manera:

- El abatimiento del nivel de agua subterránea por el bombeo ocurrirá en las partes profundas de la roca dura, luego, el tamaño del asentamiento será pequeña (menor a 1 cm).
- El asentamiento local en las partes profundas de la roca aparecerá distribuido igualmente en

pequeños asentamientos sobre la superficie del suelo, los cuales no serán considerados como "asentamiento diferencial", que ocasiona daños serios a las construcciones subterráneas. Por lo tanto, no habrá impacto sobre la tubería subterránea y la cimentación de las construcciones.

El impacto por la implementación del proyecto propuesto, fue estimado como mucho menor a la subsidencia del terreno actual de la ciudad de Bogotá.

3. 7. Operación/Mantenimiento e Institución

(1) Operación para el Abastecimiento de agua en Caso de Emergencia mediante Agua Subterránea

Los trabajos de operación para el abastecimiento de Agua en caso de emergencia mediante agua subterránea s se clasifican como "abastecimiento de Agua Puntual" y "Suministro de Distribución en Red". Con el desarrollo y la rehabilitación de las redes de conducción y distribución puede realizarse el abastecimiento puntual de agua a través de los hidrantes localizados en las áreas rehabilitadas de la red.

Tabla-3.3- 11 Procedimiento para el Abastecimiento de agua subterránea en caso de Emergencia

Suministro de Agua de Emergencia	Trabajos de Operación
Suministro Puntual de Agua	* Distribución de agua por carrotanques o camiones con tanques de agua. * Operación, Inspección y reparación de las instalaciones de bombeo, tratamiento de agua y distribución.
Operación Transicional	* Revisión del sistema de control remoto y las conexiones al sistema. * Conexión a la red de suministro de agua.
Suministro de Agua en red	* Suministro de agua por un sistema de control remoto automático (conexión de los pozos e instalaciones de tratamiento a un sistema ordinario de suministro de agua) * Operación, inspección y reparación de las instalaciones de bombeo y tratamiento y distribución de agua

Fuente: Equipo de Estudio JICA

(2) Personal para el Abastecimiento de agua de Emergencia con Agua subterránea

Es recomendable contar con el personal existente de Acueducto para el abastecimiento de agua de emergencia. No obstante, se recomienda la contratación de un grupo pequeño de empleados para la administración del suministro de agua en caso de emergencia, así como para la revisión de las instalaciones y el equipo y el monitoreo periódico de los recursos de agua subterránea en tiempos normales (un técnico líder y un asistente, para operar alrededor de 30 pozos)

Tabla-3.3- 12 Personal para el abastecimiento de agua de Emergencia por Agua subterránea

Tipo de Abastecimiento de Agua de Emergencia	Personal
Abastecimiento Puntual de Agua	- Para la operación del Bombeo, el Tratamiento y el Abastecimiento a los Carrotanques, un técnico y un asistente por pozos-instalación de tratamiento son necesarios * Contratos con compañías que tienen carrotanques o vehículos similares. * Una persona del Acueducto por vehículo es necesaria para revisar la distribución. * Se debe despachar personal de la Gerencia de Zona y de las Direcciones de la Gerencia Corporativa de Servicio al Cliente. * Se recomiendan contratos de servicio para seguridad y mantenimiento. - El número total de personas requeridas dependerá de la cantidad de pozos a ser usados en el suministro puntal de agua o las condiciones de transmisión disponibles y de las instalaciones de distribución.
Abastecimiento de Agua en Red	Un técnico líder y un técnico deberán ser contratados por el Acueducto, para una cantidad de 30 pozos para manejar la operación de suministro de agua en red mediante agua subterránea. Este personal estará a cargo de la revisión de las condiciones de las instalaciones y el equipo así como del monitoreo periódico del recurso de agua subterránea en condiciones normales. * Se recomienda subcontratar contratos de servicio para la inspección regular de las instalaciones y el monitoreo de los pozos. * Se recomienda contratos de servicio para seguridad y mantenimiento.

Fuente: Equipo de Estudio JICA.

(3) Fortalecimiento del Comité de Prevención de Desastres y Atención de Emergencias

Para responder de manera eficiente y rápida a las emergencias se recomienda fortalecer el Comité de Prevención y Atención de Emergencias. El comité estará integrado por el Comité Directivo y el Comité Operativo. El Comité Operativo debe estar conformado por: 1) el Grupo de Comunicación; 2) el Grupo de Rehabilitación; 3) el Grupo de Abastecimiento de agua; 4) el Grupo de Apoyo (Logístico); y 5) Grupos Zonales (uno por cada de las cinco zonas). Cada Grupo Zonal tendrá i) un Equipo de Comunicación, ii) un Equipo de Rehabilitación, iii) un Equipo de Abastecimiento de agua iv) un Equipo de Apoyo (Logístico).

Los Comités y cada Grupo Zonal, deberán concertar encuentros por lo menos cuatro veces al año, aún en tiempos ordinarios, para trabajar en la preparación en casos de emergencias.

(4) Organización de la Dirección para el manejo Riesgos Integrados

La dirección será responsable de toda la coordinación, se sugiere que el personal de planta este conformado por un gerente, un(a) ingeniero(a) con conocimiento total del sistema de Acueducto, una persona con conocimiento general en sociedad, economía, urbanismo y uso de tierra, y comunidades, una persona especializada en comunicación e información, etc.

(5) Organización de La División de Agua Subterránea

El personal y los cargos propuestos de la División de Agua Subterránea en la Dirección del Abastecimiento de agua de la Oficina de Dirección Corporativa del Sistema de Maestro se muestran en la tabla de abajo. La división es responsable del desarrollo y la conservación del recurso del agua subterránea así como la operación del abastecimiento de agua por agua subterránea en la cooperación con otras divisiones de la Oficina de Dirección Corporativa del Sistema de Maestro. Estos trabajos pueden ser realizados por con recursos externos. El personal recomendado está conformado por: la división de gerencia, el equipo de técnicos, conformados por un técnico líder y un técnico, quienes estarán a cargo alrededor de 30 pozos, y un asistente administrativo. El proyecto piloto para abastecimiento de agua de emergencia está planeado para comenzar en el 2009 por el Acueducto, se propone que el Acueducto examine la División de Aguas

Subterráneas con base en el proyecto piloto.

3.7.1 Lecciones del Desastre Sísmico de Kobe

(1) Perfil de Desastre Sísmico de Kobe y Daños Ocasionados

El martes 19 de enero de 1995, a las 5:46 a.m. (Hora Oficial de Japón) ocurrió el terremoto de Kobe. El perfil del desastre se presenta a continuación:

- La intensidad del terremoto fue de 7.3en la Escala de Richter, con una profundidad del centro sísmico de 16 Km. y con aceleración máxima de 818 Gal.
- El número de muertes se elevó a 6 437 victimas, 10.683 personas fueron seriamente heridas, y 33.109 personas sufrieron alguna lesión ligera. El número total de personas heridas por el terremoto fue de 43.792.
- Para el daño de viviendas, el número de viviendas totalmente colapsadas fue de aproximadamente 105.000 y de aproximadamente 144 000 viviendas con destrucción parcial.

(2) Daño de las Instalaciones de Abastecimiento de Agua

El daño de las Instalaciones de abastecimiento de agua fue de la siguiente manera:

- El número de viviendas que sufrieron la suspensión del abastecimiento de agua fue de aproximadamente 1.230.000, y el daño en el sistema de abastecimiento de agua alcanzó la cifra de 56,000 millones de yenes.
- El daño de la tubería alcanzo 1.757 puntos, con una proporción de 0,44 puntos/kilómetro.

(3) Abastecimiento de agua de Emergencia:

<u>Obstáculos para el abastecimiento de agua de emergencia</u>

Inmediatamente después del terremoto muchos incendios ocurrieron a lo largo de la ciudad de Kobe, y fue imposible utilizar la mayoría de los hidrantes dentro de la ciudad por el daño causado por el terremoto. Las actividades contra incendios enfrentaron una dificultad extrema sin los hidrantes, teniendo que utilizar, en cambio, carrotanques. La causa de la tardanza en el abastecimiento de agua y la restauración de las instalaciones fueron:

- Las viviendas colapsadas obstaculizaron las vías, y que también fueron destruidas, produciendo así, fuertes congestiones de tráfico. Las actividades de suministro de agua de emergencia mediante los carrotanques sufrieron la congestión del tráfico, y los vehículos para los trabajos de restauración no podían acceder a los lugares.
- La identificación de los puntos de fuga de la tubería tardó mucho. Había tantos puntos rotos en la tubería, que la presión del agua era demasiado pequeña para ser detectada.

<u>Progreso de abastecimiento de agua de Emergencia</u>

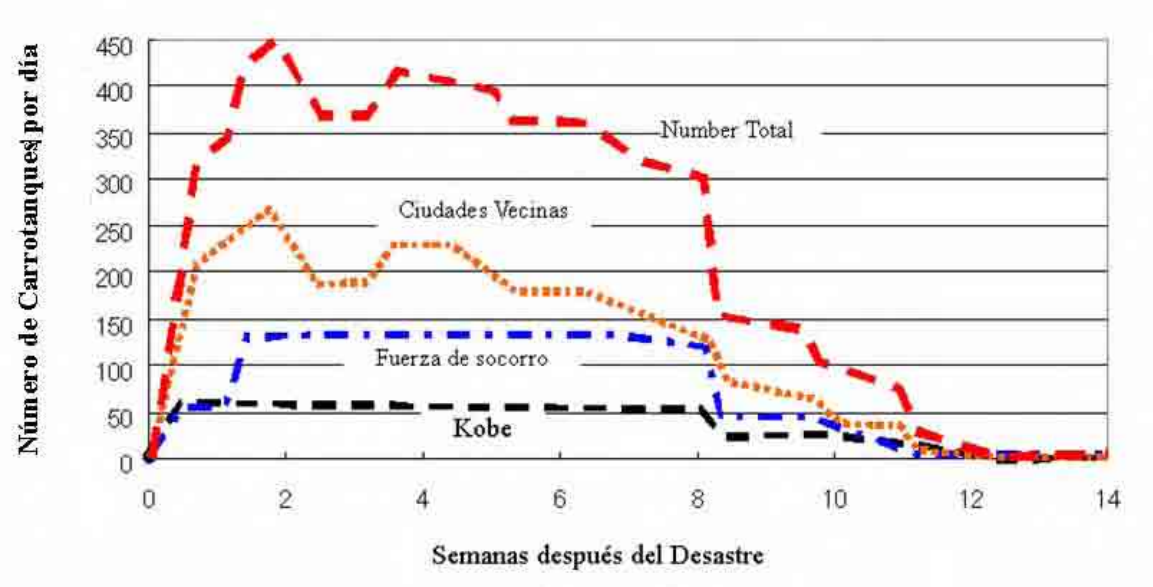
El abastecimiento de agua de emergencia se inició inmediatamente después de ocurrido el terremoto mediante carrotanques. El progreso del abastecimiento de agua, es como sigue:

a) El abastecimiento de agua de emergencia empezó después del medio día, principalmente en los refugios.

b) Con la restauración de la tubería, el abastecimiento de agua de emergencia se inicio instalando grifos temporales en los hidrantes.

c) El número de carrotanques de abastecimiento de agua fue de 300-400 juegos/día, con el pico más alto de 432 juegos/día durante 7 días luego del terremoto. El abastecimiento de agua se recuperó

casi en su totalidad luego de un mes y medio de ocurrido el terremoto, y disminuyendo bruscamente a partir de ese momento el numero de carrotanques. Finalmente, la actividad de los carrotanques se culmino cuando el servicio de agua fue completamente restaurado, luego de dos meses del terremoto. (Ver Figura-3.3- 18).



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 18 Numero de Carrotanques /tiempo

(4) Unidad de Consumo de Agua en Emergencia

La unidad de consumo de agua en emergencia de los carrotanques se muestra en la Tabla-3.3- 13.

Tabla-3.3- 13 Unidad de Consumo de Agua en Emergencia

Periodo	Unidad de Consumo (ℓ/persona/día)		
	Carrotanques	Otras fuentes de agua note)	total
2 semanas después del desastre	9. 0	9. 0	18
2 a ~6 semanas	9. 3	9. 3	18.6

Note) El consume de agua de otras Fuentes distintas a los carrotanques se asume como la misma cantidad de carrotanques.
Fuente: Equipo de Estudio JICA

(5) Lecciones del Terremoto de Kobe

El Ejemplo de Desastre de Kobe ofrece varias sugerencias en la formulación del plan de abastecimiento de agua de emergencia para la ciudad de Bogotá.

a) Resistencia Sísmica para las Instalaciones

La tubería de agua y las instalaciones principales deberían ser reforzadas para la resistencia sísmica.

Una válvula de corte de emergencia, que trabaje automáticamente detectando las fuertes vibraciones causadas por el terremoto, es eficiente y debería ser instalada en los tanques existentes. Esta válvula puede asegurar el agua de los tanques en el abastecimiento de agua de emergencia.

b) Carrotanques

Los carrotanques son el actor principal en el abastecimiento de agua de emergencia, como fue demostrado en el desastre sísmico de Kobe. Es recomendable preparar y contar con algunos carrotanques para la emergencia. Sin embargo, no es recomendable la compra de carrotanques costosos pues es imposible pronosticar cuando

sucederá un desastre. Por esta razón, se recomienda preparar tanques plásticos en lugar de carrotanques, que puedan ser cargados en camiones pequeños y furgonetas, (ver Figura-3.3- 19).

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura-3.3- 19 Tanques de Agua para Carga de Camión

c) La preparación de agua de emergencia

En el caso del Desastre de Kobe, la mayor parte del agua necesaria era para el servicio de baños. Para este fin, el agua de piscinas y estanques, debería estar preparada para la emergencia.

d) Relación entre los municipios vecinos para el abastecimiento de agua de emergencia.

La ayuda para el abastecimiento de agua de emergencia vino a la ciudad Kobe de los municipios vecinos y la Fuerza de Socorro. La ciudad de Kobe contaba con 50 carrotanques. Además de estos, muchos carrotanques fueron a Kobe con un total de 370 carros/día, en las horas pico. De este modo, es importante crear relaciones para la cooperación y la ayuda para el abastecimiento de agua de emergencia.

(6) Servicios de Baño en los Refugios

Muchas personas fueron obligadas a permanecer en refugios por el desastre de terremoto. El problema más serio durante esta temporada en los refugios fue sin duda el uso del baño.

Número de Refugios

364 instalaciones fueron oficialmente registradas como refugios, de las cuales, 318 instalaciones eran escuelas públicas, los demás 46 eran escuelas privadas. Además de éstas, hubo aproximadamente 250 refugios que no fueron registrados oficialmente. La mayor parte de estos refugios fueron ocupados tras la evacuación en el desastre sísmico de Kobe. El número de refugios aproximado, inmediatamente después del terremoto fue de 500.

Servicio de Baño en Los Refugios

Baños Temporales fueron ubicados en los refugios, luego de cuatro días del terremoto el número de juegos de baños fue de 524 y trascurridas dos semanas de ocurrido, el máximo registrado fue de 3.000 juegos. La proporción de la distribución de servicios temporales era de 1 juego para cada 80 personas. El Acueducto debe preparar y acumular servicios temporales para los refugios. Los baños temporales deben ser entregados rápidamente a los refugios en casos de emergencia. Los baños tipo tanque no pueden ser habilitados como servicio temporal, así que los camiones de tipo Vactor deben visitar cada refugio con regularidad.

3. 8. Consideraciones Sociales y Ambientales

Con base en las discusiones con el ACUEDUCTO, se acordó la prioridad a los proyectos en el abastecimiento de agua de emergencia. En este E/F, se volvió a analizar la EAI evaluando los resultados y considerando el impacto social y ambiental causado por cada uno de los proyectos prioritarios y los requerimientos ambientales Colombia. Adicionalmente se recomendaron medidas de mitigación contra los

impactos negativos que pueda causar la implementación de cualquiera de los proyectos.

3.8.1. Impacto Ambiental y Social Estimado

(1) Proyecto Piloto

Seis de los ocho sitios planeados son propiedad del Acueducto. Otros dos están ubicados en propiedad privada. Ningunas otras consideraciones ambientales o sociales, incluso la reubicación, se requieren para los sitios del Proyecto Piloto

(2) Proyecto Primer Periodo (Proyecto Oriental)

Los pozos se ubican en el piedemonte de los Cerros Orientales. Los lugares para la implementación del proyecto colindan con áreas residenciales, excepto aquellos en el área de protección forestal Se seleccionaron terrenos desocupados por lo que no se necesita reasentamiento. La mayoría de los lugares se ubican en propiedad privada, por lo que es necesario adquirir o arrendar los terrenos. En el lugar se podría construir una edificación en el futuro para el control de los pozos.

(3) Proyecto Segundo Periodo (Proyecto Sur)

Los sitios del proyecto en el área de Soacha están localizados en una zona de viviendas de bajos recursos. Sin embargo los sitios de los pozos se escogen evitando la reubicación y distantes a la Zona de Protección Forestal. El sitio para el proyecto en el área de Soacha pertenece a un único propietario, con quien es necesario negociar para adquirir o arrendar los terrenos. Estos terrenos son en su mayoría potreros donde no hay viviendas o bosques. Desde el punto de vista geológico, estos lugares presentan excelentes condiciones, por lo que se espera un gran potencial de agua subterránea. No se esperan impactos ambientales o sociales negativos.

Los sitios del proyecto en el área de Ciudad Bolívar están también ubicados en terrenos privados, donde un pozo exploratorio ha sido completado por JICA. Las características físicas del terreno son similares a las del área de Soacha (potreros). De la misma manera, ni durante ni después de la perforación exploratoria se presentaron impactos ambientales ni sociales, por JICA.

(4) Proyecto Tercer Periodo (Proyecto Yerbabuena)

En Yerbabuena se planea perforar 17 pozos en el proyecto de Yerbabuena. Los terrenos de este proyecto no se encuentran en Bogotá, sino que pertenecen a Chía y Sopo y son de propiedad privada, por lo que es necesario adquirirlos o arrendarlos. Los sitios están localizados en potreros o pastizales por lo que no se necesita de reubicación. Los lugares propuestos están cerca de una vía principal de fácil acceso, así mismo, se cuenta con suficiente espacio para los trabajos de construcción. Se considera que el proyecto no causará mayor impacto ambiental o social. Dado que los pozos propuestos se ubican fuera de Bogotá, se necesita un acuerdo administrativo entre los gobiernos locales.

3.8.2. Conformidad con las Leyes, Reglamentos y Estándares del Gobierno Colombiano

En cuanto al desarrollo de agua subterránea, no se requiere de una licencia de acuerdo al decreto1220 del 2005 del MAVDAT. Tampoco se requiere una Evaluación del Impacto Ambiental (EIA).

Los siguientes permisos son necesarios para el desarrollo de agua subterránea:

a) Permiso de perforación expedido por la SDA (Resolución 1207) para trabajos de construcción dentro del área urbana de Bogotá, regulada en el POT.

b) Permiso de perforación expedido por la CAR para trabajos de construcción fuera del área urbana de Bogotá (POT).

c) Derechos de concesión de agua otorgados por la CAR, cuando el pozo se utiliza para abastecimiento

regular de agua (Permisos para el suministro de agua de emergencia, tales como los proyectos propuestos no son requeridos).

d) Otros: De acuerdo al área de protección ambiental (Zona de Manejo y Protección Ambiental), no se construirán instalaciones a una distancia menor a 30 m. de la línea central de un río. Esta reglamentación se aplica también para la perforación de pozos.

3.8.3. Resultado de la Revisar Final

De acuerdo con la pautas JICA y considerando los requerimientos ambientales legales en Colombia, se considera que los proyectos planeados no causarán un impacto adverso significativo sobre el medio ambiente y la sociedad. Por lo tanto, el proyecto en general esta caracterizado como categoría B en el rango de los principios guías de JICA.

3.8.4. Medidas de Mitigación Recomendadas

(1) Adquisición de Terrenos

Los lugares del proyecto en los Cerros Sur presentan condiciones ideales, desde el punto de vista hidrogeológico, ambiental y social. Por lo tanto, es necesaria la adquisición o renta de los terrenos.

La localización de los sitios de proyecto en el área urbana podrá tener un impacto social pero también se deben considerar las ventajas existentes desde el punto de vista del abastecimiento de agua de emergencia.

(2) Obtención de los Permisos de Perforación

Siguiendo las leyes de regulación ambiental de Colombia serán necesarios los permisos para la perforación de los pozos.

(3) Tráfico

Se anticipa que pede haber impactos sobre el transporte dentro y en los alrededores de los lugares del proyecto. La agencia encargada del proyecto necesita contactar a las autoridades relacionadas (secretaría de movilidad, policía de tránsito, etc.) para obtener los permisos de tráfico. Además, las medidas de seguridad deben ser redactadas durante el período de construcción basadas en el manual de seguridad aplicable.

(4) Contaminación del Agua (Tratamiento de lodos Residuales)

Los lodos residuales (con bentonita) generados de la perforación del pozo, serán tratados según los estándares del IDEAM, para evitar su drenaje en caminos y en ríos.

(5) Ruido y Vibración

La ubicación del proyecto en el área urbana prevé un impacto de ruido y vibración en las inmediaciones. Para mitigar el problema será suficiente el empleo del método convencional llevado a cabo, por ejemplo, en la perforación exploratoria en Ciudad Bolívar y La Aguadora, donde los residentes no reportaron queja alguna.

(6) Abatimiento del Nivel Freático

En este estudio se pronostica algún abatimiento del nivel freático como consecuencia de la implementación del proyecto. De acuerdo a los resultados, la disminución del nivel de agua del acuífero Cuaternario es menor a 4m. El objetivo de este proyecto es el suministro de agua en caso de emergencia, por la interrupción del servicio de agua por parte del Acueducto. Se presume que el periodo de bombeo de abastecimiento de emergencia será menor a 9 meses. El abastecimiento de agua subterránea en caso de emergencia debe tener una mayor prioridad sobre otros posibles usos del agua subterránea en sectores privados. El impacto sobre el nivel de agua subterránea ocurre durante un periodo corto. Se puede decir que la disminución del nivel

freático como consecuencia del proyecto puede ser aceptable.

(7) Subsidencia del Terreno

En este estudio se pronostica algún nivel de subsidencia del terreno como consecuencia de la implementación del proyecto. Se estima que la cantidad de subsidencia será menor a 5mm. La subsidencia del terreno ocurre en la capa de arcilla suave del Cuaternario. Sin embargo, el proyecto propuesto plantea bombear el agua subterránea desde las profundas rocas duras del Cretáceo por un periodo menor a 9 meses, razón por la cual, la subsidencia de terreno calculada es mínima.

3. 9. Diseño y Estimación de Costos

3.9.1. Diseño

El principio de diseño básico en el P/M deberá cumplir con las técnicas y niveles técnicos adoptados actualmente en el Acueducto. Además, los factores económicos, como los de inversión inicial, operación y gastos de mantenimiento deben considerarse en el diseño. El equipo y los materiales han sido seleccionados de acuerdo a la accesibilidad en Colombia y con miras a permitir la operación sostenible a largo plazo y mantenimiento y después del uso del equipo.

(1) Instalaciones del Pozo

Los estándares americanos son con frecuencia adoptados en proyectos de construcción de pozos en Colombia. Por esta razón, los estándares Colombianos y americanos deben ser aplicados en la puesta en marcha del Proyecto.

- Los diseños para las bombas de pozos, los motores sumergibles y el equipo auxiliar fueron seleccionados con la perspectiva de asegurar la competitividad internacional y la calidad, comparando las especificaciones y capacidad de empresas internacionales especializadas en la construcción de pozos profundos con agencias en Bogotá.
- La energía suministrada a las bombas del pozo y las instalaciones de t6ratamiento, etc., debe ser suministrada por .la empresa de energía de Bogotá. También, se han diseñado las instalaciones de suministro de energía de la misma manera como ha sido implementado el suministro de energía a la estación de bombeo del Acueducto.
- Los estándares de IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) han sido adoptados en la fabricación del equipo eléctrico.
- Los diseños para los generadores de emergencia fueron escogidos con miras a asegurar la competitividad internacional y la calidad, comparando las especificaciones de empresas internacionales especializadas en la fabricación de generadores con agencias en Bogotá.
- Sistemas de encendido y apagado suaves serán instalados en los paneles de operación de los motores, ya que éstos son capaces de limitar la corriente inicial para reducir el tamaño principal de los cables de alimentación, como también pueden impedir el golpe de ariete al interior de los tubos interiores cuando las bombas se encienden o detienen.

(2) Tubería de Distribución de Agua

La tubería Colombiana de PVC (con especificación de 1.3Mpm) empleada ampliamente por el Acueducto, puede ser adoptada para la tubería subterránea de transporte y distribución de agua. Debido a la degradabilidad y condición quebradiza de la tubería de PVC, cuando están en contacto con la luz ultravioleta se recomienda el uso de tubería de acero al carbón de uso general.

(3) Instalaciones de Tratamiento de Agua

Con base en los resultados del análisis de calidad de agua en los pozos exploratorios, la calidad del agua subterránea es excelente, y solamente la concentración de Fe y Mn sobrepasan ligeramente los estándares

permisibles para el agua potable en Colombia. De acuerdo a esto, las instalaciones de tratamiento de agua de filtración de presión deben ser adoptadas.

(4) Instalaciones Auxiliares

- Deberán instalarse cercas de seguridad alrededor de los pozos y de las instalaciones de tratamiento para garantizar su seguridad.
- Deberán construirse vías de acceso pavimentadas en donde sea necesario, para el paso de carrotanques y vehículos grandes, etc. Las vías deberán estar conformadas por una capa simple de pavimento y con un ancho de 4 m.

3.9.2. Estimación de Costos

Los costos aproximados del proyecto fueron estimados para Octubre de 2008, contemplando la oferta internacional. En cuanto al tipo de cambio, los valores promedios entre los meses de Mayo y Octubre del mismo año han sido adoptados.

- Costos de Construcción: Fue calculado sumando los precios unitarios de los presupuestos recogidos y los precios unitarios del Acueducto.
- Adquisición de Tierra: fue calculada siguiendo los últimos precios del valor de la tierra y contemplando las áreas requeridas.
- Costo Técnico: el 10 % del costo de la construcción fue asumido como los gastos del consultor para dirigir el diseño y la supervisión de los trabajos.
- Honorarios de Administración: Este costo fue calculado como sigue: (costo de la construcción + costo de adquisición de tierra + costo de diseño) 10 %.
- Contingencia: fue calculada como sigue: (Costo de la construcción + costo de adquisición de tierra + costo de diseño + costo de administración) 10 %.

La Tabla-3.3- 14 resume los costos estimados del proyecto:

Tabla-3.3- 14 Resultados de los Costos de Estimación

Área	Costo del Proyecto		
Fase - I	67.54（miles de millones. Col$）	35.32（millones. US$）	3,732（millones. yen）
Fase - II	23.00（miles de millones. Col$）	12.03（millones. US$）	1,271（millones. yen）
Fase- III	32.63（miles de millones Col$）	17.06（millones. US$）	1,803（millones. yen）
Total	123.1（miles de millones. Col$）	64.41（millones US$）	6,804（millones yen）

Fuente: Equipo de Estudio JICA

3.9.3. Costos de Operación y Mantenimiento

El proyecto recomienda 64 pozos. La operación de los pozos esta categorizada en 6 sistemas. El costo de operación y mantenimiento de los seis sistemas fueron estimados respectivamente a continuación.

Tabla-3.3- 15 Costos de Operación y Mantenimiento

Sistema	A	B	C	D	E	F
Medidas de Filtración	Cloración			Cloración＋presión de Filtro		
Pozo(s) conectados a la planta de Tratamiento	1	1	2	3	4	5
Producción (m^3/día)	2000	2000	4000	6000	8000	10000
Costos de Operación & Mantenimiento (Col$/$m^3$)						
Costo Variable	159.52	222.86	222.86	222.86	222.86	222.86
1. Electricidad	157.23	218.28	218.28	218.28	218.28	218.28
2. Químicos	2.29	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58
Costo Fijo						
3. Personal	0	37.00	18.50	12.33	9.25	7.40
Total	**159.52**	**259.86**	**241.36**	**235.19**	**232.11**	**230.26**

Fuente: Equipo de Estudio JICA

3. 10. Cronograma de Implementación del Proyecto

Las siguientes condiciones han sido consideradas en el cronograma de los proyectos propuestos.

a) Las instalaciones para el suministro de emergencia de agua mediante agua subterránea serán construidas paso a paso. El término del proyecto se contempla para el año 2020.

b) Debe ser contemplado un periodo para la obtención de la concesión del uso de agua subterránea con las autoridades ambientales, y para la compra de tierra.

c) La capacidad del contratista.

d) El presupuesto para la construcción será asegurado cada año.

(1) Primer periodo del proyecto. Proyecto Piloto

El proyecto Piloto será implementado antes que los demás proyectos- En la Figura-3.3-20 se presenta el cronograma del Proyecto.

Actividad	Año					Nota
	2007	2008	2009	2010	2011	
Plan Maestro						Estudio de JICA
Estudio de Factibilidad						Estudio de JICA
Decisión de inversión y consecución del presupuesto						
Diseño detallado						
Trabajo de Construcción						8 lugares
Operación y Mantenimiento						

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 20 Cronograma del Proyecto Piloto

Debido a que se usarán pozos existentes en el Proyecto Piloto, no será necesaria una nueva perforación, sin embargo las instalaciones para el tratamiento y la distribución de agua serán necesarias.

(2) Primer Periodo del Proyecto

El primer periodo del proyecto es el de los cerros Orientales. El cronograma de implementación se propone en la Figura-3.3- 21.

Actividad	Año														Nota
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Plan Maestro															Estudio de JICA
Estudio de Factibilidad															Estudio de JICA
Decisión de inversión y consecución del presupuesto															- Estudio Geofísico
Diseño Detallado															- Análisis de Calidad de Agua
Trabajo de Construcción Operación y Mantenimiento															33 sitios

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 21 Cronograma para el proyecto Oriental

Este proyecto es el más importante para el abastecimiento de agua de emergencia mediante agua subterránea.

(3) Segundo Periodo del Proyecto

El segundo periodo del proyecto es el de los Cerros del Sur y su cronograma de implementación se muestra en la Figura-3.3-22.

Actividad	Año														Nota
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Master Plan															Estudio de JICA
Estudio de Factibilidad															Estudio de JICA
Decisión de inversión y consecución del presupuesto															
Diseño Detallado															- Estudio Geofísico - Análisis de Calidad
Trabajo de Construcción															14 Sitios
Operación y Mantenimiento															

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 22 Implementación del Cronograma del Proyecto de los Cerros del Sur

(4) Proyecto del Tercer Período

Yerbabuena es el proyecto del tercer periodo y su cronograma de implementación se muestra en la Figura-3.3-23.

Actividad	Año														Nota
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Plan Maestro															Estudio de JICA
Estudio de Factibilidad															Estudio de JICA
Decisión de inversión y consecución del presupuesto															
Diseño Detallado															- Estudio Geofísico - Análisis de Calidad de Agua
Trabajo de Construcción															17 sitios
Operación y Mantenimiento															

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3- 23 Cronograma del proyecto de Yerbabuena

3. 11. Esquema Financiero

3.11.1. Costo del Desarrollo Anual

El costo del desarrollo anual esta estimado en $123.300 millones en total, como se muestra en la Tabla-3.3-16. El costo de desarrollo anual es en promedio de Col$ 15.400 millones.

Tabla-3.3- 16 Costo de Desarrollo Anual (millones Col$)

Área	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
1. Área Oriental	16.400	18.400	32.700	-	-	-	-	67.500
2. Área del Sur	-	-	-	9.500	13.500	-	-	23.000
3. Área del Norte	-	-	-	-	-	14	18,700	32,800
Total	16.400	18.400	32.700	9.500	13.500	14.000	18.700	123.000

Fuente: Equipo de Estudio JICA

3.11.2. Financiación

El Costo de desarrollo del proyecto será financiado por las tres fuentes siguientes, de manera independiente o conjunta.

- Fondos propios del Acueducto, préstamo de un banco doméstico y un préstamo blando de un banco internacional.

El acueducto planea formular un nuevo plan maestro en el año 2009. Tanto el Estudio del Plan Maestro y de Factibilidad realizado por JICA, así como el proyecto piloto de pozos exploratorios a cargo del Acueducto estarán reflejados en el Plan Maestro del año 2009. De acuerdo al Departamento Financiero, las medidas de financiación apropiadas, incluyendo los fondos propios del Acueducto, tendrán que ser estudiadas a la hora de decidir el desarrollo de aguas subterráneas.

3. 12. Evaluación del Proyecto.

3.12.1. Evaluación Económica

La evaluación económica para emergencias no es fácil de determinar en términos monetarios. De acuerdo a la evaluación realizada en este Estudio de Viabilidad se tendrán en cuenta tres ventajas las siguientes ventajas del desarrollo del agua subterránea.

- Diversificación de riesgos
- Bajo costo de desarrollo
- Localización del pozo cerca al área de demanda

(1) Diversificación de riesgos:

La cantidad de producción de 64 pozos esta calculada en 1.338m^3/segundo. En este momento, la capacidad de producción de la planta Weisner es de 1.338 m/segundo. De acuerdo al desarrollo de agua subterránea se podrá diversificar el riesgo aritméticamente por el 10% (=1.338/13.5).

(2) Bajo Costo de Desarrollo

El costo estimado equivale a US$ 47.3 millones/m^3/segundos. En el "Plan de Expansión de Suministro de Agua, 2005", el Acueducto ha preparado 8 proyectos de expansión de suministro de agua. Estos proyectos están siendo desarrollados con 32.23 m^3/segundo para aguas superficiales con un costo promedio de la unidad es de US $70.6milliones/$m^3$/segundo. En términos del costo de desarrollo por m^3/s, el agua subterránea es claramente evaluada con un costo de US$ 23.3 millones por debajo al agua superficial en Bogotá D.C.

(3) Localización del pozo cerca al área de demanda

El desarrollo de desarrollo de los 64 pozos esta planeado cerca de las áreas residenciales, lo que permite el pronto suministro y distribución del agua a los ciudadanos. Esta rapidez de envío además de ahorrar tiempo reduce los costos de transporte.

3.12.2. Análisis Financiero

(1) Condición Financiera Actual del Acueducto

1). Rentabilidad

Los estados de pérdidas y ganancias de Acueducto desde el año fiscal (AF) del 2004 hasta el 2008 se presenta en la Tabla-3.3- 17, que indica con claridad, los excelentes resultados financieros que continuamente el Acueducto ha obtenido durante cada año.

Tabla-3.3- 17 Estado de pérdidas y ganancias (millones Col$)

Aspectos de cuenta		2004	2005	2006	2007	Sept./2008
I. Operación	1. Rentas	892,875	969,885	987,449	1,103,731	855,121
	2. Gastos	766,317	843,618	728,448	831,518	667,064
	3. Ingresos Op	126,558	126,267	259,001	272,213	188,057
II. No-operación	1. Rentas	198,856	259,864	190,238	138,893	124,504
	2. Gastos	151,182	158,262	172,616	221,572	98,825
	3. (intereses)	(71,747)	(80,168)	(73,445)	(33,048)	(43,140)
	4. Ingresos No-op.	47,674	101,602	17,622	-82,679	25,679
III. Ingresos antes de Impuestos		174,232	227,869	276,623	189,534	213,736
IV. impuestos de Ingresos[1)]		53,802	73,303	92,035	34,466	28,154
V. Ingresos Netos		120,430	154,566	184,588	155,068	185,582
VI. Tasa						
1. Ingresos Op. / Rentas Op. (=I.3÷I.1)		14.2%	13.0%	26.2%	24.7%	22.0%
2. Ingresos Netos/Op. Rentas (=V÷I.1)		13.5%	15.9%	18.7%	14.0%	21.7%
3. Tasa de cubrimiento de interés [2)]		3.0	3.1	4.7	11.0	6.3

Nota: 1) El Impuesto de ingresos fue presentado en los gastos operacionales del estado de cuentas y es presentado de modo separado en el numeral IV por el Equipo de Estudio de acuerdo a estándares internacionales. 2) la tasa de cobertura de interés = (ingresos operacionales + Intereses Recibidos) + Intereses pagados.
Fuente: Acueducto (Departamento Financiero)

3.12.3. Seguridad y Solidez

La Hoja de balance del Acueducto desde el año fiscal 2004 hasta septiembre de 2008 refleja la continúa seguridad y solidez financiera del Acueducto.

3.12.4. Flujo de Caja

La proyección del flujo de caja del Acueducto se presenta en la Tabla-3.3- 18. La tabla muestra que las actividades de operación generan continuamente un flujo de caja neto positivo que permiten al Acueducto mantener igualmente un buen balance de flujo de fondos cada año.

Tabla-3.3- 18 Proyección de flujo de Caja (Miles de Millones Col$)

Artículos	Fuentes de Flujo de Caja	Actual	Pronóstico	Proyección				
		2007	2008	2010	2013	2015	2017	2020
Flujo de Caja Neto	1. Actividades de Operación.	395	444	646	735	845	935	1,047
	2. Actividades de inversión.	489	552	713	564	804	904	1,132
	3. = 1-2	-94	-108	-67	171	41	31	-85
	4.Actividades Financieras	166	-63	-82	-193	-27	6	106
	5. Del año	72	-171	-149	-22	14	37	21
Balance del año anterior		549	621	208	50	63	63	71
Balance Final del año anterior		621	450	59	28	77	100	92

Fuente: "Plan Financiero Plurianual 2008 – 2020" del Acueducto

(1) Evaluación Financiera

1). Financiación de Costo de Desarrollo

Se presume que los Col$123.000 millones necesarios para cubrir el costo del desarrollo de agua subterránea serán prestados por un banco Nacional con las condiciones descritas.

- Término del préstamo: 12 años, Periodo de Gracia: 3 años, Tasa de interés: 13.55 %

2). Capacidad de Pago de Deuda

La Tabla-3.3- 19 muestra que el promedio anual de la deuda es de Col$12.800.

Tabla-3.3- 19 Pago de deudas(Millones Col$)

Artículos	Cantidad de préstamo	Condiciones del Préstamo（Previstas）			Pago de deuda anual	
		Tasa de interés	Termino del préstamo	Periodo de Gracia	Máximo	Promedio
Préstamo del Banco doméstico	123,000	13.5%	12 años	3 años	23,900 en 2024	12,800

Fuente: Equipo de estudio JICA y datos Financieros del Acueducto (*)

El Acueducto considera permitirse el subsidio para pago de deudas, teniendo en cuenta el nivel suficiente del balance de flujo de caja presentado en la Tabla-3.3-20 y el alto nivel de capacidad de pago de la Tabla-3.3-20.

Tabla-3.3- 20 Capacidad de pago (Millones Col$)

Artículos	Actual	Previsto	Proyección				
	2007	2008	2010	2013	2015	2017	2020
a. Balance Final del Flujo de caja Anual (Tabla de referencia 7.3)	621,000	450,000	59,000	28,000	77,000	100,000	92,000
b. Deuda de pago	-	-	-	1,015	3,695	10,831	20,319
c. Capacidad de pago = a/b	-	-	-	28 veces	21 veces	9 veces	5 veces

Fuente: Equipo de Estudio JICA

3). Rentabilidad

El incremento del costo de interés y de depreciación generado por el desarrollo de agua subterránea será de Col$ 3.100 millones en el año 2013 y de $ 19.000 billones Colombianos en el año 2020. Es evidente que estos costos no son tan altos y no afectan seriamente la proyección de utilidades previstas por el Acueducto.

Tabla-3.3- 21 Proyección de pérdidas y ganancias ($ miles de millones colombianos)

Artículos		Actual	Previsto	Proyección				
		2007	2008	2010	2013	2015	2017	2020
Operación	Rentas	1,104	1,171	1,395	1,633	1,811	1,989	2,246
	Ingresos	272	232	310	423	488	632	836
Otros	Ingresos	-83	2	-62	-19	15	54	124
Ingresos antes de impuestos		190	235	248	404	503	686	961
impuestos		34	0	0	89	85	139	230
Ingresos netos		155	235	248	315	418	547	731
EBITDA		537	544	675	843	953	1,189	1,547
Incremento del Costo por el desarrollo de agua subterránea								
1. Interés		-	-	-	2.2	9.1	12.0	13.3
2. Depreciación		-	-	-	0.9	3.6	4.9	5.7
3. Total		-	-	-	3.1	12.8	16.9	19.1

Nota: EBTDA=Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización.
Fuente: "Plan Financiero Plurianual 2008 – 2020" del Acueducto

3.12.5. Evaluación Social

El proyecto espera generar varios beneficios sociales para las áreas de proyecto, como se indican a continuación:

(1) Aumento de la Población Servida en casos de Emergencias

Dos métodos de suministro de agua en caso de emergencia están considerados en este Estudio de Factibilidad: uno es el suministro de agua puntual y el otro el suministro de agua en red. La población servida por ambos métodos esta estimada respectivamente como se presenta a continuación:

7.000.000 habitantes pueden ser servidos por el uso de suministro puntual

6.000.000 de habitantes pueden ser servidos por el uso de suministro en red

(2) Suministro de agua en caso de Incendios Forestales

En los cerros orientales y del Sur ocurren incendios forestales cada año, especialmente durante la estación seca de Enero a Febrero. El proyecto pretende construir tanques y tubos de distribución que permitan proveer el agua para las actividades realizadas por los bomberos.

(3) Aumento en las Oportunidades de Empleo

En la ejecución del proyecto, los trabajos de construcción podrán ofrecer nuevas oportunidades de trabajo. El consumo de los trabajadores estimulará las actividades económicas de la región.

CAPÍTULO 4. RECOMENDACIONES

(1) Implementación temprana del los Proyectos propuestos

El Acueducto tiene un plan de desarrollo de recursos de agua a largo plazo, y que consiste en el del desarrollo del área de Chingaza. De acuerdo a este plan, en el futuro, el Acueducto expandirá la distribución de agua desde el área de Chingaza, debido a la alta eficiencia económica del sistema Chingaza frente a las demás. De otra parte, se dice que el transporte de agua a través del largo túnel, del área de Chingaza, es vulnerable a la suspensión de agua ocasionada por un desastre natural, como un terremoto. Para mitigar este problema, se examinaron en este estudio alternativas de fuentes de agua en caso de la emergencia, que se incluyen en el P/M de abastecimiento de agua de emergencia mediante agua subterránea alrededor de la ciudad Bogotá. Se programa que Acueducto examina el plan de desarrollo a largo plazo en 2009. Después de confirmar la importancia del abastecimiento de agua de emergencia, el Acueducto debería poner en práctica los proyectos propuestos cuanto antes.

(2) Importancia del Proyecto Piloto

En el Estudio del Plan maestro, se le dio prioridad a los proyectos propuestos: i) Proyecto Piloto, ii) Proyecto oriental. iii) Proyecto del Sur, iv) Proyecto Yerbabuena. El proyecto piloto, que utilizara los pozos existentes en la ciudad de Bogotá, deberá ser implementado antes que cualquier otro proyecto. El Acueducto deberá implementar el proyecto Piloto tan pronto como sea posible, para continuara con la pronta implementación de los otros proyectos.

(3) Perforación de Pozos en el Área de Protección Forestal

El centro de la ciudad de Bogotá está localizado cerca de los cerros Orientales. El agua subterránea de los pozos puede abastecer a la ciudad en caso de emergencia. De otra parte, el área de protección forestal, donde la perforación de pozos esta prohibida, es distribuida cubriendo los cerros orientales cerca del centro de la ciudad. Sin embargo, dadas las favorables condiciones para la perforación de pozos, es necesario discutir con la Contraparte Colombiana, la restricción de la perforación de pozos en el área forestal considerando la posibilidad de una enmienda a la regulación.

(4) Mejoramiento de los Resultados del estudio por la Contraparte Colombiana

El agua subterránea en los Cerros Orientales del Sur debería ser desarrollada para el abastecimiento de agua de emergencia. Esta propuesta está basada en los resultados del Estudio, que incluyen el estudio hidrogeológico, geofísica, el análisis del balance de agua, y la simulación de agua subterránea, puesta en práctica por el Equipo de Estudio de JICA. La Contraparte colombiana debería mejorar los resultados del Estudio, incluyendo al modelo de simulación, agregando datos recién obtenidos.

(5) Abastecimiento de Agua de Emergencia Integrada

Varias opciones para el abastecimiento de agua de emergencia serán preparadas. El abastecimiento de agua en casos de emergencia mediante aguas subterráneas es uno de los proyectos propuestos, y tiene ventajas únicas y diferentes frente a las otras opciones. Empleando de cada opción para el abastecimiento de agua en caso de emergencia, el daño provocado por los desastres naturales, para abastecer a la ciudad de Bogota y las áreas vecinas será mitigado.