

## PARTE 3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

### CAPÍTULO 1 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

#### (1) Proyecto Prioritario

El proyecto de mayor prioridad será seleccionado entre los proyectos propuestos en el Plan Maestro. El Estudio de Factibilidad se implementará para los proyectos de alta prioridad.

El proyecto de abastecimiento de emergencia mediante agua subterránea se propuso en el Plan Maestro y fue aprobado por la contraparte Colombiana. La finalidad de este proyecto es perforar varios pozos alrededor de Bogotá D.C. para abastecimiento de emergencia. Después de la aprobación del Plan Maestro, se discutieron los proyectos propuestos entre el Equipo de Estudio JICA y la contraparte Colombiana para establecer aquellos sujetos a Estudio de Factibilidad. 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	
1 <sup>ra</sup>	Proyecto Prioritario	Proyecto Piloto para uso de Agua Subterránea	
2 <sup>da</sup>	Proyecto 1er Periodo	Proyecto Oriental	
3 <sup>ra</sup>	Proyecto 2do Periodo	Proyecto Sur	Soacha Ciudad Bolívar
4 <sup>ta</sup>	Proyecto 3er Periodo	Yerbabuena	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

- El proyecto piloto para uso de agua subterránea tiene la prioridad más alta y por lo tanto debe ser implementado primero.
- La prioridad entre los otros proyectos se determinó con relación a la distancia del sitio del proyecto al centro de la Ciudad. De tal forma que el proyecto en los Cerros Orientales tiene mayor prioridad, seguido de Cerros Sur y por último Yerbabuena.

Los criterios para determinar la prioridad de los proyectos es la siguiente:

#### a) **Proyecto Prioritario**

Se seleccionó como proyecto prioritario el proyecto piloto para uso de agua subterránea. Este se convertiría en un caso modelo para fomentar las instalaciones de abastecimiento de emergencia a lo largo de la Ciudad. Por lo tanto su implementación debe ser prioritaria sobre los otros proyectos.

#### b) **Proyecto Primer Periodo**

El proyecto Oriental fue seleccionado como el proyecto del primer periodo. El centro de Bogotá además de tener un fácil acceso, se ubica cerca de los Cerros Orientales, de donde el agua de los pozos puede ser abastecida eficientemente a la totalidad de la Ciudad. Por lo tanto, se le dio al proyecto en los Cerros Orientales una prioridad mayor.

#### c) **Proyecto Segundo Periodo**

El proyecto Sur fue seleccionado como el proyecto del segundo periodo. El área de este proyecto se ubica en la parte sur de la Ciudad, donde se asume el epicentro de un terremoto de magnitud considerable y se presentan viviendas sobre la pendiente de la montaña. Se estima que un terremoto causará un desastre serio y un gran daño a las tuberías de distribución de agua.

#### d) **Proyecto Tercer Periodo**

Se acordó que el proyecto del tercer periodo fuera el de Yerbabuena. Yerbabuena se ubica entre los municipios de Chía y Sopo al norte de Bogotá. En caso de emergencia el agua de los pozos en esta área puede ser conducida a Bogotá y sus municipios cercanos por carotánques y tubería. Yerbabuena queda lejos del centro de la Ciudad, razón por la cual se le dio la prioridad más baja.

#### **Proyectos Sujetos a Estudio de Factibilidad**

La contraparte Colombiana solicitó la implementación del Estudio de Factibilidad Para el Proyecto Piloto y el Primer Periodo del Proyecto, pues son las más importantes y urgentes. Sin embargo,

considerando que la totalidad del proyecto es urgente y no tan grande, los proyectos del Segundo y Tercer Periodo también serán 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 que se presentaron en el estudio del Plan Maestro (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 en la Figura-3.2-1 se resumen de la siguiente manera:

### 1) Establecimiento del P/M para Abastecimiento de Agua de Emergencia.

El Equipo de Estudio JICA explico el P/M para abastecimiento de agua de emergencia a la contraparte Colombiana y fue establecido entre los dos.

### 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. Se le dio mayor prioridad al proyecto piloto para uso de agua subterránea seguido en orden de prioridad por: 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. La exactitud del E/F varía dependiendo de la prioridad de los proyectos. El proyecto piloto y el proyecto Oriental tienen una mayor exactitud. El proyecto Sur tiene una exactitud menor y el proyecto Yerbabuena se planeó a nivel de pre-factibilidad.

### 4) Validación Resultados del E/F

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

### 5) Proyecto Piloto para uso de Agua Subterránea

La efectividad del abastecimiento de agua subterránea en caso de emergencia, propuesto en el P/M y E/F, será comprobada con la implementación del Proyecto Piloto. La infraestructura del proyecto piloto consiste de un pozo (existente) e instalaciones para el tratamiento de agua. 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 con 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.

## **CAPITULO 3 PLAN PARA EL PROYECTO PRIORITARIO**

El perfil del proyecto se presentó en el Plan Maestro (de acá en adelante P/M), donde se evaluó la necesidad y responsabilidad de un plan de abastecimiento de agua a largo plazo para Bogotá. En este Estudio de Factibilidad (de acá en adelante E/F), se revisaron los proyectos propuestos en el P/M, y se evaluó la factibilidad de cada proyecto. Se revisaron los siguientes aspectos:

- 1) Optimización Técnica
- 2) Coordinación con la estrategia a largo plazo del Acueducto.
- 3) Respuesta a cambios en la condición institucional del lugar del proyecto.
- 4) Mejora en la exactitud del diseño y estimación de costos de los proyectos

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

### **3.1 Proyecto Piloto para uso de Agua Subterránea**

#### **3.1.1 Objetivo del Proyecto Piloto**

El objetivo del Proyecto Piloto es comprobar la efectividad del abastecimiento, mediante agua subterránea, en caso de emergencia. El abastecimiento de agua subterránea es una nueva experiencia para el Acueducto. Por lo tanto, durante el proyecto piloto se deben resolver problemas de diseño, construcción, operación y mantenimiento; antes de la implementación de los proyectos relacionados con agua subterránea. Los siguientes ítems fueron examinados en el Proyecto Piloto:

- (a) Diseño de las instalaciones
- (b) Costos de Construcción
- (c) Operación de las Instalaciones
- (d) Costo de operación y mantenimiento de las instalaciones.

Los principales aspectos técnicos a ser resueltos en el Proyecto Piloto son:

#### **Lugar del Proyecto**

Los lugares para la ejecución del Proyecto Piloto se encuentran en áreas densamente pobladas, donde el espacio disponible es limitado y estrecho. Se ha perforado un pozo de emergencia en cada uno de los tres lugares posibles. Se debe construir una planta de tratamiento, tuberías y demás instrumentos para el abastecimiento de agua dentro de esta estrecha área. El aspecto problemático a ser resuelto es el manejo de cada componente dentro de un área tan pequeña.

#### **Calidad del Agua**

La calidad del agua del acuífero Cretáceo es excelente. Sin embargo, las concentraciones de  $Fe^{2+}$  y  $Mn^{2+}$  en el agua subterránea exceden los estándares de calidad de agua potable y deben recibir tratamiento. Los diferentes métodos para tratar el agua se compararon y examinaron en el Estudio de Factibilidad (E/F).

#### **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 (tanques, tuberías, etc.).

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 la construcción de esta tubería puede exceder el presupuesto disponible para el Proyecto Piloto. Por lo tanto, el método (a) será empleado principalmente y examinado en más detalle en este E/F.

#### **Manual para Respuesta Inmediata**

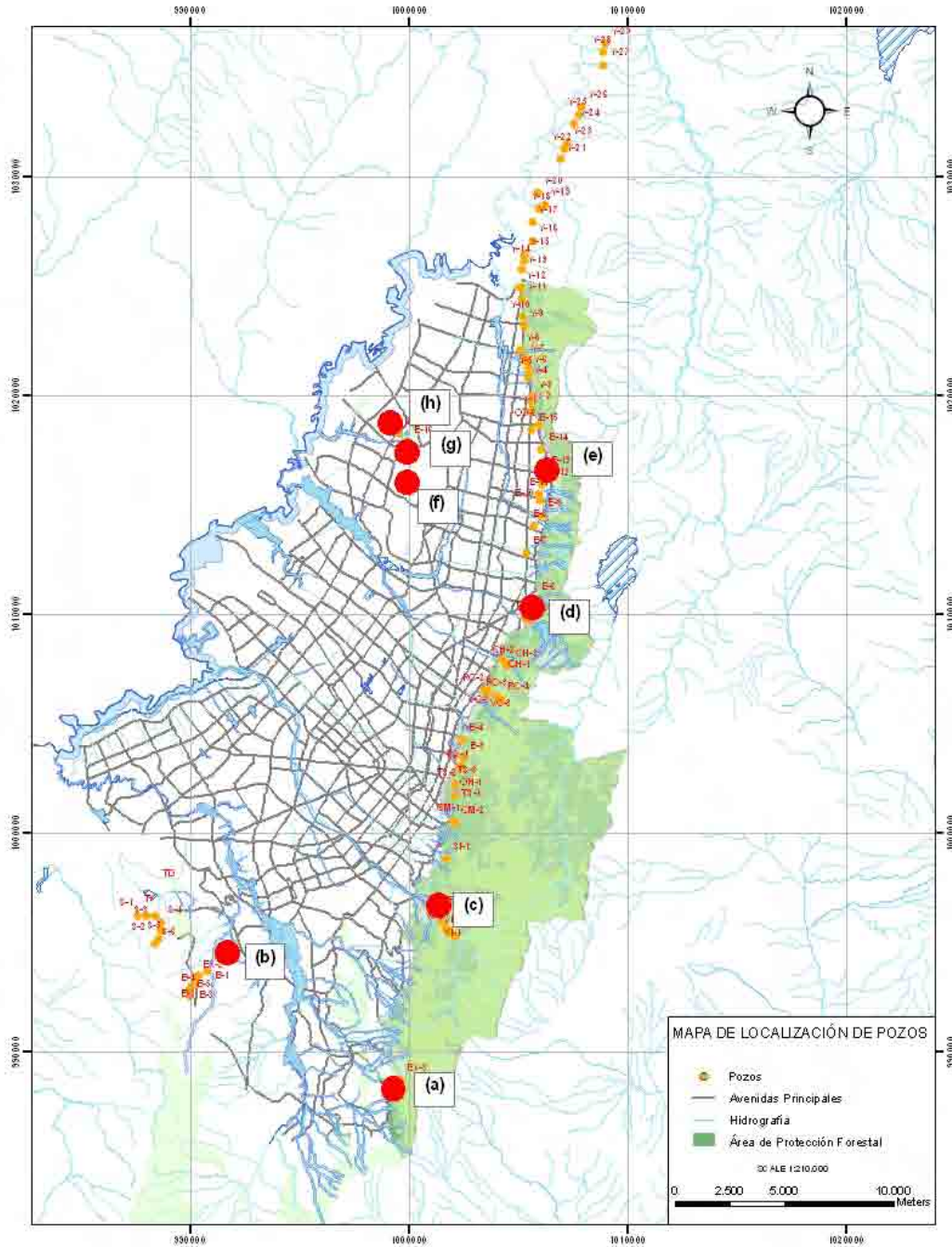
Se ha desarrollado un manual de repuesta en caso de emergencia, en el cual se definen las actividades que deben llevarse a cabo para responder de manera inmediata ante un escenario de desastre (ver

apéndice-1).

### 3.1.2 Lugar para el Proyecto Piloto

La infraestructura del Proyecto Piloto consiste de: un pozo de emergencia, una planta de tratamiento, e instrumentos para la distribución de agua. El Acueducto cuenta con ocho pozos dentro de Bogotá, los cuales pueden 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 en 2 lugares de alguno de sus ocho pozos, con alta prioridad para el 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.



Nota) Los números de los pozos corresponden a los de la Tabla-3.3-1

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-1 Lugares Para el Proyecto Piloto**

**Tabla-3.3-1 Perfil de las Instalaciones para el Proyecto Piloto**

Lugar	Coordenada		Capacidad del Pozo				Acuífero
	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	N.E.A.S (m)	Producción (m <sup>3</sup> /día)	N.D.A.S (m)	
(a) Usme	4 ° 29'38.1"N	74 ° 04'51.5"W	300	-20.70	100	-89.99	Terciario
(b) Ciudad Bolívar	4 ° 32'14.4"N	74 ° 09'51.7"W	300	-18.20	900	-70.90	Cretáceo
(c) Vitelma	4 ° 33'46.8"N	74 ° 03'55.2"W	300	-6.84	1,296	-25.47	
(d) La Aguadora	4 ° 41'32.1"N	74 ° 01'27.1"W	300				
(e) La Salle	4°45' 17.4"N	74° 01' 22.5"W	270	+1.75	1,944	-33.26	
(f) Tanque Suba	4°42' 43.6"N	74° 05' 03.6"W	300				
(g) Suba	4°45' 27.0"N	74° 04' 42.2"W	389	-23.92	1,987	-18.85	
(h) Mariscal Sucre	4°45' 40.0"N	74° 04'53.4"W	304	-20.09	4,320	-24.00	

Nota: N.E.A.S: Nivel Estático del Agua Subterránea. N.D.A.S: Nivel Dinámico del Agua Subterránea.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Las características de los pozos a ser usados para el Proyecto Piloto son las siguientes:

- Se ubican cerca de áreas densamente pobladas y pueden ser utilizados para el abastecimiento de agua puntual en caso de emergencia.
- El acuífero de los pozos es el Cretáceo y puede suministrar suficiente agua. El bombeo de los pozos en el Proyecto piloto no presentara problemas ambientales, tales como subsidencia del terreno.

### 3.1.3 Instalaciones Planeadas para el Plan Piloto

#### (1) Instalaciones Planeadas para el 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 en la siguiente tabla.

**Tabla-3.3-2 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Emergencia (Proyecto Piloto)**

Nombre del Proyecto	Lugar	Unidad de Abastecimiento 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 (m <sup>3</sup> /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 Bolívar	PP-02	EX2	Existente	-	-	3,2	121	26	6	25	1.000	Cloración+Filtro de Presión	-	-	-	1
	San Cristóbal	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

Nota-1) El tipo de abastecimiento se muestra en la Figura-3.3-4

Fuente: Equipo de Estudio JICA

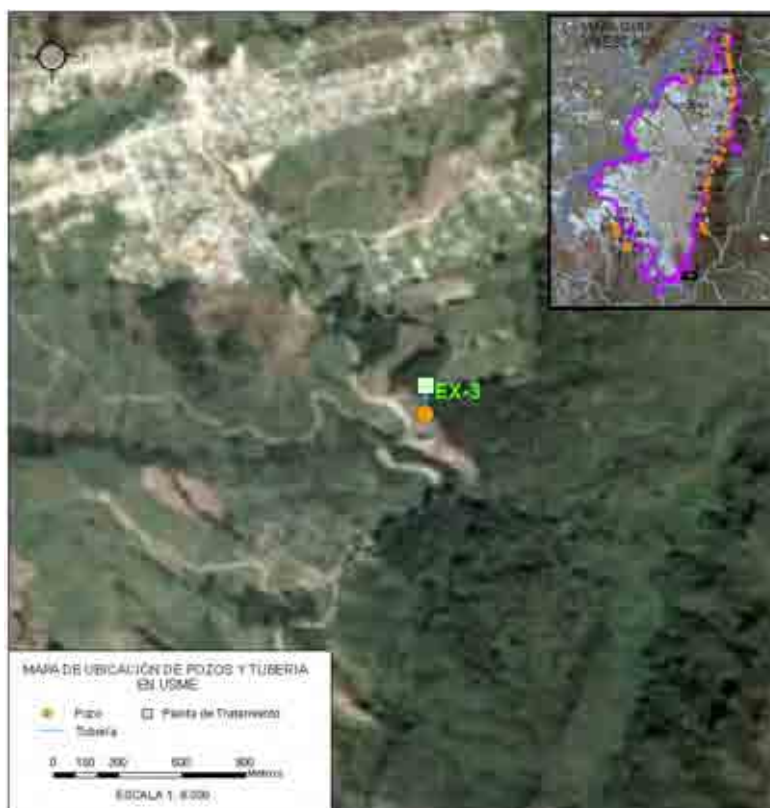
#### 2) Perfil de las Unidades de Abastecimiento de Agua de Emergencia

La unidad de abastecimiento de agua de emergencia para el proyecto piloto consta básicamente de una planta de tratamiento de agua (PTA) y un pozo. El diseño de cada unidad es como se muestra en las Figuras 3.3-2 a 3.3-8. El nombre del pozo para cada unidad de abastecimiento de agua en el proyecto piloto se presenta en la Tabla-3.3-3. Los diagramas con el diseño detallado para el Proyecto Piloto en Vitelma y La Salle se muestran en las Figuras-3.3-9 a 3.3-18.

**Tabla-3.3-3 Nombre del Pozo para Cada Unidad de Abastecimiento de Agua**

Nombre del Sitio	Nombre del Pozo	Nombre de la Unidad de Abastecimiento de Agua
Usme	a	PP-01
Ciudad Bolívar	b	PP-02
Vitelma	c	PP-03
La Aguadora	d	PP-04
La Salle	e	PP-05
Tanque Suba	f	PP-06
Suba	g	PP-07
Mariscal Sucre	i	PP-08

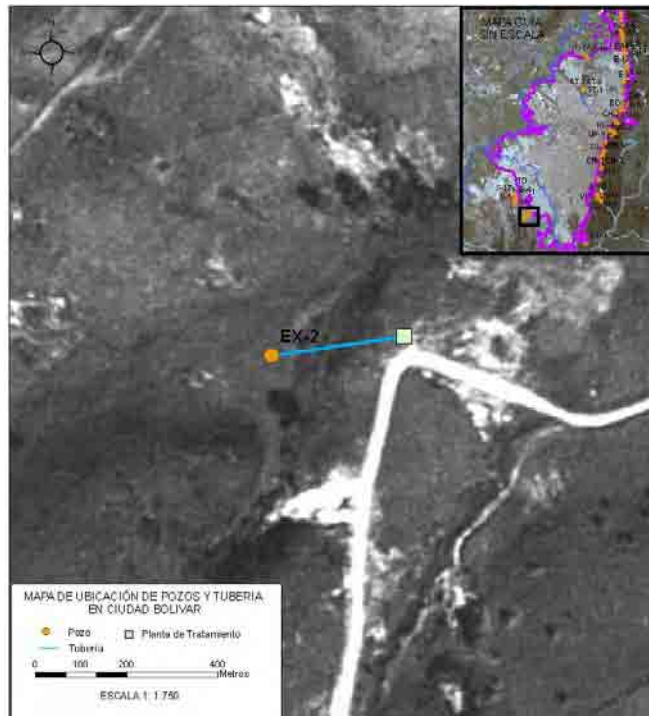
Fuente: Equipo de Estudio JICA



Fuente: Equipo de Estudio JICA

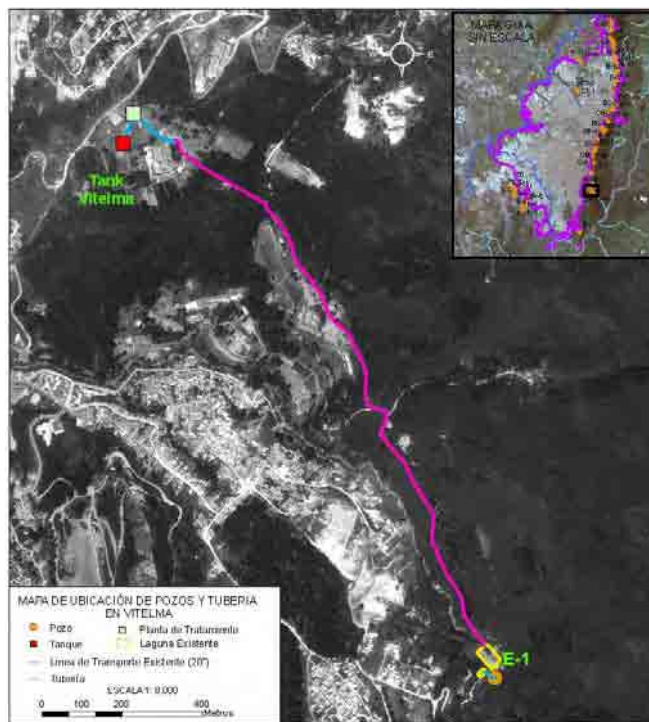
**Figura-3.3-2 Perfil Planeado Unidad PP-1**





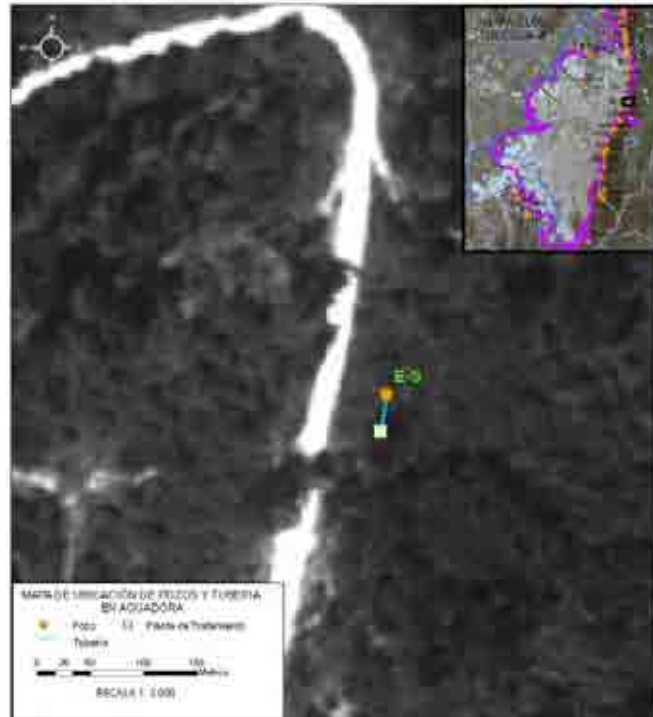
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-3 Perfil Planeado Unidad PP-2**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-4 Perfil Planeado Unidad PP-3**



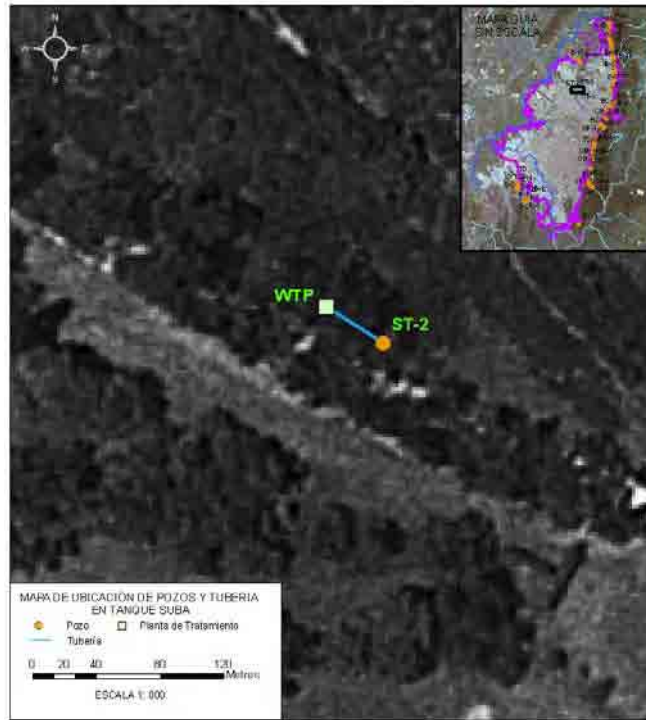
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-5 Perfil Planeado Unidad PP-4**



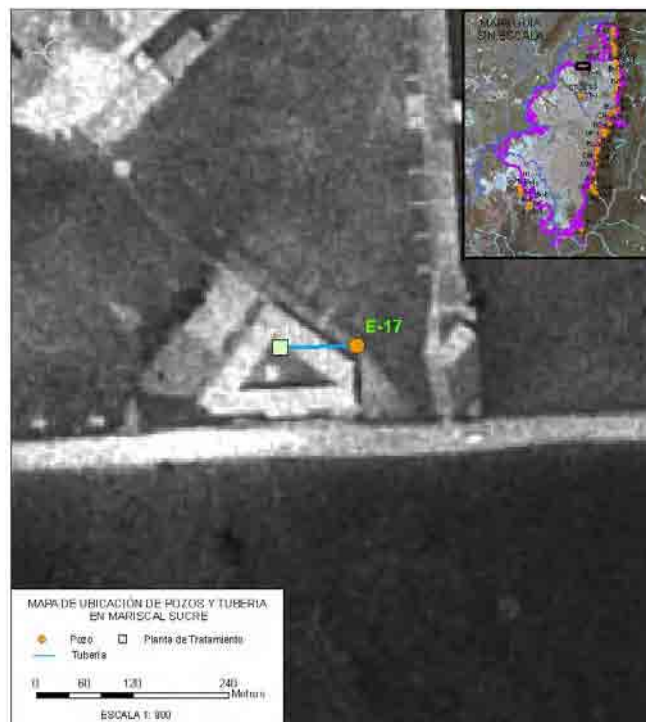
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-6 Perfil Planeado Unidad PP-5**



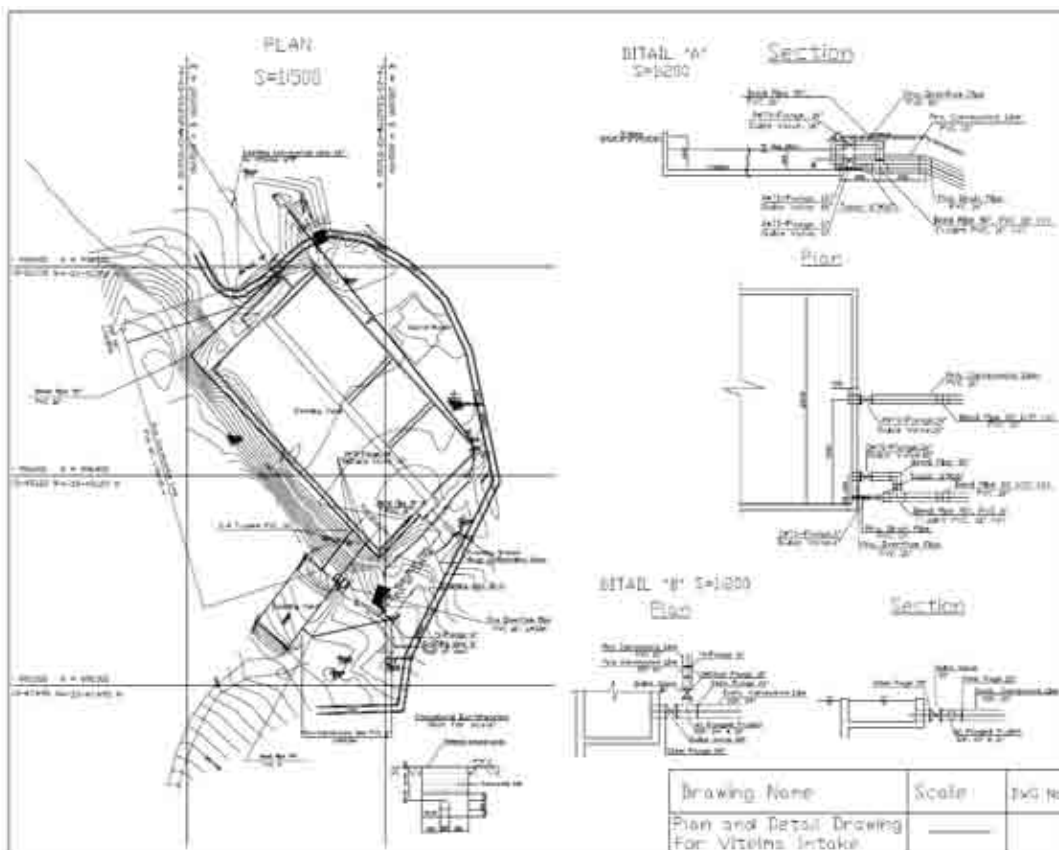
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-7 Perfil Planeado Unidad PP-6**



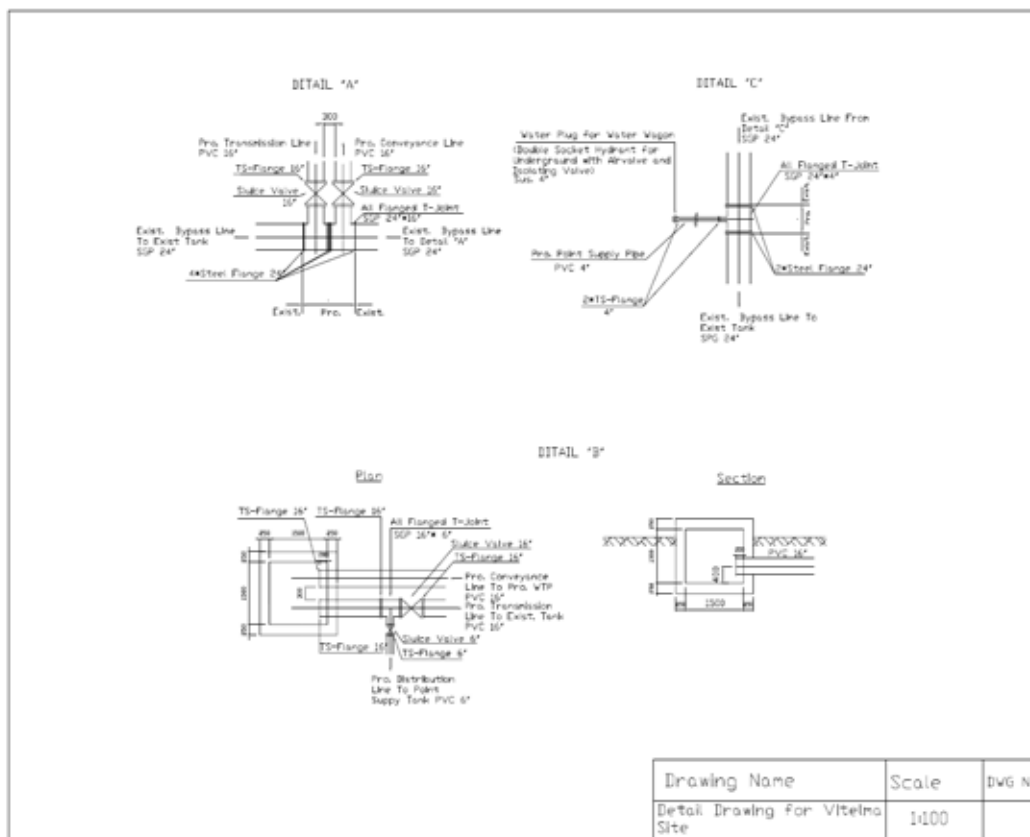
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-8 Perfil Planeado Unidad PP-7**



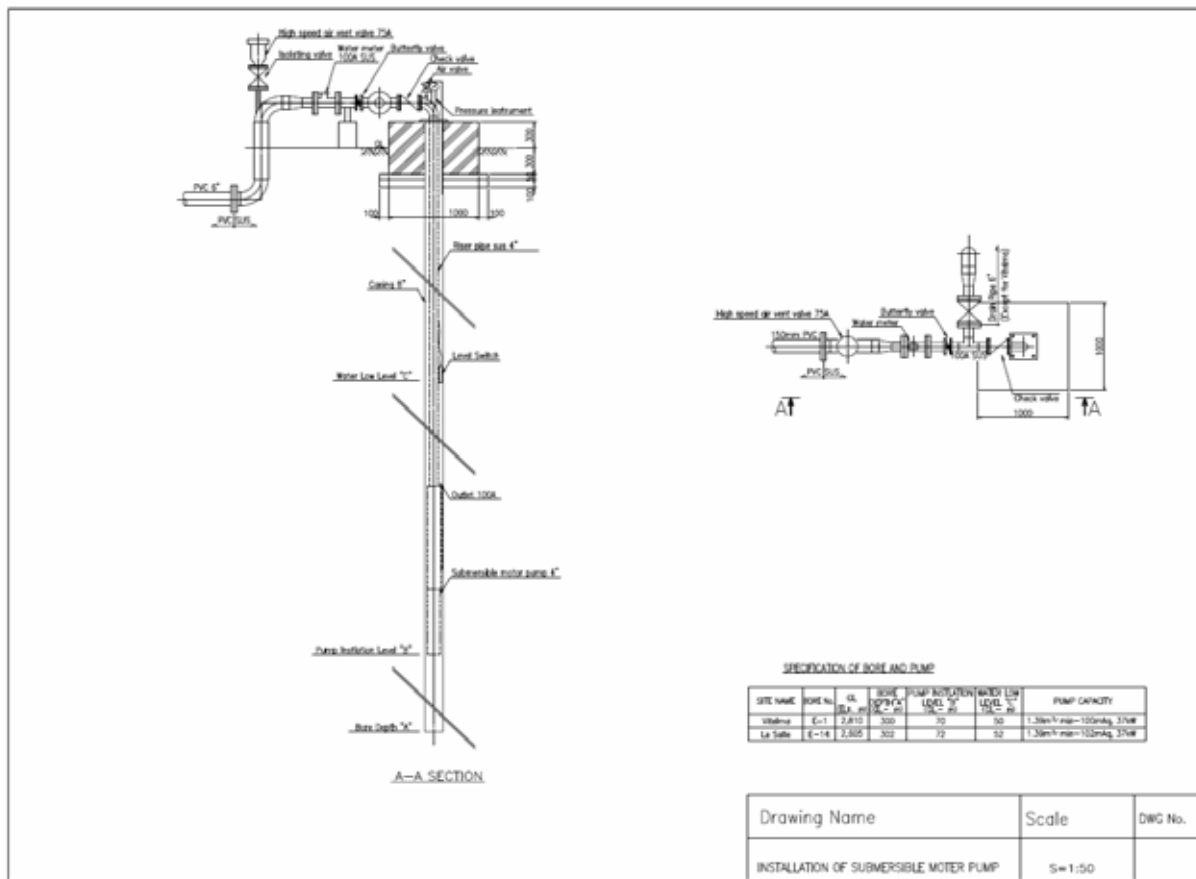
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-9 Diagrama Detallado para el Proyecto Piloto en Vitelma (Lugar del Pozo)



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-10 Diagrama Detallado para el Proyecto Piloto en Vitelma (Tubería de Conducción)



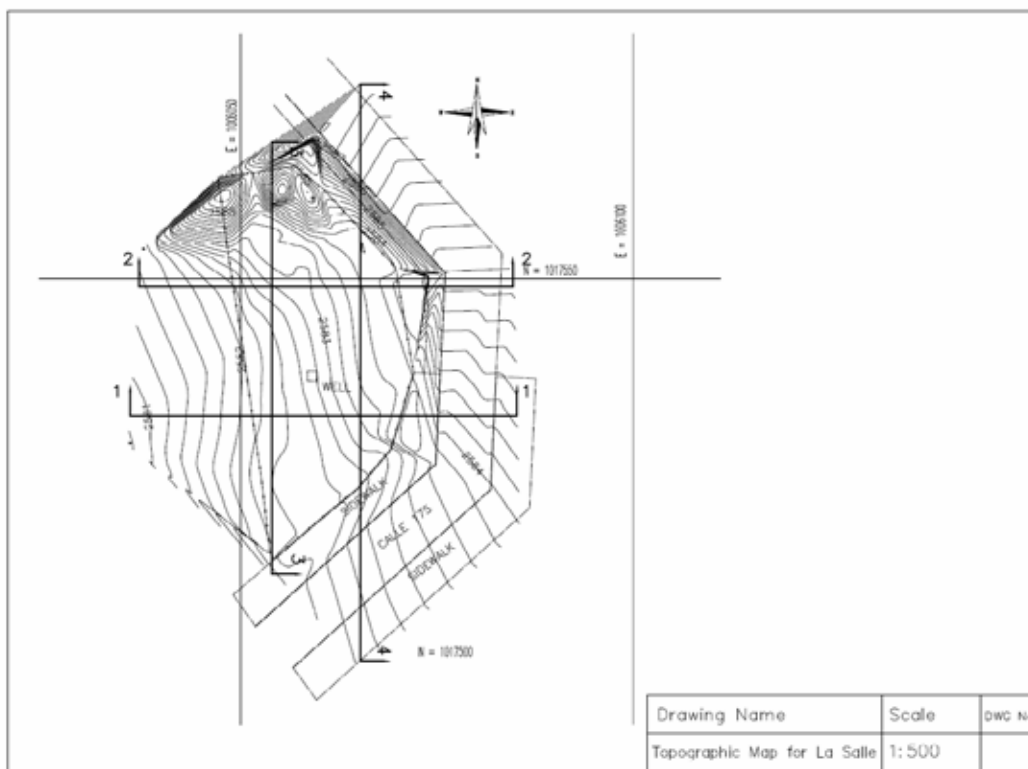
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-11 Diagrama Detallado para el Proyecto Piloto en Vitelma (Pozo)



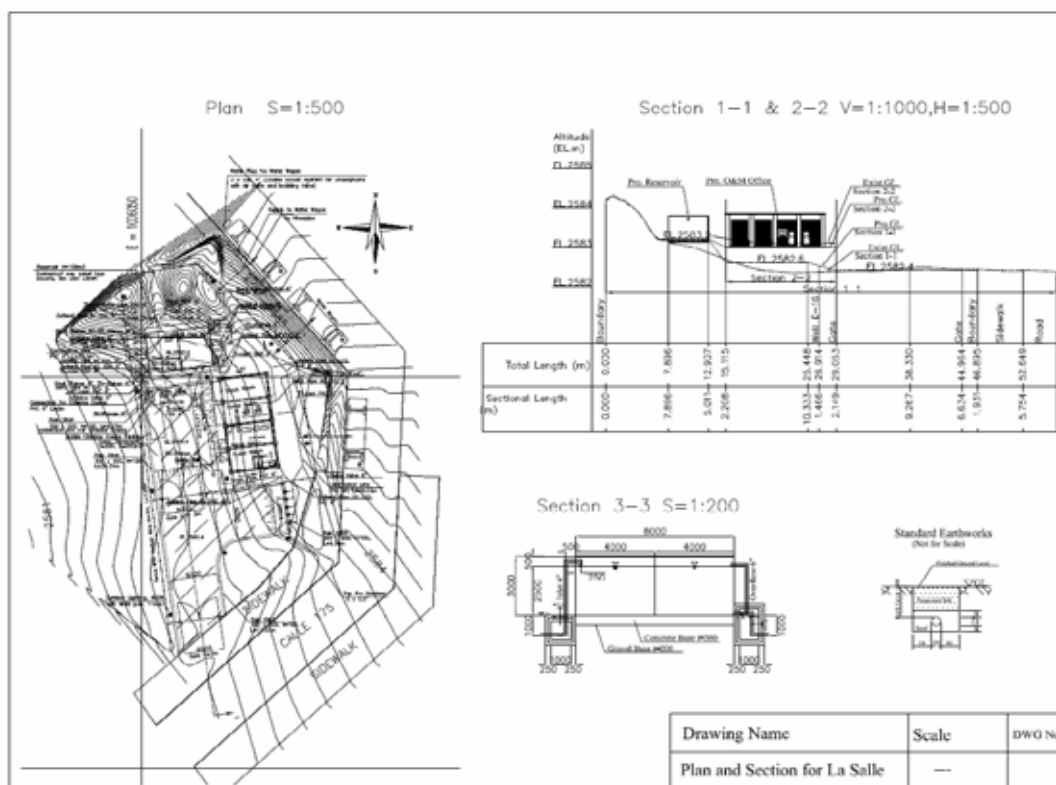
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-12 Plan para la Planta de Tratamiento Vitelma



Fuente: Equipo de Estudio JICA

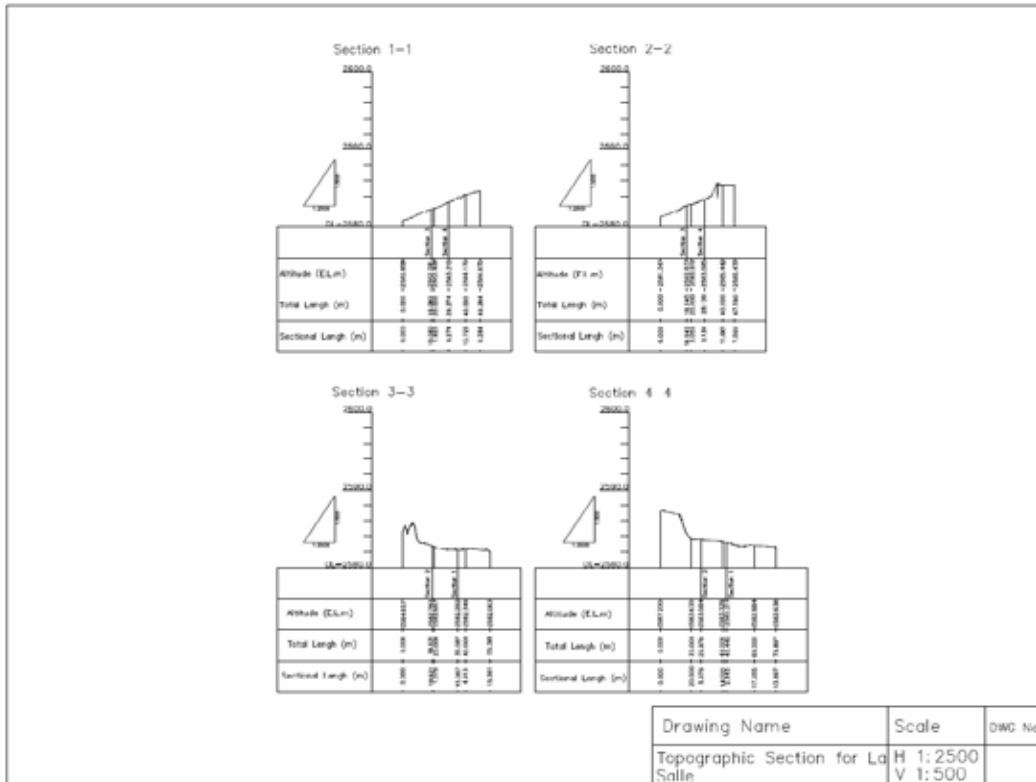
**Figura-3.3-13 Diagrama Detallado para el Proyecto Piloto en La Salle (Mapa Topográfico)**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

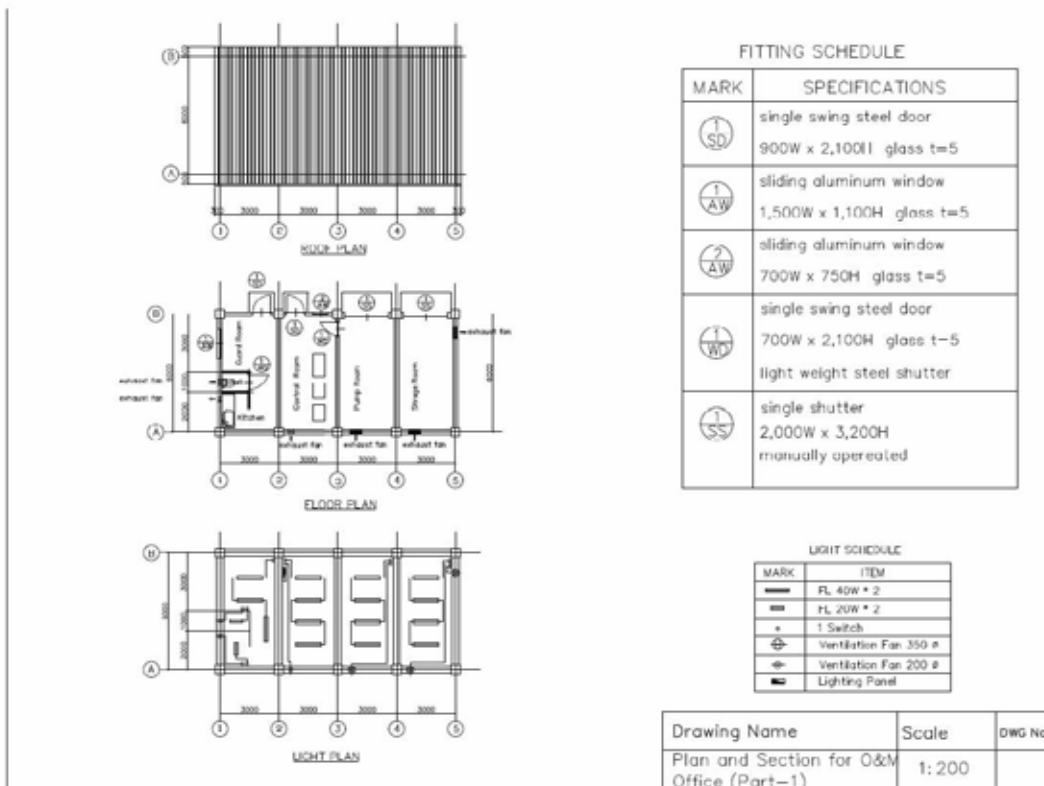
**Figura-3.3-14 Diagrama Detallado para el Proyecto Piloto en La Salle (Plano y Sección)**





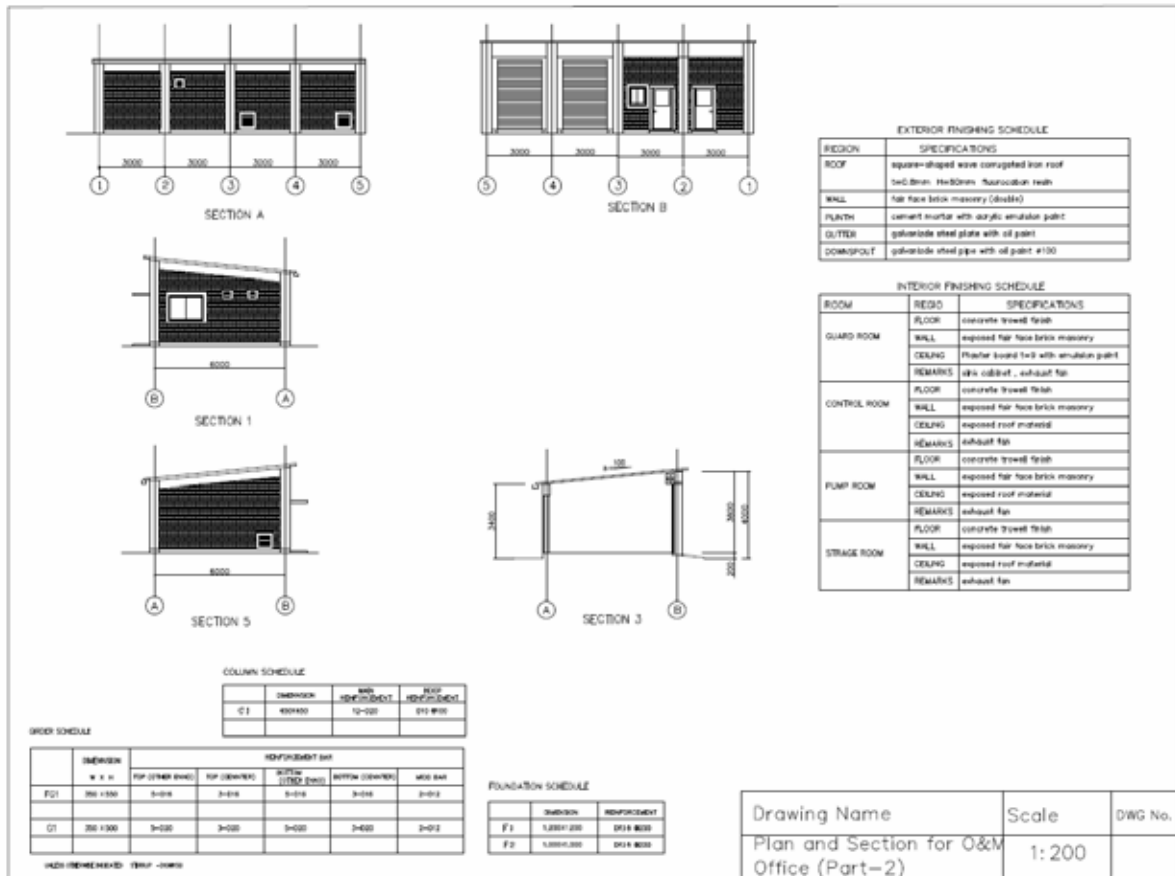
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-15 Diagrama Detallado para el Proyecto Piloto en La Salle (Sección Topográfica)



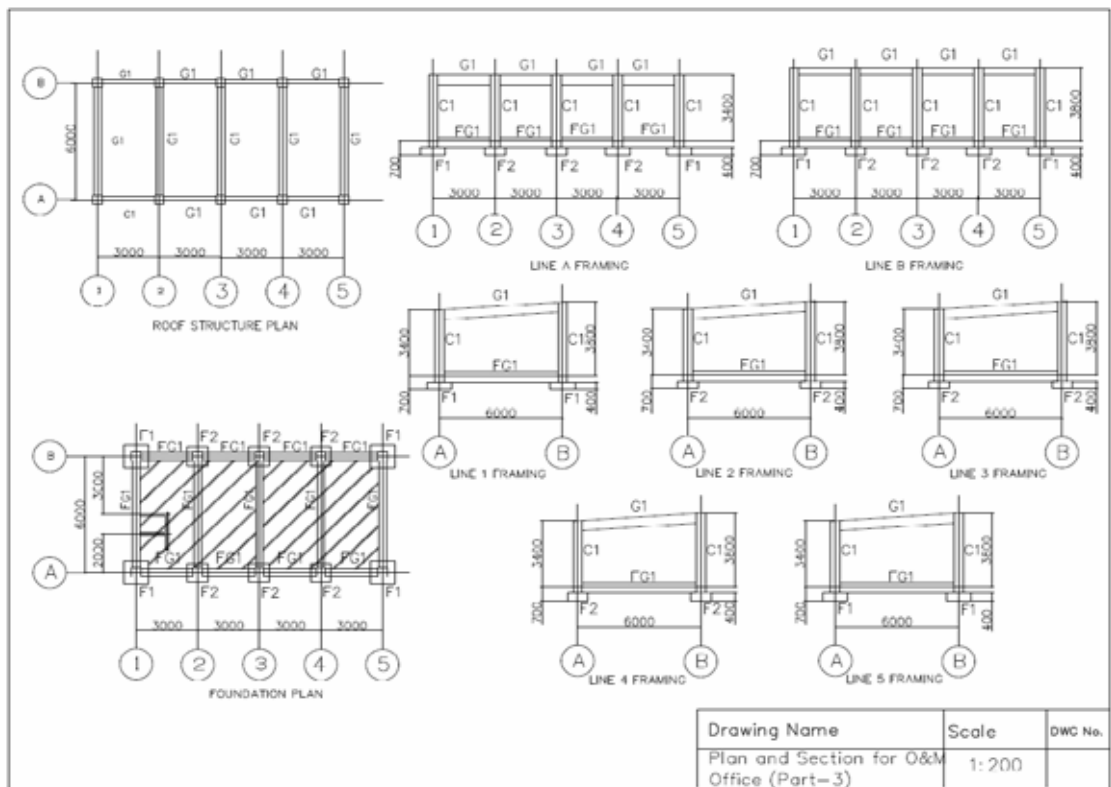
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-16 Plano y Sección de la Casa de Operación y Mantenimiento en La Salle (1)



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-17 Plano y Sección de la Casa de Operación y Mantenimiento en La Salle (2)



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-18 Plano y Sección de la Casa de Operación y Mantenimiento en La Salle (3)



### 3.2 Proyecto del Primer Periodo

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

- En caso de emergencia Bogotá necesitaría una gran cantidad de agua. El agua de los pozos en los Cerros Orientales puede ser distribuida rápidamente a la Ciudad, dada la ubicación de los cerros rodeando la parte oriental de la Ciudad.
- El acuífero Cretáceo 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-3.3-4. Una cantidad total de 68.500 m<sup>3</sup>/día de agua subterránea puede producirse de los 33 pozos de emergencia.

**Tabla-3.3-4 Perfil del Proyecto Oriental**

Área	Número de pozos <sup>1)</sup>	Agua Abastecida (m <sup>3</sup> /día)	Área a ser abastecida	Población Abastecida <sup>2)</sup>
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 puntual de agua
- (b) Abastecimiento de agua por la red de tuberías

#### **Abastecimiento Puntual de Agua**

El agua subterránea de los pozos de emergencia puede ser distribuida mediante un abastecimiento puntual. El agua sería recogida por carrotanques en el lugar donde se encuentran los pozos y después sería 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 Pozos de Producción

##### (1) Política Básica de Distribución de los Pozos

La ubicación de los pozos se muestra en la Tabla-3.3-5. La política básica de distribución es la siguiente:

- Los pozos deben producir suficiente agua subterránea.
- El lugar debe contar con un área lo suficientemente grande para la construcción de las instalaciones.
- El lugar debe estar ubicado cerca al centro de la Ciudad.
- Es posible conectar los pozos de emergencia con las instalaciones existentes.

Adicionalmente a los criterios mencionados,

- Son preferibles los predios que pertenezcan al Acueducto

##### (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-3.3-20. La falla de

Bogotá es un factor importante para seleccionar la ubicación de los pozos. Las siguientes características de la falla de Bogotá deben ser tenidas en cuenta en el momento de seleccionar la ubicación de un pozo:

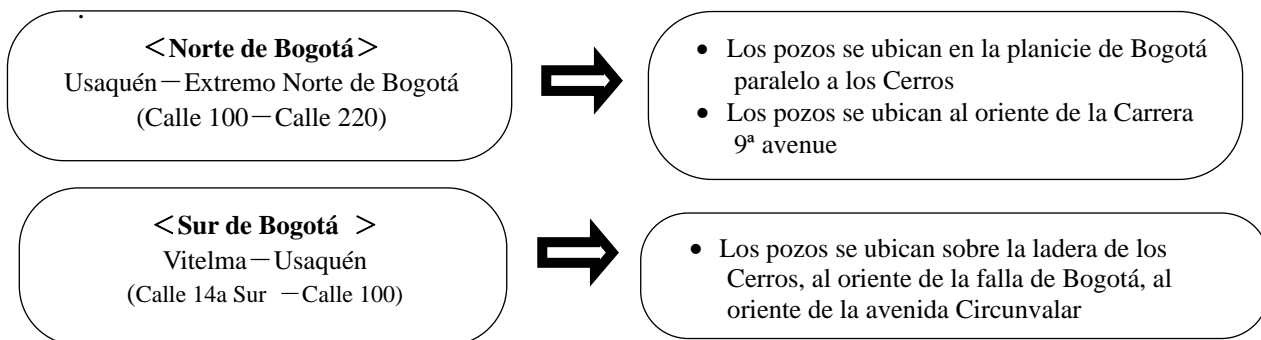
- La falla de Bogotá establece el límite entre el Cretáceo y el Terciario. Los pozos se ubicaron en el área del Cretáceo, al Oriente de la Falla.
- La falla de Bogotá pasa por un área de gran elevación en la parte Sur de los Cerros Orientales, reduce su elevación gradualmente hacia el Norte y finalmente alcanza su altura final en Usaquén. Por lo tanto, la elevación de los pozos se reduce también gradualmente de sur a norte siguiendo la falla de Bogotá. Los pozos al norte de Usaquén están a la misma altura de la sabana de Bogotá.
- Es preferible perforar los pozos a cierta distancia al oriente de la Falla, ya que se asume que la falla de Bogotá es de tipo reversible. De acuerdo a los resultados previos de la perforación exploratoria, se considera que una distancia de 200 m entre la Falla y el lugar de perforación, es suficiente.
- Considerando la condición hidrogeológica descrita, se seleccionó la ubicación óptima de los pozos como se muestra en la Figura-3.3-21.

**Tabla-3.3-5 Pozos Proyecto Oriental**

Lugar	No.	Coordinada		Altura	Marca	Nota	
		Latitude	Longitude				
SC	Vitelma	E-1	N 4°33'46.8"	W 74°03'55.2"	2,810	K2d	Propiedad del Acueducto, Proyecto Piloto
CH	Paraiso	E-3	N 4°37'37.4"	W 74°03'18.7"	2,825	K2d	Propiedad del Acueducto
Usaquén	Tank Santa Ana	TA-1	N 4°41' 06.5"	W 74°01' 46.6"	2,621	K2t	Propiedad del Acueducto
		TA-2	N 4°41' 02.1"	W 74°01' 39.8"	2,674	K2t	Propiedad del Acueducto
	La Aguadora	E-5	N 4°41'32.1"	W 74°01'27.1"	2,688	K2t	Propiedad del Acueducto
		E-6	N 4°41'34.1"	W 74°01'32.6"	2,643	K2t	Propiedad del Acueducto, Proyecto Piloto
	Bosque Medina	E-7	N 4°42'43.2"	W 74°01'44.3"	2,583	Q2c(K2t)	-
	Bosque de pinos	E-8	N 4°43'22.7"	W 74°01'32.9"	2,583	Q2c(K2t)	-
		E-9	N 4°43'38.4"	W 74°01'22.5"	2,597	K2t	-
		Cerro norte	E-10	N 4°44'01.6"	W 74°01'24.4"	2,587	K2t
	E-11		N 4°44'09.6"	W 74°01'26.4"	2,577	Q2c(K2t)	-
	Soratama	E-12	N 4°44'24.6"	W 74°01'20.9"	2,583	Q2c(K2t)	-
		E-13	N 4°44'42.8"	W 74°01'19.2"	2,592	Q2c(K2t)	-
	La Salle	E-14	N 4°45' 17.4"	W 74°01' 22.5"	2,605	Q2c(K2t)	Propiedad del Acueducto, Proyecto Piloto
	Codito	E-15	N 4°45'45.5"	W 74°01'36.8"	2,578	Q2c(K2t)	Tanque Codito
		CO-2	N 4°45' 53.4"	W 74°01' 26.6"	2,643	Q2c(K2t)	Tanque Codito
Suba	Suba	E-16	N 4°45' 27.0"	W 74°04' 42.2"	2,581	Q2c(K2t)	Proyecto Piloto
	Mariscal Sucre	E-17	N 4°45' 40.0"	W 74°04'53.4"	2,575	Q2c(K2t)	Proyecto Piloto
		ST-1	N 4°42' 42.2"	W 74°05' 00.2"	2,589	K2E1g(K2t)	Propiedad del Acueducto
	Tanque Suba	ST-2	N 4°42' 43.6"	W 74°05' 03.6"	2,588	K2E1g(K2t)	Propiedad del Acueducto
ST-3		N 4°42' 45.0"	W 74°05' 05.4"	2,589	K2E1g(K2t)	Propiedad del Acueducto	
Bogota Rural	Bogota Rural	Y-1	N 4°46'14.1"	W 74°01'38.4"	2,570	Q2c(K2t)	-
		Y-2	N 4°46'28.3"	W 74°01'36.9"	2,571	Q2c(K2t)	-
		Y-3	N 4°46'34.6"	W 74°01'35.8"	2,571	Q2c(K2t)	-
		Y-4	N 4°47'04.4"	W 74°01'42.3"	2,575	Q2c(K2p)	-
		Y-5	N 4°47'10.5"	W 74°01'40.4"	2,582	Q2c(K2p)	-
		Y-6	N 4°47'21.3"	W 74°01'42.9"	2,571	Q2c(K2p)	-
		Y-7	N 4°47'32.2"	W 74°01'45.9"	2,573	Q2c(K2p)	-
		Y-8	N 4°47'44.9"	W 74°01'53.8"	2,581	Q2c(K2t)	-
		Y-9	N 4°48'20.5"	W 74°01'48.5"	2,568	K2t	-
		Y-10	N 4°48'34.4"	W 74°01'50.3"	2,570	Q2c,Q2ch	-
		Y-11	N 4°49'02.2"	W 74°01'51.6"	2,569	Q2c,Q2ch	-
		Y-12	N 4°49'17.7"	W 74°01'53.4"	2,586	K2t	-

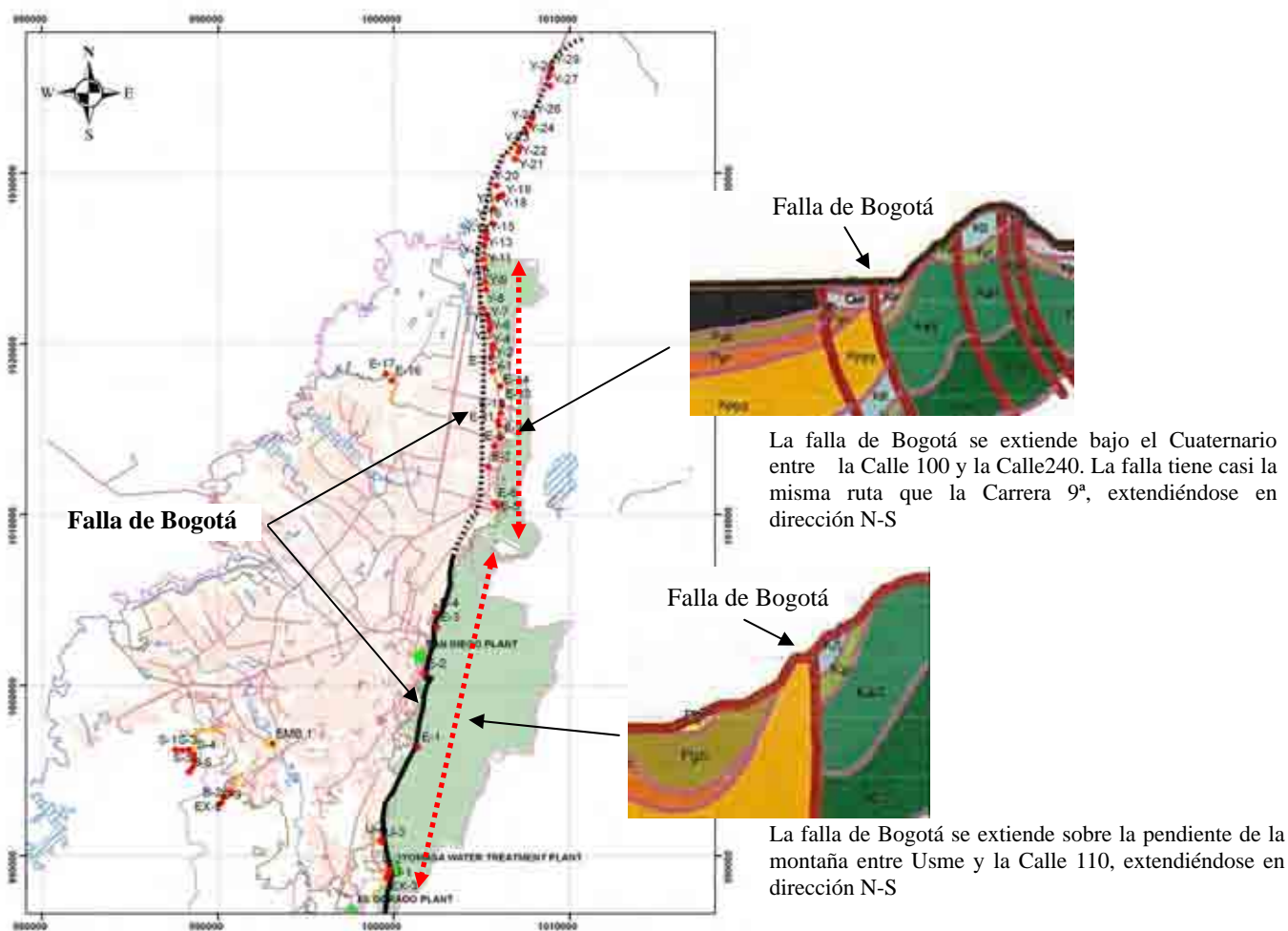
<b>Legenda</b>	Q2c,Q2ch	Cuaternario	K2t	Labor & Tierna (Cretácica)
	E1b	Bogota (Terciario)	K2p	Plaeners (Cretácica)
	K2E1g	Guaduas (Terciario)	Ksd	Dura (Cretácica)

Fuente: Equipo de Estudio JICA



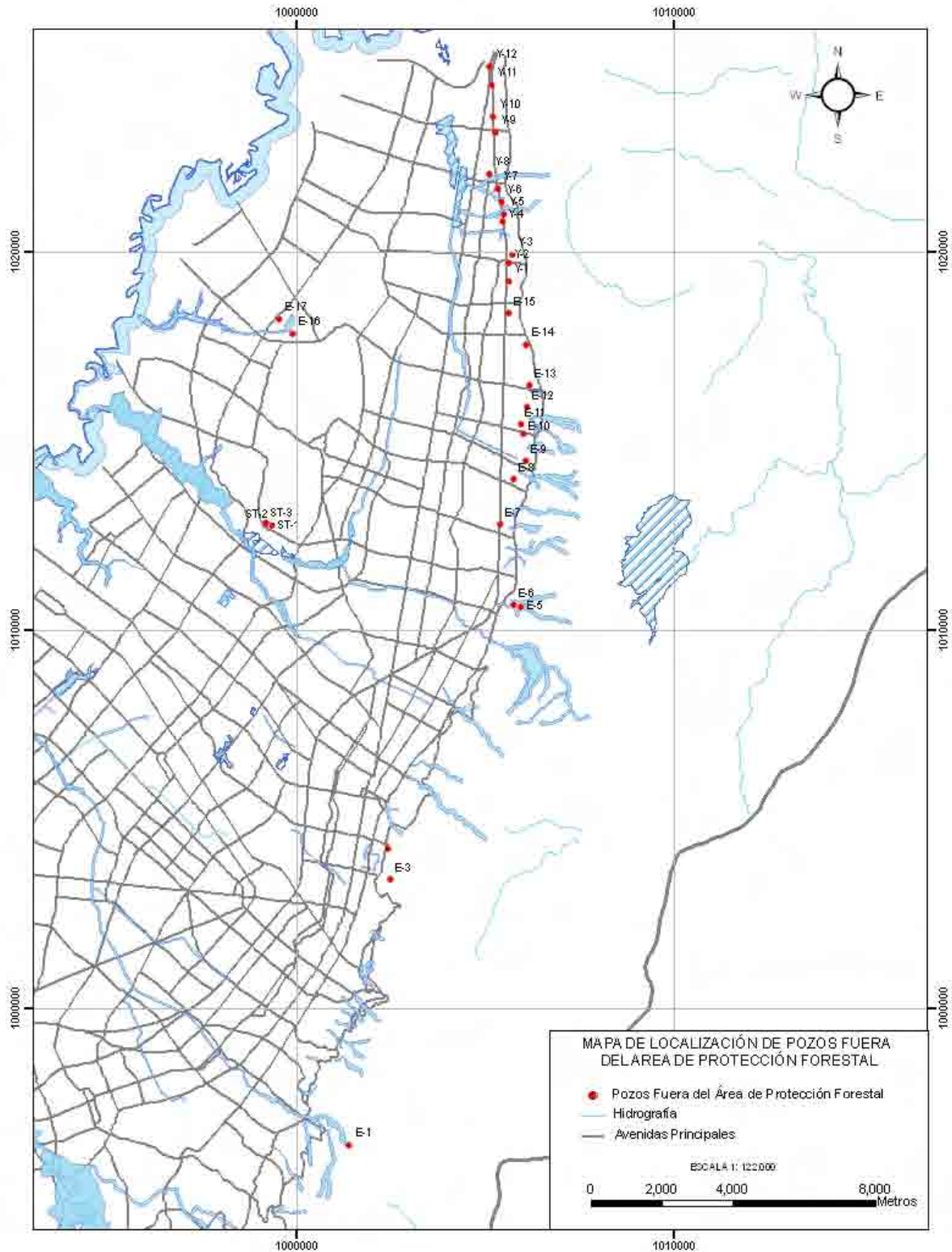
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-19 Ubicación Óptima de los Pozos



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-20 Pozos y Falla de Bogotá

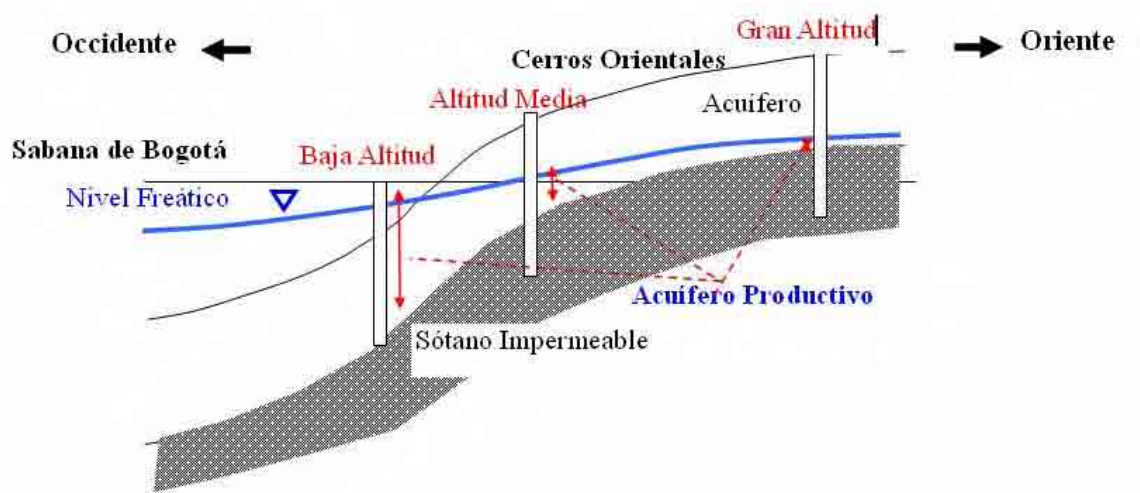


Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-21 Localización de Pozos Proyecto Oriental Fuera del Área de Protección Forestal**

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:

- Desde el punto de vista de la estructura geológica, los Cerros Orientales se clasifican como una montaña de plegamiento. La arenisca del Cretáceo, la cual es un excelente acuífero, se distribuye a cierta profundidad en los Cerros. Si el nivel freático es muy profundo, la mayoría de la arenisca se encuentra más elevada que el nivel freático, lo que causa una menor productividad de agua subterránea (ver Figura-3.3-22).
- Un nivel freático profundo ocasiona mayores costos de bombeo, lo que aumenta los costos del proyecto.
- Se tiene como condición económica para el desarrollo de agua subterránea que cada pozo produzca a una tasa de 1.000 – 2.000 m<sup>3</sup>/día, con profundidad entre 300 y 400 m. Sin embargo, esta condición no se puede cumplir en el Sur de los Cerros Orientales.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-22 Relación entre Altitud de los Pozos y el Acuífero en los Cerros Orientales**

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

En el Proyecto Oriental se proponen 29 pozos en el P/M. Los lugares para la perforación de los pozos se revisaron cuidadosamente en el E/F. Como resultado se añadieron 5 pozos al plan (TA-1, TA-2, CO-2, ST-1, ST-2, ST-3), y dos pozos fueron eliminados del plan (E-2 y E-4). Finalmente se propuso un total de 33 pozos en 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-3.3-6.



**Tabla-3.3-6 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Emergencia (Proyecto Primer Periodo)**

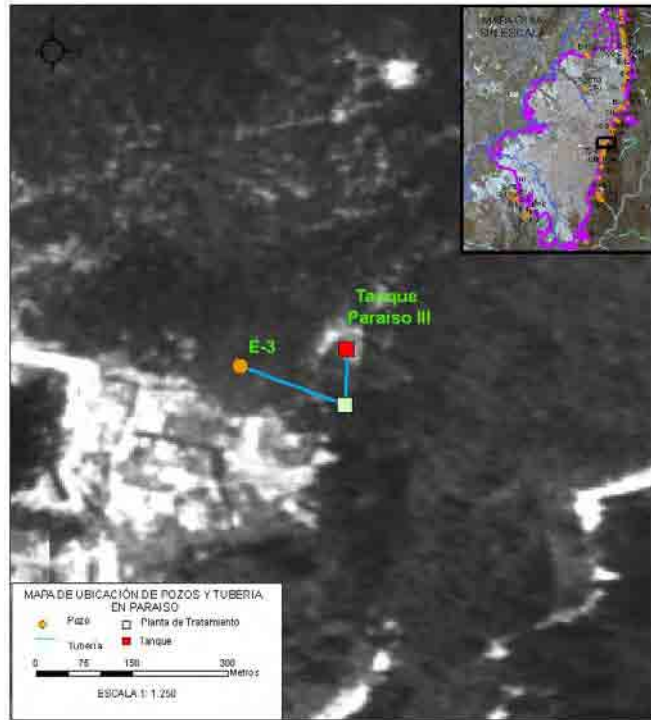
Nombre del Proyecto	Lugar	Unidad de Abastecimiento No.	Pozo				Bomba del Pozo			Línea de Conducción		Tipo de Tratamiento		Línea de Transmisión		Conexión a: (instalación existente)	Tipo de Abastecimiento 1)	
			No.	Nuevo/Existente	Diámetro (in)	Profundidad (m)	Diámetro (in)	Cabeza (m)	Poder (kW)	Diámetro (in)	Longitud (m)	Volumen (m3/día)	Proceso	Diámetro (in)	Longitud (m)			
Proyecto Prioritario	Vitelma	-	(E-1)	(Piloto)	-	-	-	-	-	-	-	2.000	Cloración+ Filtro de Presión	-	-	-	-	
	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	
	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							
			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	
	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						
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	4.000						
Y-8				Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	500							
Y-9				Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25							
Y-10				Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	440	4.000						
Y-11				Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	25							
Y-12				Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	520							

Nota-1) El tipo de abastecimiento se muestra en la Figura-3.3-41

Fuente: Equipo de Estudio JICA

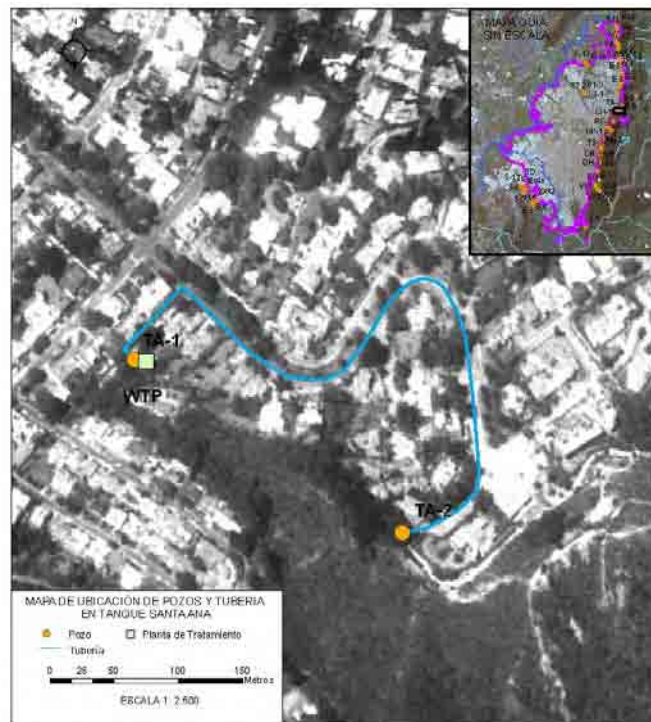
## (2) Perfil de las Unidades de Abastecimiento de Agua de Emergencia

La unidad de abastecimiento de agua de emergencia para el Proyecto del Primer Periodo consta básicamente de una planta de tratamiento de agua (PTA) para uno a cinco pozos. El perfil de cada unidad se muestra en las Figuras 3.3-23 a 3.3-31.



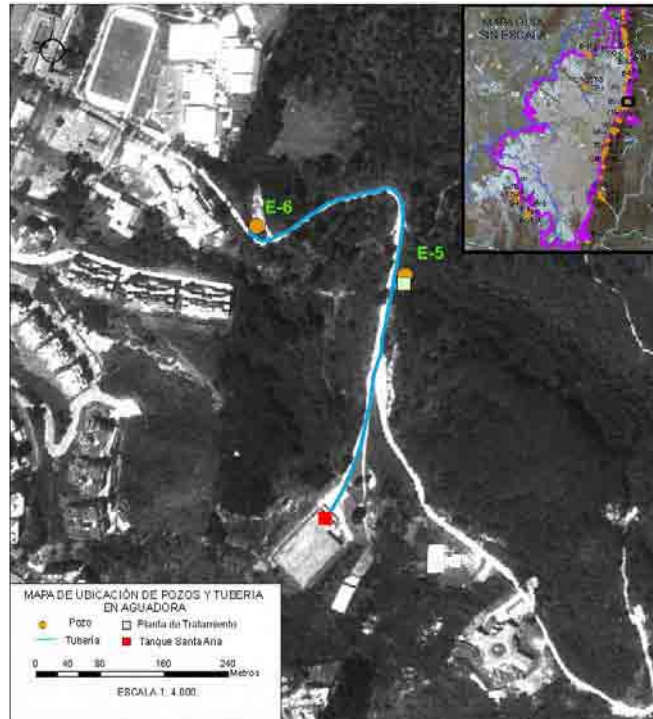
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-23 Perfil Planeado Unidad 1-01**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-24 Perfil Planeado Unidad 1-02**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

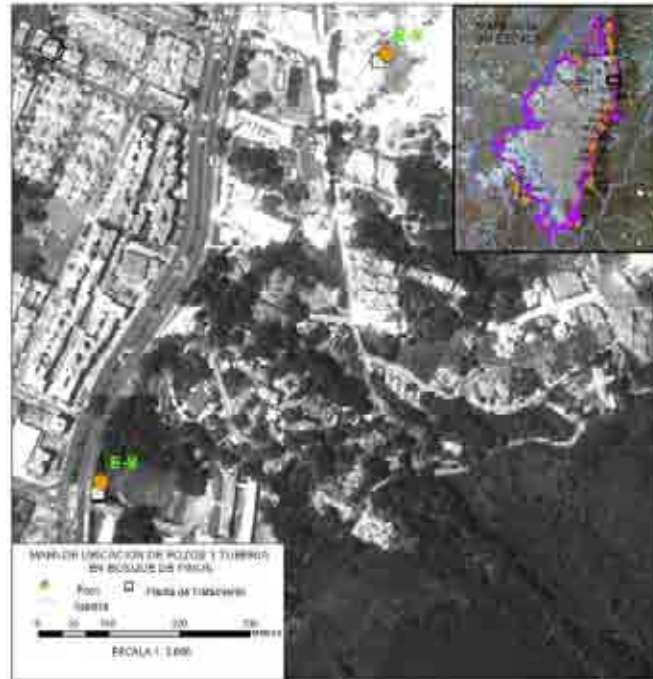
**Figura-3.3-25 Perfil Planeado Unidad 1-03**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

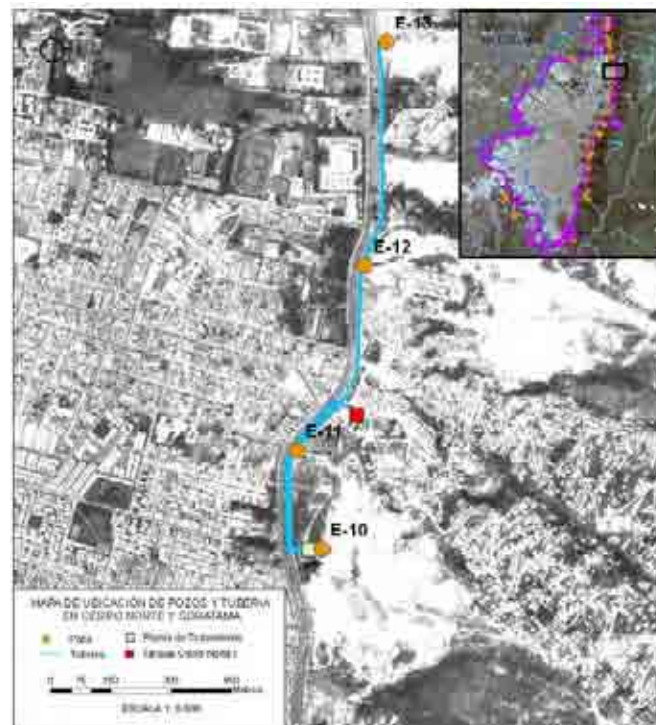
**Figura-3.3-26 Perfil Planeado Unidad 1-04**





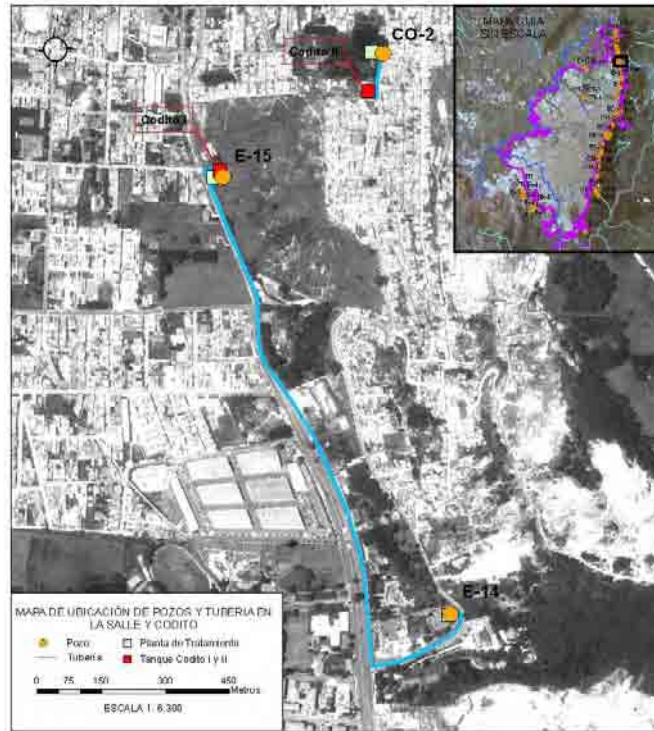
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-27 Perfil Planeado Unidad 1-05 y 1-06**



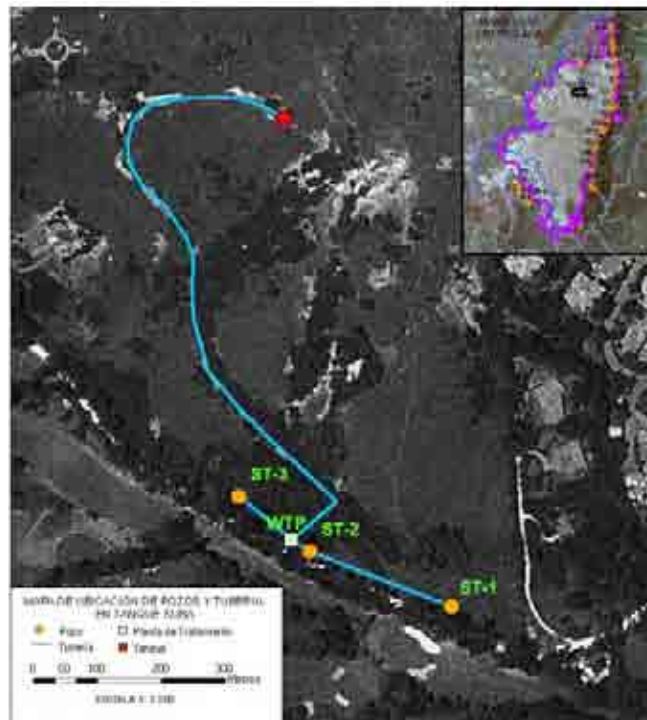
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-28 Perfil Planeado Unidad 1-07**



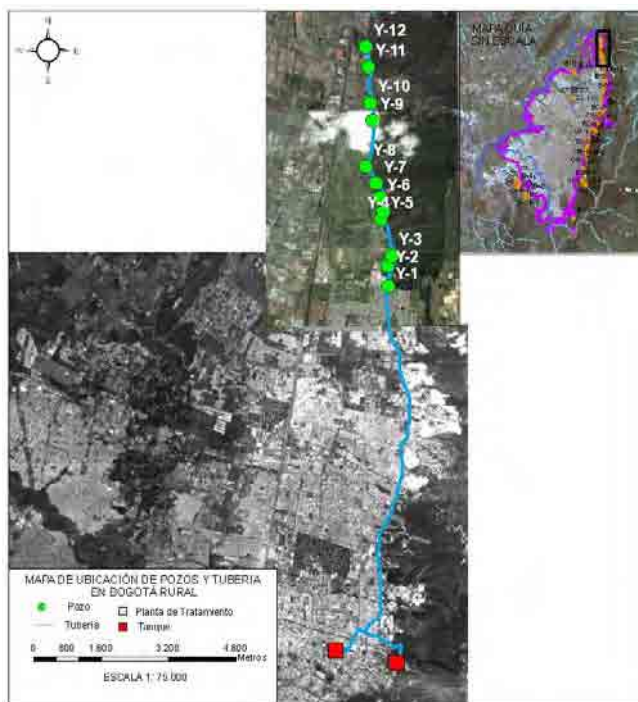
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-29 Perfil Planeado Unidad 1-08, 1-09 y 1-10**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-30 Perfil Planeado Unidad 1-11**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-31 Perfil Planeado Unidad 1-12**

### 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 un terremoto con epicentro en el 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<sup>3</sup>/día de agua subterránea. El método para el abastecimiento es el siguiente:

- a) Abastecimiento puntual de agua en el lugar del pozo.
- b) Abastecimiento de agua en red mediante la conexión de los pozos de emergencia a las instalaciones existentes.

**Tabla-3.3-7 Perfil del Proyecto Sur**

Área	Número de Pozos <sup>1)</sup>	Abastecimiento de Agua (m <sup>3</sup> /día)	Área Abastecida	Población Abastecida <sup>2)</sup>
Ciudad Bolívar	6 (1)	6.000	Ciudad Bolívar	400.000
Soacha	7	7.000	Soacha	466.000
Usme	1 (1)	100	Usme	6.000
Total	14 (2)	13.100		872.000

Nota-1) ( ) : pozos dentro del área de protección forestal.

Nota-2) Bajo una condición de tasa de consumo unitario de 15l/persona/día

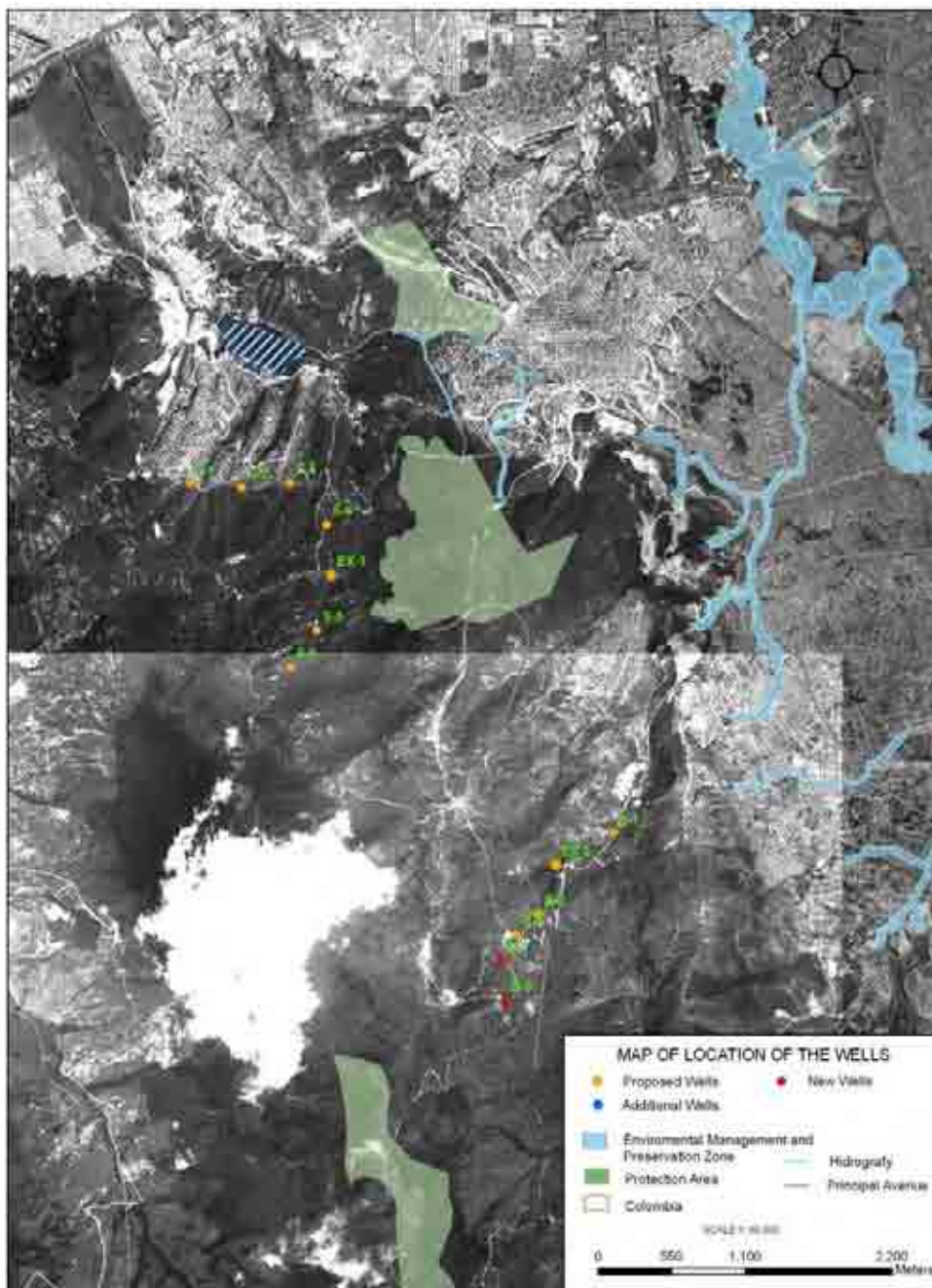
Fuente: Equipo de Estudio JICA



### 3.3.1 Pozos de Producción

#### (1) Ubicación de los Pozos

La ubicación de los pozos del proyecto Sur se muestra en la Figura-3.3-32 y la Tabla-3.3-8. El acuífero Cretáceo en Ciudad Bolívar y Soacha esta compuesto por arenisca de la formación Dura. 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-3.3-32 Ubicación de los Pozos en los Cerros Sur

**Tabla-3.3-8 Lista de Pozos en el Proyecto Sur**

Proyecto	Área	No.	Coordenadas		Elevación	Geología
			Longitud	Latitud		
Cerros Sur	Ciudad Bolívar	B-1	4 ° 32'21.9"N	74 ° 09'37.7"W	2.835	K2p, extremidad oriental de la anticlinal
		EX-2	4 ° 32'14.4"N	74 ° 09'51.7"W	2.867	K2p, eje de la anticlinal
		B-2	4 ° 32'02.7"N	74 ° 09'56.1"W	2.907	K2p, eje de la anticlinal
		B-3	4 ° 31'58.2"N	74 ° 10'01.4"W	2.918	K2p, eje de la anticlinal
		B-4	4 ° 31' 52.3"N	74 ° 10' 05.0"W	2.945	
		B-5	4 ° 31' 42.7"N	74 ° 10' 04.0"W	2.987	
	Soacha	S-1	4 ° 33'43.3"N	74 ° 11'20.8"W	2.746	K2d, extremidad occidental de la anticlinal
		EX-1	4 ° 33'21.7"N	74 ° 10'46.4"W	2.786	K2d, Bloque superior de la falla
		S-2	4 ° 33'42.2"N	74 ° 11'08.2"W	2.760	K2d, extremidad occidental de la anticlinal
		S-3	4 ° 33'43.3"N	74 ° 10'56.4"W	2.748	K2d, eje de la anticlinal
		S-4	4 ° 33'33.6"N	74 ° 10'47.6"W	2.762	K2d, extremidad oriental de la anticlinal
		S-5	4 ° 33'08.9"N	74 ° 10'49.9"W	2.809	K2d, Bloque superior de la falla
		S-6	4 ° 33'00.4"N	74 ° 10'56.3"W	2.837	K2d, Bloque superior de la falla

<b>Leyenda</b>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Q2c,Q2ch</span> Cuaternario	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">K2t</span> Labor & Tierna (Cretáceo)
	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E1b</span> Bogota (Terciario)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">K2p</span> Plaeners (Cretáceo)
	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">K2E1g</span> Guaduas (Terciario)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Ksd</span> Dura (Cretáceo)

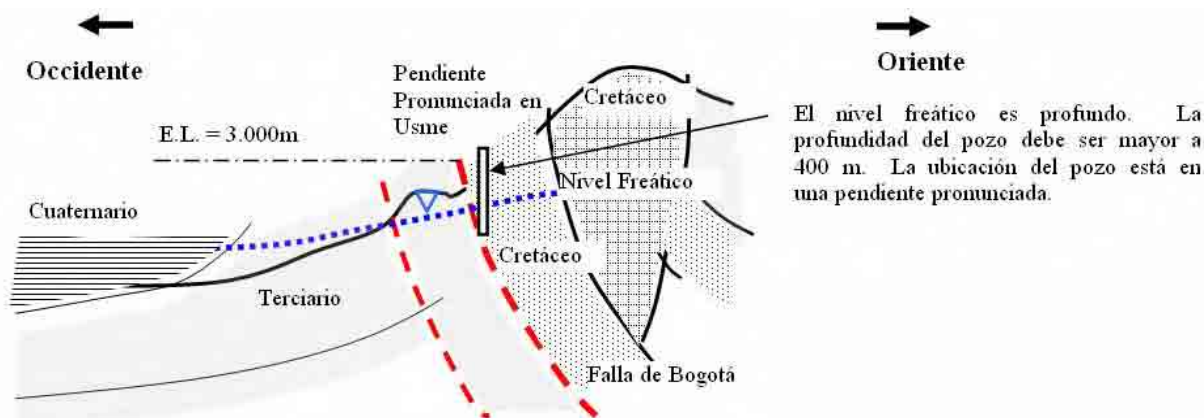
Fuente: Equipo de Estudio JICA

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

16 pozos se propusieron en el Proyecto Sur en el P/M. 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. En el P/M se realizaron perforaciones exploratorias en Usme. De acuerdo a los resultados de las perforaciones se cancelo el proyecto en Usme. La condición geológica en Usme es la siguiente:

**Usme**

Usme se ubica en el extremo Sur de los Cerros Orientales. Al igual que en otras áreas de los Cerros Orientales, la falla de Bogotá es un factor importante para la ubicación de los pozos en Usme. Las características de la falla de Bogotá en Usme se describen a continuación (ver Figura-3.3-33):



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-33 Estructura Hidrogeológica y Ubicación del Pozo en Usme**

- La falla de Bogotá en el sector de Usme se extiende en dirección Norte-Sur, con una altura de 3.000 m. y paralela a la extensión de los Cerros Orientales.
- La falla de Bogotá forma un límite geológico. Debajo de la pendiente de la Falla se

distribuye el Terciario y encima de la misma, el Cretáceo. Esto significa que la formación impermeable del Terciario se distribuye hasta los 3.000 m en Usme.

- Dadas las condiciones geológicas, la pendiente debajo de la falla de Bogotá es gradual, mientras que encima, la pendiente es pronunciada.

Considerando las condiciones geológicas anteriores, los pozos en Usme deben ubicarse sobre la pendiente, encima de la falla de Bogotá, la cual es bastante pronunciada con una altura mayor a 3.000 m. Cualquier lugar de perforación en Usme debe ubicarse sobre la pendiente pronunciada de la montaña, donde consecuentemente el nivel freático es muy profundo. Adicionalmente el acceso de la torre de perforación a dicha área es muy complicado.

En el Plan Maestro se perforó el pozo exploratorio (EX-3) en Usme, el cual presentó una producción de agua pequeña. Con base en los resultados anteriores, se concluyó que el desarrollo de agua subterránea en Usme es complicado.

El desarrollo de agua subterránea en el área de Usme en este Estudio se cancelo. Sin embargo, si en el futuro se vuelve a insistir en el desarrollo de agua subterránea en Usme, se recomienda una estrategia de perforación como la que se muestra en la Tabla-3.3-9.

- Los pozos exploratorios deben ubicarse sobre la pendiente, 200 m. al oriente de la falla de Bogotá.
- La profundidad de la perforación debe ser de 400-500 m.
- Se debe implementar un muestreo electromagnético antes de perforar, para comparar los resultados con los del método TEM realizado en el estudio del P/M. La decisión de perforar o no depende de esta comparación.

**Tabla-3.3-9 Pozos en Usme**

Proyecto	Área	No.	Coordenadas		Altitud	Geología
			Latitud	Longitud		
Usme	Bogotá	U-101	4 ° 28'28.8"N	74 ° 04'48.6"W	3.210	K2d, Bloque superior de la falla de Bogotá
		U-102	4 ° 29'57.7"N	74 ° 04'35.6"W	3.243	K2d, Bloque superior de la falla de Bogotá
		U-103	4 ° 32'07.9"N	74 ° 04'47.2"W	3.022	K2d, al lado de la falla de Bogotá

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### 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-3.3-10.

**Tabla-3.3-10 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Emergencia (Proyecto Segundo Periodo)**

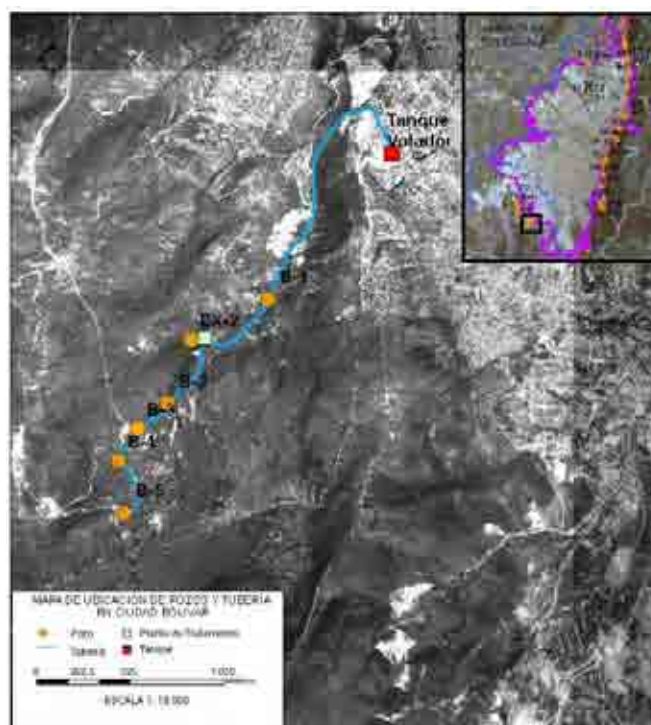
Lugar	Unidad de Abastecimiento No.	Pozo			Bomba del Pozo			Línea de Conducción		Tipo de Tratamiento		Línea de Transmisión		Conexión a: (instalación existente)	Tipo de Abastecimiento 1)		
		No.	Nuevo/Existente	Diámetro (in)	Profundidad (m)	Diámetro (in)	Cabeza (m)	Poder (kW)	Diámetro (in)	Longitud (m)	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							
		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	-	-	-	-	

Nota-1) El tipo de abastecimiento se muestra en la Figura-3.3-41

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**(2) Perfil de las Unidades de Abastecimiento de Agua de Emergencia**

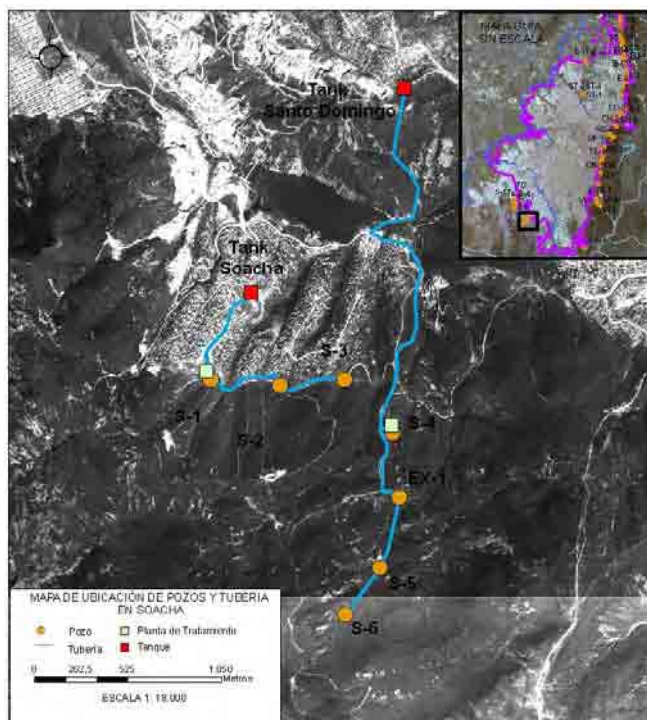
La unidad de abastecimiento de agua de emergencia para el Proyecto del Segundo Periodo consta básicamente de una planta de tratamiento de agua (PTA) para uno a cinco pozos. El perfil de cada unidad se muestra en las Figuras 3.3-34 y 3.3-35.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-34 Perfil Planeado Unidad 2-01**





Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-35 Perfil Planeado Unidad 2-02 y 2-03**

### 3.4 Proyecto del Tercer Periodo

Se propuso el proyecto Yerbabuena como el proyecto del tercer periodo. El área Yerbabuena queda bastante apartada del centro de la Ciudad, lo que hace que el valor del proyecto disminuya como fuente de abastecimiento de emergencia. Adicionalmente, Yerbabuena no hace parte de Bogotá sino de los municipios de Chía y Sopo, lo que dificulta más la promoción del proyecto para el Acueducto, que si fuera dentro de Bogotá. Por otro lado, la capacidad del acuífero 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, Cajica y Sopo. Estos tres municipios reciben abastecimiento de agua en bloque del Acueducto. El Acueducto abastecerá estos municipios incluso en caso de emergencia. Los pozos en Yerbabuena pueden ser usados para este objetivo. En el proyecto Yerbabuena se planea la construcción de 17 pozos, para producir 34.000 m<sup>3</sup>/día de agua subterránea. El acuífero Cretáceo se distribuye a lo largo de la ladera de los Cerros Orientales de Yerbabuena y es apropiado para el desarrollo de agua subterránea. Los pozos planeados se ubican a lo largo una vía que se extiende de la carrera 7<sup>ma</sup> a lo largo de los Cerros Orientales, lo que permite un acceso fácil para la torre de perforación. Considerando la situación anterior, la estrategia del proyecto de abastecimiento de emergencia en Yerbabuena se propone a continuación (ver Figura-3.3-36):

- (a) Abastecimiento puntual de agua para el norte de Bogotá, Chía, Cajica y Sopo.
- (b) Abastecimiento de agua en red para Chía y Cajica

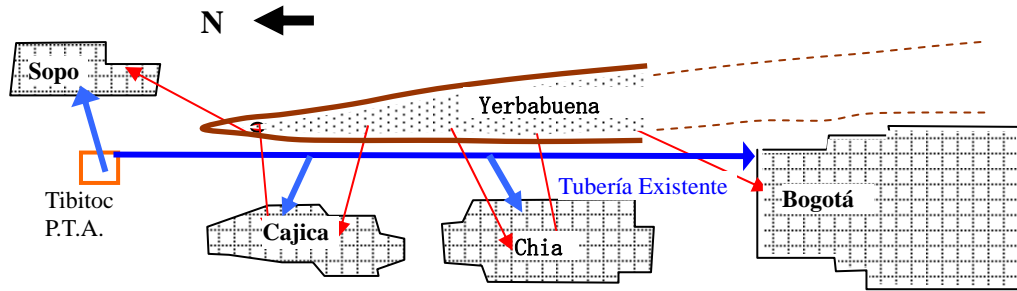
**Tabla-3.3-11 Perfil del Proyecto Yerbabuena**

Área	Numero de Pozos	Abastecimiento de agua (m <sup>3</sup> /día)	Área de Abastecimiento	Población Abastecida <sup>1)</sup>
Chía	9	18.000	Bogota, Chia, Cajica, Sopo	1.200.000
Sopo	8	16.000		1.066.000
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>34.000</b>		<b>2.266.000</b>

Nota: Bajo una tasa de consumo unitario de 15 L/persona/día

Fuente: Equipo de Estudio JICA





Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-36 Distribución de Agua en el Proyecto Yerbabuena**

### (2) Abastecimiento Puntual de Agua

El abastecimiento puntual de agua será implementado mediante carrotaques. El área a ser abastecida sería: el norte de Bogotá, Chía, Cajica y Sopo. Los pozos se ubican cerca de estas áreas, lo que hace posible el abastecimiento de agua por carrotaques en caso de emergencia.

### (3) Abastecimiento de Agua en Red

El abastecimiento de agua en red es posible utilizando la tubería existente entre Tibitoc y Bogotá. Sin embargo, esta tubería es bastante vieja, por lo que es mejor no usarla. En tal caso sería necesario construir una nueva tubería. La construcción de una nueva tubería requiere de una enorme inversión, la cual no es realista para un abastecimiento de agua de emergencia. En este E/F se examinó la posibilidad de enviar el agua de los pozos directamente a Chía y Cajica por las tuberías existentes.

## 3.4.1 Pozos de Producción

### (1) Ubicación de los Pozos

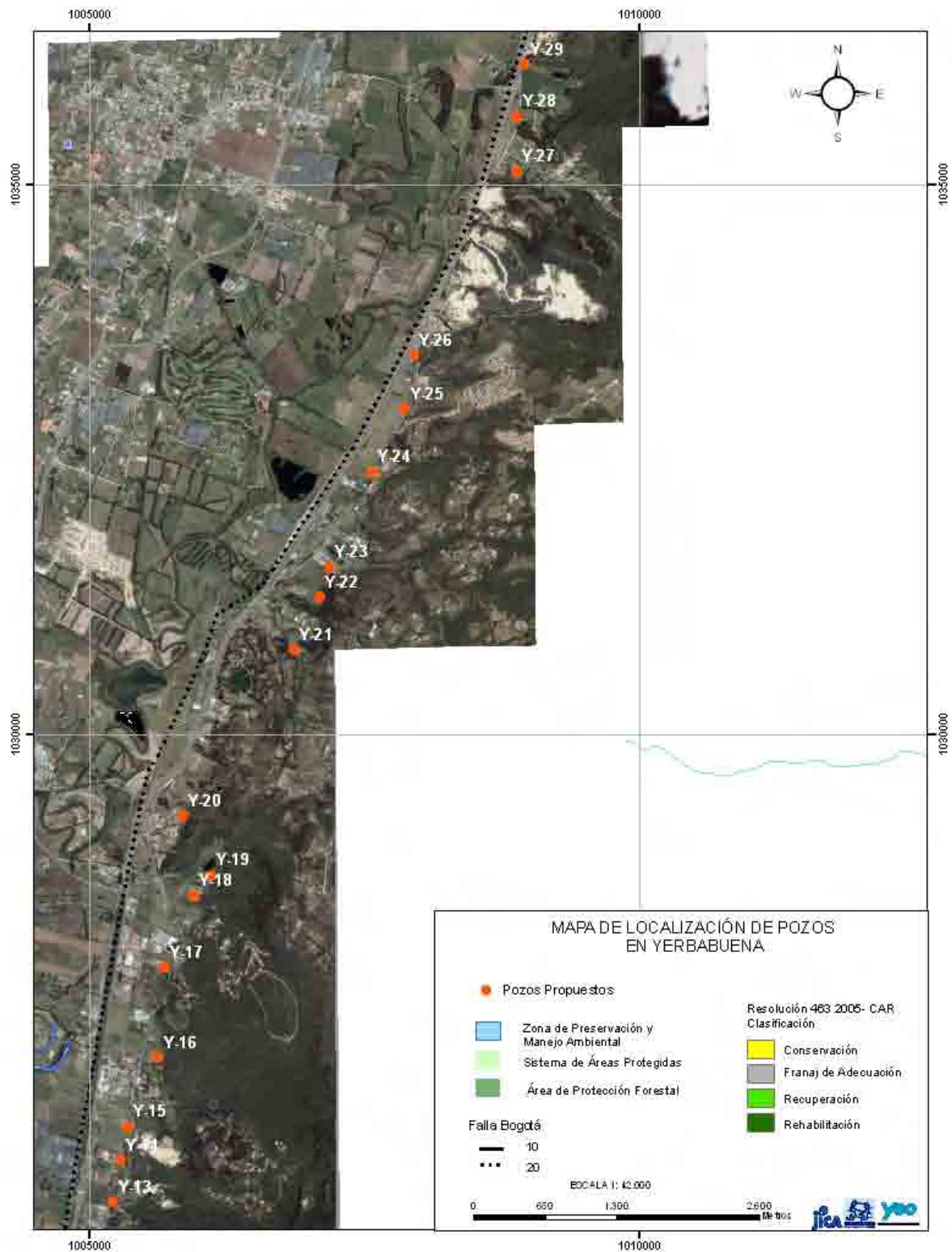
La ubicación de los pozos del proyecto se muestra en la Tabla-3.3-12 y en la Figura-3.3-37.

**Tabla-3.3-12 Ubicación de los Pozos en Yerbabuena**

Lugar	No.	Coordenadas		Altitud (m)	Geología
		Latitud	Longitud		
Chia	Y-13	4 ° 49'45.4"N	74 ° 01'51.7"W	2.566	K2t, Extremo occidental de la anticlinal
	Y-14	4 ° 49'57.4"N	74 ° 01'48.4"W	2.564	K2t, Extremo occidental de la anticlinal
	Y-15	4 ° 50'07.1"N	74 ° 01'47.7"W	2.558	K2t, Extremo occidental de la anticlinal, a lo largo del lineamiento
	Y-16	4 ° 50'27.2"N	74 ° 01'36.2"W	2.564	K2t, Extremo occidental de la anticlinal
	Y-17	4 ° 50'55.6"N	74 ° 01'35.4"W	2.556	K2t, Extremo occidental de la anticlinal, a lo largo del lineamiento
	Y-18	4 ° 51'15.1"N	74 ° 01'25.6"W	2.571	K2t, Extremo occidental de la anticlinal, a lo largo del lineamiento
	Y-19	4 ° 51'21.4"N	74 ° 01'17.6"W	2.617	K2t, Extremo occidental de la anticlinal
	Y-20	4 ° 51'38.8"N	74 ° 01'28.8"W	2.577	K2E1g
	Y-21	4 ° 52'29.5"N	74 ° 00'53.8"W	2.570	K2t, Extremo occidental de la anticlinal, a lo largo del lineamiento
Sopo	Y-22	4 ° 52'43.5"N	74 ° 00'48.4"W	2.566	K2t, Extremo occidental de la anticlinal, a lo largo del lineamiento
	Y-23	4 ° 52'52.3"N	74 ° 00'45.6"W	2.563	K2t, Extremo occidental de la anticlinal, a lo largo del lineamiento
	Y-24	4 ° 53'21.3"N	74 ° 00'34.8"W	2.557	Q1sa(K2t)
	Y-25	4 ° 53'35.2"N	74 ° 00'26.9"W	2.559	Q1sa(K2t)
	Y-26	4 ° 53'46.8"N	74 ° 00'22.6"W	2.559	Q1sa(K2t)
	Y-27	4 ° 54'49.5"N	73 ° 59'50.3"W	2.558	Q1sa(K2d)Extremo occidental de la anticlinal
	Y-28	4 ° 55'08.5"N	73 ° 59'51.1"W	2.554	Q1sa(K2d) Extremo occidental de la anticlinal
	Y-29	4 ° 55'21.2"N	73 ° 59'47.8"W	2.561	K2d, Extremo occidental de la anticlinal

<b>Leyenda</b>	Q2c,Q2ch	Cuaternario	K2t	Labor & Tierna (Cretáceo)
	E1b	Bogota (Terciario)	K2p	Plaeners (Cretáceo)
	K2E1g	Guaduas (Terciario)	Ksd	Dura (Cretáceo)

Fuente: Equipo de Estudio JICA



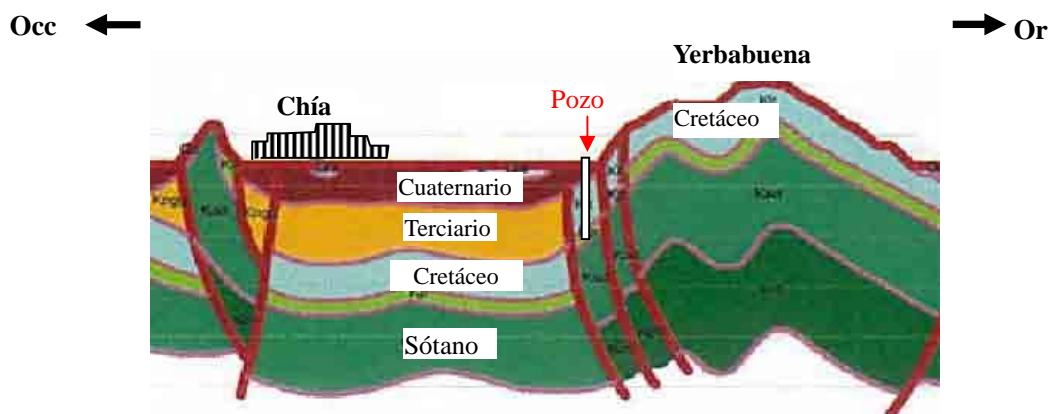
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-37 Ubicación de los Pozos del Proyecto Yerbabuena

## (2) 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.

La relación entre la hidrogeología y la ubicación de los pozos propuestos se muestra en la Figura-3.3-38. El acuífero de arenisca del Cretáceo se distribuye bajo la planicie de Bogotá cerca del pie de los Cerros Orientales, donde los pozos pueden producir una gran cantidad de agua. La falla de Bogotá no juega un papel determinante en la selección de la ubicación de los pozos en esta área.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-38 Hidrogeología y Pozos en Yerbabuena

### 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-3.3-13.

Tabla-3.3-13 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Emergencia (Proyecto Tercer Periodo)

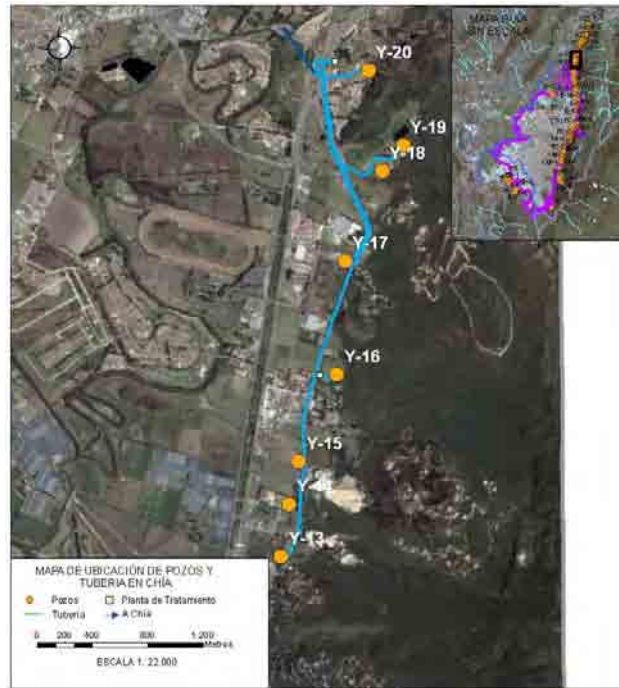
Nombre de Proyecto	Lugar	Unidad de Abastecimiento No.	Pozo				Bomba del Pozo			Línea de Conducción		Tipo de Tratamiento		Línea de Transmisión		Conexión a: (instalación existente)	Tipo de Abastecimiento 1)	
			No.	Nuevo/Existente	Diámetro (in)	Profundidad (m)	Diámetro (in)	Cabeza (m)	Poder (kW)	Diámetro (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						
				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	8.000	Cloración + Filtro de Presión	12	235	Red de Tuberías de Sopo	3			
	Y-21	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	1.355									
	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									
	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	Cloración + Filtro de Presión	10	485	Red de Tuberías de Sopo	3			
	Y-28	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	8	445									
	Y-29	Nuevo	8" + 6"	300	4	190	75	6	60									

Nota-1) El tipo de abastecimiento se muestra en la Figura-3.3-41

Fuente: Equipo de Estudio JICA

#### (2) Perfil de las Unidades de Abastecimiento de Agua de Emergencia

La unidad de abastecimiento de agua de emergencia para el Proyecto del Tercer Periodo consta básicamente de una planta de tratamiento de agua (PTA) para tres a cinco pozos. El perfil de cada unidad se muestra en las Figuras 3.3-39 y 3.3-40.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-39 Perfil Planeado Unidad 3-01**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-40 Perfil Planeado Unidad 3-02**

### 3.5 Diseño General de las Instalaciones

#### (1) Plan para la Infraestructura de los Pozos

##### 1) Pozos

- El diámetro básico del pozo puede ser de 10 pulgadas donde la profundidad es entre 0 -150 m y de 8 pulgadas en secciones de 150 – 300 m. de profundidad. En casos donde la elevación

sea alta y el nivel freático proyectado es mas profundo que 150 m. se debe usar un diámetro de 10 pulgadas en secciones entre 0 – 150 m. y de 8 en secciones entre 150 – 400 m.

- Se sugiere que el revestimiento del pozo sea una tubería de acero semiduro Sch-40 ó un material equivalente. El filtro incrustado entre las tuberías de recubrimiento podría ser de cortes de tiras finos de acero semiduro o un material equivalente. Como el perfil de los filtros determina la capacidad de un pozo, éstos deben posicionarse de manera correcta de cubriendo el acuífero alrededor del pozo. La longitud del filtro por lo general debe ser cerca del 30% de la longitud total del pozo.

## **(2) Motores y Bombas Sumergibles**

Para el Proyecto se sugiere utilizar bombas sumergibles de etapa múltiple, las cuales se utilizan comúnmente en pozos y tienen una aplicabilidad general. Considerando las características de la red de energía eléctrica y las caídas de voltaje en Bogotá, las especificaciones de la bomba sumergibles deberían ser: 400 V, 60 hz y de 3 fases. El modelo de la bomba y su capacidad puede ser seleccionado de acuerdo al caudal de producción estimado, a la cabeza dinámica calculada y a las curvas de desempeño de varios fabricantes de bombas disponibles en Colombia. De esta manera se garantiza una competencia justa y la escogencia de la bomba más apropiada.

Los instrumentos que se mencionan a continuación se combinan para hacer un sistema. Dado que cada fabricante de bombas tiene sus propias especificaciones, se recomienda que el sistema completo se adquiera de un mismo fabricante.

- Paneles de Control del Sitio (con relevo 3E, circuito de arranque y detención suave, arranque automático)
- Cables sumergibles (panel de control del sitio – motor sumergible)
- Indicador del nivel del agua (2 puntos de contacto, protector de bomba, arranque automático)
- Tubo de elevación de agua
- Codo
- Jaula combinada (presión positiva, presión negativa, sordina de la válvula principal)
- Respiradero
- Válvula de chequeo
- Medidor de flujo

### **1) Suministro Eléctrico para las Bombas**

- Las instalaciones de suministro eléctrico preferiblemente deben ubicarse dentro de la planta de tratamiento para facilitar la operación y mantenimiento de las bombas. Los cables eléctricos deben ir preferiblemente bajo tierra a lo largo de la tubería de aducción. Este tipo de diseño es el más apropiado económicamente.
- Los cables eléctricos deberían ser de 4-núcleos y presión baja. El tamaño del cable deberá ser seleccionado de manera que la caída del voltaje entre el panel generador y el panel de control no sea mayor al 6%, cuando se prendan las bombas mediante un circuito de arranque blando, considerando la distancia entre ambos paneles. Adicionalmente como los cables irán bajo tierra se deberían usar cables acorazados diseñados específicamente para esto. También se debe usar cintas de precaución atada a los cables cuando se realicen los trabajos de instalación.
- Las bombas de las plantas se deberían poder controlar mediante un panel de control instalado dentro de la planta de tratamiento. Los cables de control deberían instalarse a lo largo de la tubería de aducción y cables de suministro energético. Se sugiere que los cables de control sean de un núcleo-10 x 2,0 mm<sup>2</sup> con una coraza.

### **2) Tubería**

Las tuberías de PVC que soportan presiones de 1.6 Mp son las más apropiadas y fáciles de obtener. Estas deben ir debajo de la tierra a unos 20 cm. de la superficie, para su protección. En lugares donde la tubería salga a la superficie se debe usar tubos de acero semiduro con una cubierta exterior, ya que los tubos de PVC se degradan fácilmente con la luz ultravioleta.

### **3) Instalaciones Auxiliares**

- Es recomendable instalar alrededor de los pozos una cerca para garantizar la seguridad. Esta cerca puede ser una malla metálica de chapada en zinc con una altura de 2,0 m. y con una estructura de tres capas de alambre de púas en su extremo, para evitar que la gente ingrese al pozo. Para el ingreso se recomienda instalar una puerta sencilla de 1.0 m. de ancho.
- La instalación de luces exteriores sirve como medida de seguridad nocturna. Estas luces pueden ser lámparas fluorescentes de 20 W sobre un poste de acero de 6 m
- Se sugiere construir vías de acceso donde sea necesario. Éstas pueden tener un pavimento sencillo y un ancho de 5 m.

#### **(2) Plan para las Instalaciones de Tratamiento y Conducción de Agua**

##### **1) Plan para las Instalaciones de Tratamiento de Agua**

##### **Estándares para Agua en Emergencia**

La calidad del agua requerida para el abastecimiento de agua regular y en caso de emergencia se definió claramente en el estándar de agua potable (Decreto 475, 1998). De acuerdo a este estándar, la calidad permitida de agua potable en emergencia es menos estricta que en tiempo ordinario. Por ejemplo, la concentración permisible de Hierro (Fe) es de 0,3 mg/L regularmente y de 0,5 mg/L en emergencia. La concentración permisible de Manganeseo (Mn) es de 0,10 mg/L regularmente y de 0,15 mg/L en emergencia. Sin embargo, el nuevo estándar (Decreto 1575, 2007 y la Resolución 2115, 2007) no tiene ninguna referencia en cuanto a la calidad de agua en emergencia. Se puede interpretar que la calidad del agua debe ser la misma durante el abastecimiento regular y el de emergencia. En este Estudio se propone utilizar el agua del acuífero Cretáceo (para el abastecimiento en caso de emergencia), donde 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 nuevos estándares de calidad de agua en los proyectos propuestos.

##### **Necesidad de las Instalaciones de Tratamiento de Agua**

Anteriormente se realizaron pruebas de calidad de agua en 6 pozos Cretáceos en el área de Estudio. De acuerdo a estos resultados, el agua en 4 pozos necesita tratamiento. Por lo tanto se espera que 2/3 de los pozos Cretáceos necesiten tratamiento, mientras que el restante 1/3 no lo necesitará. El criterio para decidir si se necesita tratamiento se debe establecer pozo por pozo después de perforar, con base en el análisis de calidad de agua. En el E/F se planean instalaciones de tratamiento de agua para todos los pozos. Sin embargo, la necesidad de las instalaciones de tratamiento se decidirá en la etapa de implementación futura.

##### **a) Plan para el Equipo Eléctrico**

La línea eléctrica de Bogotá se caracteriza por tener 11,4 kV, 60 Hz, 3 fases y estar elevada del suelo. Las instalaciones pueden contar con suministro eléctrico, el punto de conexión sería el primer poste eléctrico dentro del área de la planta de tratamiento de agua. Este poste deberá conectarse a la línea eléctrica de la Ciudad para comenzar el flujo de energía a las instalaciones. El presupuesto para esto debe incluirse en el Proyecto. Los instrumentos y especificaciones de las instalaciones eléctricas deberían ser seleccionados como se muestra a continuación, de acuerdo a las especificaciones de las instalaciones existentes.

##### **Primer Poste Eléctrico**

Esto incluye el poste eléctrico de concreto de 13 m., 11,4 kV, 3-fases, brazos, aisladores, switch de corte (3 para 3 fases, con fusibles), equipo para la conexión de líneas aéreas, cables subterráneos, etc.

##### **Transformador Escalonado**

El transformador será de 11,4 kV, 60 Hz y de 3-fases / 3 líneas en el lado de alto voltaje y 440 V, 60 Hz y 3-fases / 4 líneas en el lado de bajo voltaje. La capacidad del transformador está entre 150 y 500 KVA, sin embargo como el peso es demasiado para montarlo en un poste, se sugiere instalarlo



sobre cimientos de concreto y encerrado por una reja de seguridad.

Para evitar un diseño excesivo, cuando todos los instrumentos de la bomba del pozo arranquen, aquel con la mayor capacidad debería ser usado para determinar la capacidad del transformador y con base en la corriente máxima durante el arranque del circuito de arranque suave.

### **Cable de Alta Presión**

El cable eléctrico que conecta al primer poste eléctrico con el transformador debe ser una estructura subterránea, y las partes bajo tierra deben ir protegidas por conductos. Las especificaciones sugeridas para los cables de alta presión son las siguientes: cable de presión de clase alta de 3 núcleos de 11 kV, de al menos 60 mm<sup>2</sup> de tamaño considerando la fuerza mecánica.

### **Panel de Recepción y Distribución de la Energía**

De acuerdo a los estándares de suministro eléctrico en Bogotá y el voltaje apropiado para la cantidad de energía usada, el suministro eléctrico sugerido es de 440 V, 60 Hz, 3-fases / 4 líneas, con un voltímetro instalado para calcular el consumo. Igualmente, se sugiere instalar terminales receptoras de electricidad desde los generadores de emergencia y dispositivos de protección para evitar la activación simultánea de receptores de electricidad CB.

### **Panel de Control para el Motor**

Las bombas de los pozos deberían tener alternativas de operación manual y automática. Se sugiere instalar dispositivos de protección para prevenir la activación simultánea de las bombas.

### **Generadores de Emergencia**

En algunos casos de emergencia es imposible conectarse con la red eléctrica de la Ciudad, por lo que se requiere disponer de generadores de emergencia. Por razones de movilidad, económicas y de inspecciones regulares de mantenimiento, se recomienda que estos generadores se mantengan en refugios centrales y listos para su uso en caso de emergencia. Para que no presenten ningún tipo de problema deberían ser de tanque de gasolina, más precisamente de motor diesel con especificaciones de 1800 rpm, 440 V, 3-fases / 4 líneas.

### **b) Plan para las Instalaciones de Tratamiento de Agua**

La calidad del agua en el área de estudio es excelente. De acuerdo a los resultados del monitoreo de calidad de agua, solamente los niveles de Fe y Mn exceden ligeramente los estándares Colombianos. Los métodos de tratamiento posibles son: a) filtración por gravedad, b) filtración por presión y c) presión osmótica. 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-3.3-14 se pueden considerar como adecuados para el tratamiento del agua.

**Tabla-3.3-14 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 los lugares excepto (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 carro tanque sin necesidad de una bomba, el tanque de distribución debe instalarse a una altura de 3 m con respecto a la vía, usando el gradiente de altura. Si el terreno es plano, el tanque de distribución se instalará en una montura mayor al terreno para dar un gradiente de altura.

### **c) Plan para el Equipo Auxiliar**

- El equipo eléctrico tal como el transformador, el panel de control, etc. debe instalarse bajo



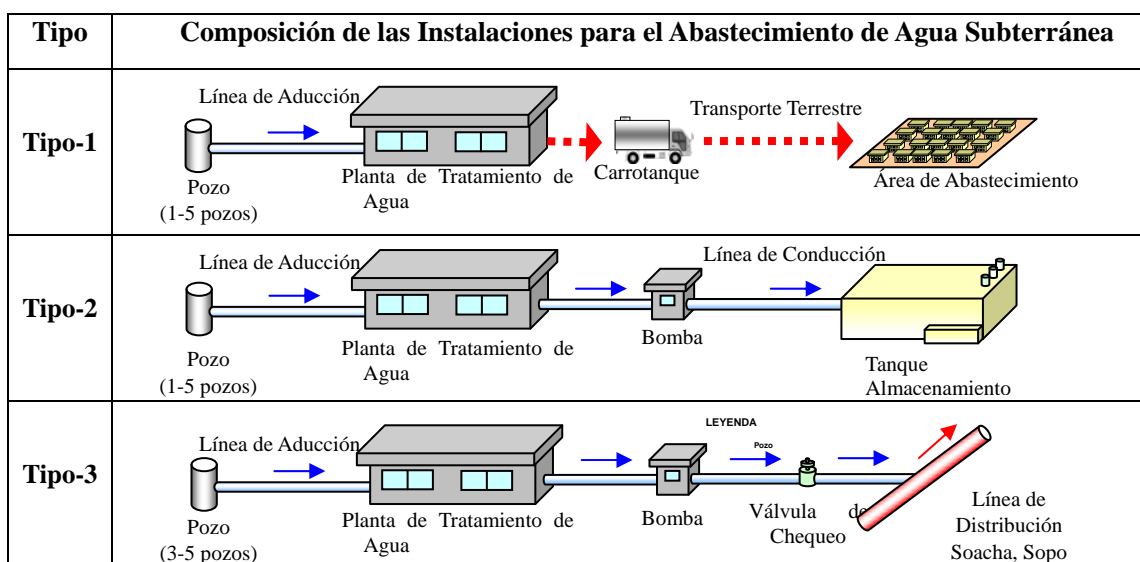
techo para garantizar su durabilidad a largo plazo. Por lo tanto, es necesario construir un refugio eléctrico dentro de la planta de tratamiento. Igualmente es necesario instalar un baño y el tanque de tratamiento para asegurar las condiciones sanitarias para los operadores.

- Es recomendable instalar alrededor de los pozos una cerca para garantizar la seguridad. Esta cerca puede ser una malla metálica de chapada en zinc con una altura de 2,0 m. y con una estructura de tres capas de alambre de púas en su extremo, para evitar que la gente ingrese al pozo. Para el ingreso se recomienda instalar una puerta sencilla de 1.0 m. de ancho.
- La instalación de luces exteriores sirve como medida de seguridad nocturna. Se sugieren 4 lámparas fluorescentes de 20 W sobre un poste de acero de 6 m
- Se sugiere construir vías de acceso donde sea necesario. Éstas pueden tener un pavimento sencillo y un ancho de 5 m.

## 2) Diseño de las Instalaciones de Abastecimiento de Agua

### a) Plan para las Instalaciones de Abastecimiento de Agua

En cuanto a la composición de las instalaciones para abastecimiento de agua, se diseñan tres tipos de instalaciones como se muestra en la Figura-3.3-41. Estas instalaciones deben ser capaces de abastecer agua a los carrotanques para la emergencia primaria, no solo para el tipo-1 pero también para el tipo-2 y 3.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-41 Composición de las Instalaciones de Abastecimiento de Agua Subterránea**

### b) Tuberías

Las tuberías de PVC que soportan presiones de 1.3 Mp son las más apropiadas y fáciles de obtener. Estas deben ir bajo de la tierra a unos 20 cm. de la superficie, para su protección. En lugares donde la tubería salga a la superficie se debe usar tubos de acero semiduro con una cubierta exterior, ya que los tubos de PVC se degradan fácilmente con la luz ultravioleta.

### c) Tanques de Distribución Existentes

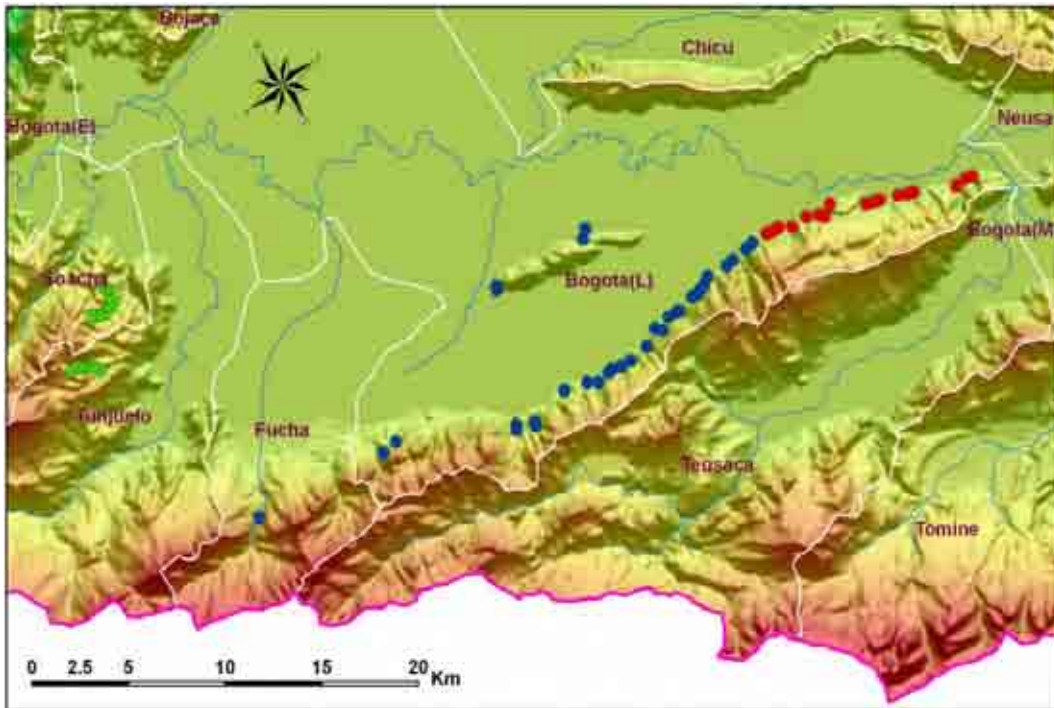
Para evitar el abastecimiento excesivo de agua a los tanques de distribución existentes, es necesario enviar información acerca del nivel de agua en los tanques al panel de control del motor en la planta de tratamiento. Consecuentemente, los cables de control deberían ir a lo largo de la tubería. Los cables podrían ser de: núcleo-5, 2,0 mm<sup>2</sup> y del tipo acorazado.

## 3.6 Producción Óptima

### (1) Ubicación de los Pozos Planeados

El plan de abastecimiento de agua en caso de emergencia hasta compuesto por tres proyectos donde se

perforan pozos de bombeo. El Proyecto Oriental incluye 33 pozos, el Proyecto Sur incluye 14 pozos y el proyecto Yerbabuena 17 pozos. Los pozos planeados se ubican a lo largo del área de los Cerros Orientales y se distribuyen en las cuatro cuencas tributarias del río Bogotá: Bogotá (L), Fucha, Tunjuelo y Soacha. La Figura-3.3.42 muestra la ubicación de los pozos y las cuencas.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-42 Ubicación de los Pozos Planeados en el Proyecto Oriental**

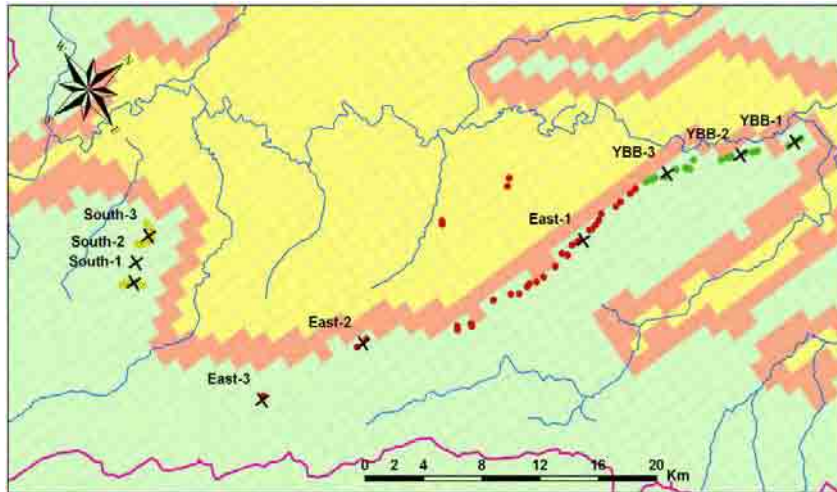
## **(2). Abatimiento del Nivel Freático**

El bombeo de los pozos seguramente ocasionará algún grado de disminución del nivel freático alrededor de los pozos. El bombeo solo puede continuar cuando el nivel de agua subterránea sea restaurado. Por lo tanto, esta diferencia de las cabezas hidráulicas entre el área cercana a los pozos de bombeo y el área de recarga es esencial para mantener la producción.

Sin embargo, si la cantidad de agua subterránea a ser sustraída aumenta, el flujo de agua subterránea desde el área de recarga, en algún punto, no será suficiente para contrarrestar la cantidad bombeada. Como consecuencia el abatimiento del nivel freático será muy grande, excediendo el límite permisible. Esto tendría los siguientes efectos sobre el medio ambiente y el uso de agua subterránea:

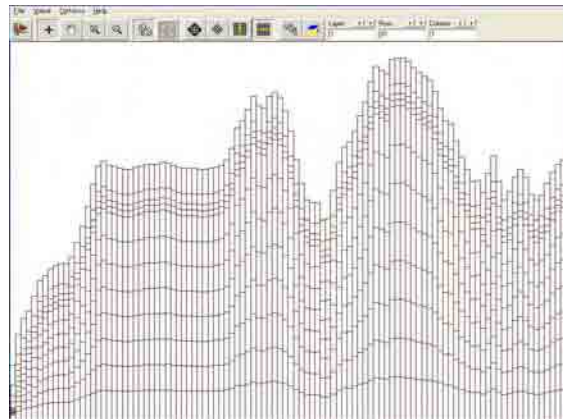
- No se puede bombear la cantidad de agua diseñada para los pozos, por lo que el plan de abastecimiento para satisfacer la demanda fallaría.
- El bombeo desde otros pozos adyacentes sería reducido o hasta se volvería imposible.
- El acuífero de bombeo se contaminaría con agua subterránea de mala calidad que fluye desde otros acuíferos.
- Aumentaría la amenaza de subsidencia con la presencia de una capa blanda, como una capa arcillosa.

Por lo tanto, el abatimiento debe ser examinado en detalle para establecer como ocurrirá y como será su recuperación durante y después del bombeo. Para examinar estos aspectos se utiliza un modelo de simulación de agua subterránea. Utilizando la función de “observación del abatimiento” en el software de simulación de agua subterránea MODFLOW, se instalaron tres pozos de observación virtuales para cada área del proyecto como se muestra en la Figura-3.3-43. La sección geológica representativa en el modelo se presenta en la Figura-3.3-44.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

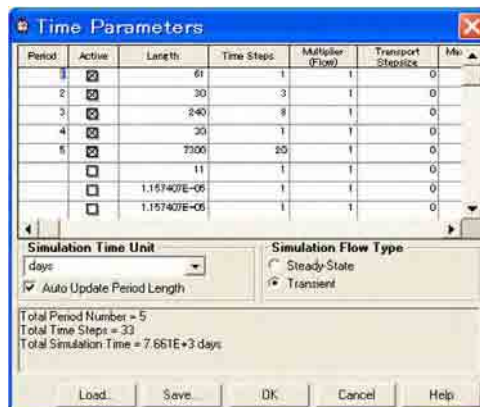
**Figura-3.3-43 Ubicación de los Pozos de Observación**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-44 Sección Geológica del Modelo**

El plan de implementación del proyecto se utilizó como entrada básica para la simulación. El tipo de flujo se estableció como transitorio y el periodo de cálculo se dividió en 5 periodos como se muestra en la Figura-3.3-45.



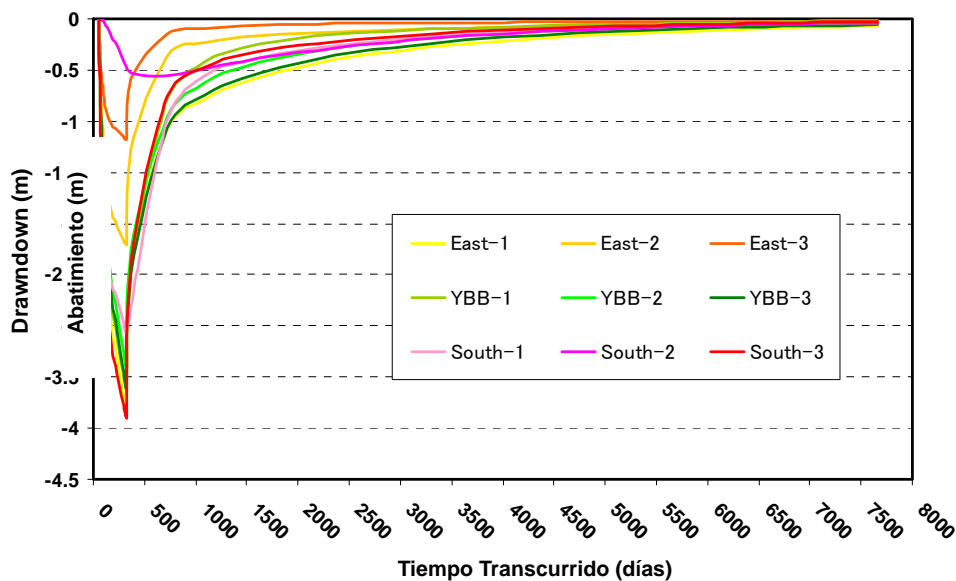
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-45 Tipo de Flujo y Especificaciones del Periodo en el Modelo de Simulación**

- Periodo 1: 61 días (2 meses) antes del bombeo
- Periodo 2: 30 días (1 mes) desde el comienzo del bombeo
- Periodo 3: 240 días (8 meses) para el resto del periodo de bombeo

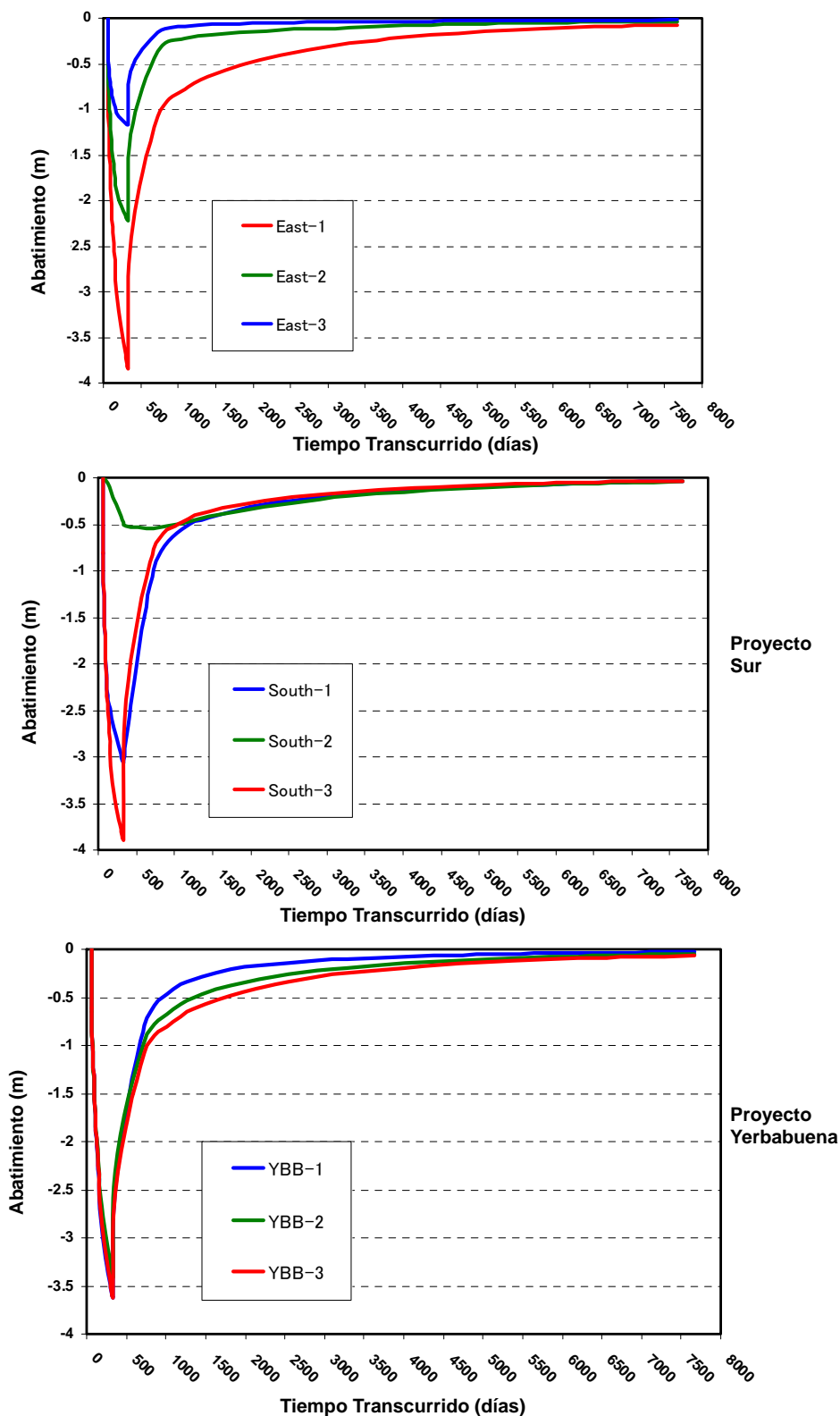
- Periodo 4: 30 días (1 mes) después de finalizar el bombeo.

La Figura-3.3-46 presenta los resultados de la simulación de todos los pozos de observación. La Figura-3.3-47 muestra el comportamiento del abatimiento del nivel freático en los tres pozos de observación para cada proyecto.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-46 Curvas de Cambio en el Nivel Freático de los Pozos Temporales de Observación**



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-47 Curvas de Cambio del Nivel Freático de los Pozos Temporales de Observación para Cada Proyecto**

Las siguientes características se presentan en la Figura-3.3-46 y en la Figura-3.3-47:



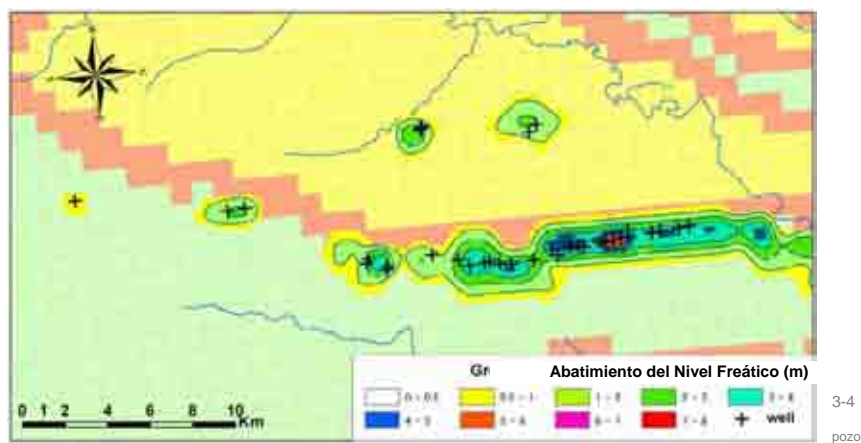
- En todas las áreas de los proyectos se presenta abatimiento del nivel freático. El abatimiento máximo en cada área del proyecto varía entre 3,5 y 4 m.
- No se identificó ninguna señal del abatimiento alcanzando el equilibrio durante el bombeo.
- El abatimiento en cada pozo de observación se recupera rápidamente después de finalizado el bombeo. El abatimiento en casi todos los pozos de observación se recupera prácticamente un metro en un año.

Como se mencionó anteriormente, pueden presentarse efectos adversos sobre el medio ambiente y sobre el uso del agua subterránea debido al abatimiento del nivel freático, cuando se excede el límite de bombeo. Se sabe que el efecto del abatimiento es diferente dependiendo del tipo de acuífero o estrato. En este plan no se espera un efecto adverso mayor como resultado de abatimiento causado por el bombeo, ya que todos los pozos en el proyecto se ubican en el acuífero Cretáceo, conocido como una capa de roca base. Alrededor del mundo no se ha reportado un caso de un efecto adverso tal, ocasionado por solo cuatro metros de abatimiento en roca base.

Un abatimiento de cuatro metros se considera seguro, ya que el acuífero Cretáceo es capa de roca base. Sin embargo, en los extremos del proyecto los pozos se extienden en el estrato Cuaternario, donde se identifican capas arcillosas dentro del estrato. Es probable que se presenten problemas de subsidencia en el estrato Cuaternario si el abatimiento del nivel freático es muy grande. Por lo tanto, se debe examinar el abatimiento, no solo en los pozos de observación del Cretáceo, pero también en otras áreas afectadas por el proyecto de abastecimiento de agua, para garantizar que no ocurrirá subsidencia del terreno como resultado del bombeo de los pozos.

La Figura-3.3-48 muestra la distribución del abatimiento del nivel freático en el momento de finalizar el bombeo. Las cuadrículas en la Figura indican las especificaciones de las cuadrículas del modelo de simulación. Los pozos del proyecto se ubican en el área de cuadrículas verde pálido, el estrato Cretáceo. Los pozos de los extremos están en cuadrículas de color café, que representa el estrato Terciario conocido como acuífugo. Las cuadrículas de color amarillo sobre el estrato Terciario representan el estrato Cuaternario.

En algunos lugares cercanos a los pozos de bombeo se presenta un abatimiento relativamente grande en el estrato Cretáceo. 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 capa de roca base, no puede causar problemas ambientales, como se mencionó anteriormente. Por lo tanto, el abatimiento en el estrato Cretáceo se considera dentro del rango admisible.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

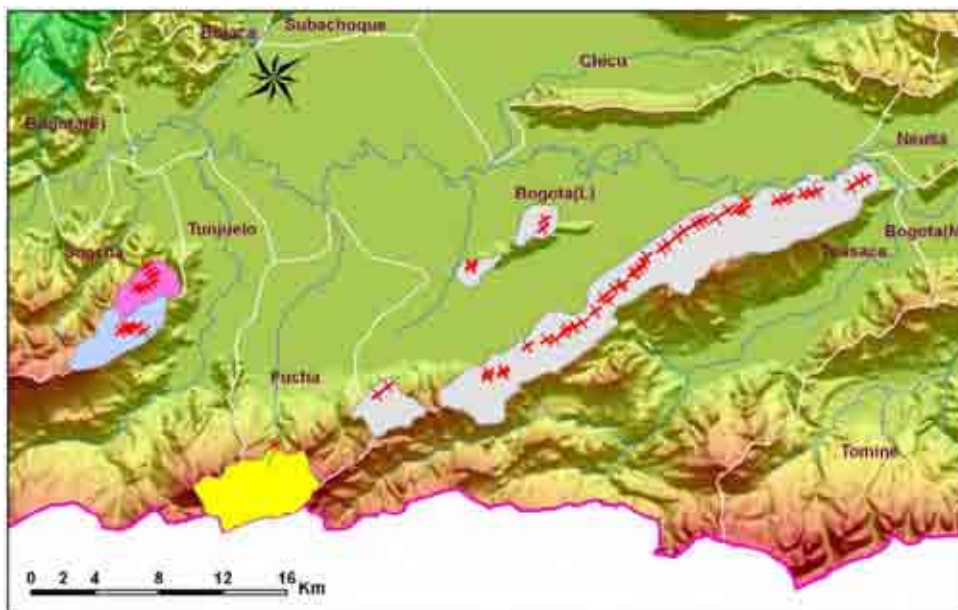
**Figura-3.3-48 Área Afectada por el Proyecto Oriental**

### (3). Balance entre Bombeo de Agua Subterránea y Recarga

El efecto del abatimiento del nivel freático sobre el medio ambiente no es lo único que se debe examinar, también se debe examinar el balance hídrico para el proyecto planeado. La cantidad de recarga subterránea depende de dos factores: el área de recarga y la tasa de recarga. Para este proyecto, todas las áreas montañosas cercanas a los pozos se pueden identificar fácilmente como áreas



de recarga, a medida que coinciden con las cuencas hidrográficas. Sin embargo, no es claro el límite para delinear el área de recarga. Se considera que las áreas donde el abatimiento es mayor a un metro, como se muestra en la Figura-3.3-48, se encuentran bajo la relativa influencia directa de los pozos de bombeo, y por lo tanto se pueden delinear como el área de recarga para la evaluación del balance de agua subterránea. El resultado de la identificación del área de recarga se presenta en la Figura-3.3-49.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-49 Resultado de la Identificación del Área de Recarga**

Como se muestra en la Figura-3.3-49, las áreas de recarga de los pozos del proyecto cubren cuatro cuencas tributarias del río Bogotá. El área de recarga y la cantidad de recarga anual en cada cuenca tributaria se resumen en la Tabla-3.3-15.

**Tabla-3.3-15 Cantidad de Recarga para los Pozos Propuestos**

Cuenca	Área (m <sup>2</sup> )	Tasa_R (mm/año)	Recarga Anual (m <sup>3</sup> )
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
<b>Total</b>	<b>157.401.634</b>	<b>--</b>	<b>20.065.331</b>

Nota: Tasa\_R es la tasa de recarga anual de agua subterránea obtenida del análisis hidrológico

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Con todos los pozos en operación, la tasa de producción diaria total planeada es de 115.600 m<sup>3</sup>/día. Por lo tanto, la cantidad total de agua subterránea extraída durante el bombeo planeado de nueve meses es de:

$$115.600 \times 275 = 31.790.000 \text{ (m}^3\text{)}$$

Si se compara la recarga subterránea anual con la cantidad total extraída, es claro que la recarga es menor que la extracción. La relación entre recarga y agua extraída es 63,1%. Este resultado corresponde a las curvas de abatimiento de las Figuras-3.3-46 y 3.3-47. Durante el periodo de bombeo de 9 meses, la cabecera hidráulica continuará bajando sin llegar al equilibrio

Sin embargo el objetivo de este proyecto es el abastecimiento de agua en caso de emergencia, con un periodo máximo de bombeo de nueve meses. El bombeo de agua subterránea se detendrá una vez superada la emergencia. El nivel freático se puede recuperar rápidamente como muestran las curvas

de abatimiento de los pozos de observación en la Figuras- 3.3-46 y 3.3-47.

La cantidad total de agua extraída en el proyecto puede recuperarse por recarga en dos años como se muestra en el siguiente cálculo:

$$1/63,1\% = 1,58 \text{ (años)}$$

Este análisis del balance hídrico lleva a la conclusión que como contramedida de abastecimiento de agua en emergencia, este proyecto debe implementarse con un intervalo de dos años o más.

Comúnmente se conoce en hidrología que un acuífero recibirá más recarga cuando el nivel freático se reduzca por el bombeo de un pozo, que en el caso de no presentarse abatimiento. Los siguientes fenómenos pueden ser resultado de este efecto:

- La recarga aumentará desde ríos u otros cuerpos de agua que presenten un cambio menor de cabecera hidráulica que el agua subterránea; ó disminuirá la escorrentía de agua subterránea a los cuerpos de agua superficial.
- Al abatimiento del nivel freático ocasionará en un aumento de la infiltración de agua lluvia al subsuelo.
- El abatimiento del nivel freático ocasionará una reducción de la evapotranspiración.

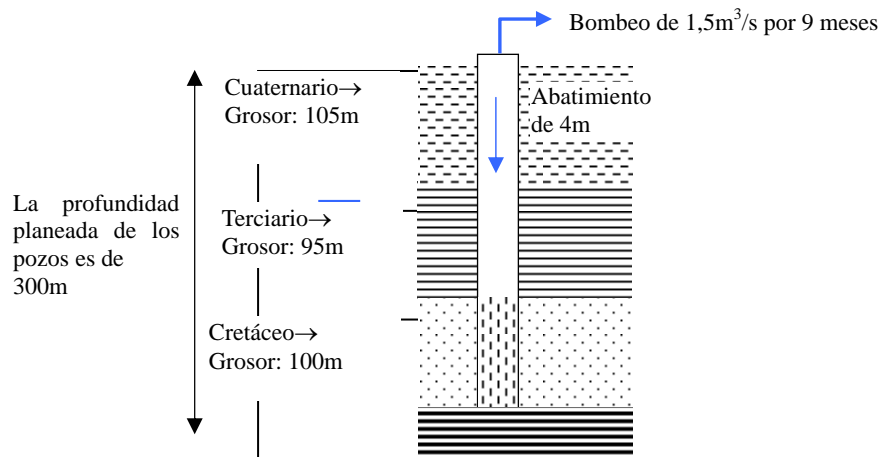
Todos estos efectos de aumento en la recarga subterránea se resumen en una recuperación más rápida del nivel freático.

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

### 3.6.1 Subsistencia del Terreno

La subsistencia del terreno ocurre en el suelo blando del Cuaternario cerca de la superficie. En el estudio del Plan Maestro (P/M) se propuso un modelo de subsistencia del terreno. El abatimiento del nivel freático como consecuencia del bombeo de los pozos se pronostico en el Estudio de Factibilidad (E/F). A partir de este resultado, se analizó la subsistencia del terreno mediante el siguiente procedimiento:

- El modelo de subsistencia del terreno del E/F fue el mismo que el propuesto en el estudio del P/M. Consiste de Cuaternario, Terciario y Cretáceo.
- El grosor de las capas en el modelo es el siguiente: Cuaternario 105 m., Terciario 95 m., Cretáceo 100 m. (ver Figura-3.3-50). Los parámetros mecánicos del suelo en el modelo son los mismos a los propuestos en el estudio del P/M.
- La subsistencia del terreno en el modelo se calculo con base en el abatimiento del nivel freático, el cual se calculó en la simulación de agua subterránea en el E/F. La subsistencia total del modelo se obtuvo sumando la subsistencia del Cuaternario, Terciario y Cretáceo.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

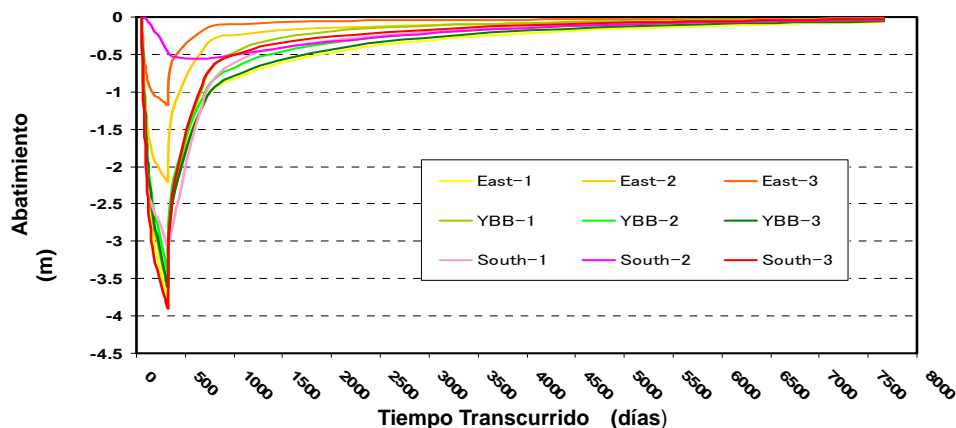
**Figura-3.3-50 Modelo de Subsistencia del Terreno**

Los siguientes ítems fueron tenidos en cuenta durante el cálculo de la subsidencia del terreno:

- La duración del bombeo es un poco menor a 9 meses. El bombeo causará un abatimiento del nivel freático que ocasionará la subsidencia del Cuaternario. Por lo tanto, el cálculo se debe realizar en dos pasos para obtener el valor exacto de subsidencia del Cuaternario, como se explica a continuación:
  - 1) Se calculó la subsidencia final en caso de un bombeo permanente de agua.
  - 2) El valor de subsidencia se modificó, considerando la recuperación del nivel freático una vez finalizado el bombeo.
- El abatimiento del nivel freático ocasionará compresión elástica en el Terciario y en el Cuaternario. Generalmente la deformación elástica se recupera después de remover la carga. Por lo tanto la subsidencia del terreno en el Terciario y Cuaternario se recuperará una vez terminado el bombeo. Finalmente solo quedará la subsidencia del Cuaternario que no es consecuencia de la deformación elástica, sino deformación consolidada.

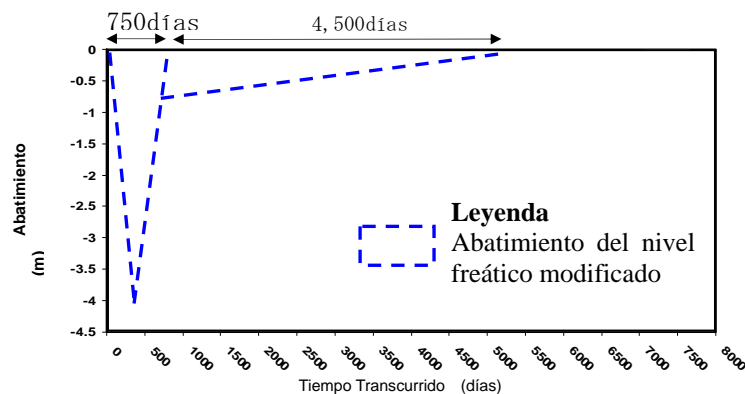
### (1) Abatimiento del Nivel Freático causado por el Bombeo

El abatimiento del nivel freático se analizó mediante una simulación de agua subterránea en el E/F como se presenta en la Figura-3.3-51. Este resultado se puede modificar como se muestra en la Figura-3.3-52. Adicionalmente este se puede simplificar más como se muestra en la Figura-3.3-53. El abatimiento simplificado se utilizó para el análisis.



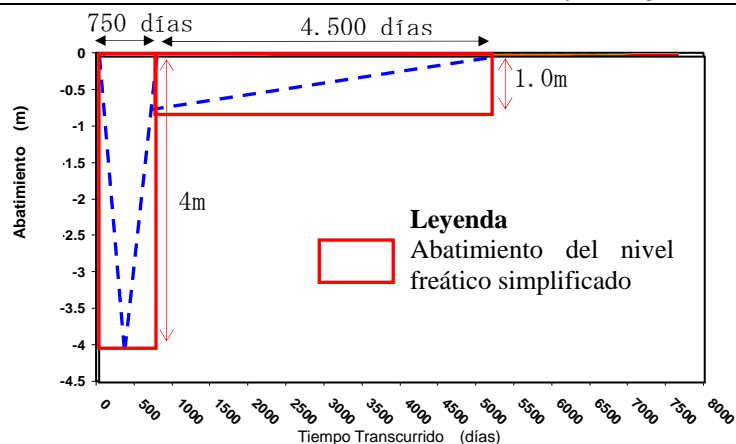
Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-51 Simulación del Abatimiento del Nivel Freático



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-52 Abatimiento del Nivel Freático Modificado



Fuente: Equipo de Estudio JICA

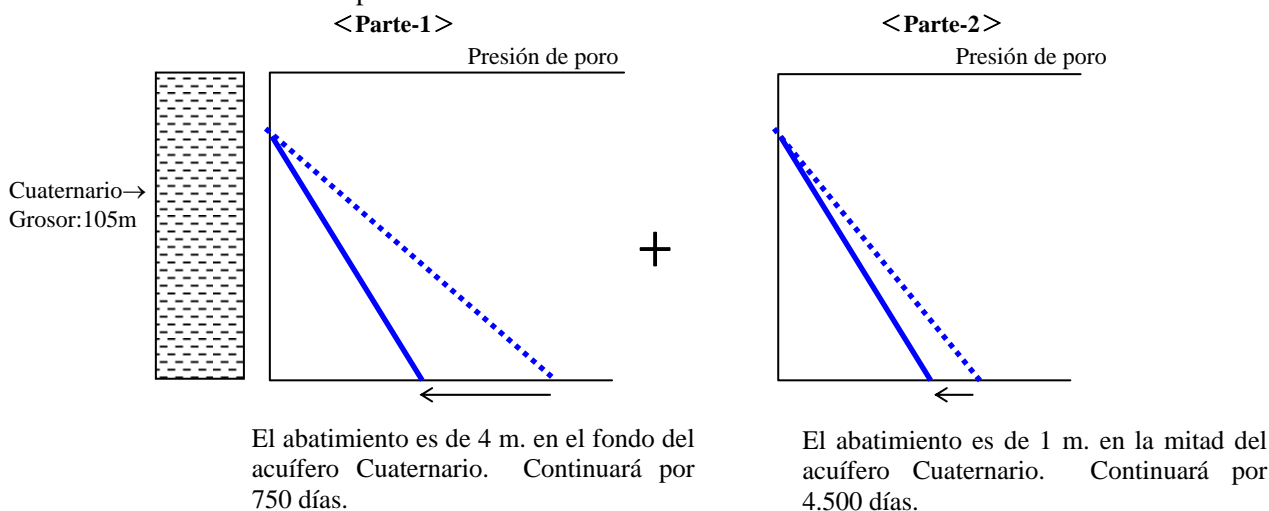
**Figura-3.3-53 Abatimiento del Nivel Freático Simplificado**

**(2) Subsistencia del Terreno en el Cuaternario**

De acuerdo a la Figura-3.3-54, el abatimiento del nivel freático en el Cuaternario se divide en 2 partes de la siguiente manera:

- ① Parte-1: Después de 750 días un abatimiento de 4 m en el fondo del Cuaternario.
- ② Parte-2: Después de 4.500 días un abatimiento de 1 m. en el fondo del Cuaternario.

Respectivamente, se calculo la subsistencia del terreno para la Parte-1 y Parte-2. La subsistencia total se obtuvo sumando las dos partes.



El abatimiento es de 4 m. en el fondo del acuífero Cuaternario. Continuará por 750 días.

El abatimiento es de 1 m. en la mitad del acuífero Cuaternario. Continuará por 4.500 días.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-54 Abatimiento del Nivel Freático en el Cuaternaria**

Los parámetros mecánicos del suelo en el modelo del Cuaternario son los mismos que los del estudio del P/M. El abatimiento calculado se introdujo en el modelo para calcular la subsistencia del terreno, como se muestra en la Tabla-3.3-16.

**Tabla-3.3-16 Subsistencia del Terreno en el Cuaternario**

Parte	Abatimiento del nivel Freático (m)	Subsistencia Final (m)	Subsistencia del Terreno Modificada			
			Duración del abatimiento (días)	Factor Tiempo (Tv)	Razón de Consolidación (U)	Subsistencia Modificada (m)
Parte-1	4,0	0,31	750	$1,88 \times 10^{-5}$	0,0049	0,0015
Parte-2	1,0	0,08	4.500	0,00011	0,0120	0,0037
Total						0,0052

Fuente: Equipo de Estudio JICA

La relación entre el Factor Tiempo (Tv) y la Razón de Consolidación (U) en la Tabla-3.3-16 se calcula de la siguiente aproximación: Esta relación es altamente efectiva cuando  $T_v < 0,3$

$$U = 2 * \sqrt{(T_v / \pi)}$$

### (3) Subsistencia del Terreno en Rocas Base

Las rocas del Terciario y del Cretáceo serían comprimidas por deformación elástica, debido al bombeo. Sin embargo, esta compresión se recupera a medida que el nivel freático vuelve a su normalidad. Por lo tanto, la subsidencia en el Terciario y en el Cretáceo llegará a su valor máximo al terminar el bombeo, después se reducirá con el tiempo.

**Tabla-3.3-17 Subsistencia del Terreno en el Terciario y Cretáceo**

Capa	Grosor (m)	Abatimiento del nivel freático (m)	mv (t/m <sup>2</sup> )	Subsistencia del terreno (m)
Terciario	95	4	0,000001	0,00038
Cretáceo	100	4	0,0000003	0,00012

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### (4) Subsistencia Total del Terreno

La subsidencia del terreno total se presenta en la Tabla-3.3-18.

**Tabla-3.3-18 Subsistencia Total del Terreno**

Geología	Grosor (m)	Abatimiento del nivel freático (m)	Subsistencia 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

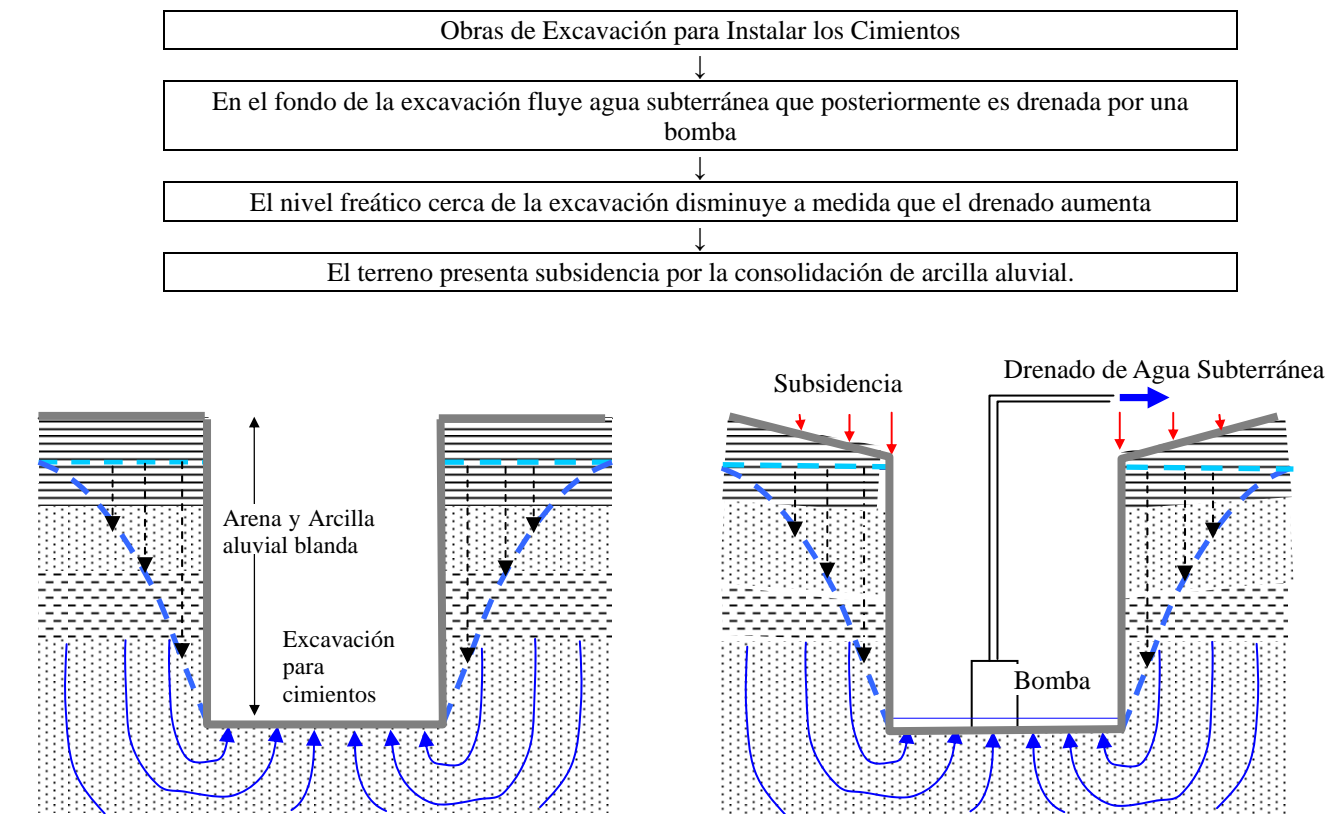
La subsidencia total del terreno debido al bombeo se estimo en 0,0057 m. (ver Tabla-3.3-18). La subsidencia del terreno en el Terciario y Cretáceo se recuperara con la recuperación del nivel freático, una vez terminado el bombeo. Incluso la subsidencia en el Cuaternario tendrá una recuperación parcial con la recuperación del nivel freático. Por lo tanto la subsidencia final del terreno es más pequeña que la presentada en la Tabla-3.3-18, y el impacto por subsidencia es despreciable.

### (5) Subsistencia del Terreno en Bogotá

Se ha establecido que actualmente el suelo en Bogotá presenta cierto grado de subsidencia. El mecanismo de subsidencia del terreno y su relación con los proyectos propuestos se describe a continuación.

#### a) Mecanismo de Subsistencia del Terreno

La subsidencia que se presenta actualmente en Bogotá esta estrechamente relacionada con obras de construcción. Grandes obras de excavación se implementan para la instalación de los cimientos de los edificios. En el fondo la excavación fluye agua subterránea que posteriormente es drenada por una bomba, provocando que el nivel freático cerca de la excavación disminuya. Como resultado el terreno presenta subsidencia. El mecanismo de subsidencia del terreno se presenta en la Figura-3.3-55.



(a) Después de la excavación (antes de la subsidencia)

(b) Drenado de agua subterránea y subsidencia

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### Figura-3.3-55 Flujo de Agua Subterránea en la Excavación y Subsidencia Resultante

Este tipo de subsidencia ocurre ceca de la superficie. El mecanismo de subsidencia es claro y su área de influencia se limita a los alrededores de la excavación.

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

La subsidencia como consecuencia de los trabajos de construcción se presenta actualmente en varios lugares de Bogotá. Las características de este tipo de subsidencia se describen a continuación.

- La subsidencia se limita a los alrededores de la excavación.
- La subsidencia es mayor cerca de la excavación y disminuye gradualmente a medida que aumenta la distancia. Este tipo de subsidencia se puede llamar “asentamiento diferencial” y tiene una influencia negativa sobre la tubería subterránea y los cimientos de otros edificios.
- La subsidencia es relativamente grande, aunque el abatimiento del nivel freático sea pequeño, por las propiedades mecánicas de la arcilla aluvial blanda cerca de la excavación. En algunos lugares de Bogotá es extremadamente blanda y se puede apreciar asentamientos de hasta 1 m.

En el proyecto propuesto se bombea agua desde el acuífero Cretáceo profundo. Se espera que el comportamiento del terreno con el bombeo sea el siguiente:

- El abatimiento del nivel freático como consecuencia del bombeo se presentará en la parte profunda de las rocas sólidas. Por lo tanto la escala del asentamiento será pequeña (menor a 1 cm.).
- El asentamiento local en la parte profunda de la roca estará distribuido igualmente en la superficie del suelo, por lo que no se puede identificar como asentamiento diferenciado. Por lo tanto no habrá ningún impacto en las tuberías subterráneas y cimientos de los edificios.

Se pronostica que la subsidencia del terreno como consecuencia de los proyectos propuestos será mucho menor que la subsidencia actual que se presenta en Bogotá.



### 3.7 Operación/Mantenimiento e Institución

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

Los trabajos de operación para el abastecimiento de Agua en caso de emergencia mediante agua subterránea son listados en la tabla de abajo. A medida que avanzan las obras de rehabilitación de las redes de conducción y distribución, el abastecimiento puntual de agua puede llevarse a cabo en áreas de redes rehabilitadas donde se encuentren hidrantes. Los trabajos de operación las redes de abastecimiento de agua son los mismos que los de abastecimiento de agua en condiciones normales. Para cambiar la red de abastecimiento puntual de agua, es necesario un periodo transicional, mientras se realiza la revisión del sistema de control.

**Tabla-3.3-19 Procedimiento para el Abastecimiento de Agua Subterránea en Caso de Emergencia**

Abastecimiento de Agua de Emergencia	Instalación	Proceso de Operación	Requerimientos de Personal
Abastecimiento puntual de agua	Bombas, Generador	- Desconectar del sistema de control remoto. - Encender el generador (si no hay electricidad disponible) <u>Inspección de la instalación (una vez/día)</u> 1) Revisar el generador (aspecto, vibración, frecuencia, temperatura, cambia en color / forma, holgura, presión, rotación, salida, tubos, instrumentos de medición). 2) Revisar la corriente eléctrica y el voltaje de las bombas 3) Revisar el nivel de agua dinámica por observación del metro. 4) Revisar la calidad del agua (turbiedad, arena, limpieza alrededor del pozo) por la observación e inspección de la calidad de agua.	- Un operador por pozo y un trabajador para abastecer los carrotanques o tanques en camiones (2 turnos/día)  - Contratos de distribución de agua por carrotanques o por camiones con tanques (vehículos y conductores)
	Instalación de Tratamiento	- Desconectar desde el sistema de control remoto. <u>Inspección de la Instalación (una vez/día)</u> 1) Revisar el almacenamiento de químicos, estructuras, válvulas y sistema de inyección. 2) Analizar la calidad del agua con las pruebas pertinentes	- Una persona por carrotanque o camión para revisar la distribución.
	Instalación de distribución	- Proveer agua al carro tanque - Revisar la calidad de agua con las pruebas realizadas	
	Sitio de Construcción	- Continuar los trabajos diarios para la seguridad y el mantenimiento del edificio y el lugar.	- Contrato de servicio de seguridad y mantenimiento
Operación Transicional	Instalación de Bombas y Transmisión	- Revisar el sistema de control remoto. - Conectar al sistema de control remoto. - Conectar la red de transmisión.	- Un operario por pozo bajo la supervisión de los ingenieros de la jefatura
Abastecimiento de agua en red	Bombas	<u>Inspección de instalación (una vez/mes)</u> 1) Revisar la operación de las bombas. En el caso de encontrar anomalías reparar la bomba. 2) revisar el nivel de agua dinámica y estática por a observación del metro, y recolectar datos del nivel de agua automático para el análisis. 3) Analizar la cualidad del agua con el laboratorio y el muestreo pertinente. 4) Revisar los registros de nivel de agua automáticos.	- Un equipo conformado por un técnico líder y un asistente, para aproximadamente 30 pozos. - Contratar el servicio para la inspección regular de la instalación y el monitoreo del pozo.
Abastecimiento de agua en red	Instalación de Tratamiento	<u>Inspección de la Instalación (una vez/mes)</u> 1) Revisar el almacenaje de productos químicos, estructuras, válvulas, y sistema de inyección. 2) Analizar la calidad del agua en el laboratorio y con el revisor de calidad.	
	Instalación de Transporte y Transmisión	<u>Inspección de la Instalación (una vez/mes)</u> 1) Revisar la tubería (aspecto, grietas en la superficie del camino, otros trabajos de construcción cerca de la tubería). 2) Revise la operación de la bomba. En el caso de alguna anomalía, reparar las bombas.	
	Sitio de construcción	- Seguir las rutinas diarias de seguridad y mantenimiento del edificio y el lugar.	- Contratar el servicio de seguridad y mantenimiento.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA.

#### (2) Personal para el Abastecimiento de Agua Subterránea en Caso de Emergencia

Es recomendable contar con el personal existente de Acueducto para el abastecimiento de agua de

emergencia, en lugar de emplear personal adicional exclusivamente para esa labor. Con la experiencia de la emergencia de Chingaza, el Acueducto ha preparado contratos con compañías propietarias de carrotaques o vehículos similares, que proveerán estos vehículos junto con sus conductores en caso de emergencia.

No obstante, se recomienda al Acueducto emplear un técnico líder y un asistente, para operar alrededor de 30 pozos de abastecimiento de emergencia por agua subterránea, así como implementar monitoreos periódicos de agua subterránea en tiempos ordinarios.

**Tabla-3.3-20 Personal para el Abastecimiento de Agua de Emergencia por Agua Subterránea**

Tipo de Abastecimiento de Agua de Emergencia	Personal
<p><b>Abastecimiento Puntual de Agua</b></p>	<p><u>Bombeo, Tratamiento y Abastecimiento a los Carrotaques</u>                      * Un técnico y un operador por pozo son necesarios para las operaciones de bombeo, tratamiento y abastecimiento de agua a los carrotaques.                      * El número total de personas requeridas dependerá del número de pozos a ser usados para el abastecimiento puntual de agua ó de las condiciones de las instalaciones de conducción y distribución disponibles.                      * Se deben despachar técnicos de la Direcciones de Abastecimiento y Red Matriz de la Gerencia Corporativa de Sistema Maestro. Igualmente la Gerencia de Zona y la Dirección de Soporte Técnico de la Gerencia Corporativa de Servicio al Cliente deben hacer presencia.</p> <p><u>Distribución</u>                      * Contratos con compañías que tienen carrotaques 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.</p> <p><u>Mantenimiento de Sitios de Construcción</u>                      * Se recomiendan contratos de servicio para seguridad y mantenimiento.</p>
<p><b>Abastecimiento de Agua en Red</b></p>	<p><u>Bombeo, Aducción, Tratamiento y Conducción</u>                      * El abastecimiento de agua en red será implementado con un sistema de control automático                      * Un técnico líder y un técnico asistente serán empleados por el Acueducto para manejar la operación de abastecimiento de agua subterránea en red de cerca de 30 pozos. Este personal también estará a cargo de revisar las condiciones de las instalaciones y los equipos al igual que el monitoreo periódico del recurso hídrico subterráneo en tiempo regular.                      * Se recomienda subcontratar contratos de servicio para la inspección regular de las instalaciones y el monitoreo de los pozos.</p> <p><u>Mantenimiento de Sitios de Construcción</u>                      * Se recomienda contratos de servicio para seguridad y mantenimiento.</p>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA.

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

Para responder de manera eficiente y rápida a las emergencias son necesarias incluir las acciones mostradas en la Tabla 3.3-19, se recomienda fortalecer el Comité de Prevención y Atención de Emergencias de acuerdo a la Figura 3.3-56. 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.

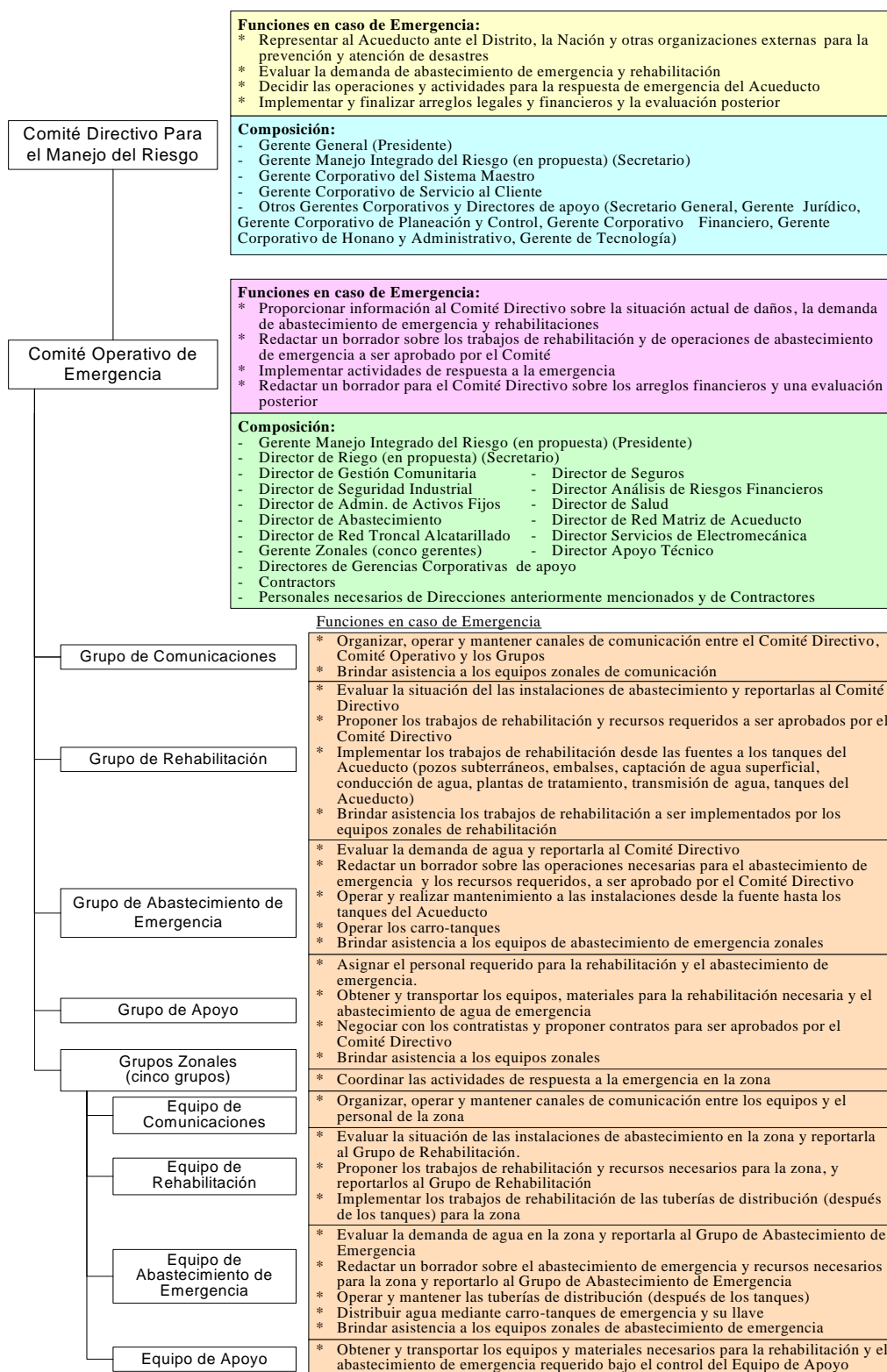
**(4) Organización de la Dirección para el manejo Riesgos Integrados**

La dirección será responsable de toda la coordinación, se sugiere que el personal de planta este conformado por algunos de los siguientes cargos. La cabeza de la dirección podrá asumir el cargo 2) o 3) al mismo tiempo.

- 1) Gerente
- 2) Un(a) ingeniero(a) con conocimiento total del sistema de Acueducto

- 3) Una persona con conocimiento general en sociedad, economía, urbanismo y uso de tierra, y comunidades
- 4) Una persona especializada en comunicación e información
- 5) Un(a) Secretario(a) / asistente administrativo (a)

Todo el personal tendrá que ser entrenado, antes o poco después de su asignación, sobre leyes y regulaciones de prevención de emergencias y atención, políticas y planes del Acueducto, la Dirección de Prevención y Atención de Desastres (DPAE), otras organizaciones relacionadas y sus funciones en respuestas de emergencia, psicología y comportamiento de la gente en casos de emergencia, etc.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-56 Organización y Funciones del Comité para la Prevención de Desastres y Atención de Emergencias**

**(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-3.3-21. 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.

Excepto durante el período del abastecimiento de agua puntual, las bombas, las válvulas y las instalaciones de tratamiento pueden ser controladas por el sistema de control remoto. No es necesario contratar personal solamente para el transporte y la distribución del agua subterránea. Se recomienda que los trabajos diarios de la revisión de las instalaciones y los equipos así como los monitoreos periódicos de agua subterránea sean contratados. También se recomienda que la planificación y la realización de desarrollo y conservación de proyectos de agua subterránea sea realizada en tiempos ordinarios y se ejecuten utilizando recursos externos, como consultores y contratistas. Por lo tanto, el personal mínimo de trabajo es propuesto en la tabla siguiente:

**Tabla-3.3-21 Organización para el Manejo del Abastecimiento de Agua por Medio de Agua Subterránea**

Personal	Tareas
<b>Jefe de Unidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Manejar los proyectos de desarrollo de agua subterránea bajo la supervisión del Director de Abastecimiento.</li> <li>* Manejar el abastecimiento de agua subterránea en coordinación con la División de Centro de Control de la Dirección Red Matriz Acueducto.</li> <li>* Analizar los datos del monitoreo de los pozos, reportarlos a la CAR y la SDA, y tomar las medidas necesarias de acuerdo a los resultados del análisis.</li> </ul>
<b>Equipos de técnicos (un equipo compuesto con un técnico líder y un asistente, será responsable de alrededor de 30 pozos)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Inspeccionar las instalaciones supervisando el servicio que prestan los contratistas.</li> <li>* Tomar las medidas necesarias cuando se encuentren desordenes en las instalaciones bajo la supervisión del Jefe.</li> <li>* Conducir un monitoreo apropiado de los pozos (nivel y calidad del agua) supervisando a los contratistas que prestan el servicio.</li> <li>* Presentar los datos del monitoreo al Jefe.</li> <li>* Otros trabajos requeridos por el Jefe.</li> </ul>
<b>Asistente Administrativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Apoyo Administrativo</li> </ul>

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### 3.8 Lecciones del Desastre Sísmico en Kobe

La ciudad de Kobe en Japón es conocida por el desastre sísmico que allí ocurrió. Las instalaciones de abastecimiento de agua de la Ciudad se vieron seriamente afectadas por el terremoto. Las instalaciones de abastecimiento de emergencia contra el desastre dieron una gran lección para la formulación del plan de abastecimiento de agua en caso de emergencia para Bogotá.

#### (1) Perfil del Desastre Sísmico de Kobe

El terremoto de Kobe ocurrió el 17 de Enero de 1995 a las 5:46. El perfil del desastre es el siguiente:

- La magnitud del terremoto fue de 7,3 en la escala de Richter, con un epicentro a una profundidad de 16 km. Fue un terremoto local fuerte, con una aceleración máxima de 818 Gal.
- 6.437 personas murieron, 10.683 personas resultaron seriamente heridas y 33.109 levemente heridas.
- En cuanto al daño a viviendas, 105.000 colapsaron totalmente y 144.000 sufrieron una destrucción parcial.

La ciudad de Kobe se ubica sobre la línea costera, donde un área urbana densamente poblada se extiende sobre una planicie, en frente de unas montañas empinadas. Por otro lado Bogotá se ubica en una cuenca montañosa, donde se extiende un área urbana densamente poblada. Existe cierta semejanza entre Bogotá y Kobe en cuanto al uso del terreno y las montañas limitando la extensión del área urbana.

#### (2) Daño a las Instalaciones de Abastecimiento de Agua

El daño a las instalaciones de abastecimiento de agua fue el siguiente:

- Suspensión del abastecimiento de agua a cerca de 1.230.000 viviendas. Daño total al sistema de abastecimiento estimado en 56.000 millones de yenes.

- La red de tuberías sufrió daños en 1.757 puntos y la tasa de daño por kilómetro fue de 0,44 puntos/kilómetro.

### (3) Abastecimiento de Agua de Emergencia

#### Obstáculos en el Abastecimiento de Agua de Emergencia

Inmediatamente después del terremoto se presentaron varios incendios a lo largo de la ciudad de Kobe. La mayoría de hidrantes no se pudieron utilizar por el daño ocasionado. La actividad de los bomberos se hizo más difícil dada esta circunstancia, por lo tanto se utilizaron carrotanques. Las causas de la demora en la rehabilitación de las instalaciones y del abastecimiento de agua fueron las siguientes:

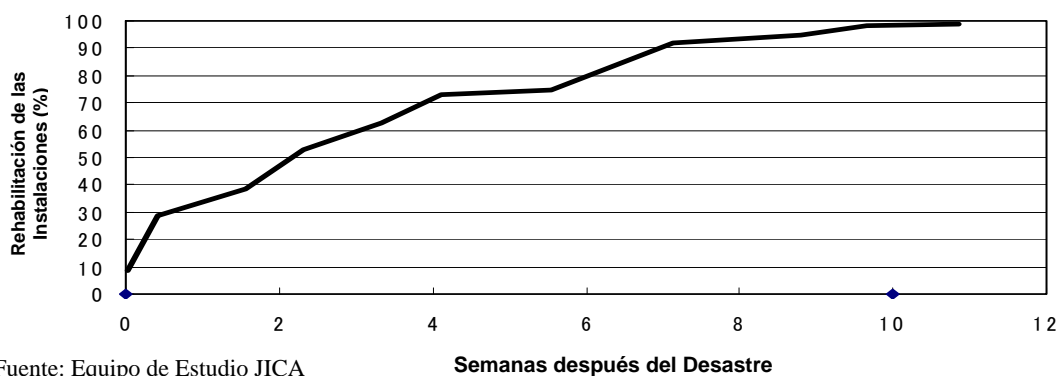
- Las vías estaban destruidas y las casas que colapsaron invadieron las vías, lo que causó una gran congestión del tráfico. Las congestiones afectaron a los carrotanques, al igual que los vehículos de rehabilitación quienes no podían llegar a los sitios afectados.
- La identificación de los puntos de fuga en las tuberías tomo mucho tiempo. Había tantos puntos dañados en la red de tuberías que la presión de agua en las fugas era muy pequeña para ser detectada.

#### Progreso del Abastecimiento de Agua de Emergencia

El abastecimiento de agua de emergencia comenzó inmediatamente después del desastre mediante carrotanques. El progreso del abastecimiento de agua en el tiempo fue el siguiente:

- Medio día después del desastre, el abastecimiento de agua fue prioritario para los refugios.
- Kobe contaba con alrededor de 50 carrotanques. Las ciudades cercanas y las Fuerzas de Autodefensa de Japón ayudaron con el abastecimiento desde el día siguiente. Los carrotanques se abastecían desde tanques de almacenamiento, donde el agua estaba asegurada mediante la función de la válvula de corte urgente.
- Con la restauración de la tubería e instalando tapas temporales a los hidrantes se restauo el abastecimiento de agua en red.
- El número de rondas de los carrotanques aumento a entre 300 y 400 rondas/día, con un máximo de 432 rondas/día 7 días después del terremoto. El abastecimiento de agua se recuperó casi en su totalidad un mes y medio después del terremoto. El número de carrotanques disminuyó considerablemente desde ese momento. Finalmente, 2 meses después, cuando se restableció el abastecimiento de agua por completo, la actividad de los carrotanques finalizó (ver Figura-3.3-57 y 3.3-58).
- Las vías se interrumpieron causando congestión en el tráfico y la movilidad de los carrotanques se vio afectada por el colapso de una vivienda sobre la vía. Por lo tanto se presento una demora en los viajes a las diferentes áreas destino.

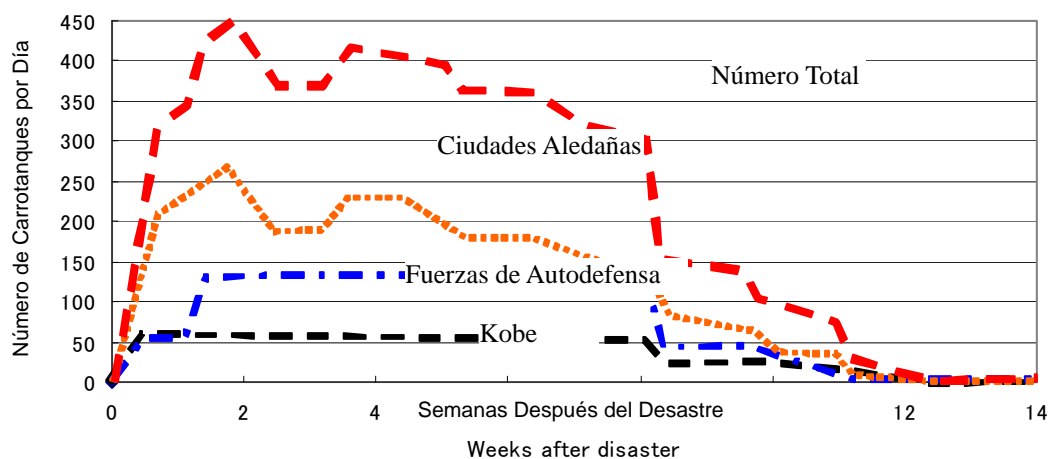
Por lo tanto, el problema de los carrotanques fue llevar el agua rápidamente al lugar de destino.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-57 Rehabilitación del Sistema de Abastecimiento de Agua**





Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-58 Número de Carrotaques

### (6) Agua Garantizada por Persona

Durante una emergencia es difícil garantizar agua para la gente. No es descabellado decir que la mayor actividad de la gente durante la emergencia de Kobe fue conseguir agua. Las fuentes de agua de emergencia para la gente son las siguientes:

- Agua de los carrotaques
- Agua embotellada de venta en las tiendas
- Pozos, fugas de la tubería y agua de los ríos
- Agua de tanques en los refugios
- Agua de las bañeras en casa

El agua potable requiere una alta calidad, por lo que se limita al agua de los carrotaques y del agua embotellada. El agua embotellada fue la fuente principal inmediatamente después del terremoto, con la restauración del sistema de abastecimiento, los carrotaques ocuparon este lugar. El hecho de cómo llevar el agua fue un serio problema. El agua fue llevada desde la fuente a los hogares a pie. La cantidad de agua y la distancia posible para traer el agua a pie fue limitada.

### (7) Consumo Unitario de Agua en Emergencia

El consumo unitario de agua caso de emergencia, distribuida por los carrotaques fue siguiente manera:

Tabla-3.3-22 Consumo Unitario de Agua en Emergencia

Periodo	Consumo Unitario (l/persona/día)		
	Carrotaques	Otras Fuentes <sup>nota)</sup>	Total
2 semanas después del desastre	9,0	9,0	18
2 a 6 semanas	9,3	9,3	18,6

Nota) El consumo de agua de otras fuentes se asume igual a la cantidad de los carrotaques

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### (8) Lecciones del Terremoto de Kobe

El ejemplo del abastecimiento de agua de emergencia durante el terremoto de Kobe brinda varias sugerencias al momento de formular el plan de abastecimiento de agua de emergencia para Bogotá, como se muestra a continuación:

#### a) Sismo resistencia de las Instalaciones

Las tuberías e instalaciones principales deberían ser reforzadas para una mayor sismo resistencia.

La válvula de corte de emergencia, la cual funciona automáticamente detectando una fuerte vibración causada por un terremoto, es eficiente y debería ser instalada en los tanques existentes. Esta válvula

puede asegurar el agua en los tanques en caso de emergencia, para su posterior distribución.

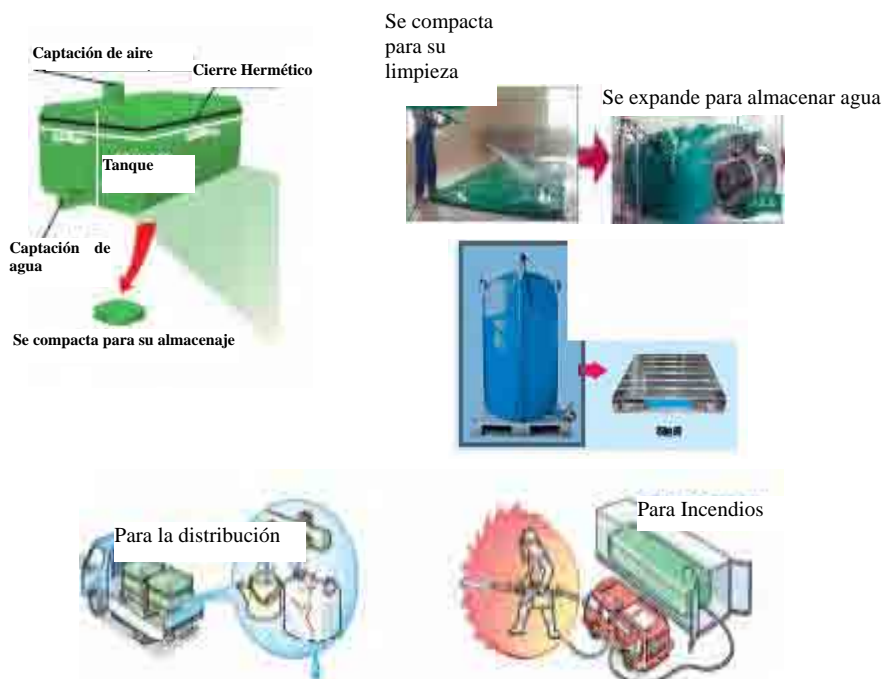
### b) Carrotanques

Los carrotanques son el actor principal en el abastecimiento de agua de emergencia, como se comprobó en el terremoto de Kobe. Es deseable preparar y acumular carrotanques en caso de emergencia. Sin embargo, no es práctico comprar un gran número de carrotanques costosos para un desastre, ya que es imposible predecir cuando el desastre ocurrirá. Por lo tanto, se recomienda preparar tanques plásticos que puedan ser acomodados en pequeños camiones y camionetas pick-up (ver Figura-3.3-59). La capacidad estándar de estos tanques debe estar entre 1 y 2 ton, la cual se puede conseguir fácilmente en Bogotá. El Acueducto cuenta con vehículos para llevar los tanques. Estos vehículos pequeños presentan ciertas ventajas en cuanto a la movilidad.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-59 Camión Adaptado con Tanque de Agua



Fuente: Página de Internet ASANO Ltd.Co

Figura-3.3- 60 Tanque Plástico Liger para Camiones

### c) Preparación de Agua de Emergencia

La distribución de agua mediante carrotanques es difícil si se tiene en cuenta la congestión del tráfico. La distribución de agua a pie también tiene la limitación del peso y la distancia. Por lo tanto, el agua debería ser almacenada en refugios de antemano. El agua almacenada será una fuente importante

antes de la rehabilitación del sistema de abastecimiento. En el caso del desastre de Kobe, la mayoría del agua se utilizó para los sanitarios. Para este propósito, debería prepararse para la emergencia el agua de las piscinas y diferentes estanques.

#### d) Relación con los Municipios Cercanos para el Abastecimiento de Agua de Emergencia

La ayuda para el abastecimiento de agua de emergencia de Kobe llegó desde los municipios cercanos y de las Fuerzas de Autodefensa de Japón. En el momento del desastre la ciudad de Kobe tenía 50 carrotanques, a los que se les sumaron los de los municipios cercanos y los de las Fuerzas de Autodefensa de Japón hasta llegar a un máximo de 370 carrotanques/día. Por lo tanto es importante llevar una buena relación para la cooperación y asistencia en el abastecimiento de agua de emergencia con los municipios cercanos y las organizaciones relacionadas.

#### e) Fuentes Alternativas de Agua

En este Estudio se proponen pozos de emergencia para el abastecimiento de agua. Los pozos privados que existen en Bogotá deberían usarse para el abastecimiento público de agua en caso de emergencia. La SDA tiene registrados todos los pozos dentro de Bogotá, y estaría en capacidad de hacer un listado de los pozos que se pueden usar en caso de emergencia para asegurar la cooperación de los propietarios permitiendo su uso.

#### f) Comunicación de Emergencia

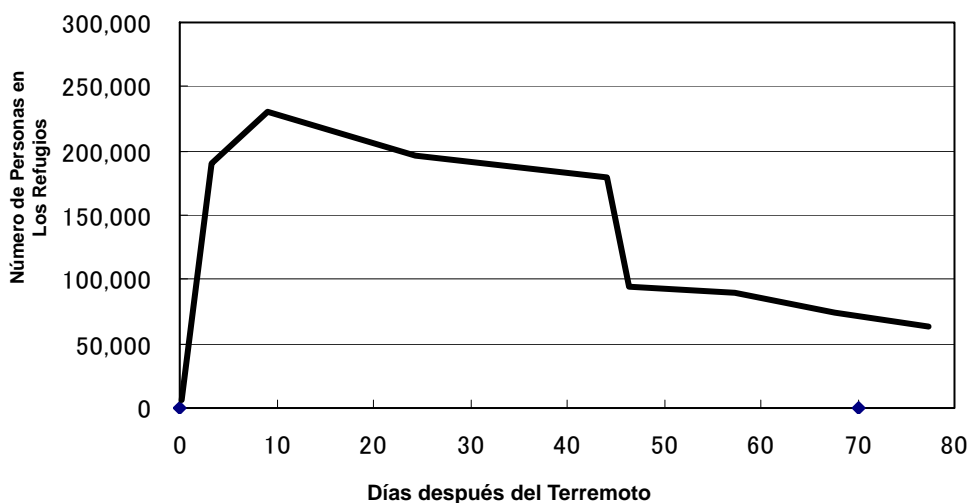
En el terremoto de Kobe, se le dio a la gente la información de los horarios y rutas de los carrotanques de antemano. Sin embargo esta información en algunos casos presentó retrasos o no fue suministrada a la gente, causando confusión. Tal información es indispensable para la tranquilidad de la población y la vida durante el desastre. Se debería crear un método para asegurar una comunicación rápida y estable.

### (9) Sanitarios en los Refugios

Mucha gente tubo que permanecer en los refugios durante el terremoto. Un serio problema en estos lugares fue el uso del sanitario.

#### Evacuados

El número de personas evacuadas a los refugios fue de 235.000, ocho días después del terremoto. El número de personas evacuadas a mediada que pasaron las semanas se presenta en la Figura-3.3-61. Los refugios oficialmente registrados no fueron suficientes, por lo que se adecuaron: a) colegios públicos y privados, b) universidades públicas y privadas, c) templos, d) santuarios, e) compañías, f) fábricas etc. Algunas personas se quedaron en parques públicos en carpas, otros dentro de carros parqueados enfrente de sus casas.



Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-61 Número de Personas en Refugios**

### **Número de Refugios**

364 instalaciones fueron registradas como refugios oficiales de las cuales 318 eran escuelas e instalaciones públicas y las otras 46 eran colegios privados. Adicionalmente había 250 refugios que no estaban registrados oficialmente. La mayoría de los refugios estaban colmados con las personas evacuadas por el desastre. El número de refugios, inmediatamente después del terremoto, fue de 500. Aunque el número de personas evacuadas se redujo con la rehabilitación de la infraestructura, el número de refugios no se redujo mucho: de 500 a 400 refugios. Algunas personas se quedaron por un largo periodo de tiempo en los refugios oficiales como colegios.

### **Sanitarios en los Refugios**

En los refugios se instalaron sanitarios temporales. El número de sanitarios 4 días después del terremoto fue de 524 sets y llegó a un máximo de 3.000 sets dos semanas después. Tasa de distribución de los sanitarios temporales fue de 1 sanitario para 80 personas. El sanitario temporal no era del tipo de tirar la cadena, de manera que camiones sépticos tipo Vactor visitaban los refugios en las noches, para la recolección. El uso de los sanitarios temporales fue un gran problema para las personas.

El Acueducto debe preparar y acumular sanitarios temporales para los refugios. Los sanitarios temporales deben ser llevados a los refugios rápidamente en caso de emergencia. El sanitario no puede ser del tipo de tirar la cadena, por lo tanto los camiones sépticos tipo Vactor deben pasar todas las noches.

## **3.9 Consideraciones Sociales y Ambientales**

### **3.9.1 Introducción**

Con base en los resultados de las discusiones con el Acueducto sobre los proyectos, se acordó dar prioridad a los proyectos de abastecimiento de emergencia propuestos en el Plan Maestro. Durante el Plan Maestro se realizó la Evaluación Ambiental Inicial (EAI) con base en la pautas JICA de consideración social y ambiental.

En este E/F se volvió a analizar la EAI evaluando los resultados y considerando: i) impacto social y ambiental causado por cada uno de los proyectos prioritarios, y ii) los requerimientos ambientales del gobierno Colombiano. Adicionalmente se recomendaron medidas de mitigación contra los impactos negativos que pueda causar la implementación de cualquiera de los proyectos.

**Tabla-3.3-23 Proyectos Prioritarios Propuestos en el Plan Maestro**

<b>Prioridad</b>	<b>Nombre del Proyecto</b>
Proyecto Piloto	Proyecto Piloto de Agua Subterránea
Proyecto Primer Periodo	Proyecto Cerros Orientales
Proyecto Segundo Periodo	Proyecto Cerros Sur
Proyecto Tercer Periodo	Proyecto Yerbabuena

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### **3.9.2 Condiciones Ambientales y Sociales Dentro y Alrededor de los Lugares del Proyecto**

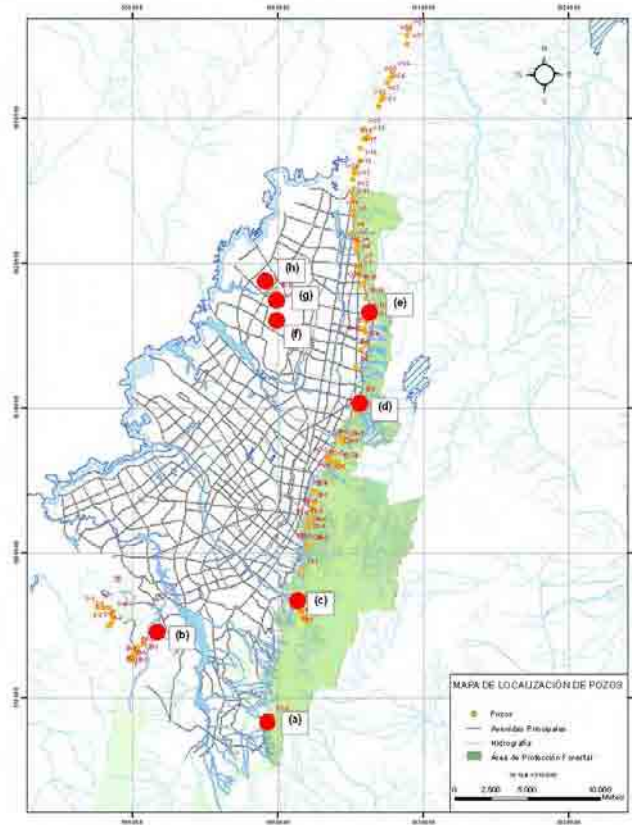
Las condiciones sociales y ambientales dentro y alrededor del lugar de cada proyecto se muestran en la Tabla-3.3-24. Los mapas de cada proyecto se encuentran en la Figura-3.3-62 y 3.3-63. Las condiciones detalladas de todos los lugares de los proyectos, en cuanto a la construcción de pozos y consideraciones ambientales y sociales se encuentran en el Informe Soporte.

**Tabla-3.3-24 Condiciones Ambientales y Sociales Dentro y Alrededor de los Lugares del Proyecto**

Nombre del Proyecto	Lugar del Proyecto	Condiciones Sociales	Condiciones Ambientales	Polución
<b>Proyecto Piloto</b>	Proyecto Piloto de Agua Subterránea	Entre los 9 lugares del proyecto: en 6 existen pozos, en uno JICA esta perforando un pozo y en dos próximamente se perforarán pozos. Los dos lugares con pozos perforados son propiedad privada perteneciente a un restaurante y un colegio. Los 7 lugares restantes pertenecen al Acueducto y no se encuentran dentro del área de protección forestal, excepto Vitelma. El tráfico vehicular es común. Se cuenta con suficiente espacio para los trabajos de perforación y no habrá mayor efecto sobre los residentes cercanos al lugar.	Entre los 9 lugares del proyecto, 6 se ubican dentro del área urbana donde no hay vida silvestre. En Ciudad Bolívar hay un pozo perforado por JICA, en un potrero donde no hay vida silvestre. Igualmente, en Usme JICA perforó un pozo, tampoco se presenta vida silvestre en este lugar. Vitelma es propiedad del Acueducto. Allí se requieren trabajos de deforestación (bosque secundario) y de adecuación del terreno. No se requiere ningún tipo de reasentamiento. Vitelma se ubica dentro del área de protección forestal.	Ninguna
<b>Proyecto Primer Periodo</b>	Cerros Orientales	Los lugares para el proyecto se ubican en el pie de monte de los Cerros Orientales, cerca de las vías del área urbana. El área Sur de los Cerros Orientales se encuentra densamente poblada por viviendas de bajos recursos cerca del área de los cerros, mientras que la parte norte se encuentra urbanizada y se convierte en zona residencial y comercial de estratos altos. Ésta área tiende a desarrollarse como área comercial. Se seleccionaron terrenos vacantes para los lugares del proyecto. No es necesario reasentamiento y los terrenos son privados.	Los lugares del proyecto se ubican dentro del área urbana, donde no existe vida silvestre y por lo tanto no hay especies amenazadas. En los Cerros Orientales no hay ríos de gran caudal. Los habitantes toman agua para su consumo de pequeñas quebradas. En el área de protección forestal, se establece un fuerte control administrativo para la construcción de nuevas instalaciones. No se permite deforestación.	Ninguna
<b>Proyecto Segundo Periodo</b>	Cerros Sur	El área urbana de los Cerros Sur consiste en su mayoría de viviendas de bajos ingresos y comercio. El Acueducto abastece de agua a Soacha, donde se presentan barrios no legalizados. La seguridad pública es mala. El lugar del proyecto se ubica en un potrero, el cual se encuentra a una altura mayor que el área urbana. El lugar del proyecto pertenece a una sola persona.	Los Cerros Sur presentan pendientes moderadas con elevaciones entre 2.700 ~ 3.000 m. La geología dominante son rocas Cretáceas. El área urbana se encuentra densamente poblada sin bosques naturales. El lugar del proyecto se ubica en un potrero. No se presenta vida silvestre en el área y no se requiere de ningún reasentamiento.	Ninguna
<b>Proyecto Tercer Periodo</b>	Yerbabuena	El lugar del proyecto se ubica en pastizales a las afueras de Bogotá, donde se presentan cultivos de flores y algunas viviendas. Los lugares se ubican cerca de la carrera 7 <sup>ma</sup> , lo que facilita su acceso. Los lugares para el proyecto se ubican en Sopo y Chía. Estos lugares tienen una demanda alta en caso de emergencia y no se encuentran dentro del área de abastecimiento directo del Acueducto. La CAR otorga los permisos de perforación en el área.	Originalmente la sabana de Bogotá estaba compuesta por humedales y pantanos. Sin embargo, los lugares del proyecto no incluyen lagos o humedales. Los lugares del proyecto no se encuentran dentro del área de protección forestal, por el contrario se ubican en pastizales donde no se presentan bosques nativos.	Ninguna

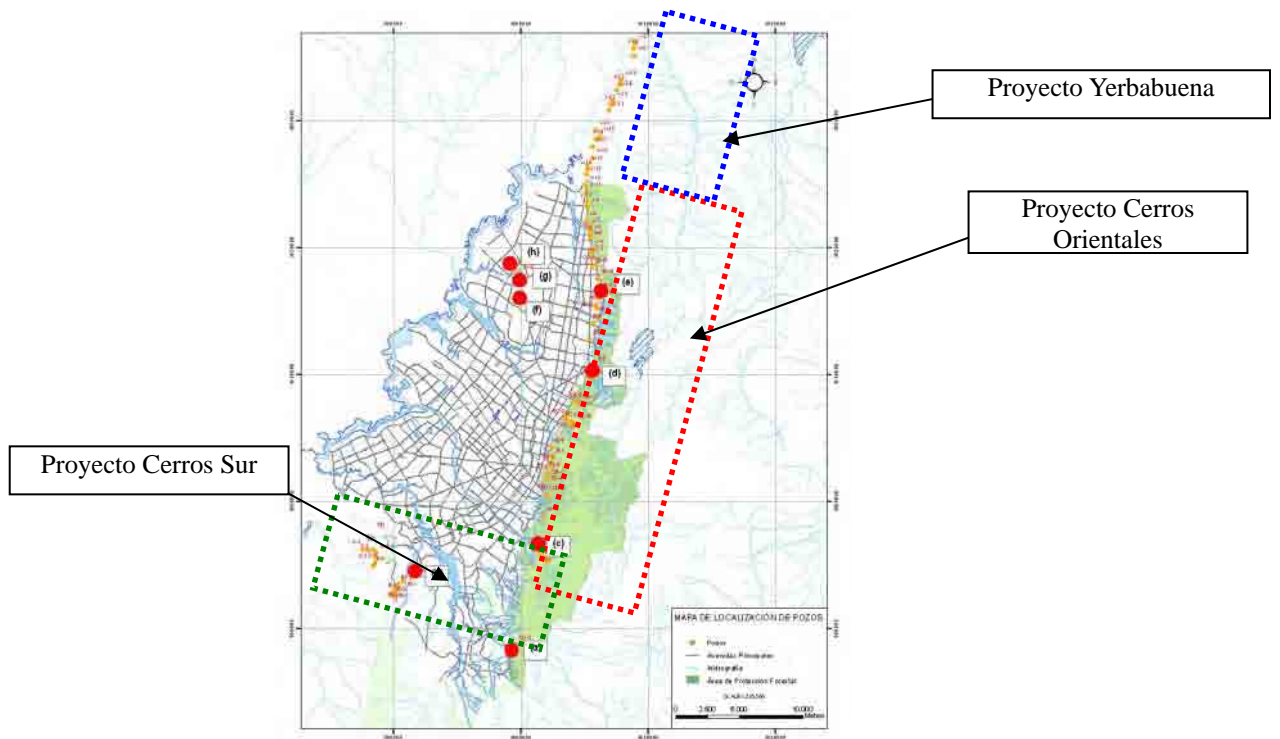
Nombre	No. de Pozos Planeados
(a) Usme	EX-3 Perforado por JICA
(b) Ciudad Bolívar	EX-2 Perforado por JICA
(c) Vitelma	E-1 Pozo Existente
(d) La Aguadora	E-5 Actualmente en construcción
(e) La Salle	E-14 Pozo Existente
(f) Suba tank	ST-2 Pozo planeado a ser perforado
(g) Suba	E-16 Pozo Existente
(h) Mariscal Sucre	E-17 Pozo Existente

Fuente: Equipo de Estudio JICA



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-62 Posibles Lugares de Ubicación del Proyecto Piloto



Fuente: Equipo de Estudio JICA

Figura-3.3-63 Ubicación de los Lugares del Proyecto del 1<sup>er</sup> – 3<sup>er</sup> Periodo





Lugar para el Proyecto Piloto (Pozo Exploratorio por JICA)  
Fuente: Equipo de Estudio JICA



Lugar para el Proyecto Piloto ( Pozo del Acueducto)  
Fuente: Equipo de Estudio JICA



Lugar para el Proyecto Cerros Orientales (Carrera séptima con calle 104)  
Fuente: Equipo de Estudio JICA



Lugar para el Proyecto Cerros Orientales  
Fuente: Equipo de Estudio JICA



Lugar para el Proyecto Yerbabuena  
Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-64 Imágenes de los Lugares para los Proyectos**

### **3.9.3 Impacto Ambiental y Social Estimado**

#### **(1) Proyecto Piloto**

Los terrenos para la implementación del proyecto pertenecen al Acueducto, excepto los de Suba y Mariscal Sucre. En Suba el terreno es propiedad privada y pertenece a un restaurante, mientras que Mariscal Sucre es un colegio militar. En estos dos lugares el Acueducto tiene pozos, y sus dueños están de acuerdo con mantener el estatus actual. Es necesario adquirir o arrendar estos terrenos antes de comenzar cualquier tipo de actividad en estos lugares y no sería necesario un reasentamiento.

El lugar conocido como Vitelma es propiedad del Acueducto. Allí se encuentra un estanque de sedimentación, el cual no está en uso. El pozo en La Aguadora ya ha sido terminado. En los lugares del proyecto piloto no se presenta impacto de consideración ambiental o social, incluyendo reasentamiento.

#### **(2) Proyecto del Primer Periodo (Proyecto Oriental)**

Se planea implementar el proyecto en 33 lugares. Los pozos se ubican en el piedemonte de los Cerros Orientales.

Los lugares para la implementación del proyecto colindan con áreas residenciales. 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. La cercanía a la carrera 7<sup>ma</sup> es una ventaja significativa para el abastecimiento de agua en caso de emergencia desde los pozos propuestos.

Dada la cercanía de los proyectos a zonas residenciales y de comercio, se espera un impacto de ruido y vibración en el barrio, durante el transporte de la torre de perforación y durante la construcción. En cuanto a los lodos residuales se debe seguir estrictamente los estándares del IDEAM para tratamientos de lodos.

#### **(3) Proyecto del Segundo Periodo (Proyecto Sur)**

Los lugares para la implementación del proyecto se ubican dentro de un área donde se distribuyen viviendas de bajos recursos. Sin embargo los sitios de los pozos se escogen evitando reasentamiento.

Los lugares se ubican fuera del área de protección forestal. Los lugares para el proyecto en Soacha son terrenos que pertenecen a un solo 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.

En Ciudad Bolívar, los lugares de implementación del proyecto se ubican en terrenos privados. Las características físicas del terreno son similares a las de Soacha (potreros). No se presentaron impactos ambientales ni sociales, durante ni después de la construcción del pozo (EX-2) por JICA en el 2008.

En el área de Usme JICA construyó otro pozo exploratorio (EX-3), donde no se presentó impacto ambiental ni social. Sin embargo, la cantidad de agua subterránea no es estable. Por lo tanto el proyecto en el área de Usme se descarto.

#### **(4) Proyecto del Tercer Periodo (Proyecto Yerbabuena)**

En Yerbabuena se planea perforar 17 pozos. Los terrenos de este proyecto no se encuentran en Bogotá, sino que pertenecen a Chia y Sopo y son propiedad privada, por lo que es necesario adquirirlos o arrendarlos. Los lugares propuestos son potreros o pastizales por lo que no se necesita reasentamiento. En el área no hay restricción de protección forestal. Los lugares propuestos se ubican cerca de una vía principal por lo que el acceso será fácil. También se cuenta con suficiente espacio para los trabajos de construcción. Se considera que no se causara mayor impacto ambiental o social.

Dado que los pozos propuestos se ubican fuera de Bogotá, se necesita un acuerdo administrativo entre

los gobiernos locales. El área tendría una alta demanda de agua en caso de emergencia.

**(5) Revisar**

La revisar del EAI se evaluó nuevamente analizando el impacto de los proyectos propuestos sobre el ambiente social y natural, y teniendo en cuenta los requerimientos institucionales del gobierno Colombiano. Los resultados de la revisar se presentan en la Tabla-3.3-25.

**(6) Resultados de la Segunda Revisar**

**Tabla-3.3-25 Resultados de la Revisar**

No.	Impacto Probable	Lugares del Proyecto			
		Proyecto Piloto	Proyecto Primer Periodo (Cerros Orientales)	Proyecto Segundo Periodo (Cerros Sur)	Proyecto Tercer Periodo (Yerbabuena)
1	Adquisición de Terrenos / Reasentamiento Involuntario	No se requiere reasentamiento. 6 de los 8 lugares para el proyecto pertenecen al Acueducto. Los otros 2 ya cuentan con un pozo. Existe un acuerdo con el propietario para la construcción de nueva infraestructura. <b>Clasificación: B</b>	La mitad de los lugares para el proyecto son terrenos privados. Se necesita adquirir o arrendar los terrenos. Los terrenos de la otra mitad son propiedad del Acueducto. No se requiere reasentamiento. <b>Clasificación: B</b>	Los lugares para el proyecto no requieren reasentamiento, pero si una negociación, con el propietario, para la adquisición o arriendo de los terrenos.  <b>Clasificación: B</b>	No se requiere reasentamiento. Los terrenos son de propiedad privada.  <b>Clasificación: B</b>
2	Economía Local	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
3	Tráfico/ infraestructura pública existente	El tráfico probablemente se verá afectado cuando se transporte el equipo de perforación. No se espera mayor impacto en los barrios aledaños ya que se cuenta con suficiente espacio  <b>Clasificación: B</b>	El área urbana tiene mucho tráfico que probablemente se verá afectado cuando se transporte el equipo de perforación y durante las obras de construcción.  <b>Clasificación: B</b>	Para acceder al sitio de perforación, el equipo de perforación debe pasar por un área urbana densamente poblada. Es muy probable que el tráfico se vea afectado. Se deben tomar medidas de seguridad.  <b>Clasificación: B</b>	Los lugares para el proyecto se ubican cerca de vías donde el tráfico por lo general es bajo. No hay habitantes cerca de las áreas del proyecto.  <b>Clasificación: B</b>
4	División de Comunidades	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
5	Patrimonio Cultural	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
6	Derechos de Pesca, Concesión de Agua y Comunes	Los pozos para el proyecto ya existen, ó ya se cuenta con el permiso para construirlos.  <b>Clasificación: B</b>	Se requiere permiso de perforación de la SDA. No se necesitan derechos de concesión de agua para abastecimiento de agua subterránea en caso de emergencia.  <b>Clasificación: B</b>	Se necesita permiso para perforar de la CAR  <b>Clasificación: B</b>	Se necesita permiso para perforar de la CAR No se violarán los derechos de concesión de agua existentes con la implementación del proyecto.  <b>Clasificación: B</b>
7	Sanidad	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
8	Desechos	Se requiere tratamiento para lodos residuales  <b>Clasificación: B</b>	Se requiere tratamiento para lodos residuales  <b>Clasificación: B</b>	Se requiere tratamiento para lodos residuales  <b>Clasificación: B</b>	Se requiere tratamiento para lodos residuales  <b>Clasificación: B</b>
9	Riesgos	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>

*Estudio de Abastecimiento Sostenible de Agua para la Ciudad de Bogotá y Áreas Circundantes Basado en el Manejo Integrado de Recursos Hídricos*

No.	Impacto Probable	Lugares del Proyecto			
		Proyecto Piloto	Proyecto Primer Periodo (Cerros Orientales)	Proyecto Segundo Periodo (Cerros Sur)	Proyecto Tercer Periodo (Yerbabuena)
10	Características Topográficas y geográficas	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
11	Erosión del Suelo	Ninguno <b>Clasificación: D</b>	Los lugares para la implementación del proyecto están dentro del área urbana. Por lo tanto no se espera un efecto negativo en el suelo. <b>Clasificación: D</b>	Los lugares para el proyecto se ubican en potreros, por lo que no se espera un efecto negativo sobre el suelo. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
12	Agua Subterránea	Se espera un abatimiento del nivel freático. <b>Clasificación: B</b>	Se espera un abatimiento del nivel freático. <b>Clasificación: B</b>	Se espera un abatimiento del nivel freático. <b>Clasificación: B</b>	Se espera un abatimiento del nivel freático. <b>Clasificación: B</b>
13	Condiciones Hidrogeológicas (Sistema de lagos y ríos)	El único lugar que se ubica cerca de un río es Vitelma. No se espera un impacto hidrológico negativo. <b>Clasificación: D</b>	Los lugares para la implementación del proyecto están dentro del área urbana. Por lo tanto no se espera un efecto negativo en las fuentes hídricas <b>Clasificación: D</b>	Los lugares del proyecto se ubican en potreros. No es necesario deforestar por lo que no se espera un impacto hidrológico negativo. <b>Clasificación: D</b>	Los lugares del proyecto se ubican en pastizales. No es necesario talar árboles y por lo tanto no habrá un impacto hidrológico negativo. <b>Clasificación: D</b>
14	Fauna, flora y biodiversidad	En Vitelma se deben talar algunos árboles (bosque secundario). No se presentará un efecto negativo en el ecosistema <b>Clasificación: D</b>	Los lugares para la implementación del proyecto están dentro del área urbana. Por lo tanto no se espera un efecto negativo sobre la flora y fauna. <b>Clasificación: D</b>	Los lugares del proyecto son potreros donde no hay bosques naturales. No se presentará un impacto negativo sobre animales o plantas. <b>Clasificación: D</b>	Los lugares del proyecto se mantendrán como pastizales. No se presentará un impacto negativo sobre animales o plantas. <b>Clasificación: D</b>
15	Paisaje	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
16	Polución del Aire	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
17	Polución del Agua	Se debe aplicar estrictamente el estándar del IDEAM en cuanto a tratamiento de lodos residuales <b>Clasificación: B</b>	Se debe aplicar estrictamente el estándar del IDEAM en cuanto a tratamiento de lodos residuales. <b>Clasificación: B</b>	Se debe aplicar estrictamente el estándar del IDEAM en cuanto a tratamiento de lodos residuales. <b>Clasificación: B</b>	Se debe aplicar estrictamente el estándar del IDEAM en cuanto a tratamiento de lodos residuales. <b>Clasificación: B</b>
18	Contaminación del Suelo	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
19	Ruido y Vibración	Se asume que el ruido y la vibración durante los trabajos de construcción tendrán algún efecto sobre los barrios aledaños. <b>Clasificación: B</b>	Se asume que el ruido y la vibración durante los trabajos de construcción tendrán algún efecto sobre los barrios aledaños. <b>Clasificación: B</b>	Los lugares del proyecto se ubican en potreros alejados por lo que el efecto sobre los barrios aledaños será mínimo. <b>Clasificación: D</b>	Los lugares del proyecto se ubican en pastizales alejados por lo que el efecto sobre los barrios aledaños será mínimo. <b>Clasificación: D</b>

No.	Impacto Probable	Lugares del Proyecto			
		Proyecto Piloto	Proyecto Primer Periodo (Cerros Orientales)	Proyecto Segundo Periodo (Cerros Sur)	Proyecto Tercer Periodo (Yerbabuena)
20	Subsidencia del Terreno	No se presentará subsidencia del terreno ya que la disminución del nivel freático será pequeña. Sin embargo, es necesario un monitoreo continuo <b>Clasificación: B</b>	No se presentará subsidencia del terreno ya que la disminución del nivel freático será pequeña. Sin embargo, es necesario un monitoreo continuo <b>Clasificación: B</b>	No se presentará subsidencia del terreno ya que la disminución del nivel freático será pequeña. Sin embargo, es necesario un monitoreo continuo <b>Clasificación: B</b>	No se presentará subsidencia del terreno ya que la disminución del nivel freático será pequeña. Sin embargo, es necesario un monitoreo continuo <b>Clasificación: B</b>
21	Hedor ofensivo	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>	Ninguno. <b>Clasificación: D</b>
<b>Clasificación General</b>		<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>

Criterios para la Clasificación:

A: Se espera un impacto serio

B: Se espera algún impacto

C: La extensión del impacto es desconocida (Se necesita una examinación. El impacto puede volverse evidente a medida que avanza el proyecto)

D: No se espera impacto alguno

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### **(7) Conformidad con las Leyes, Reglamentos y Estándares del Gobierno Colombiano**

Los proyectos deben cumplir con las leyes, reglamentos y estándares de consideración social y ambiental establecidos por los gobiernos que tengan jurisdicción sobre las áreas del proyecto (gobierno nacional y local).

En cuanto al desarrollo de agua subterránea, no se requiere de una licencia de acuerdo al decreto 1220 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, regulada en el POT.
- c) Derechos de concesión de agua otorgados por la CAR, cuando el pozo se utiliza para abastecimiento regular de agua. Sin embargo, como este proyecto es solo para abastecimiento de emergencia, no se requiere dicho permiso.
- d) Otros: De acuerdo al reglamento de las zonas de manejo y protección ambiental, no pueden construirse instalaciones a una distancia de 30 m. del centro de un río. La perforación de los pozos debe acoplarse a este reglamento.

La Tabla-3.3-26 presenta los resultados después de cumplir con los requisitos del gobierno Colombiano.

**Tabla-3.3-26 Resultados después de Cumplir con los Requisitos del Gobierno Colombiano**

Proyectos Planeados	Resultado de la Revisión	Requerimientos Ambientales y Sociales del Gobierno Colombiano	Revisión Final
Proyecto Piloto	B	No se necesitan permisos en lugares donde ya existen pozos. En los lugares conocidos como la Aguadora y Tanque Suba, los permisos se tramitaron durante el Estudio JICA.	B
Proyecto Cerros Orientales	B	Los pozos propuestos se ubican dentro del área urbana de Bogotá. Se necesita un permiso de perforación de la SDA.	B
Proyecto Cerros Sur	B	Los lugares en Ciudad Bolívar y Soacha que se encuentran fuera del área urbana de Bogotá, requieren de permisos de perforación expedidos por la CAR.	B
Proyecto Yerbabuena	B	El proyecto no esta dentro de la ciudad de Bogotá, sino a Chia y Sopo. Se requiere de un acuerdo administrativo entre las tres ciudades. Los permisos de perforación requeridos deben solicitarse a la CAR	B

Crterios para la Clasificación:

A: Se espera un impacto serio

B: Se espera algún impacto

C: La extensión del impacto es desconocida (Se necesita una evaluación. El impacto puede volverse evidente a medida que avanza el proyecto)

D: No se espera impacto alguno

Fuente: Equipo de Estudio JICA

### **(8) Resultado de la Revisar Final**

De acuerdo con la pautas JICA y considerando los requerimientos ambientales legales en Colombia, se considera que los proyectos probablemente no causarán un impacto adverso significativo sobre el medio ambiente ni sobre el medio social. Por lo tanto, el proyecto en general se considera como de categoría JICA-B.

### **(9) Medidas de Mitigación Recomendadas**

Para la implementación del proyecto, se recomienda las medidas de mitigación que se mencionan a continuación, contra los impactos ambientales y sociales que se asumen por la implementación del proyecto. No se requiere una licencia ambiental ni una evaluación del impacto ambiental (EIA) de acuerdo a los requerimientos legales Colombianos. Como la finalidad del proyecto es el abastecimiento de agua en caso de emergencia, no es necesario un monitoreo. Sin embargo, debe realizarse un monitoreo apropiado de la calidad del agua para los pozos y un monitoreo detallado del abatimiento del nivel freático y de la subsidencia causada por el bombeo.

### **(10) Adquisición de Terrenos**

Los lugares seleccionados para la implementación del proyecto en los Cerros Sur presentan condiciones ideales, desde el punto de vista hidrogeológico y del impacto ambiental y social. Por lo tanto, la adquisición o renta de los terrenos debe realizarse pronto para promover el proyecto.

Con respecto a la adquisición de predios propuestos en el proyecto, el Acueducto negociaría directamente la adquisición del predio con los propietarios. El procedimiento de adquisición del Acueducto se basa en procedimientos generales del estado.

En dado caso que la negociación directa no se logre, el Acueducto puede implementar expropiación por vía judicial para realizar construcciones públicas de instalaciones para suministro de agua de acuerdo a la Ley 56 de 1981; "Normas sobre obras públicas de generación eléctrica y acueductos se regulan las expropiaciones y servidumbres de los bienes afectados por tales obras" y a la Ley.142 de 1994; "Ley de Servicios Públicos" entre otras. Las negociaciones son llevadas a cabo en cortes judiciales.

### **(11) Obtención de los Permisos de Perforación**

En cumplimiento con los requerimientos del gobierno colombiana, el proyecto requiere para su



implementación permisos de perforación. Se deben preparar los documentos requeridos para cada permiso.

#### **(12) Tráfico**

Se anticipa que puede haber impactos sobre el transporte dentro y en los alrededores de los lugares del proyecto como resultado de: i) Transporte de la torre de perforación, maquinaria y materiales a los lugares, ii) Trabajos de construcción del pozo, iii) Construcción de las instalaciones de tratamiento, etc.

La agencia que ejecuta el proyecto necesita tener contacto con las autoridades relacionadas (secretaría de movilidad, policía de tránsito, etc.) para coordinar la movilidad del lugar. Se debe emplear personal para controlar el tráfico durante la construcción del proyecto, además de medidas de seguridad de acuerdo al manual de seguridad aplicable.

#### **(13) Contaminación del Agua (Tratamiento de lodos Residuales)**

Los lodos residuales serán tratados en una fosa de lodos con bentonita de modo que no se contaminen los ríos tras su vertimiento. El tratamiento de lodos residuales debe seguir los estándares del IDEAM.

#### **(14) Ruido y Vibración**

La ubicación del proyecto en área urbana prevé un impacto de ruido y vibración en las inmediaciones. Para este proyecto el método regular será suficiente para mitigar el problema. Por ejemplo, no se tuvo ninguna queja durante la implementación de la perforación exploratoria en Ciudad Bolívar y la Aguadora.

##### **1) Abatimiento del Nivel Freático**

En el estudio del P/M se pronostica algún abatimiento del nivel freático como consecuencia de la implementación del proyecto. Se estima que la cantidad de abatimiento será de menos de 4 m. Se asume que el periodo de bombeo para el abastecimiento de emergencia será de máximo 9 meses. El abastecimiento de agua subterránea en caso de emergencia debe tener una mayor prioridad sobre otros posibles usos del agua subterránea; y el impacto sobre el nivel freático ocurre por un periodo corto de tiempo. Se puede decir que la disminución del nivel freático como consecuencia del proyecto puede ser aceptable.

#### **(15) Subsistencia del Terreno**

En el estudio del P/M se pronostica subsidencia del terreno como consecuencia de la implementación del proyecto. La cantidad de subsidencia se estimó en menos de 5 mm. La subsidencia ocurre principalmente en la arcilla blanda del Cuaternario. Sin embargo, como en el proyecto se bombeará agua desde las rocas sólidas del Cretáceo y por un periodo no mayor a 9 meses, la subsidencia calculada es pequeña y despreciable.

### **3.10 Diseño y Estimación de Costos**

#### **3.10.1 Diseño**

El principio de diseño básico del Plan Maestro es cumplir con las técnicas y niveles técnicos que el Acueducto maneja. Adicionalmente, en el diseño se deben considerar factores económicos como la inversión inicial y los costos de operación y mantenimiento. Los equipos y materiales se seleccionaron entre los ítems disponibles en Colombia teniendo en cuenta una operación sostenible a largo plazo, su mantenimiento y uso posterior del equipo.

##### **(1) Diseño del Pozo**

En Colombia, por lo general, para la construcción de proyectos se utilizan los estándares americanos. Por consiguiente, tanto los estándares Colombianos como los americanos se deben tener en cuenta para la implementación del Proyecto.

##### **a) Trabajos de Ingeniería**

Construcción de Vías:	Normas INVIAS
Instalación de la Tubería:	Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000)
Estructuras de Concreto:	Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente (NSR-98)

## **b) Trabajos Eléctricos**

Código Eléctrico Nacional Colombiano (CEC) Resolución Número 18 0466 (Abril 2, 2007)

Los diseños de las bombas de los pozos, los motores sumergibles y el equipo auxiliar se escoge con miras a asegurar la competitividad internacional y la calidad, entre las especificaciones y capacidades de las empresas perforadoras de talla internacional en Bogotá.

### **(2) Diseño del Equipo de Recepción Eléctrica**

- El suministro eléctrico debe llegar a las bombas, las instalaciones de tratamiento, etc. Las instalaciones para el suministro eléctrico diseñadas son iguales a las que utilizan las estaciones de bombeo del Acueducto.
- El equipo de recepción eléctrica consta de un switch de corte (con fusible), pararrayos y transformadores escalonados. Se adoptaron los estándares de manufactura IEC265, IEC099 e IEC076 para estos equipos.
- Los generadores de emergencia se diseñaron con miras a asegurar la competitividad internacional y la mayor calidad posible, comparando las especificaciones de dos fabricantes de generadores internacionales con sede en Colombia (Denyo y Cummins)

### **(3) Diseño del Equipo de Distribución Eléctrica**

- Se adoptó el estándar de manufactura IEC60439 para los paneles de recepción, distribución y control de motores.
- Se utilizará la coraza XLPE (IEC60502) para los cables eléctricos de baja presión, el tamaño del núcleo del cable se establecerá para que las caídas de voltaje en el arranque del motor no sea mayor al 6%.
- Se utilizará PVC-PVC (IEC60502) 2,0 mm<sup>2</sup> para el cable control
- Se instalarán circuitos de arranque y terminación suave en el lugar de los paneles de control de los motores. Estos no solo limitan la corriente de arranque del motor y reducen el tamaño del núcleo de los cables de corriente, sino que también son efectivos para que el agua no se acumule en las tuberías cuando las bombas inicien y detengan operaciones
- Se debería adoptar un sistema de arranque y detención automático para el control de las bombas.

### **(4) Diseño de la Tubería**

Las tuberías de conducción y los circuitos bajo tierra pueden estar hechos de PVC colombiano (especificación de presión: 1,3 Mp), el cual es comúnmente utilizado por el Acueducto. Para la tubería superficial se recomienda utilizar acero semiduro, ya que el PVC suele degradarse con los rayos ultravioleta.

### **(5) Diseño de las Instalaciones de Tratamiento de Agua**

- De acuerdo a los resultados del monitoreo de calidad de agua en los pozos exploratorios, la calidad del agua es buena, y solamente los niveles de Fe y Mn exceden ligeramente los estándares Colombianos. Por lo tanto se puede adoptar el método de filtración simple, como apropiado para el tratamiento.
- Los métodos de tratamiento sencillos en Colombia se dividen generalmente en: a) filtración por presión y b) filtración por gravedad. En este proyecto se sugiere adoptar el sistema de filtros de presión, ya que se pueden reducir los costos de instalación inicial, operación y mantenimiento. Adicionalmente permite utilizar la presión residual para conducir el agua tratada, lo que reduce el tiempo de tratamiento y como el equipo es compacto y no requiere de un tanque receptor.

- El proceso de tratamiento consta de una inyección preliminar de Cloro, filtración de presión y una inyección de Cloro posterior.

**(6) Infraestructura y Equipo de la Planta**

- Como los paneles de distribución se instalarán dentro de la planta de tratamiento, será necesario construir un pequeño cuarto donde se ubique un generador y se manejen los asuntos eléctricos. Se pueden adoptar las mismas especificaciones que utiliza el Acueducto. El reforzamiento comprende pilares de concreto y paredes de roca mamposteadas. Para fines sanitarios, se requiere también la instalación de un pequeño baño.
- Es recomendable instalar una cerca alrededor del pozo y las instalaciones de tratamiento para garantizar su seguridad. También se recomienda instalar luces exteriores alrededor de las instalaciones.
- Deben existir vías de acceso a las instalaciones y dentro de las instalaciones, para facilitar la movilidad de los carrotaques ó camiones grandes. Estas vías deben estar pavimentadas y tener un ancho de 4m.

**3.10.2 Costo del Proyecto**

La estimación preliminar de costos del proyecto se realizó en Octubre de 2008, asumiendo una licitación internacional competitiva. En cuanto a la tasa de cambio, se utilizó su valor promedio durante los últimos seis meses, hasta Octubre de 2008. Es decir US\$1 = 1.912,15 Col\$, 1 yen = 18,10 Col\$ (Fuente: Banco de la República, Banco UFJ Tokio Mitsubishi).

**(1) Costo de Construcción**

- Los costos unitarios apropiados para la construcción de pozos se calcularon a partir de los precios unitarios de la perforación de pozos exploratorios de JICA en el 2007 y de la lista de precios para licitaciones de pozos exploratorios del Acueducto en el 2008.
- Los precios unitarios de los equipos y materiales para las bombas de los pozos, equipos receptores de electricidad y equipos para el tratamiento de agua, etc., se establecieron después de investigar los mejores precios del mercado.
- En cuanto a los precios de los trabajos de entubado, construcción y obras civiles, se adoptaron los precios que utilizó el Acueducto en el 2008.

**(2) Adquisición de Terrenos**

Se requiere el área mínima para las instalaciones de los pozos y de tratamiento de agua. Los costos de adquisición del terreno se establecieron de acuerdo a los precios de compra de terreno más recientes del División de Adquisición Predial del Acueducto, en cada área.

**(3) Honorarios de Ingeniería**

Dada la gran escala del proyecto, será necesario emplear un asesor profesional que lo implemente. Para los gastos de este asesor, que realiza los diseños de implementación y la supervisión de los trabajos, se considera apropiado el 10% de los costos de construcción.

**(4) Costos Administrativos**

Los costos administrativos comprenden: a) costo del asesor empleado por el Acueducto, b) costo administrativo relacionado con la adquisición de terrenos, y c) costos administrativo relacionado con los trabajos de construcción, etc. Este valor se cálculo de la siguiente manera: (Costo de Construcción + Costo de Adquisición de terrenos + Costo del diseño) x 1%.

**(5) Contingencia**

Se asume que el proyecto se implementara entre el 2012 y el 2018. Entre tanto, como el precio del proyecto se estimó a precios actuales (2008), el presupuesto futuro puede presentar varios elementos inciertos. Por lo tanto, dentro del presupuesto se incluyo un ítem llamado contingencia para compensar estos elementos inciertos. La contingencia se calculo de la siguiente manera: (Costo de construcción + Costo de Adquisición de Terrenos + Costo del Diseño + Costo Administrativo) x 10%.

**(6) Perfil del Costo del Proyecto**

La Tabla-3.3-27 presenta el precio estimado del proyecto.

**Tabla-3.3-27 Precio Estimado del Proyecto**

(Unidades: 1.000 millones Col\$)

Ítem	Fase I	Fase II	Fase III	Total Proyecto		
1. Costo de Construcción	54,35	18,73	26,53	99,61	Mill. US\$ 54,09	Mill. Yen 5,503
2. Adquisición de Terrenos	1,00	0,10	0,19	1,29	Mill. US\$ 0,67	Mill. Yen 71
3. Honorario Ingeniería	5,44	1,87	2,65	9,96	Mill. US\$ 5,21	Mill. Yen 550
4. Costo Administrativo	0,61	0,21	0,29	1,11	Mill. US\$ 0,58	Mill. Yen 61
5. Contingencia	6,14	2,09	2,97	11,20	Mill. US\$ 5,86	Mill. Yen 619
Total	67,54	23,00	32,63	123,17		
	Mill. US\$ 35,32	Mill. US\$ 12,03	Mill. US\$ 17,06		Mill. US\$ 64,41	
	Mill. Yen 3.732	Mill. Yen 1.271	Mill. Yen 1.803			Mill. Yen 6.804

Tasa de cambio: 1US\$ = 1.912,15 Col\$; 1 JPYen = 18,10 Col\$ Fuente: Equipo de Estudio JICA









### 3.10.3 Costo de Operación y Mantenimiento (O&M)

El proyecto recomienda 64 pozos. La operación de los pozos se clasifica en 6 sistemas como se muestra en la Tabla-3.3-31.

**Tabla-3.3-31 Sistema de Operación de los Pozos**

Sistema	Planta de Tratamiento de Agua (PTA)		Número total de	
	Purificación	Número de pozos	PTA	Pozos
A	Cloración	1 pozo	2	2*
B	Cloración + Filtrado a Presión	1 pozo	11	7+6*
C		2 pozos	4	8
D		3 pozos	5	15
E		4 pozos	4	16
F		5 pozos	2	10
Total			30	64

Nota: \* Pozos desarrollados en el Proyecto Piloto

Fuente: Equipo de Estudio JICA

La Tabla-3.3-32 presenta los costos de operación y mantenimiento de los 6 sistemas respectivamente. Es evidente que los costos difieren dependiendo de la ubicación de los pozos y las PTAs. Por lo tanto los 6 costos representan los valores estandarizados. El costo es el resultado de multiplicar el consumo unitario por el precio unitario. El consumo unitario es estimado por el Equipo de Estudio JICA y los costos unitarios se derivan de los datos actuales de operación del pozo por el municipio de Mosquera.

**Tabla-3.3-32 Costos de Operación y Mantenimiento (Costo Estandarizado)**

Sistema	A			B			C	D	E	F
Medidas de Filtración	Cloración			Cloración + Filtro de Presión						
Pozo (s) conectado a PTA	1,00			1,00			2,00	3,00	4,00	5,00
Producción (m <sup>3</sup> /día)	2000,00			2000,00			4000,00	6000,00	8000,00	10000,00
Costo O & M	CU <sup>1)</sup>		Costo	PU		Costo	Costo	Costo	Costo	Costo
	1. Electricidad	kWh /m <sup>3</sup>	Col\$ /kWh	Col\$ /m <sup>3</sup>	kWh /m <sup>3</sup>	Col\$ /kWh	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>
1) Pozo	0,54	234,64	126,71	0,54	234,64	126,71	126,71	126,71	126,71	126,71
2) Tratamiento	0,12 <sup>3)</sup>	254,36	30,52	0,36 <sup>4)</sup>	254,36	91,57	91,62	91,62	91,62	91,62
Total			157,23			218,28	218,28	218,28	218,28	218,28
2. Químicos	kg /m <sup>3</sup>	Col\$ /kg	Col\$ /m <sup>3</sup>	kg /m <sup>3</sup>	Col\$ /kg	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>
1) Cloro	0,00	2,29	2,29	0,00	2,29	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58
Total			159,52			222,86	222,86	222,86	222,86	222,86
Costo Fijo	Trabajadores	Tarifa/mes <sup>5)</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Trabajadores	Tarifa/mes	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>	Col\$ /m <sup>3</sup>
3. Personal <sup>6)</sup>	0,00	2,220,000	0,00	1,00	2220000,00	37,00	18,50	12,33	9,25	7,40
<b>Costo Total de O &amp; M</b>			<b>159,52</b>			<b>259,86</b>	<b>241,36</b>	<b>235,19</b>	<b>232,11</b>	<b>230,26</b>

Nota: 1) CU = Consumo Unitario, 2) PU = Precio Unitario, 3) Inyección de químico en un punto, 4) Inyección de químico en dos puntos y bomba elevadora, 5) Tarifa promedio de la división de abastecimiento Sur y Norte a Octubre de 2008, 6) 1 trabajador por sistema B, C, D, E y F. O & M: Operación y Mantenimiento.

Fuente: CU por el Equipo de Estudio JICA. PU de los datos actuales de la operación del pozo del Municipio de Mosquera (Enero-Agosto del 2008)

A manera de referencia, el costo de operación y mantenimiento actual de Mosquera se presenta en la Tabla-3.3-33. El municipio satisface el 30% de la demanda de agua con agua subterránea. El costo de producción del municipio es mayor que los costos estandarizados, porque el costo incluye los gastos de distribución eléctrica y más trabajadores. El agua subterránea se bombea desde el acuífero Cuaternario a una profundidad de 586 m.; esta es la razón por la que el costo químico es tan alto comparado con los costos estandarizados anteriormente presentados.

**Tabla-3.3-33 Costos de Operación y Mantenimiento en Mosquera (Costos Reales)**

Producción		Año 2007			Año 2008 (hasta Agosto)		
		2.500 m <sup>3</sup> /día			2.900 m <sup>3</sup> /día		
Costo O & M		CU	PU	Costo	CU	PU	Costo
Costo Variable	1.Electricidad (Producción)	kWh/m <sup>3</sup>	Col\$/kWh	Col\$/m <sup>3</sup>	kWh/m <sup>3</sup>	Col\$/kWh	Col\$/ m <sup>3</sup>
	1) Pozo	0,76	214,26	162,26	0,75	234,64	176,02
	2) Tratamiento	0,09	233,44	21,96	0,1	254,36	26,42
	Sub-total			184,22			202,44
	2.Electricidad(Distribución)	0,34	233,55	79,05	0,36	254,36	92,47
	Total Electricidad			263,27			294,91
	3. Químicos	kg/m <sup>3</sup>	Col\$/kg	Col\$/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	Col\$/kg	Col\$/m <sup>3</sup>
	1) Sulfato de Aluminio	0,076	603	45,85	0,091	479	43,66
	2) Cloruro Férrico	0,034	912	30,76	0,04	911	36,33
	3) Peróxido	0,004	2.320	9,92			
4) Cloro	0,005	3.712	17,78	0,008	3,712	29,07	
Químico Total			104,31			109,06	
Total			367,58			403,97	
Costo Fijo		Empleados	Tarifa/mes	Col\$/m <sup>3</sup>	Empleados	Tarifa/mes	Col\$/m <sup>3</sup>
4. Personal		4	2.063.000	110,73	4	2.416.000	110,91
<b>Costo Total de O &amp; M</b>				<b>478,31</b>			<b>514,88</b>

Fuente: "Informe de Explotación del Acueducto" de Hydros Mosquera

### Costo de Mantenimiento

Los pozos son monitoreados e investigados regularmente por dos horas una vez al mes por las dos personas existentes adjudicadas del departamento de suministro de agua, para que confirmen si las bombas y plantas de tratamiento estén trabajando normalmente.

Este costo de mantenimiento esta estimado en Col\$33.4 millones por año como se muestra a continuación, el costo es muy pequeño, por lo que el nivel actual de alta ganancia del Acueducto no será afectado significativamente.

- Costo de Electricidad: Col\$5,0millones  
Col\$6.550/pozo/mes x 64 pozos x 12 meses: 30 minutos de operación de las bombas y plantas de tratamiento de agua.
- Costo de Personal: Col\$28,4 millones  
Col\$2.220.000/persona/mes ÷ 30 días ÷ 8 horas/día x 2 horas x 2 personas x 64 pozos x 12 meses.

### Comparación de operación entre agua subterránea y otros

De acuerdo a la Tabla -3.3-34, se puede concluir que el precio del agua por unidad de agua en casos de emergencia por medio de agua subterránea es mas costoso que Wiesner, Vitelma y El Dorado pero más económica que el agua de Tibitoc. La información de Wiesner, El Dorado y Tibitoc es de Diciembre del 2008. La información de Vitelma es de Abril del 2003, año en el cual fue suspendido su funcionamiento.

**Tabla-3.3-34 Comparación del Precio del Agua por Unidad para Suministro de Agua en Emergencia (Col\$/m<sup>3</sup>)**

Suministro de Agua propuesto en emergencias por Agua Subterránea	Fuentes de Agua Existentes			
	Wiesner*	Tibitoc	El Dorado*	Vitelma*
230	40	350	155	70

Fuente: Costos de Producción en Plantas de Tratamiento, Acueducto

### 3.11 Cronograma de Implementación del Proyecto

El cronograma de implementación del proyecto se planeó teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- (a) El año tentativo para la culminación del proyecto es el 2020. Las instalaciones para el abastecimiento de agua subterránea en caso de emergencia se construirán paso por paso.
- (b) Se debe tener en cuenta el periodo de aplicación para la concesión de uso de agua subterránea al igual que para la adquisición de terrenos.
- (c) La capacidad del contratista
- (d) El presupuesto para la concesión será asegurado cada año.

#### (1) Proyecto Prioritario: Proyecto Piloto

El proyecto piloto se implementará antes que los demás. El cronograma propuesto para su implementación se presenta en la Figura-3.3-65.

Actividad	Año					Anotación
	2007	2008	2009	2010	2011	
Plan Maestro						Estudio JICA
Estudio de Factibilidad						Estudio JICA
Decisión de la inversión y adquisición del presupuesto						
Diseño Detallado						
Trabajos de Construcción						9 Lugares
Operación y Mantenimiento						

Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-65 Cronograma de Construcción para el Proyecto Piloto**

El cronograma de construcción se presenta en la Tabla-3.35.

**Tabla-3.3-35 Cronograma de Construcción Proyecto Piloto**

Año	Lugar	Pozo	Planta de Tratamiento de Agua
2009	E-1	o	o
	E-14	o	o
	Total	2	2
2010	E-5	o	o
	E-16	o	o
	E-17	o	o
	ST-2	o	o
	Total	3	3

Año	Lugar	Pozo	Planta de Tratamiento de Agua
2011	CM-1	o	o
	EX-2	o	o
	EX-3	o	o
	Total	3	3

Equipo de Estudio JICA

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 abastecimiento de agua serán necesarias.

#### (2) Proyecto del Primer Periodo

El proyecto del primer periodo es el de los cerros Orientales. El cronograma de implementación se propone en la Figura-3.3-66.

Actividad	Año														Anotación
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Plan Maestro	■	■													Estudio JICA
Estudio de Factibilidad		■													Estudio JICA
Decisión de la inversión y adquisición del presupuesto						■	■	■	■	■					Plan de Inversión del Acueducto
Diseño Detallado						■	■	■	■	■					- Sondeo Geofísico - Análisis Calidad Agua
Trabajos de Construcción							■	■	■	■	■				61 pozos
Operación y mantenimiento							■	■	■	■	■	■	■	■	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-66 Cronograma de Implementación para el Proyecto Oriental**

El cronograma de construcción se presenta en la Tabla-3.3-36. La construcción comienza en las propiedades del Acueducto, pero como estas se encuentran dispersas a lo largo de los Cerros Orientales, el orden preciso de construcción también es disperso.

**Tabla-3.3-36 Cronograma de Construcción Proyecto Oriental**

Año	Lugar	Pozo	Planta de Tratamiento de Agua	Año	Lugar	Pozo	Planta de Tratamiento de Agua
2012	E-6	○	○	2014	Y-1	○	○
	ST-1	○	○		Y-2	○	
	ST-3	○	○		Y-3	○	
	SA-1	○	○		Y-4	○	○
	SA-2	○	○		Y-5	○	
	E-15	○	○		Y-6	○	
	CO-2	○	○		Y-7	○	
Total	7		5		Y-8	○	
2013	E-3	○	○		Y-9	○	○
	E-4	○	○		Y-10	○	○
	E-10	○	○		Y-11	○	○
	E-11	○	○		Y-12	○	○
	E-12	○	○	Total	12		4
	E-13	○	○				
	E-7	○	○				
	E-8	○	○				
E-9	○	○					
Total	9		6				

Equipo de Estudio JIC

### (3) Proyecto del Segundo Periodo

El proyecto del segundo periodo es el de los Cerros del Sur y su cronograma de implementación se muestra en la Figura-3.3-67.

Actividad	Año														Anotación
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Plan Maestro	■	■													Estudio JICA
Estudio de Factibilidad		■													Estudio JICA
Decisión de la inversión y adquisición del presupuesto										■	■	■			Plan de Inversión del Acueducto
Diseño Detallado										■	■	■			- Sondeo Geofísico - Análisis Calidad Agua
Trabajos de Construcción											■	■	■		13 pozos
Operación y mantenimiento											■	■	■	■	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-67 Cronograma de Implementación para el Proyecto Sur**

Su cronograma de construcción se presenta en la Tabla-3.3-37.

**Tabla-3.3-37 Cronograma de Construcción Proyecto Sur**

Año	Lugar	Pozo	Planta de Tratamiento de Agua		Año	Lugar	Pozo	Planta de Tratamiento de Agua
2015	B-1	○	○		2016	S-1	○	○
	B-2	○				S-2	○	
	B-3	○				S-3	○	
	B-4	○				S-4	○	○
	B-5	○				EX-1	○	
Total	5	S-5	○					
					S-6	○		
					Total	7	2	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**(4) Proyecto del Tercer Período**

Yerbabuena es el proyecto del tercer periodo. Su cronograma de implementación se muestra en la Figura-3.3-68.

Actividad	Año													Anotación	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		2020
Plan Maestro	■	■													Equipo JICA
Estudio de Factibilidad		■	■												Equipo JICA
Decisión de la inversión y adquisición del presupuesto												■	■	■	Plan de Inversión del Acueducto
Diseño Detallado												■	■	■	- Sondeo Geofísico - Análisis Calidad Agua
Trabajos de Construcción													■	■	17 pozos
Operación y Mantenimiento													■	■	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Figura-3.3-68 Cronograma de Implementación para el Proyecto Yerbabuena**

Su cronograma de Construcción se muestra en la Tabla-3.3-38.

**Tabla-3.3-38 Cronograma de Construcción Proyecto Yerbabuena**

Año	Lugar	Pozo	Planta de Tratamiento de Agua		Año	Lugar	Pozo	Planta de Tratamiento de Agua
2017	Y-13	○○	○		2018	Y-21	○	○
	Y-14	○○				Y-22	○	
	Y-15	○○				Y-23	○	
	Y-16	○○				Y-24	○	○
	Y-17	○○	Y-25			○		
	Y-18	○○	Y-26			○		
	Y-19	○○	Y-27			○	○	
	Y-20	○○	Y-28			○		
Total	8	Y-29	○					
					Total	9	3	

Fuente: Equipo de Estudio JICA



### 3.12 Esquema Financiero

#### 3.12.1 Costo Anual del Desarrollo

El costo total del desarrollo de agua subterránea se estimó en Col\$ 123.000 millones (ver Capítulo-3.10). El desarrollo será implementado en un periodo de 7 años comenzando desde el 2012 hasta el 2018 como se sugiere en la sección 3.11. De acuerdo al costo anual de desarrollo un valor de Col\$ 15.400 millones en promedio. La Tabla-3.3-39 presenta el costo anual del desarrollo.

**Tabla-3.3-39 Costo Anual de Desarrollo (millones Col\$)**

Área	2012	2013	2014	2015	2016	21017	2018	Total
1. Cerros Orientales	16.400	18.400	32.700	-	-	-	-	67.500
2. Sur	-	-	-	9.500	13.500	-	-	23.000
3. Norte	-	-	-	-	-	14.000	18.700	32.800
Total	16.400	18.400	32.700	9.500	13.500	14.000	18.700	123.300

Fuente: Equipo de Estudio JICA

#### <Referencia: Plan de Inversión del Acueducto>

De acuerdo al “Plan Financiero Plurianual 2008 – 2020” del Acueducto revisado en Octubre de 2008, se planea una inversión de Col\$ 10.416.000 millones en un periodo de 13 años. La cantidad de inversión anual promedio es de Col\$ 800.000 millones; el costo anual de desarrollo de agua subterránea de Col\$ 15.400 millones representa el 1,9% de este.

#### 3.12.2 Financiamiento

El costo del desarrollo será financiado por las siguientes 3 fuentes, independientemente o en conjunto:

- Fondos propios del Acueducto
- Préstamo de un banco domestico
- Crédito blando de un banco de crédito internacional

##### 1) Fondos Propios del Acueducto

Se espera que el Acueducto genere un alto flujo de caja de acuerdo al “Plan Financiero Plurianual 2008 – 2020”, de modo que puede asignar algunos de sus propios fondos para este proyecto.

##### 2) Préstamo de un Banco Domestico

Las condiciones de préstamo doméstico corrientemente se asumen como se muestra en seguida; estas condiciones de préstamo se consideran relativamente conservadoras, comparadas con las condiciones de préstamo actuales requeridas al Acueducto.

- Plazo del préstamo: 12 años
- Periodo de Gracia: 3 años
- Tasa de Interés: 13,5%

##### 3) Crédito Blando de un banco de Crédito Internacional

Evidentemente, el crédito blando de un banco de crédito internacional es atractivo en lo que a las condiciones del préstamo concierne. Por ejemplo, el préstamo japonés ODA (Asistencia Oficial para el Desarrollo), se ofrece actualmente a un plazo de 25 años con una tasa de interés de 1,4%. Si el 80% del costo de desarrollo mencionado anteriormente pudiera ser financiado por el préstamo japonés ODA, y el valor restante por un préstamo en un banco doméstico, la tasa de interés promedio ponderada sería de solo 3,9%. Por lo tanto se recomienda insistentemente que el Acueducto aplique por este préstamo para la implementación de este proyecto.

##### 4) Decisión del Acueducto

El Acueducto planea formular un nuevo P/M en el 2009 después de revisar el P/M 2005. En este nuevo P/M 2009 estarán incluidos el P/M y el E/F de JICA, al igual que el proyecto piloto de pozos exploratorios del Acueducto. De acuerdo al departamento financiero, se deben estudiar las medidas de financiamiento apropiadas, incluyendo fondos propios del Acueducto, en el momento de tomar la

decisión de la inversión para el desarrollo de agua subterránea.

### 3.13 Evaluación del Proyecto

#### 3.13.1 Evaluación Económica

La evaluación económica para emergencias no es fácil de determinar en términos monetarios. De acuerdo a la evaluación realizada en este E/F 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

En este E/F se sugiere el desarrollo de 64 pozos, para el abastecimiento de agua en caso de emergencia. La cantidad de producción planeada de los 64 pozos es de 115.600 m<sup>3</sup>/día (1,338 m<sup>3</sup>/s).

El abastecimiento de agua para Bogotá depende fuertemente del sistema de conducción de Chingaza. Un desastre natural puede afectar este sistema. El desarrollo de agua subterránea diversifica los riesgos contra desastres.

Actualmente la capacidad de producción de la planta Wiesner es 13,5 m<sup>3</sup>/s. De acuerdo al desarrollo de agua subterránea se podrá diversificar el riesgo aritméticamente en 10% (=1,338/13,5).

##### (2) Bajo Costo de Desarrollo

El costo del desarrollo de agua subterránea se estudia en el Capítulo 3.9. Su costo estimado es de Col\$ 123.000 millones lo que equivale a US\$ 47.3 millones/m<sup>3</sup>/s. 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<sup>3</sup>/s para aguas superficiales, como se muestra en la Tabla-3.3-40. El costo total de inversión es de US\$2,277 millones: el costo promedio de la unidad es de US\$70.6 millones/m<sup>3</sup>/s.

**Tabla-3.3-40 Plan de Expansión de Abastecimiento de Agua del Acueducto**

Proyectos de Expansión	Costo de la Inversión	Caudal a ser Asegurado
	Millones US\$	m <sup>3</sup> /s
1. Desbordamiento del Embalse de Chuza	5,30	0,10
2. Canal de agua Chuza Norte, etapa 1-2	96,46	2,33
3. Canal de agua Chuza Norte, etapa-3	61,77	1,57
4. Embalse La Playa	59,11	1,05
5. Canal de agua Chingaza Suroriental	65,19	1,08
6. Embalse Regadera II	123,60	0,70
7. Canal de agua Sumapaz Aguas arriba	756,45	7,58
8. Canal de agua Sumapaz Cuenca media	1.109,26	17,82
Total	2.277,14	32,23
Costo de Inversión Promedio	70,6 millón US\$/ m <sup>3</sup> /s	

Fuente: Equipo de Estudio JICA con base en el “Plan de Expansión de Abastecimiento de Agua, Acueducto 2005”

Es evidente que el costo de desarrollo, por m<sup>3</sup>/s, del agua subterránea *es menor, por US\$ 23,3 millones* (=US\$70,6 millones – US\$47,3 millones) comparado con el costo del agua superficial para Bogotá D.C.

##### (3) Localización del Pozo Cerca al Área de Demanda

En los días posteriores al desastre predominará el abastecimiento puntual de agua, entre otras medidas para sostener la vida humana. El desarrollo de los 64 pozos cerca de las áreas residenciales permite el pronto suministro y distribución del agua a los ciudadanos. Esta rapidez de envío además de ahorrar tiempo reduce los costos de transporte.

### 3.13.2 Análisis Financiero

#### (1) Condición Financiera Actual del Acueducto

##### 1) Rentabilidad

Los estados de perdidas y ganancias de Acueducto desde el año fiscal (AF) 2004 hasta el 2008 se presenta en la Tabla-3.3-41, que indica con claridad, los excelentes resultados financieros que continuamente el Acueducto ha obtenido durante cada año.

- El ingreso neto ha crecido año tras año linealmente con el aumento del ingreso operativo. En el AF 2007 la tasa de ingreso neto a ingreso operativo registro un remarcable nivel de 14%.
- La tasa de cobertura de intereses durante el periodo de 4 años de 2004 a 2007 es de 5,5 en promedio; se disparó a 11.0 especialmente durante el 2007. Es obvio que el Acueducto ha ganado el suficiente ingreso operacional para cubrir el pago de intereses.

**Tabla-3.3-41 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 <sup>1)</sup>	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 <sup>2)</sup>	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)

##### 2) Seguridad y Solidez

La Hoja de balance del Acueducto desde el año fiscal 2004 hasta septiembre de 2008 (ver Tabla-3.3-42) refleja la continúa seguridad y solidez financiera del Acueducto.

- La tasa actual refleja la seguridad a corto plazo y se requiere generalmente entre 120 y 140%. La tasa actual del Acueducto indica entre 366 y 522%, lo que significa que el Acueducto retiene suficientes activos canjeables contra deuda de corto plazo.
- Los activos operacionales fijos como predios, equipos, maquinarias, vehículos y edificios son necesarios para mantener operaciones a largo plazo. De manera que la adquisición de tales activos fijos por lo general requieren igualmente de fondos a largo plazo. La tasa fija del Acueducto indica 84% - 87%, lo que significa que todos los activos fijos de operación han sido adquiridos utilizando fondos a largo plazo.
- La relación entre capital y activos indica un nivel alto, de 55% - 58%, lo que significa que más de la mitad de los activos se han adquirido con fondos propios.

**Tabla-3.3-42 Hoja de Balance (1.000 millones Col\$)**

Activos						Pasivos y Capital							
Ítems		'04	'05	'06	'07	'08	Ítems		'04	'05	'06	'07	'08
Activos Corrientes		899	1,097	1,211	1,157	1,320	Corriente		205	229	232	262	361
Activos Fijos	Predios	163	187	200	228	235	Fijo		2.360	2.508	2.502	2.689	2,780
	Depreciables	2.931	3.062	3.178	3.521	3.698	Total Pasivos		2.565	2.737	2.734	2.951	3,141
	Otros	1.766	1.744	1.844	2.031	2.125	Capital		3.194	3.353	3.699	3.986	4,237
	Total	4.860	4.993	5.222	5.780	6.058	Total		5.759	6.090	6.433	6.937	7.378
Tasa													
1. Capital/Activos		55%	55%	58%	57%	57%							
2. Tasa Fija <sup>1)</sup>		88%	85%	84%	87%	86%							
3. Tasa Corriente <sup>2)</sup>		439 %	479 %	522 %	442 %	366 %							

Nota: 1) Tasa Fija = Activos Fijos (Predios + Activos depreciables)÷(Pasivos Fijos + Capital), 2) Tasa Corriente = Activos Corrientes ÷ Pasivos Corrientes

Fuente: Acueducto (Departamento Financiero)

### 3) Flujo de Caja

La proyección del flujo de caja del Acueducto se presenta en la Tabla-3.3-43. 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-3.3-43 Proyección del Flujo de Caja (1.000 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

## (2) Evaluación Financiera

### 1) Financiación del 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 en el Capítulo 3.12.

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

### 2) Capacidad de Pago de Deuda

El pago de la deuda (pago del préstamo más sus intereses) anteriormente mencionada se presenta la Tabla-3.3-44. La Tabla-3.3-44 muestra que el pago anual máximo es de Col\$ 23.900 millones al 2024 y el promedio anual de Col\$12.800. Este pago representa solo el 10% de los Col\$ 129.000 millones de la deuda que pago el Acueducto en 2007.

**Tabla-3.3-44 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 de Banco doméstico	123.000	13,5%	12 años	3 años	23.900 En 2024	12.800
Referencia*: Préstamo Pendiente Año 2007 = 568.000		Pago: 83.000		Intereses pagos: 46.000	-	129.000

Fuente: Equipo de Estudio JICA y Datos Financieros del Acueducto (\*).

El Acueducto considera posible el susodicho pago de deudas, teniendo en cuenta el nivel suficiente del balance de flujo de caja presentado en la Tabla-3.3-43 y el alto nivel de capacidad de pago de la Tabla-3.3-45.

**Tabla-3.3-45 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 de JICA

### 3) Rentabilidad

La proyección de ganancias y pérdidas del Acueducto se presenta en la Tabla-3.3-46. La ganancia operativa crece año tras año. El ingreso neto también resulta positivo cada año.

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 Col\$ 19.100 millones 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-3.3-46 Proyección de Pérdidas y Ganancias (1.000 millones Col\$)**

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: EBITDA=Ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización.

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

### 4) Recuperación del Costo de Inversión

El proyecto de desarrollo de agua subterránea tiene como objetivo principal el abastecimiento de emergencia, pero no la expansión de consumidores. De modo que el Acueducto no puede generar ganancias operativas adicionales de este proyecto y así recuperar el costo del desarrollo.

Por otro lado, si se tiene en cuenta la tarifa del agua, el Acueducto puede recuperar el costo del desarrollo si este es incorporado a la tarifa de acuerdo a la siguiente fórmula:

**Fórmula para Establecer la Tarifa**

Tarifa = Tarifa Fija + Tarifa de Consumo

1) Tarifa Fija: CMA

2) Tarifa de Consumo: CMO + CMI + CMT

Nota: CMA: costo administrativo promedio, CMO: costo de operación promedio,

CMI: costo de inversión, CMT: costo promedio de labores ambientales

Sin embargo esta decisión depende principalmente de la Gerencia General.

### 3.13.3 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 E/F: uno es el suministro de agua puntual y el otro el suministro de agua en red. Entre los 64 pozos, 11 son exclusivamente para el abastecimiento puntual de agua, mientras que los restantes 53 están diseñados para abastecimiento puntual y en red. La población servida por ambos métodos esta estimada respectivamente como se presenta a continuación (ver Tabla-3.3-47):

- 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

**Tabla-3.3-47 Población Posiblemente Servida**

Método de Abastecimiento	Producción	Tasa de Pérdida de Agua <sup>1)</sup>	Consumo	Tasa de Consumo Unitaria	Población Posiblemente Servida
	(m <sup>3</sup> /día)		(m <sup>3</sup> /día)	(litro/día/persona)	
Abastecimiento Puntual	115.600	-	115.600	15 <sup>2)</sup>	7.700.000
Abastecimiento en Red	95.000	37%	59.850	100 <sup>3)</sup>	600.000

Nota: 1) Tasa de Pérdida de Agua: datos de los primeros 6 meses del 2006, 2) 15 L/día/persona: tasa objetivo del abastecimiento puntual del Acueducto, 3) 100 L/día/persona: tasa de consumo promedio estimada para el año 2007.

Fuente: Equipo de Estudio JICA

#### (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. Los bomberos de Bogotá son los encargados de apagar las llamas. El proyecto pretende construir tanques y tubos de distribución que permiten la toma de agua en caso de las actividades realizadas por los bomberos

#### (3) Aumento de la Oportunidad de Empleo

En la ejecución del proyecto, los trabajos de construcción podrán ofrecer nuevas oportunidades de trabajo para los habitantes de la zona y para el sector de la construcción en general. El consumo de los trabajadores estimulará las actividades económicas de la región. Por lo tanto, el aumento en el consumo de los nuevos trabajadores repercutirá en un efecto económico multiplicado en la región, lo que activará la economía regional.



## **CAPÍTULO 4 RECOMENDACIONES**

### **(1) Temprana Implementación de los Proyectos Propuestos**

El acueducto cuenta con un plan de desarrollo del recurso hídrico a largo plazo que consiste del desarrollo de los recursos del área de Chingaza. De acuerdo a este plan, el Acueducto expandirá en el futuro la distribución de agua desde el área de Chingaza, gracias a la alta eficiencia del Sistema Chingaza frente a los demás. De otro lado, se sabe que la distribución de agua desde Chingaza a través del largo túnel, es vulnerable a la suspensión de agua por un desastre natural, como un terremoto. Para enfrentar este problema, los recursos de agua alternativos en caso de emergencia fueron examinados y fue propuesto en este Estudio el P/M del abastecimiento de emergencia mediante agua subterránea alrededor de la ciudad de Bogotá. El Acueducto esta programado para revisar el plan de desarrollo en el año 2009. Después de confirmar la importancia del abastecimiento de agua de emergencia, el Acueducto deberá implementar el proyecto propuesto tan pronto como sea posible.

### **(2) Importancia Del Proyecto Piloto**

En el Estudio del Plan Maestro fue dada la prioridad a los proyectos propuestos: i) Proyecto Piloto, ii) Proyecto Oriental, iii) Proyecto Sur, iv) Proyecto Yerbabuena. El proyecto piloto, que utilizará los pozos existentes dentro de la ciudad de Bogotá deberá ser implementado antes que los otros proyectos. El Acueducto deberá implementar este proyecto tan pronto como sea posible, para una pronta puesta en marcha de los proyectos siguientes.

### **(3) Perforación de pozos Dentro del Área de Protección Forestal**

El centro de Bogotá se ubica cerca de los Cerros Orientales. El agua subterránea de los pozos puede abastecer el centro de la Ciudad en caso de emergencia. Por otro lado, el área de protección forestal, donde está prohibida la perforación de pozos, se distribuye sobre los Cerros Orientales, cerca al centro de la Ciudad. Sin embargo, su condición geológica es favorable para la perforación de pozos. Es importante que entre contraparte se discuta la restricción para la perforación de pozos dentro del área de protección forestal, teniendo en cuenta la enmienda de la regulación.

### **(4) Mejora del Resultado del Estudio por Parte de la Contraparte Colombiana**

El agua subterránea de los Cerros Orientales y Sur debería desarrollarse para un abastecimiento de emergencia. Esta propuesta se hace de acuerdo a los resultados del Estudio, incluyendo el análisis hidrogeológico, el sondeo geofísico, el análisis del balance hídrico y la simulación de aguas subterráneas, implementados por el Equipo de Estudio JICA. Se sugiere que la contraparte colombiana mejore los resultados del Estudio, incluyendo el modelo de simulación, adicionando nuevos datos.

### **(5) Abastecimiento Integrado de Agua en Caso de Emergencia**

Se deben preparar varias alternativas para el abastecimiento de agua en caso de emergencia. El proyecto propuesto, abastecimiento de agua en caso de emergencia mediante agua subterránea, es una de ellas, presentando ventajas únicas y diferentes. Empleando todas las alternativas de abastecimiento de agua en caso de emergencia, se mitiga el daño al sistema de abastecimiento de agua de Bogotá y sus municipios aledaños, causado por un desastre natural.