



MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
DIRECCION GENERAL DE AGUAS Y SUELOS



ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS CUENCA QUILCA - CHILI

ANEXO D



E
P 10
I 5 04 5

D

LIMA - PERU
1997

ANEXO D

CARACTERISTICAS DE LOS USOS POBLACIONALES E HIDROENERGETICOS

INDICE

1. INTRODUCCION
2. EL SISTEMA DE AGUA POTABLE
 - 2.1 CARACTERISTICAS DEL AREA SERVIDA
 - 2.2 RESUMEN DE LA INFRAESTRUCTURA
 - 2.3 PLANES EN EL CORTO Y MEDIANO PLAZO
 - 2.3.1 Agua Potable
 - 2.3.2 Tratamiento de Aguas Servidas
3. EL SISTEMA HIDROELECTRICO CHARCANI
 - 3.1 CARACTERISTICAS GENERALES
 - 3.2 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI I
 - 3.3 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI II
 - 3.4 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI III
 - 3.5 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI IV
 - 3.6 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI V
 - 3.7 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI VI
 - 3.8 CARACTERISTICAS DE LA PRODUCCION HIDROELECTRICA
 - 3.9 PLANES Y PROYECTOS DE CORTO PLAZO
 - 3.10 PROGRAMAS ANUALES DE MANTENIMIENTO

RELACION DE CUADROS

- D-1 Reducción del Volumen de Agua no Contabilizada Respecto de la Producción.
- D-2 Desagregado del agua no contabilizada en 1990
- D-3 Balance de Aguas Servidas (AS) para la Red de Alcantarillado 1990 (valores en m³/día)
- D-4 Colectores Principales a Ampliar (Tuberías nuevas de fierro fundido)
- D-5 Características del Sistema Hidroeléctrico Charcani
- D-6 Producción Hidroeléctrica de Charcani V (MWH)
- D-7 Producción Hidroeléctrica de Charcani VI (MWH)

RELACION DE FIGURAS

- D-1 Esquema de Obras Existentes y Proyectadas de Agua Potable



E
PID
ISO 45
D

PE 20110812134259

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA	
ANA	
BIBLIOTECA	
Procedencia:	_____
Ingreso:	018213
Fecha:	_____
Nº:	_____



ANEXO D

CARACTERISTICAS DE LOS USOS POBLACIONALES

E HIDROENERGETICOS



1. INTRODUCCION

Aparte de los usos agrícolas, los recursos hídricos del río Chili son empleados también para satisfacer las necesidades de la demanda poblacional de la Ciudad de Arequipa, para producir energía hidroeléctrica en el Sistema Charcani, y para distintos usos industriales y mineros, de los cuales el más importante es el correspondiente a la mina Cerro Verde.

Esto le confiere un carácter particular a la cuenca del río Chili, porque los usos del recurso hídrico son multisectoriales. En este anexo se tratan particularmente dos de ellos, los usos poblacionales y los hidroenergéticos, por que son quienes utilizan los mayores volúmenes del recurso hídrico.

2. EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El servicio de agua potable en Arequipa presta atención a los 700,000 habitantes de la ciudad. Este servicio es proporcionado por la Empresa de Servicios de Agua Potable y

Alcantarillado de Arequipa, SEDAPAR.

El recurso hídrico tiene origen en dos fuentes: una que proviene del caudal regulado en el río Chili y otra del manantial La Bedoya, ubicado en el distrito de Chiguata, y que pertenece a la cuenca del río del mismo nombre.

Actualmente, la población es abastecida desde el Chili con 1,450 lts/s y desde el manantial La Bedoya con 220 lts/s.

2.1 CARACTERISTICAS DEL AREA SERVIDA

La ciudad de Arequipa está ubicada en un valle rodeado de montañas de origen volcánico, a una altura de 2,332 msnm, a 16° 22' de longitud sur y 71°34' de latitud este.

El núcleo de la ciudad comprende un área urbanizada de 5,000 ha. Las proyecciones de crecimiento indican que para el año 2010 tendrá una población de 1'259,536 habitantes, en una extensión de 2,298 ha.

La provincia de Arequipa tiene 26 distritos, de los cuales 11 distritos están incluidos en los estudios de los planes maestros. Estos distritos son: Arequipa, Alata, Cayma, Cerro Colorado, Mariano Melgar, Miraflores, Paucarpata, Sabandía, Sachaca, Socabaya y Yanahuara.

La ciudad está situada en un valle que corre de norte a sur, rodeada de cumbres volcánicas (Chachani, Misti y Pichu-Pichu) de hasta 6,057 msnm.

La pendiente del valle de Arequipa desciende de norte a sur, y asciende desde el centro en direcciones este y oeste. El perfil en la dirección oeste-este, presenta la forma de una depresión que baja de 2,400 msnm en el oeste hasta 2,325 msnm en el centro de la ciudad, y sube nuevamente a 2,630 msnm al este, que representa el límite topográfico actual para las zonas urbanizadas que se desarrollan en las faldas del volcán Misti.

Según la última actualización del Plan Director de Desarrollo Urbano de Arequipa, se ha establecido como límite superior de urbanización la cota 2,700 msnm, lo que

representa también el límite para la futura atención de servicios de agua y alcantarillado.

El área de la ciudad es recorrida por el río Chili y por cuatro grandes torrenteras, que dividen el casco urbano actual en sus diferentes áreas de abastecimiento.

Las diferencias de altura en los diversos sectores urbanos que cuentan con abastecimiento de agua potable y alcantarillado, alcanzan hasta 350 m y aumentarán a 475 m en el futuro.

2.2 RESUMEN DE LA INFRAESTRUCTURA

El agua que proviene del río Chili es captada inmediatamente aguas abajo de la Central Hidroeléctrica Charcani II, en la toma Zamácola que da origen al canal del mismo nombre y que, aparte de servir al uso poblacional, es utilizado por los sectores de riego Cayma, Zamácola y Alto Cural. La toma es propiamente el inicio del túnel de derivación, con compuertas. Ver la Figura D-1.

La derivación tiene aproximadamente 5 km de túneles y 2 km de conducto abierto. La captación de agua potable se desarrolla mediante un partidor automático y compuertas; inmediatamente al inicio de la derivación para agua potable se tiene un medidor Parshall que funciona bien como estructura de medición. Casi inmediatamente después del aforador se tiene el desarenador para eliminar material sólido de arenas y gravas pequeñas.

Después del desarenador, la conducción hacia la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Tomilla se desarrolla íntegramente en tubería.

En la Planta de La Tomilla el agua es sometida a un proceso de sedimentación-floculación. Para producir tal tratamiento se emplean nominalmente hasta tres sistemas, los mismos que se han venido implementado según el crecimiento de la planta. Luego de efectuar el filtrado del agua tratada, es sometida a un proceso de clorinización de forma gaseosa por un tiempo aproximado de 5 minutos. Finalmente es almacenada en un gran vaso cerrado de regulación y de allí enviada a

los circuitos de la red y a los tanques de regulación.

El agua cruda captada del río Chili se presenta apta para el consumo humano siempre y cuando se efectúen los tratamientos convencionales.

El agua proveniente del manantial La Bedoya, en el distrito de Chiguata, es captada por una cámara de 5 x 8 m, a la cual están acopladas dos cámaras de válvulas. De allí es conducida a la regulación R-10, mediante una tubería de diámetro nominal 600 mm y de una longitud aproximada de 10 km. Casi un 40 % de esta longitud se encuentra en mal estado y presenta fugas; casi 9,600 m son de concreto reforzado y 420 m de acero.

Esta agua se caracteriza por el alto contenido de CO₂ libre, entre 65-70 partes por millón, que la hace altamente corrosiva; su dureza es mediana, aproximadamente 8 grados de dureza alemana.

Antes de ingresar a la regulación R-10, el agua sube a un aereador, que consta de 4 cascadas concéntricas, y que teóricamente debe remover un 50 % del CO₂ libre. En la bajada del aereador se inyecta cloro gaseoso para desinfectar el agua. Inmediatamente después es ingresada al tanque R-1 y, finalmente, distribuida en los circuitos de la red.

El tratamiento global que se da actualmente a las aguas servidas es deficiente. La red de alcantarillado existente sigue, en su mayor parte, la dirección de drenaje natural definida por la topografía, hacia el suroeste. La red converge en la parte mas baja de la ciudad, en la margen izquierda del río Chili, descargando mas de la mitad de las aguas servidas en la zona de Alata, sin recibir ningún tratamiento (estas aguas se suman a las que transitan libremente por el río Chili, y utilizadas para fines agrícolas en Uchumayo y en las Pampas de La Joya).

El resto de las aguas servidas son conducidas para su tratamiento a la Planta de Chillpina. Con esta planta esta fuertemente sobrecargada la calidad del tratamiento es deficiente. Actualmente esta planta opera con una producción diaria de 300 lts/s, y sus aguas son utilizadas

en la denominada Irrigación Salaverry.

Merece mencionarse que las aguas servidas del centro de la ciudad pueden ser conducidas indistintamente hacia Alata o Chillpina. Debido a la sobrecarga en Chillpina son conducidas hacia Alata. Estas aguas no sólo sirven a usos domésticos, sino que incluyen usos industriales.

2.3 PLANES EN EL CORTO Y MEDIANO PLAZO

El desarrollo del Agua Potable y el Alcantarillado de Arequipa se ejecuta en base a un Plan Maestro al año 2010, desarrollado con cooperación financiera alemana (Kreditanstalt für Wiederaufbau, KfW).

Las metas en el corto y mediano plazo distinguen claramente dos aspectos: el agua potable y el tratamiento de las aguas servidas.

Para el caso del agua potable las metas han sido condicionadas por las dificultades que presenta la ejecución del Proyecto Afianzamiento Hídrico de la Cuenca del Río Chili. Este proyecto, como se describe en el Anexo G, tiene como objetivo el incremento del caudal regulado del embalse Aguada Blanca; debido a los beneficios multisectoriales que producirá en los sectores agua potable, energía, agricultura y minería su financiamiento y ejecución necesita de la concertación interinstitucional, que en la actualidad aparece incierta mientras se espera la dación de la nueva Ley General de Aguas.

Mientras tanto, como parte de la Etapa 1A-Complementaria el programa considera en el corto plazo:

- La rehabilitación del Sistema La Bedoya.
- El desarrollo de un ambicioso programa de macro/micro medición.

En el caso del tratamiento de las aguas servidas los programas de corto plazo consideran:

- La rehabilitación de la Planta de Tratamiento de

Chillpina.

- El tendido de 32.5 km de colectores principales, ampliaciones y construcción nueva, necesarios para conformar el sistema de recolección a las nuevas plantas de tratamiento.
- Construcción de nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas (que pueden ser las Plantas Las Peñas y Tiabaya-Alternativa AS-3, o, en su defecto, la Planta Pampa Estrella-Alternativa AS-4).

A la fecha, todo parece indicar que SEDAPAR ha optado por la construcción de Pampa La Estrella. No obstante, hay que reiterar, que este proyecto se ejecuta sin la debida concertación con los diversos sectores que utilizan el recurso hídrico, y muy particularmente con los usuarios agrícolas de la Irrigación La Joya y el Valle de Vitor. El proyecto, tal como está concebido, disminuirá los recursos hídricos para la Irrigación La Joya.

Recientemente, el 27 de diciembre de 1996, mediante Decreto Supremo N° 131-96-EF, se aprobó la operación de endeudamiento externo entre la República del Perú y el Kreditanstalt Fur Wiederaufbau (KfW) hasta por DM 47'966,41400, destinada a financiar el Proyecto Obras de Conducción, Tratamiento y Disposición Final de Aguas Servidas Pampa Estrella-Arequipa III, designándose a SEDAPAR como la Entidad Ejecutora.

2.3.1 Agua Potable

Debido a la postergación temporal de la necesidad de ampliación de nuevos sistemas de captación y tratamiento de agua cruda, los planes para una ampliación y mejoramiento del servicio consideran:

a) *Rehabilitación del Sistema La Bedoya*

Como su nombre lo indica tiene como objetivos básicos la reducción de pérdidas y mejoras en la línea de conducción, así como una mejora significativa del tratamiento de potabilización.

Los controles que efectúa SEDAPAR en el manantial La Bedoya indican que tiene un caudal casi constante de 220 lts/s, el mismo que ha sido utilizado para la nueva línea de conducción, el dimensionamiento del aereador proyectado y la nueva estación de clorinización.

La nueva línea de conducción debe reemplazar progresivamente a la actual, para lo cual se ha proyectado una nueva tubería de diámetro 500 mm. Ello se complementa a un conjunto de medidas tales equipamiento con válvulas automáticas de aire, válvulas de purga instaladas en casetas dobles, instalación de macro medidores, etc. para mejorar las condiciones de operación de la conducción.

Para la reducción del alto contenido de CO₂ libre en el agua, de 65-70 ppm, que las hace agresivas, a valores del orden de 10-15 ppm, se ha previsto la construcción de una torre de aereación que funciona bajo el principio de contracorriente. En ese caso, el agua ingresa por arriba por la presión existente en la tubería donde es dispersada finamente; el aire, impulsado por un ventilador, ingresa por la parte baja y sube contra la corriente de agua dispersada que cae. El aire arrastra consigo el CO₂ libre contenido en el agua, y sale del aereador por la parte alta después de pasar por una trampa tipo "demister", para separar el agua restante del aire.

La nueva estación de clorinación será reubicada del costado del aereador al lado del reservorio N8. Para la desinfección del agua con cloro gaseoso dosificado se ha previsto la instalación de un equipo que funciona al vacío. El equipo será instalado en un local de 3 salas: una para los clorinadores, otra para el equipo eléctrico y una tercera para la instalación de los tanques de cloro de 1 tonelada.

La inversión total asciende a 2.66 millones de dólares USA.

b) *Programa de Macro/Micro Medición*

Este tiene como finalidad reducir drásticamente las actualmente altas pérdidas no contabilizadas, controlar en mejor forma el consumo de los usuarios y mejorar la capacidad de captación de ingresos de SEDAPAR.

La macro medición esta referida a las instalación de medidores de caudal en:

- Los puntos iniciales y finales de las líneas de aducción y/o matrices por gravedad.
- En los puntos iniciales de las líneas que salen de los reservorios.
- En las líneas de impulsión (casetas de bombeo).
- En las líneas que salen de matrices para alimentar a las redes de distribución.

La micro medición que se obtiene separadamente en cada uno de los circuitos abastecidos por un reservorio o una derivación directa de una matriz donde se encuentra el macro medidor correspondiente, con cuyo aforo periódico será comparada la suma de las cantidades distribuidas/facturadas en el mismo periodo.

Es necesario destacar que para que el programa produzca los resultados esperados es necesario independizar los circuitos de la red de distribución y actualizar permanentemente el catastro de usuarios y consumo por circuito.

En el plan maestro se prevé una reducción del volumen no contabilizado de agua respecto a la producción, que se estima debería producirse como se muestra en el Cuadro D-1.

Lo que significa que se prevé una reducción lineal de esta variable para los años 1990 a 1995 del orden de 2 % por año, y para el periodo 1995 a 2002 de 1.43 por año.

Entre los años 90 y 91 SEDAPAR efectuó un programa preliminar de estas mediciones en dos circuitos pilotos: California (R17) y Hunter (R13). Encontró que para el circuito California se tenía que un 42 % del volumen distribuido no fue contabilizado/facturado, y que para el circuito Hunter este valor fue del 44 %.

Las pérdidas que se producen y/o no se contabilizan se muestran para el año 90 en el Cuadro D-2.

El Cuadro D-2 indica que las pérdidas E1-E5 son aquellas que con menos dificultades pueden ser reducidas, ya que requieren solo la instalación de medidores en la conexión correspondiente; en ese caso un 18.3 % del agua distribuida puede recuperarse para la facturación. Solo el caso E3 es problemático en tanto requiere una labor de detección del consumo clandestino.

Las pérdidas tipo D, subregistro de medidores, se deben al tipo de medidor instalado en la mayoría de conexiones domiciliarias, ya que se tratan de medidores para un caudal nominal de 3 m³/hora, que es bastante alto y que no registran caudales mínimos. Si se emplearan medidores de caudales nominales menores, el problema aún subsistiría, estimándose que solo es posible reducir este tipo de pérdidas a la mitad del valor actual (40 %).

Con la implementación del programa de macro/micro medición, se obtendrá una herramienta potente para monitorear constantemente el desarrollo del consumo de agua potable; permite además tener una herramienta potente de decisión, para anticiparse a los requerimientos de ampliaciones del sistema.

La inversión necesaria asciende a 1.95 millones de dólares.

2.3.2 Tratamiento de Aguas Servidas

Las aguas servidas se originan de los consumos poblacionales e industriales.

En un inventario elaborado por SEDAPAR se determino que existen 68 industrias establecidas en el área urbana de Arequipa y 1 en Tiabaya, con descargas de aguas servidas a colectores, ríos y canales. Muchas de ellas utilizan aguas superficiales, provenientes de los servicios que presta SEDAPAR, existiendo también aquellas que utilizan fuentes propias subterráneas.

De las 68 industrias, 3 descargan actualmente a los colectores que drenan a la Planta de Chillpina, 51 descargan a los colectores que drenan hacia la zona de Alata, 7 lo hacen en forma mixta (una parte de sus aguas

servidas a los colectores de Alata y otra parte al río Chili o canales), 1 a un silo y 4 de ellas directamente al río Chili.

Solo el 6 % de las industrias encuestadas tiene un análisis físico-químico de sus aguas servidas y ninguna un análisis bacteriológico. Menos del 13 % cuentan con un tratamiento primario que en la mayoría de los casos es deficiente; el resto no tiene ningún tipo de pre-tratamiento.

El 16 % de las industrias ubicadas en el área urbana tiene pozo propio y muchas de ellas además tienen conexión a la red de agua potable. No hay un conocimiento organizado acerca de este tipo de explotación, ya que no se conoce el estado de conservación, curva de rendimiento de los pozos, características técnicas, volumen de explotación, horas de funcionamiento ni la calidad de las aguas explotadas.

Solo para ilustrar los compuestos físico químicos contenidos en las aguas servidas industriales se muestra la siguiente relación.

Curtiembre XXX. Compuestos: PH 6.7, 3.3, 8.3; sólidos filtrantes 326 mg/l, cromo equivalente 0.040 mg/l; taninos 7.20 mg/l; fierro positivo. Pre-tratamiento: sedimentación, cribado, decantado, neutralizado.

Curtiembre YYY. Compuestos: Sulfuros, hidróxidos de calcio, cromo, cloruro de sodio. Pre-tratamiento: Retención de gruesos, sedimentación.

Gaseosas XXX. Compuestos: Cloro 3 mg/l, alcalinidad total (hidróxidos y carbonatos) 558 mg/l, sólidos totales disueltos 2,600 mg/l. Pre-tratamiento: Sedimentación de lodos, sedimentación.

Conservas y Leches XXX. Compuestos: Detergentes a base de fosfatos y polifosfatos, residuos básicos, ácidos muy diluidos, residuos diluidos de leche. Pre-tratamiento: Sedimentación y neutralización.

Papelera XXX. Compuestos: Tinta 0.31 %, rellenos de papel, blanqueadores 7 %, resinas y pigmentos orgánicos 0.1 %. Pre-tratamiento: Desarenado y trampa de sólidos.

En los cálculos efectuados para el desarrollo del plan maestro se determinó que un 11 % del caudal distribuido es consumido por la industria, y que un 89 % corresponde al uso doméstico/público/comercial.

Las aguas servidas industriales localizadas, provenientes del agua potable, corresponden al 6.7 % del total de aguas servidas, lo que significa que un 4.3 % de las descargas de aguas servidas provenientes del agua potable no han sido localizadas. En otras palabras, un 40 % del agua servida industrial no tiene localización, ni menos se conoce su naturaleza.

Un balance de las aguas servidas en la red de alcantarillado se muestra en el Cuadro D-3.

Estos resultados coinciden con los aforos ejecutados en cada una de las partes finales de las cuencas. Para la cuenca de Alata, aguas no tratadas, los resultados indican un caudal de $0.494 \text{ m}^3/\text{s}$, y para la cuenca de Chillpina de $0.324 \text{ m}^3/\text{s}$.

a) Rehabilitación de la Planta de Chillpina

Esta planta fue proyectada en 1959 y construida entre 1967 y 1969.

Las principales componentes de la planta son: Tanque Imhoff con sedimentador y digestor, filtro biológico, sedimentador secundario, lechos de secado de lodos, cámara de cloración; cuenta también con un triturador, un desarenador y un medidor Parshall.

Las investigaciones sobre la capacidad de la planta realizadas para el plan maestro, dieron como resultado que para lograr una adecuada calidad del efluente, de por ejemplo $\text{DBO}_5 \leq 30 \text{ mg/l}$, la planta solo puede ser cargada del siguiente modo:

Máximo caudal diario de AS	: $11,300 \text{ m}^3/\text{d}$
Máximo DBO_5	: $3,880 \text{ kg/d}$
Habitantes equivalentes	: $78,000 \text{ hab. equiv.}$

Para asegurar este rendimiento de depuración deben llevarse a cabo una serie de trabajos de mantenimiento y reparación, así como trabajos complementarios.

Las principales medidas complementarias consisten en la reposición de la cámara de deposición de arena del desarenador existente. El agua filtrada será bombeada de regreso al desarenador. Construcción de una cámara de cloración para la desinfección adecuada del efluente (el efluente es descargado a una torrentera próxima y utilizada para el riego de terrenos de cultivos aledaños).

Algunos trabajos de reparación y mantenimiento son: Reposición de los vertederos de los sedimentadores de los tanques Imhoff. Reposición de las platinas para distribución de los rociadores giratorios de los filtros biológicos. Lavado del material de los filtros biológicos en las zonas que, debido a la formación de charcos, se han colmatado. Limpieza de las tuberías de ingreso a los sedimentadores secundarios.

Merece comentarse que actualmente debido a una sobre carga de la planta, se procesan deficientemente 300 lt/s.

La inversión necesaria asciende a 0.30 millones de dólares.

b) Colectores Principales

La necesidad de efectuar trabajos en las redes de los colectores principales, obedece a la adaptación de la red existente a la situación que se generará con las nuevas plantas de tratamiento de aguas servidas, y a la ampliación de algunos colectores principales para adaptarlos a los nuevos caudales esperados.

Debido a la mejora del sistema de abastecimiento de agua potables en grandes zonas, se hacen necesarias ampliaciones de colectores existentes, especialmente al Este de la ciudad. Por el contrario, los colectores en la zona del río Chili han sido dimensionados con gran capacidad de reserva desde un comienzo y por ello su capacidad es en gran parte suficiente para las necesidades de la presente década.

Un resumen de las ampliaciones que actualmente se ejecutan se muestra en el Cuadro D-4

El costo de la inversión asciende a 4.76 millones de dólares.

c) Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas

El Plan Maestro estudió dos posibilidades básicas para mejorar el tratamiento de las aguas servidas en Arequipa. Una de ellas, denominada Alternativa AS3, consiste en la construcción de dos Plantas de Tratamiento, Tiabaya y Las Peñas, ubicadas ambas al extremo sur de la ciudad. La otra, denominada Alternativa AS4, consta de una Planta de Tratamiento denominada Pampa Estrella, ubicada en la margen derecha del Chili.

c.1 Alternativa AS3, Plantas Tiabaya y Las Peñas

La Planta de Tratamiento de Tiabaya consta de 5 baterías de lagunas y los siguientes tiempos de retención.

Por cada batería se tiene:

- 1 laguna anaeróbica, 1.21 ha, 4 días
- 1 laguna aireada, 1.21 ha, 4 días
- 2 lagunas de sedimentación, cada una de 1.34 ha, 2 días

En cada laguna aireada se instalarán 4 aireadores de 30 kw de potencia cada uno.

La disminución del DBO5 es como sigue:

Ingreso	: 249 mg/l
Salida de la laguna anaeróbica	: 137 mg/l
Salida de la laguna aireada	: 71 mg/l
Salida última lag. de sedimentación	: 21 mg/l

El efluente de la planta todavía contiene 850,000 bacterias fecales por cada 100 ml. Si se quiere utilizar el agua para sembríos alimenticios, la concentración no debe exceder a

10,000 por cada 100 ml, y en el caso de descarga al río la concentración no debe exceder a los 1,000 por cada 100 ml.

La planta tiene un área de 43 ha y el terreno actualmente está dedicado íntegramente a la agricultura.

La inversión necesaria es de 11.96 millones de dólares.

La Planta de Tratamiento de Las Peñas consta de 4 baterías de lagunas de las siguientes características:

Por cada batería se tiene:

- 1 laguna anaeróbica, 1.02 ha, 4 días
- 1 laguna aireada, 1.02 ha, 4 días
- 2 lagunas de sedimentación, cada una de 1.14 ha, 2 días

En cada laguna aireada se instalarán 4 aireadores de 30 kw de potencia cada uno.

La disminución del DBO5 es como sigue:

Ingreso	: 290 mg/l
Salida de la laguna anaeróbica	: 160 mg/l
Salida de la laguna aireada	: 82 mg/l
Salida última lag. de sedimentación	: 23 mg/l

Al igual que en la planta de Tiabaya, el efluente tiene 850,000 bacterias fecales, por lo que es necesario clorinar.

La planta tiene un área de 30 ha, y esta ubicada al sur del río Socabaya. El terreno también actualmente está cultivado. Requiere probablemente protección para el caso de crecidas.

La inversión necesaria es de 8.40 millones de dólares.

c.2 Alternativa AS4, Planta Pampa Estrella

La planta de lagunas aireadas de Pampa Estrella tiene el mismo tamaño y las mismas instalaciones técnicas que las plantas de Tiabaya y Las Peñas juntas. A ello hay que sumar una reja, una estación de cloración, un edificio de operación y una línea de transmisión eléctrica. El área total requerida es de 43 ha para la primera fase y 89 ha para el desarrollo final (2010).

Una línea de 30 kV será traída desde una distancia de 12 km, del Parque Industrial de Arequipa.

SEDAPAR considera actualmente que el diseño de la planta puede ser en base a lagunas aireadas, o a lagunas no aireadas. La definición se efectuará cuando se desarrolle el estudio definitivo.

Este proyecto necesita de un emisor importante. El emisor se conecta a la red de colectores existentes un poco antes del actual descarga de Alata, entre la línea de ferrocarril y el río Chili, con una cota de fondo de 2,191 msnm. El emisor llega a la planta con una cota de fondo 2,144 msnm. Está compuesto de los siguientes tramos:

Tubería en zanja	:	2,760 m
Túnel	:	8,155 m
Puente sobre el río Chili	:	420 m
Puente sobre la quebrada Añashuayco	:	90 m
Puente sobre la quebrada Escalerilla	:	75 m
Longitud total	:	11,500 m

La inversión en la planta se estima en 20.15 y 28.34 millones de dólares, para los casos de lagunas aireadas y lagunas no aireadas.

La inversión en el emisor Pampa Estrella asciende a 15.99 millones de dólares.

Recientemente SEDAPAR parece haber optado por la construcción de la Alternativa AS4, Planta de Tratamiento Pampa Estrella.

Entre otras razones económico financieras, hay que señalar que la construcción de las plantas Tiabaya y Las Peñas significan reducción de tierras agrícolas de alta rentabilidad, con énfasis en la primera planta citada. Otra razón es que la planta Pampa Estrella se adapta mejor a futuros y mayores crecimientos, porque permite complementar la atención de aguas servidas al cono norte de la ciudad.

Debe advertirse también que el uso final de las aguas tratadas en Pampa Estrella deben respetar los usos actuales establecidos, particularmente los de las irrigaciones de la Pampa de La Joya.

3 EL SISTEMA HIDROELECTRICO CHARCANI

3.1 CARACTERISTICAS GENERALES

El sistema hidroeléctrico Charcani, está ubicado sobre el río Chili, inmediatamente aguas abajo del embalse Aguada Blanca y antes de la primera toma para fines agrícolas y poblacionales (Canal Zamácola de La Campiña).

Este sistema es actualmente operado por la Empresa Generadora de Electricidad de Arequipa (EGASA).

Consta de un conjunto de 6 hidroeléctricas, de diversas capacidades y distintos años de operación, entre las cuales la más importante es la central hidroeléctrica de Charcani V, puesta en operación en noviembre de 1988.

Las principales características de las centrales hidroeléctricas se muestran en el Cuadro D-5.

3.2 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI I

a) Estructura de Captación

Constituida por un barraje de mampostería de piedra perpendicular al río para derivar las aguas.

La bocatoma tiene muros y piso de mampostería de piedra con pasarela de concreto, (2) compuertas de madera con marcos de izaje metálicos, (2) ventanas de captación y rejilla metálica, una compuerta de limpia y una compuerta de control instalada antes del ingreso al canal de derivación.

b) Desarenador

Estructura de forma rectangular de mampostería de piedra con (2) compuertas de madera limpia y una compuerta de control de características similares ya descrita.

c) Canal de Derivación

De forma rectangular, el primer tramo empalma con el canal de descarga de la Central III; luego sigue su trazo a un costado de la carretera hasta llegar al desarenador; los muros y pisos son de piedra labrada y mortero de cal y canto.

d) Cámara de Carga

Es una sola estructura de forma rectangular de mampostería de piedra con dos componentes antes del ingreso de las tuberías de presión, una compuerta para el canal de demasía, con sus respectivas rejillas metálicas, para eliminar los materiales de suspensión.

e) Casa de Máquinas

Constituida por un solo ambiente donde se ubica dos tuberías con los conductos forzados. La edificación es antigua con muro de piedra labrada y aglutinante de cal de canto, techo de calamina a dos aguas sobre tijerales de madera las aguas turbinadas evacuan directamente al canal de la Central II.

3.3 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI II

a) Estructura de Captación

Constituida por un barrage de piedra y aglutinamiento de cal y canto, la bocatoma tiene sus muros y piso de piedra emboquillada con mezcla de cal y canto, una compuerta antes del ingreso al canal y otra compuerta lateral para eliminar el material depositado, directamente al río.

b) Canal de Derivación

Sección rectangular, los muros laterales y piso de piedra labrada con un rebose en el punto intermedio; en el tramo final existe un acueducto para el cruce de una quebrada tiene 7 m³/s de capacidad, en el punto de empalme con el desarenador, se ubica otra estructura de rebose para evacuar las aguas directamente al río Chili, mediante un canal de mampostería.

c) Desarenador - Cámara de Carga

Es una sola estructura de piedra y aglutinamiento de cal y canto, con una compuerta antes del ingreso a la tubería de presión y otra compuerta lateral para el canal de limpia con rejilla metálica.

d) Casa de Máquinas

Edificación de un solo ambiente donde se albergan tres tuberías que son servidas por una tubería de presión mediante pantalones de distribución para cada turbina, el ambiente para los tableros se ubica en el segundo piso.

La edificación es antigua con muro de piedra labrada y mortero de cal y canto, tiene techo de calamina a dos aguas sobre tijerales de madera, las aguas turbinadas se evacuan aun canal construido por SEDAPAR que abastece a la planta de tratamiento de agua de la Tomilla, tiene acceso mediante un camino peatonal

3.4 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI III

a) Estructura de Captación

El barrage esta construida con piedra acomodada a manera de adoquinado la bocatoma tiene dos compuertas de madera con marcos y sistema de izaje metálicos, una compuerta de limpia y tres compuertas de regulación antes del ingreso del agua al canal.

b) Canal de Derivación

El primer tramo esta cubierto siguiendo un trazo paralelo a la carretera luego empalma a un desarenador que tiene una compuerta en el punto de ingreso y otra en el canal de contorno, esta estructura tiene tres canales de limpia con sus respectivas compuertas, luego el canal continua por un costado de la misma carretera, hasta ingresar a un túnel excavado en roca, para llegar al lugar donde se ubica la cámara de carga.

c) Cámara de Carga

Estructura de piedra y mortero de cal y canto con una compuerta de ingreso antes de la tubería de presión, y otra para el canal de demasía, a partir de esta estructura se ha tendido la tubería de presión sobre apoyos de concreto y un andaje en el extremo final, también de concreto.

d) Casa de Maquinas

Edificio de un solo ambiente donde se albergan dos turbinas, en el segundo piso se ubica el tablero de control, los muros son de piedra labrada con aglutinamiento de cal y canto, presenta un techo a dos aguas sobre tijerales de madera; las aguas turbinadas evacuan directamente al canal de la Central I.

3.5 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI IV

a) Estructura de Captación

Tiene un barrage de concreto cubierto con piedra labrada asentada a manera de adoquinado, con un colchón de aguas de las mismas características y muro de encausamiento en su extremo final.

La bocatoma tiene un canal de limpia del mismo material con dos compuertas de madera con marcos y sistemas de izaje metálicos; existen cuatro rejillas metálicas para la retención de elementos de suspensión y a un costado un canal de limpia y su compuerta, el cruce del río se efectúa mediante un acueducto de concreto armado sostenido por pórtico de concreto armado, este acueducto tiene una capacidad de 15 m³/s.

b) Desarenador

Es una estructura de concreto armado conformado por dos naves, las mismas que tienen en sus bases viguetas para amortiguar la turbulencia y canal de limpia con ocho compuertas para evacuar el material colmatado directamente al río, esta estructura se ubica en el área de la bocatoma margen derecha del río.

c) Túnel de Conducción

Es de sección trapezoidal en toda su longitud excavado en roca hasta llegar a la cámara de carga, con una ventana en su punto intermedio.

d) Cámara de Carga

Estructura de concreto armado con tres compuertas que se ubica en el punto de inicio de las respectivas tuberías de presión, rejilla metálica para la retención de los materiales en suspensión y canaleta de limpia con su respectiva compuerta; en uno de sus extremos se ubica la estructura de rebose que evacua las aguas a un canal rectangular, luego continua en la estructura denominada

salto ski, que evacua las aguas al río; esta estructura tiene acceso mediante una trocha carrozable.

Existen tres tuberías de presión con anclajes de concreto en ambos extremos y apoyos metálicos empotrados en concreto.

e) Casa de Maquinas

Edificación donde se albergan tres turbinas este ambiente esta edificado con vigas y columnas de concreto armado techo aligerado, puertas y ventanas metálicas.

Las aguas turbinadas evacuan al canal que conduce a la toma de la Central VI.

3.6 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI V

a) Túnel de Conducción

Con las obras de Bocatoma en la represa de Aguada Blanca, empieza el túnel de Conducción cuyo trazo sigue la topografía, condicionado por la geología de la zona.

La longitud total es de 10,078 km hasta el Volcancillo (Cámara de Válvulas). El primer tramo de 1,600 m se desarrolla en la margen derecha del río Chili. Para el cruce del río se construyo un ducto de 28 m de luz (Puente Tubo); una vez en la margen izquierda, el túnel se desarrolla hasta la Cámara de Válvulas.

El túnel trabaja a presión y con sección única de 3.10 m de diámetro.

Dadas las características litológicas y en base a pruebas de mecánica de roca, el túnel es blindado con planchas metálicas de 9.5 y 12 mm de espesor los siguientes tramos: 170.30 m en la Bocatoma, 192 m en la zona del acueducto, 2,013 m en la zona central y 1,533 m en la salida (Cámara de Válvulas), haciendo un total de 3,917.60 m. Los 6,160.70 m restantes son revestidos con concreto armado, el concreto de $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ y el acero de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$.

El revestimiento del túnel tiene un espesor de 0.30 m en todos los tramos que no lleve blindaje (concreto con refuerzo estructural).

b) Conducto Forzado

Esta definido en dos tramos:

Tramo en superficie (expuesto de 115.40 m entre la cámara de Válvulas y el Volcancillo), tramo subterráneo de 744.54 m entre el Volcancillo y Casa de Máquinas. El ángulo de inclinación del conducto con la horizontal es de 52 grados.

El tramo en superficie tiene un diámetro de 2.65 m y un espesor de 12 mm, la parte subterránea blindada se inicia con un diámetro de 2.30 m y termina con un diámetro de 2.00 m, variando los espesores de 12 mm a 36 mm al final.

c) Casa de Máquinas

La Caverna se ubica 373 m medidos por la Galería de acceso en la base del Volcancillo, sobre andesita, asegurándose su estabilidad y protección con cables tensiones de 21 m de profundidad, tensados a 90 toneladas.

La Bóveda de la caverna, esta revestida con concreto y acero estructural con espesores de 1.50 m en el apoyo y 0.90 m en la parte central.

Todo este conjunto revestido, es tensado a su vez por cables a la roca con capacidad de 90 toneladas, que penetran 21 m. Estos cables junto con las inyecciones de contacto y consolidación, aseguran un comportamiento monolítico de roca y Bóveda, garantizando su estabilidad.

Las edificaciones en casa de máquinas son de concreto armado y se encuentran separadas de la Caverna, para soportar mejor posibles deformaciones del macizo rocoso; las placas en su nivel superior, están ancladas a la roca mediante cables tensores, soportando la viga para dos Puentes Grúa de 65 toneladas de capacidad.

d) Galerías de Acceso Descarga y Cables

La galería de acceso tiene longitud de 373.37 m y una sección transversal final de 22.32 m², con un radio medio de 2.5 m en la Bóveda.

La Galería de Descarga tiene una longitud de 401.22 m y una sección final de 15.53 m² y radio de 2.00 m en la Bóveda.

La Galería de Cables tiene una longitud de 461.97 m y una sección de 8.70 m con radio de 1.25 m en la Bóveda.

3.7 OBRAS CIVILES DE LA CCHH CHARCANI VI

a) El Dique

Es un embalse diseñado para 40,000 m³ se encuentra ubicado entre la toma de Charcani IV y la Central de Charcani VI. Tiene una compuerta que sirve para regular una descarga en horas de mínima demanda, de tal manera que se garantice el caudal promedio requerido por el sector agricultura, aguas abajo de la Central Charcani VI. Este represamiento fue construido en 1990.

b) Estructura de Captación

El barraje es de concreto con muro de encausamiento en su extremo exterior, el revestido incluyendo al colchón de aguas es con piedra labrada asentada a manera de adoquinado, el canal de limpia es del mismo material con una compuerta a su inicio.

c) Desarenador

A partir del extremo final del canal de aguas turbinadas de la Central IV se inicia el desarenador con una compuerta antes de su ingreso y con otra compuerta en el canal de contorno, esta constituido por una sola nave con viguetas rompe turbulencia, canaleta de limpia con sus tres compuertas en el extremo final existen dos compuertas y luego una rejilla metálica en la boca de ingreso del túnel de conducción.

d) Túnel de Conducción

Excavado en roca donde se ha construido un canal de sección trapezoidal sigue un trazo casi recto hasta llegar al pulmón donde se tiene instalada una tubería de ventilación y también una estructura de rebose que evacua las aguas a través de un canal de evacuación cubierto en su primer plano y luego un canal abierto con tres saltos hidráulicos y cámaras rompe presión hasta llegar al río. La tubería de presión se inicia en el "pulmón" sigue un tramo recto sobre un apoyo de concreto y anclaje en el extremo final.

e) Casa de Máquinas

Edificación constituida por los siguientes ambientes, sala de maquinas que alberga una turbina, sala de instalaciones para alta tensión, tablero de control, servicios higiénicos y sótano. En la parte exterior se ubica el área de los transformadores. El edificio es de material noble con viga y columnas de concreto armado, techo aligerado, ventanas metálicas; las aguas turbinadas descargan a un canal que evacua las aguas al río Chili.

3.8 CARACTERISTICAS DE LA PRODUCCION HIDROELECTRICA

Es obvio que la producción hidroeléctrica del Sistema Charcani depende del caudal regulado en el embalse terminal del sistema que es Aguada Blanca. La política de descargas es fijada por un Comité Multisectorial, que representa los distintos usos del recurso hídrico, y que toma sus decisiones en el marco de la Ley General de Aguas vigente. Esto significa que debe respetar las prioridades establecidas, en las cuales la producción de hidroelectricidad es la tercera.

Teniendo esta restricción, es que la producción de energía hidroeléctrica esta claramente asociada a como se satisface la demanda agrícola. En el Cuadro B-6 se muestra la producción mensual y anual de la central hidroeléctrica Charcani V, y en el Cuadro B-7 la de Charcani VI.

En el Cuadro 9.6 se verifica en primer lugar la extrema variabilidad de la producción anual. Así por ejemplo para

años secos, como los años 90 y 92, la producción en Charcani V es notoriamente inferior a la teóricamente producible. Para un año casi normal, como el 91, la producción de Charcani V ha alcanzado la cifra de 543 GWH anuales, y para un año más húmedo que lo normal, como el 94, la producción ha sido de 658 GWH.

La ausencia de una disciplina operativa para el manejo del sistema, que está reflejada por la no utilización del Embalse El Frayle como reserva plurianual, producen la extrema variabilidad de los caudales regulados del Embalse Aguada Blanca. Basta citar los caudales medios anuales turbinados por Charcani V entre los años 90 al 95: 5.228, 9.485, 4.440, 8.380, 11.685 y 9.394 m³/s.

Si se admite que un caudal del orden de 10.0 m³/s es suficiente para satisfacer las demandas de los diversos usos, en ese caso la producción anual en Charcani V debería ser del orden de 493 GWH, y para todo el Sistema Charcani del orden de 693 GWH.

3.9 PLANES Y PROYECTOS DE CORTO PLAZO

Dentro de los planes y proyectos para el desarrollo de la capacidad de producción hidroeléctrica se tiene previsto a corto plazo la conclusión del Primer Embalse de Regulación Horaria sobre el río Chili con una capacidad de almacenamiento de 80,000 m³. Desde abril de 1995 este embalse ya entró en funcionamiento.

Asimismo, se tiene proyectado a mediano plazo la terminación del Segundo Embalse de Regulación Horaria sobre el río Chili con una capacidad de almacenamiento de 120,000 m³. Esta obra ya fue licitada y está en actual construcción.

Estos proyectos solucionarán en parte las fluctuaciones horarias que se produce en el sistema de captación de las obras de riego. Una mayor discusión se desarrolla en el Capítulo 11.

Se ha previsto a corto plazo el término de la automatización de compuertas e instalación de medidores de nivel de cámara de carga y flujo de caudal.

3.10 PROGRAMAS ANUALES DE MANTENIMIENTO

Anualmente, EGASA tiene previsto un mantenimiento en la infraestructura del Sistema Charcani.

Una reseña se muestra a continuación:

- Reparación de compuertas de las bocatomas, limpieza y desbroce de los desarenadores, cámaras de carga y limpieza de canales de las CCHH Charcani I, II y III.
- Reparación de muros, pisos y compuertas de la bocatoma de la CCHH Charcani IV; limpieza y reparación de compuertas del desarenador.
- Ejecución de cunetas de coronación en el patio de llaves de la CCHH Charcani V.
- Limpieza y rejillas para compuertas de la bocatoma de la CCHH Charcani VI; reparación de compuertas y resanes de su desarenador, así como limpieza y reparación del canal de descarga.
- Para todo el sistema se tiene planeado un mantenimiento global de carreteras, así como limpieza de torrenteras.

Cuadro D-1
Reducción del Volumen de Agua no Contabilizada
Respecto de la Producción.

1990	40 %
1995	30 %
2002	20 %
2010	20 %

Cuadro D-2
Desagregado del agua no contabilizada en 1990

Tipo de pérdida	Porcentaje de	
	Agua no Contabilizada	Producción Anual
A Pérdidas en Matrices	3.3	1.3
B Pérdidas por Rebose en Reservorios de SEDAPAR	6.3	2.5
C Pérdidas por Lavado de filtros y otras Pérdidas en Plantas	4.3	1.8
D Pérdidas por subregistro en medidores	15.3	6.1
E Pérdidas en redes ($\delta=70.8\%/28.3\%$)		
E1 Consumo no medido en piletas públicas	8.7	3.5
E2 Consumo no medido en surtidores	2.1	0.8
E3 Consumo clandestino	11.2	4.5
E4 Riego de parques públicos	11.4	4.5
E5 Reboses en reservorios particulares	12.4	5.0
E6 Fugas por desperfectos en la red	25.0	10.0
T o t a l	100.0	40.0

Cuadro D-3
Balace de Aguas Servidas (AS) para la Red de Alcantarillado
1990 (valores en m³/día)

Clasificación de las AS	Origen de las AS	Cuenca de Alata	Cuenca de Chillpina
Industrial, localizado	Red de AP	5,400	200
	Pozos	3,600	
Industrial, no localizado	Red de AP	900	800
	Pozos	900	
Domestico/publico/comercial	Red de AP	31,900	27,000
Aforo en la descarga del colector	Suma	42,700	28,000

Cuadro D-4
Colectores Principales a Ampliar
(Tuberías nuevas de fierro fundido)

Clase	Longitud (m)
DN 250	3,854
DN 300	3,151
DN 350	1,637
DN 400	1,990
DN 450	1,409
DN 525	1,104
DN 600	686
DN 700	2,360
DN 800	458
DN 1200	366
T o t a l	17,075

Cuadro D-.5
Características del Sistema Hidroeléctrico Charcani

Central	Potencia Instalada (MW)	Potencia Real (MW)	Caudal de Diseño (m3/s)	Altura Neta (m)	1 m3/s produce (MW)
Charcani I	1.47	1.30	7.59	26.85	0.171
Charcani II	0.79	0.70	6.00	18.70	0.117
Charcani III	4.53	4.00	6.00	57.50	0.400
Charcani IV	14.40	13.50	15.00	117.35	1.000
Charcani V	135.00	135.00	24.00	690.00	5.625
Charcani VI	8.96	8.96	15.00	69.00	0.600

PE2011081213 4259

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA	
ANA	
BIBLIOTECA	
Procedencia:	
Ingreso:	018213
Fecha:	
Nº:	



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Cuadro D-6
Producción Hidroeléctrica de Charcani V (MWH)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Ene	46943.9	41848.9	38965.4	27550.9	50791.8	51311.0
Feb	35897.7	39180.0	24486.9	41017.1	58964.8	36577.7
Mar	28574.3	59027.4	17581.1	47925.2	62666.9	58674.5
Abr	20882.4	47890.3	17792.5	36747.1	81403.2	44453.6
May	18328.0	46437.6	18752.8	35944.4	48336.1	49389.5
Jun	17651.3	40816.1	13392.7	34119.1	49647.2	37021.6
2Jul	18339.9	38647.4	18383.5	36982.8	53471.3	42629.8
Ago	18614.2	44928.3	18189.5	36886.2	51724.4	42619.0
Set	18562.2	42501.8	17347.0	35514.2	48816.7	43922.4
Oct	19282.9	45507.2	18030.6	38868.2	50015.1	42161.4
Nov	19368.8	46806.9	16247.0	40241.7	48027.7	
Dic	30030.5	49304.3	17220.4	45703.3	54477.4	
Anual	292476.1	542896.2	236389.4	457500.2	658342.6	

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Cuadro D-7
Producción Hidroeléctrica de Charcani VI (MWH)

	1994	1995
Ene	4757.45	1852.74
Feb	3219.26	3387.92
Mar	0.00	3660.14
Abr	758.70	4146.18
May	4200.38	3191.41
Jun	2263.60	4167.46
Jul	5934.00	4276.04
Ago	3002.00	4163.77
Set	3685.45	3709.14
Oct	4842.64	4086.56
Nov	139.38	
Dic	0.00	
Anual	32802.86	



