



**Fig. II.14 Casa de Dosificación para dosificación Canal Milluni. Calera COBEE. Feb.98**



**Fig. II.15 Canal Milluni a la salida Calera. Febrero 1998**



Fig.H.16 Camara de Carga COBEE. Limnometro. Marzo 1998.

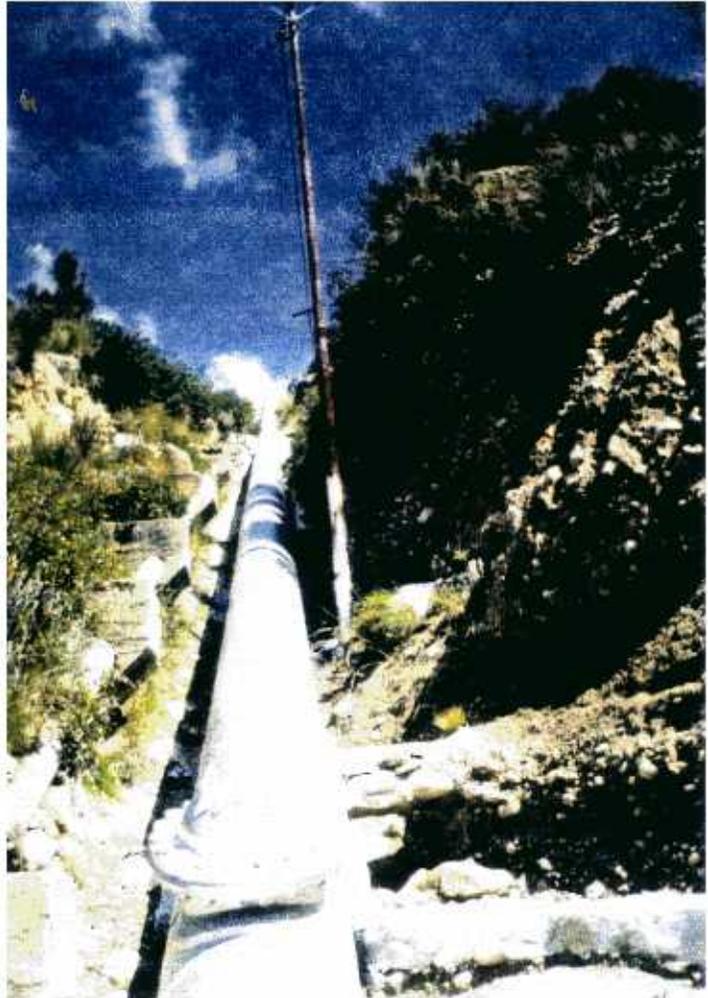


Fig.O.17 Tuberia Aduccion



**Fig.11.18. Obra para cruce  
de Tuberías Aducción Cámara  
Carga-Planta Achachicala,  
Autopista El Alto, Marzo 1998**



**Fig.11.19 Llegada de Tuberías de Aducción 1.1 (Ø 27.300) a la Planta Eléctrica, Carre D.N.  
150 a Playa de Trucamento, Achachicala Marzo 1998**

En las proximidades de la autopista existen construcciones clandestinas que van desechando sus aguas sucias (no existe alcantarillado) y basura a la zanja por donde pasa la aducción. En varios casos se construyen pasos u otra protección de las tuberías (arcos) a fin de evitar daños por trajines de los pobladores, etc. El mantenimiento de limpieza es constante. Cada mes se hacen las visitas de control a la tubería

El mantenimiento civil general se lo realiza en el mes de marzo, por ser una época lluviosa donde un corte de servicio de la aducción perjudica no tan significativamente el trabajo de la Planta de Tratamiento de AGUAS DEL ILLIMANI, pues el Río Choqueyapu, en esta época es lo suficientemente caudaloso para ser utilizado en el proceso de abastecimiento de agua.

Este mantenimiento incluye la reposición de la capa de alquitrán dentro la tubería (impermeabilización) trabajos ajuste mecanicos en tubería y la limpieza de Turbinas en la casa de máquinas.

Cada 3 meses se realiza mantenimiento de empedrado limpieza u otros pormenores del trayecto. Cuando se hace el mantenimiento general se cierra válvula (anclaje 15) y se toma agua del Río Choqueyapu a la altura de la Casa de Maquinas en la autopista.

Los efectos de las temperaturas altas registradas en los últimos meses inciden en la calidad del pintado, en la impermeabilización y protección interior de la tubería de aducción con alquitrán. Luego de 10 años la tubería ha sido pintada con pintura plateada anticorrosiva (octubre 97).

### **C. PLANTA DE TRATAMIENTO ACHACHICALA "ETA 01"**

La planta de Tratamiento de Achachicala inicio su operación en 1939, su sistema de tratamiento fue actualizado desde 1966 para ser operado en 1971 (Fig.II 20) con la mayor parte de sus instalaciones reformadas. Seguramente las reformas respondieron a las necesidades de la época, pues en la década de los 70 la ciudad de La Paz crecía aceleradamente.

Su capacidad es de 1000 l/seg y abastece al Centro Norte y Noreste y Miraflores de La Paz.

La población servida actual es de 210.138 aproximadamente.

Las aguas provienen de las cuencas Milluni y del río Choqueyapu

También es posible utilizar aguas del embalse Tuní, pues se puede entregar agua de esta fuente a la cámara de carga en el Alto con destino a la Planta de Achachicala.

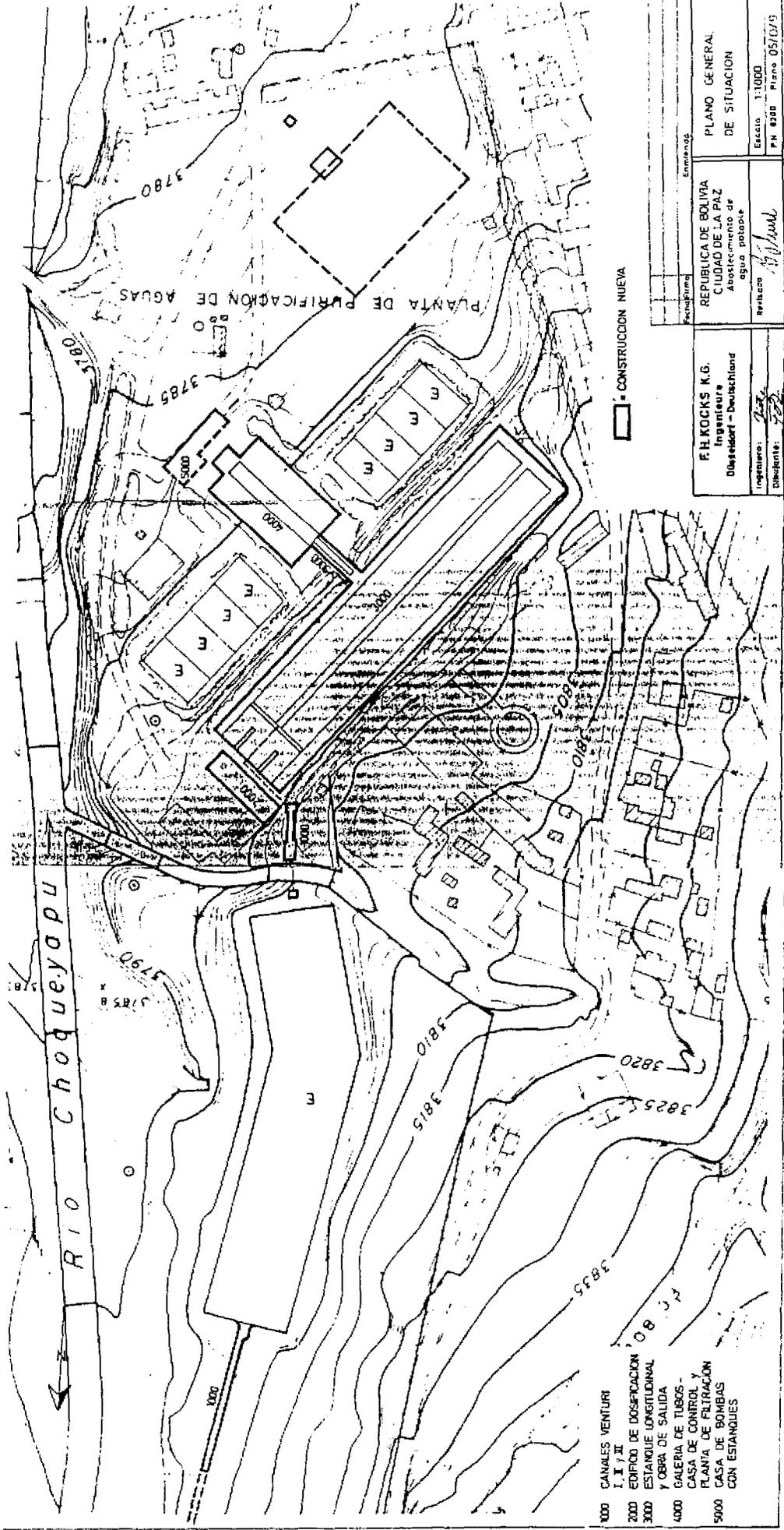
Los procesos de purificación realizados en la planta son los siguientes:

- floculación
- decantación
- filtración
- desinfección

Las principales obras con que cuenta la planta son.

- Toma del Río Choqueyapu
- Estanque de Presedimentación 17000
- Disipador de Energia
- Sala de Dosificación Cal y Sulfato de Aluminio
- Estanques de Floculación
- Estanque de Sedimentación
- Estanques de Agua Filtrada
- Estanques de Agua Purificada
- Sala de Cloración

Ver figura II.20 a; Anexo I Tabla AI.2



- 1000 CANALES VENTURI I, II, III
- 2000 EDIFICIO DE DOSIFICACION
- 3000 ESTANQUE LONGITUDINAL Y OBRA DE SALIDA
- 4000 GALERIA DE TUBOS - CASA DE CONTROL Y PLANTA DE FILTRACION
- 5000 CASA DE BOMBAS CON ESTANQUES

□ = CONSTRUCCION NUEVA

F.H. KOCKS K.G. Ingenieure Düsseldorf - Deutschland		REPUBLICA DE BOLIVIA CIUDAD DE LA PAZ Abastecimiento de agua potable	
Ingénieur: <i>[Signature]</i> Disçiplante: <i>[Signature]</i>	Arçitecto: <i>[Signature]</i>	Escala: 1:1000 Pln 020 - Plano 05/07/71	PLANO GENERAL DE SITUACION

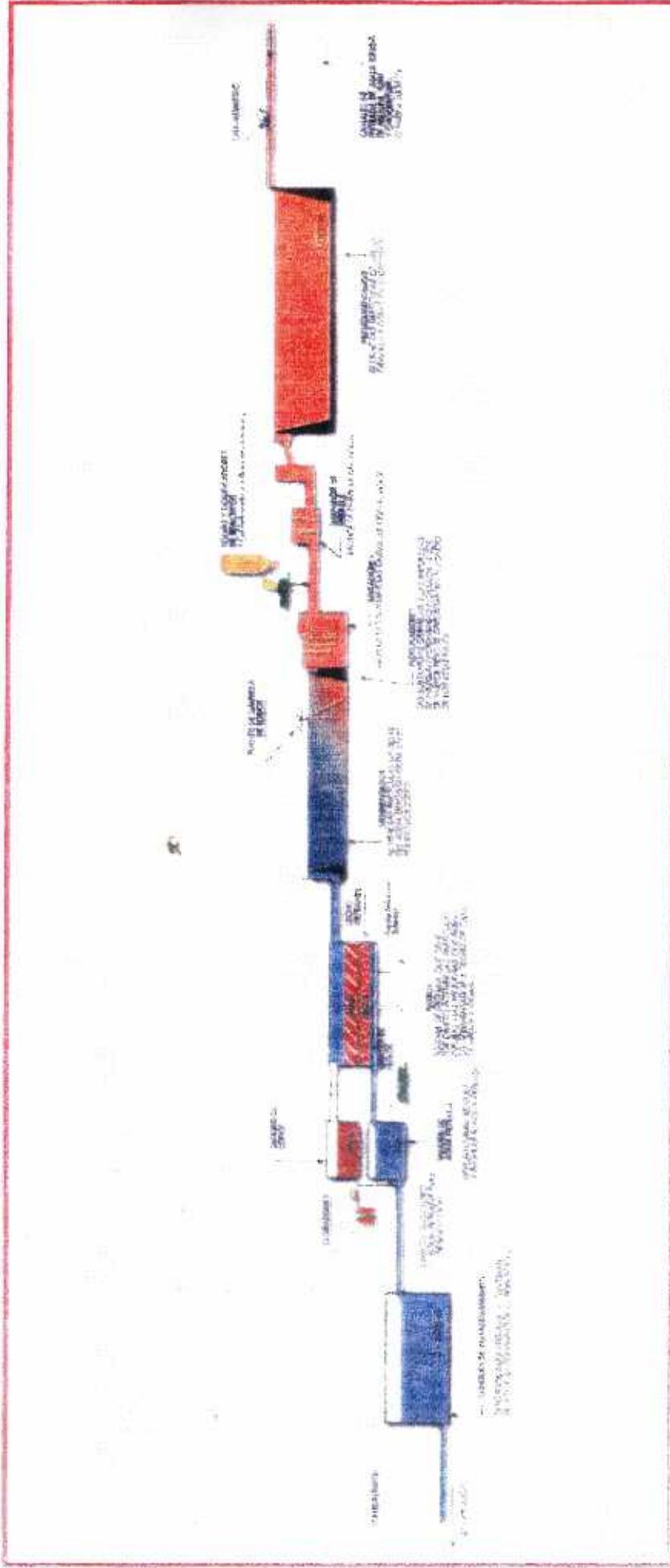
Fig. II.20. Ampliación Planta de Tratamiento Achachicala. 1971



# PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA ACHACHICHALA

**Aguas del Illimani**

Servicio de Agua y Saneamiento



# FLUJOGRAMA DEL TRATAMIENTO DEL AGUA

## **D. OPERACIÓN DE LA PLANTA**

La Toma de agua del Río Choqueyapu se encuentra en las proximidades de la autopista La Paz-El Alto no lejos de la Planta Eléctrica de COBEE. Por un canal el agua ingresa al desarenador. Se evidencian problemas de arrastre de sedimentos que afecta la calidad del Río y el tratamiento del agua, lavado y limpieza. El estanque del desarenador es limpiado cada vez que se requiere su uso a fin de evitar problemas de obstrucción.

De la toma el agua es fluye al presedimentador, a través del canal Venturi II, paralelamente y en forma continua ingresa ,agua proveniente de Milluni por el Canal Venturi I.

En medio del tramo del canal existe un Parshall cuyo caudalimetro no funciona y el plimetro esta funcionando mal.

En época de estiaje el pH varia ente 2 8 y 3

-

La compuerta del canal Venturi I no se cierra la del Venturi da dificultades en su manejo. Por la I se deriva el bypass que se usa para la limpieza del estanque cada 3 meses. Durante la limpieza no existe variación del abastecimiento.

En el presedimentador se regula la decantación. El agua decantada pasa por la rejilla para ser transportada por medio de la tubería de 800 mm hacia la cámara de la válvula de regulación (Válvula H1)

**Válvula H1.** Reguladora tipo mariposa se la cambia cada 5 años pues se deteriora por el bajo ph de agua Fig.II.22

Para el cambio de tubería corrosionada y de válvula es necesario hacer corte de servicio Fig II.23 Luego del **Disipador de Energía** por el canal fluye agua en dirección a los floculadores, la dosificación de cal (tovera amarilla) y de sulfato de aluminio (tovera verde) se la realiza en el canal a través de mangueras, el agua con velocidad algo turbulenta facilita la mezcla del agua cruda con la cal y el sulfato, de tal manera que se evade el proceso de utilizar los agitadores localizados en los floculadores.

Al aplicar las sustancias químicas luego del disipador se ha obviado el uso de los agitadores de los floculadores logrando un mejor rendimiento en cuanto a costos debido al ahorro de energía, mantenimiento, lubricantes.

En la sala de dosificación se tienen tolvas con medidores mecánicos para la dosificación de cal y el sulfato de aluminio. La dosificación es controlada por Laboratorio mediante análisis de diferentes parámetros fisicoquímicos.

El ph también es controlado en los **floculadores**. El sistema de floculación ha sido optimizado en una de las piscinas usando pantallas de madera para lograr un mayor recorrido del agua.

Existen dos reservorios de floculación donde uno de ellos reemplaza al otro cuando debe hacerse el lavado, lo mismo sucede con el Sedimentador.

Al **sedimentador** llegan las aguas del floculador. El mantenimiento del estanque se hace mediante un puente de limpieza de lodos.

El puente de limpieza de lodos es activado cada semana.

Durante mantenimiento del canal, del sedimentador y del filtro se acciona las diversas válvulas

En inmediaciones de la sala de dosificación se encuentra la sala de control de toda la planta, cuenta para ello con un sistema electromecánico en línea.

Los **filtros** formados por varias capas de gravas de 10 cm de espesor, con diferente granulometría y arenas con un espesor de 1 m. Cada 7 años se cambia estos áridos por el problema de alta contaminación de las aguas que vienen con Fe y Mn, quien absorbe mayormente el Mn es la



**Fig II.20.b Canal Venturi I y Venturi II. Planta de Tratamiento Achachicala**



**Fig.II.21. Bypass del Canal Venturi I. Estanque 17000**



Fig. II.22. Mantenimiento Pasamuro. Planta de Tratamiento Achachicala. 28/02/98.



Fig II.23. Reparación Pasamuro. Planta Aenacóicenta. 28/02/96

arena. Esto se pudo comprobar comparando muestras de una arena nueva casi blanca frente a una arena de 7 años de color negro los gránulos habían aumentado su tamaño considerablemente. El lavado de los filtros se lo realiza cada 48 horas el agua residual va al **Estanque Agua Residual de Lavado** para luego ser evacuada mediante el sistema de desagüe al río.

En los **Estanques de Agua Filtrada** se almacenan el agua filtrada para la cloración.

**Bombas de retorno.** Para recircular el agua residual al primer punto de tratamiento, aunque ahora no funcionan porque las aguas residuales alteraban demasiado la calidad del agua del punto de inicio del tratamiento. Eso significa que el agua residual de lavado es eliminada al río.

En la **galería de tubos y maniobra** están discretizadas las tuberías de agua cruda, filtrada, de lavado y residual de lavado con sus bombas respectivas.

El **sistema de desagüe** elimina las aguas residuales del estanque 1700, sedimentador, floculadores, canal de agua tratada, filtrada y de lavado hacia el río.

En la **Cloración** se utiliza 80 kg/día de Cloro en estado gaseoso, que es suministrado en forma controlada, según las necesidades dadas por los resultados de análisis del agua cruda, la dosificación puede ser permanente o cada 2 horas. El cloro es suministrado al agua filtrada. (0.49 mg/l de Cloro libre en el agua potable. Existen dos tubos de dosificación para tener un suministro controlado, en caso que uno de ellos no pueda ser utilizado. Se hace en general un mantenimiento mecánico.

Se utilizan como contenedores de Cloro tubos de acero 65 Kg o 68 Kg. Las herramientas para la manipulación de las válvulas de los tubos no provienen de fábrica sino han sido adaptadas o confeccionadas en planta. Durante la dosificación los operadores utilizan mascarillas de protección.

En caso de fugas se usa un sistema atomizador de agua.

El agua tratada es derivada a los Estanques de Agua Purificada (Tanques de Almacenamiento) donde se regula la distribución a la red para el consumo de la población. En estos Tanques (4) se hace el control de entrada de Cloro, de pH y turbidez mediante un medidor de Cloro libre, pHmetro y turbidímetro respectivamente. Los equipos de medición tienen bastante años, son casi obsoletos y no funcionan óptimamente.

Según las estadísticas, entre Enero 1994 y Enero 1998, el volumen de ingreso a planta y la diferencia entre el volumen de agua de ingreso a la planta y el entregado a la red han ido disminuyendo. El período 97-98 indica pérdidas de volumen de agua cercanas al valor de 32 000 m<sup>3</sup>. Estas pérdidas eran cercanas al valor de 53.000 m<sup>3</sup> durante el período 94-95. Anexo II. Fig. AII.2.

## 1. GUARDIAS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

Producción Hidráulica ha implementado un rol de turnos de **guardias operativas** de 3 turnos y de turnos adaptados a los fines de semana.

La guardia de 3 turnos funciona con 5 equipos de trabajo o operadores que trabajan con un ciclo de 6 días de turno por 2 días de descanso. Siendo un promedio semanal de 42 horas. Los turnos de trabajo son:

- a) De 7 hrs. a 15 hrs
- b) De 15 hrs a 23 hrs
- c) De 23 hrs a 7 hrs

Durante esta guardia de 3 turnos, un equipo descansa y el último está de guardia complementaria; vale, decir que trabaja en horario normal (**8:30 a 16:30 horas**).

A fin de atender emergencias que se presenten fuera del horario normal diurno o fines de semana se ha implementado un rol de guardia pasiva. Conciernen a los responsables de división, electromecánicos y químicos.

### III. RED SISTEMA ACHACHICALA

#### A. Condiciones Naturales

La zona donde se desarrolla el Sistema Achachicala constituye el centro de la hoyada de La Paz, por lo tanto se caracteriza por una **topografía de alta pendiente en los alrededores disminuyendo en dirección al Río Choqueyapu, alta densidad de drenaje** (Fig. III 1 ) y **presencia de aguas subterráneas. El Río Choqueyapu** es eje receptor de aguas residuales. En las zonas de alta pendiente existe una alta escorrentía donde la **no presencia** de alcantarillado, red pluvial, ríos canalizados constituyen un peligro en la estabilidad de suelos y por ende un peligro para las obras de infraestructura y servicio.

La geología de la ciudad es variada, en la ladera se identifican formaciones de origen terciario y cuaternario, y diversas formaciones originadas en periodos glaciares y eventos tectónicos y volcánicos.

Existen laderas que debido a su geología, a la presencia de aguas subterráneas, a la existencia de **sismos no sentidos** (generalmente) y al crecimiento urbano arbitrario indican **zonas susceptibles a riesgo de deslizamientos, desprendimiento de bloques y erosión** (Cotahuma 9 abril 1996 con sismo sentido escala pequeña).

La mayor cantidad de deslizamientos se agrupan alrededor de quebradas sin infraestructura de obras hidráulicas, se ha observado que dichos fenómenos han desaparecido o disminuido en todas aquellas quebradas donde se ha efectuado trabajos de control y corrección (DICOMAC. HAM, 1996).

Se han identificado 4 causas fundamentales relacionadas a la ocurrencia de mazamorras:

Deficiencia de infraestructura  
Pendiente de terreno (alta)  
Presencia de aguas subterráneas  
Acción Humana

Las laderas presentan diversos grados de erosión que en las temporadas de lluvias se convierten en torrenteras, transportando durante este periodo enormes cantidades de material desprendido.

Dentro de la zona del Sistema Achachicala se tiene identificado los siguientes puntos de deslizamiento (Mapa de Riesgos HAM, 1996 Anexo V):

Deslizamientos activos:

- Final Cornejo. Plaza Adela Zamudio
- San Martín
- Sector Calle Illimani – Simón Bolívar
- Calle Final Armaza
- Sector Obispo Bosque (Encima Estadio Bolívar)

Deslizamientos pasivos

- Lastra – Kantutani (exbotadero)
- Agua de la Vida (final Bolívar)
- Las Lomas (final Buenos Aires)
- Jaimes Freyre





## **B. El Servicio de Agua Potable**

Las características del Sistema de Abastecimiento de Achachicala son:

**Capacidad de Almacenamiento:** 2 x 5000 m<sup>3</sup>

**Población:** 210 138 hab

**Area:** 1217 has.

**Area de Servicio:** 1209 has

**Numero de Conexiones:** 23 780

**Zonas Municipales:** Pura Pura, Franz Tamayo-23 de marzo, V. Antofagasta-V. Illimani-V Bolivar, V. Bolivar-San Pedro, Miraflores Norte (parte), Miraflores Sur, Santa Rosa, Rosas Pampa-V. Pucarani, Sta. Rosas-S. Juan-Agua de la Vida, Miraflores Alto (parte), Villa Pabon, Villa de la Cruz, Norte, Challapampa, San Sebastian, Challapampa-Villa Victoria, Obispo Indaburo, 14 de Septiembre, Rosario, Sta. Barbara-Central, Central, Belen, Gran Poder-Chijini, V. Nvo. Potosi-Pedro Alto, San Pedro Alto, San Pedro Bajo, Bello Horizonte, Tembladerani, Kantutani.

De acuerdo a las condiciones topograficas y a la ubicación de la Planta de Tratamiento el flujo del agua en la red de distribución es por gravedad.

La gran diferencia en altitud entre los puntos mas altos 4.150 m.s.n.m y más bajos de 3.300 m.s.n.m, abastecidos, obliga a una división en zonas de presión cada 50 m, de diferencia en altitud, mediante cámaras reductoras de presión. La presión máxima en estas zonas es de 70 m, y la mínima de 20 m, de columna de agua

La red del Sistema Achachicala se inicio para satisfacer la demanda de la ciudad de principios de siglo. La ciudad fue creciendo alrededor de las riberas del Río Choqueyapu (eje urbano de La Paz). El río Orkojahuirra constituye el limite oriental del Sistema, pues para el abastecimiento del resto de La Paz y El Alto se ha adicionado 3 sistemas

El sistema Achachicala se expandio aceleradamente en la década del 60. En la década actual la tasa de crecimiento poblacional anual es del 5% aproximadamente pero el sistema solo tiene un **crecimiento anual del 1% debido a las pocas posibilidades físicas de extensión** (Fig III 1.a) Se estima un porcentaje del 1% de la red en cuanto a renovación de cañerías, y en 1.5% en cuanto a renovación de conexiones (Planificación Estratégica, 1997)

En el inicio (Achachicala) de la red la actividad principal de la población es industrial, desde el centro es de tipo comercial, administrativo, escolar y habitacional. La presencia de grandes y altos edificios es la característica del centro urbano de la zona. En las laderas el crecimiento es acelerado pero no planificado y muchas zonas carecen de los servicios básicos

La mayoría de los afluentes occidentales del río Choqueyapu han sido embovedados, especialmente los cercanos al eje central. Estos embovedados son utilizados en su mayoría como emisarios de aguas servidas. Otros han sido canalizados.

La Alcaldía Municipal identifica una centena de afluentes del Choqueyapu de los cuales 66 tienen nombre específico. **Entre 1992 y 1995 treinta y dos obras de embovedado** fueron realizadas en algunos ríos de la zona, y como promedio anual se tenía proyectado **20 obras de embovedado en la cuenca del Choqueyapu.**

## **C. Control de la Red de Agua Potable**

El control de la red de agua potable es una tarea coordinada principalmente entre los departamentos de **Producción Hidráulica y Redes.**

Las principales tareas de control y mantenimiento están puntualizadas en:

Control de Cámaras Reductoras: mediante lecturas mensuales de presión por personal del Departamento de Redes

Fugas: relevamiento zonificado de posibles fugas utilizando geofonos y varillas. El personal de Producción Hidráulica apoya con su personal y equipo para realizar esta tarea. El Departamento de Redes también interviene pero solo con varillas.

#### **D. Reclamos**

La Empresa ha dispuesto 3 turnos para la atención de los **reclamos** de los usuarios referidos a la red de agua potable y alcantarillado.

- d) De 7 hrs a 15 hrs.
- e) De 15 hrs a 23 hrs
- f) De 23 hrs a 7 hrs

Para el agua potable, los reclamos según el daño informado se tipifica de la siguiente manera:

- Reventazon de agua
- Cambio medidores por mal estado
- Falta de agua caso puntual
- Filtración medidor
- Filtración de agua.

Los daños atendidos han sido clasificados en.

- RVR: reventazon en red
- RVA: reventazon acometida
- RVM. reventazon medidor
- FA: falta agua en la acometida
- FAR: falta de agua en la red
- FLR: filtración en red
- FLA: filtración acometida
- FLM: filtración medidor
- INSP: inspección

Se tipifica inspección "INSP" cuando el daño en la red es por causas domiciliarias internas, en ese caso el propietario se responsabiliza de la reparación.

Para cada reclamo los datos del daño informado y atendido son documentados en un mismo formulario "Formulario de Atención a Reclamos Agua Potable y Alcantarillado"

En la siguiente Tabla se tienen los registros de corte de servicio en el presente año para el Sistema Achachicala

**Tabla III.1. Cortes de Servicio Sistema Achachicala 1998**

<b>Fecha</b>	<b>Cuadras/Familias</b>	<b>Orden</b>	<b>Emergencia</b>	<b>Programado</b>	<b>horas</b>
24/01/98	800/50000	1°	si		14
28/01/98	200/10000	2°	si		12
19/02/98	200/4	1°	si		2
28/02/98	800/50000	1°		si	5