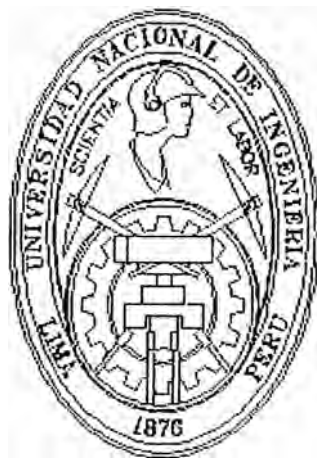


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“MEJORAS EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA
LA REMOCIÓN DE ALUMINIO Y MANGANESO EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE BELLAVISTA – HUARAZ”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

PAOLA ROCIO TORRES MONZÓN

LIMA – PERÚ

2006

DEDICATORIA

***A mis padres Hugo y Flavia; por ser
fuentes de inspiración permanente
para mi superación profesional.***

***A mis hermanas Mónica y Diana
por su comprensión y apoyo
incondicional.***

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	4
3. Objetivo.....	5
4. Conceptos Generales en el Tratamiento de Agua Potable.....	5
4.1 Tratamiento de Agua.....	5
4.1.1 Criterios de la calidad del agua.....	6
4.2 Remoción de aluminio y manganeso.....	7
4.2.1 Tratamiento de agua para la remoción de aluminio y manganeso.....	7
4.2.2 Algunos procesos para la remoción del manganeso.....	10
4.3 Aluminio.....	22
4.3.1 Propiedades.....	22
4.3.2 Formas del aluminio en el agua.....	23
4.3.3 Efectos del aluminio sobre la salud.....	24
4.3.4 Efectos ambientales del aluminio.....	25
4.3.5 Algunas preguntas más frecuentes sobre el aluminio.....	28
4.4 Manganeso.....	32
4.4.1 Propiedades.....	32
4.4.2 Formas del manganeso en el agua.....	32
4.4.3 Efectos del manganeso sobre la salud.....	33
4.4.4 Efectos ambientales del manganeso.....	34
4.4.5 Algunas preguntas más frecuentes sobre el manganeso.....	35
4.5 Índice de Saturación de Langelier.....	38
4.5.1 Historia.....	38
4.5.2 Definición.....	39
4.5.3 Limitaciones.....	41
5. Características principales del área de estudio.....	42

5.1	Ubicación.....	42
5.2	Ubicación política.....	42
5.3	Información meteorológica.....	43
5.4	Distribución territorial de la población.....	43
5.5	Actividad económica.....	44
6.	Descripción de los procesos de la planta de tratamiento.....	44
6.1	Fuentes de abastecimiento.....	44
6.2	Captación.....	45
6.3	Desarenador.....	45
6.4	Línea de conducción.....	46
6.5	Plantas de tratamiento.....	46
6.5.1	Planta de tratamiento N° 01.....	46
6.5.2	Planta de tratamiento N° 02.....	48
7.	Normas de calidad del agua vigente.....	55
8.	Problemas en el tratamiento del agua.....	59
9.	Índice de Saturación de Langelier.....	61
10.	Interpretación y evaluación técnica de la información histórica recopilada.....	62
10.1	Interpretación y evaluación relativa a la calidad de agua.....	62
10.1.1	Evaluación de los resultados históricos reportados por la EPS CHAVIN S.A.....	62
10.1.2	Evaluación del comportamiento de la calidad físico – químico del agua, reportados por EPS CHAVIN S.A.....	75
10.2	Interpretación y evaluación de información relativa a la eficiencia de los procesos de tratamiento.....	77
10.2.1	Evaluación anual de la eficiencia de los procesos de tratamiento.....	77
11.	Resultados e interpretación de los análisis físico-químicos del agua.....	86
11.1	Análisis físico-químico del agua.....	86
11.1.1	Resultados de los análisis físico-químico del agua.....	86
11.1.2	Interpretación del análisis físico-químico.....	87

Reportes de análisis Físico-químico del agua cruda	100
12. Ensayos en el laboratorio y en el campo.....	103
12.1 Prueba de jarras.....	103
12.1.1 Aspectos prácticos.....	103
12.1.2 Pruebas de jarras realizadas en el laboratorio.....	104
12.1.3 Resultados de las pruebas de jarras.....	105
12.1.4 Pruebas Preliminares de laboratorio.....	108
13. Tratamiento propuesto para la planta de tratamiento de Bellavista.....	112
14. Mejoramiento de la calidad del agua.....	113
14.1 Actividades realizadas para mejorar el proceso.....	114
14.2 Proceso de tratamiento en la planta de Bellavista en la actualidad.....	116
14.3 Resultados e interpretación de los análisis físico-químico del agua.....	118
14.3.1 Resultados de los análisis físico-químico, año 2005- 2006.....	118
14.3.2 Interpretación de los análisis físico-químico.....	120
14.3.3 Reportes de los análisis físico-químicos	121
14.4 Resultados obtenidos después de las mejoras en la planta de tratamiento de Bellavista 2005-2006.....	123
15. Estudio de costos para el nuevo proceso de tratamiento.....	131
15.1 Costos según la prueba de jarras.....	131
15.2 Costo real antes del tratamiento.....	132
15.3 Costo real con el nuevo tratamiento.....	133
16. Conclusiones.....	134
17. Recomendaciones.....	139
18. Bibliografía.....	142
19. Anexos.....	143

AGRADECIMIENTO

*Agradezco primeramente a Dios, por haberme permitido
seguir adelante y a la Empresa EPS CHAVIN S.A.,
por haberme brindado todas las facilidades del caso
para la realización de este informe.*

RESUMEN

La Planta de Tratamiento de Bellavista, se encuentra ubicada en la ciudad de Huaraz, en el departamento de Ancash.

La Planta de Tratamiento capta agua del río Auqui, que provienen de la Quebrada de Quillcayhuanca, esta agua presenta un pH promedio de 4.0 unidades, es decir es altamente ácida, con presencia de compuestos de aluminio, con una concentración promedio de 1.1 mg/L, compuestos de Manganeso con una concentración promedio de 0.86 mg/L, asimismo, presenta compuestos de hierro con una concentración promedio de 0.4 mg/L, cuyos valores se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para el agua potable según SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento).

El Tratamiento que recibía esta agua, era solamente la adición de Hidróxido de Calcio (Cal) para poder elevar el pH entre 6.3 – 6.5, con lo cual se precipita el aluminio, llegando a tener a la salida de la planta una concentración por debajo de 0.2 mg/L. No se le daba tratamiento al manganeso y al hierro, logrando tener a la salida de la planta concentraciones de 0.65 mg/L de manganeso aproximadamente, esto determina que el manganeso precipite en las tuberías de agua y medidores, apareciendo un precipitado negro parduzco, debido a que el manganeso se oxidaba con el cloro contenido en el agua y con el oxígeno disuelto, ocasionando serios problemas.

El nuevo tratamiento propuesto es elevar el pH con hidróxido de calcio (cal) hasta un pH entre 10.0 – 10.5 unidades, y adicionar Hipoclorito de Calcio para poder oxidar al Manganeso. Después que el manganeso precipita conjuntamente con el hierro (puesto que el manganeso en concentraciones altas va siempre con el hierro, precipitando los dos), luego se le agrega sulfato de aluminio hasta bajar el pH a valores entre 6.5 – 7.1 unidades aproximadamente, y así poder precipitar el aluminio.

Se realizará una evaluación técnica de la información histórica recopilada del pH y de las concentraciones de aluminio y manganeso, sus características cambiantes durante estos años.

Asimismo, se verán las diferentes pruebas de jarras realizadas y las dosis óptimas encontradas, para ser aplicadas en la planta de tratamiento. Se hará un estudio de costos en cuanto a los insumos utilizados antes y después del tratamiento mejorado.

1. INTRODUCCIÓN

El presente es un informe de las mejoras efectuadas en el tratamiento de agua de río para agua de uso potable, en la planta de Bellavista en la ciudad de Huaraz.

La EPS Chavín S.A. a cargo de los servicios de agua potable y alcantarillado de la Ciudad de Huaraz viene sufriendo problemas relacionados a la calidad de agua potable que suministra a sus usuarios, específicamente debido a que una de sus fuentes principales de abastecimiento el río Auqui, ha tenido una considerable variación de sus características físico-química, siendo necesario adoptar medidas urgentes para corregir el tratamiento en una de sus principales plantas (planta de tratamiento de Bellavista).

El presente estudio ha comprendido trabajos de campo y de gabinete, tendientes a determinar las características del agua de la fuente de abastecimiento, así como a realizar una inspección del curso que recorre el agua hasta llegar a la captación, realizándose también una caracterización de los principales afluentes que convergen en el río Auqui. Asimismo, se ha evaluado la operación de la planta de tratamiento y el proceso empleado.

El agua que se suministra a la población debe cumplir requisitos de calidad de acuerdo a la normatividad peruana vigente, debiendo considerarse esencialmente como referencia los Valores Guías para la calidad del agua de consumo humano de la OMS.

Con el fin de brindar cada día un mejor servicio de abastecimiento de agua y de mejor calidad de la misma sin posibles riesgos para la salud, se pretende darle tratamiento al aluminio y manganeso que se encuentra en el agua cruda. Con el fin de conocer el nuevo tratamiento a utilizar, se

realizaron ensayos de laboratorio para determinar las dosis óptimas de insumos a utilizar, como no se cuenta con mucha información la investigación se partió con las condiciones que actualmente funcionaba la planta. Las pruebas de Laboratorio nos permitieron llegar a la conclusión que con las dosis óptimas encontradas obtenemos mejores características del agua tratada, encontrando el agua inocua para la salud del hombre. De ahí que se aplicó en la planta de tratamiento de Bellavista para conocer si lo determinado en el laboratorio ocurría en la práctica, para conocer los inconvenientes que se pueden presentar con el fin de corregirlos.

En el capítulo 4 se exponen algunos conceptos teóricos-prácticos, que nos servirán para poder llegar al nuevo tratamiento que se quiere emplear, los cuales no fueron aplicados en la operación de la planta de tratamiento de agua.

En el capítulo 5 se desarrolla las características generales del área de estudio, que es la Planta de Bellavista ubicada en la ciudad de Huaraz, en el Departamento de Ancash.

En el capítulo 6 se describe el proceso y las unidades de la planta de tratamiento utilizado para tratar el aluminio y manganeso existente en el agua cruda, lo cual no es eficiente.

En el capítulo 7 se refiere a las Normas de Calidad del agua para consumo humano, así como los límites máximos permisibles con las cuales se rige la EPS.

En el capítulo 8 se describen los problemas que origina este tratamiento, como las altas concentraciones de aluminio y manganeso a la salida de planta y en las redes de distribución, no cumpliendo con los límites máximos permisibles para el agua potable.

En el capítulo 9 se describe la importancia del tratamiento del agua, para poder brindar a la población, así como otros aspectos relacionados.

En el capítulo 10 se muestran todos los datos históricos del agua cruda del Río Auqui a partir del año 1985 – 1987 y del año 1993 – 2004 del pH, y datos de aluminio y manganeso en agua cruda a partir del año 2001 – 2004. También se analizan los resultados de aluminio y manganeso a la salida de la planta a partir del año 2001 – 2004, encontrándose por encima de los límites máximos permisibles para agua potable.

En el capítulo 11 se muestran los resultados de los análisis físico-químico del Río Auqui, así como de los dos afluentes a este Río, que es el Río Cayash y la que proviene de la Quebrada denominada Tulpacocha. Del mismo modo, se muestran los análisis físico-químico del agua que sale de las diferentes unidades de la Planta de tratamiento y de las redes de distribución.

En el capítulo 12 se muestran las diferentes pruebas de Jarras elaboradas en el laboratorio de la EPS CHAVIN S.A., mostrando la dosis óptima de insumos a utilizar en el proceso de tratamiento y los resultados obtenidos de pH, cloro residual, concentración de aluminio y manganeso.

En el capítulo 13 se muestra el tratamiento propuesto en la planta de Bellavista luego de la realización de las pruebas de jarras, con el fin de obtener agua potable que cumpla con los límites establecidos en cuanto al pH, aluminio y manganeso.

En el capítulo 14 se indican las mejoras efectuadas en el tratamiento de agua cruda, la adecuación del proceso y los resultados obtenidos de los análisis físico-químico del agua cruda, salida de la planta y redes de

distribución del año 2005 – 2006, así como las concentraciones de aluminio mensual de los mismos años.

En el capítulo 15 se ha hecho un estudio de costos en cuanto a los insumos requeridos en el tratamiento del agua cruda, que son la cal hidratada, hipoclorito de calcio, sulfato de aluminio y el cloro gas.

En el capítulo 16 y 17 se establecen las conclusiones y recomendaciones después de haber evaluado y mejorado el tratamiento para la remoción de aluminio y manganeso en la planta de tratamiento de Bellavista.

2. ANTECEDENTES

Desde noviembre del año 2002, la EPS CHAVIN tomó conocimiento de los problemas que venía sucediendo en el agua que suministraba a la población de Huaraz, producida en la Planta de Tratamiento de Bellavista N° 02, debido a las inspecciones realizadas por la SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento) en esas fechas, habiéndose repetido esta situación en los años 2001 y 2002, en lo cual este organismo fiscalizador realizó inspecciones en la ciudad de Huaraz, encontrando que la calidad de agua que se suministraba de esta planta presentaba valores fuera de los Límites Máximos Permisibles con respecto al pH, aluminio (mg/L) y manganeso (mg/L).

De los datos obtenidos, se hace evidente que el agua de la fuente de abastecimiento a la Planta de Tratamiento (río Auqui) ha cambiado esencialmente sus características de pH en el correr de los últimos 20 años, influyendo este cambio en la forma en que se presentan a la fecha el valor de pH y las altas concentraciones de aluminio y manganeso.

Es importante señalar por consiguiente, que las características físico-química del río Auqui, seleccionada como fuente de abastecimiento para el diseño de la Planta de Tratamiento de Bellavista N° 01 (60 lps), y que

permitió su diseño basándose en la tecnología importada, no eran las mismas cuando se realizó el diseño de la planta de tratamiento de Bellavista N° 02 (120 lps).

3. OBJETIVO

El objetivo principal del presente trabajo, es optimizar los procesos de producción en la planta de tratamiento de agua potable de Bellavista, ubicada en la ciudad de Huaraz, para proporcionar a la población, agua en cantidad, calidad y continuidad adecuada, haciendo uso de los insumos, materiales, metodología y procedimientos; con la mínima inversión y la máxima utilización de los recursos humanos existentes en la región.

4. CONCEPTOS GENERALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

4.1 Tratamiento de Agua

Las fuentes de abastecimiento sufren cambios, los cuales hacen variar sus condiciones de calidad, cantidad y continuidad, por lo tanto la selección de los procesos de tratamiento para la potabilización de las aguas superficiales depende de la calidad del agua cruda y del uso que se le dé al agua tratada.

El agua en su forma molecular pura no existe en la naturaleza, por cuanto contiene sustancias que pueden estar en suspensión o en solución verdadera según el tamaño de disgregación del material que acarrea, los cuales se convierten en impurezas que posteriormente pueden ser causantes de problemas graves a la salud, los sistemas de tratamiento, almacenamiento y distribución, así como a las actividades económicas que requieren de ella. De acuerdo con el tipo de impurezas presentes, el agua puede aparecer

como turbia o coloreada, o ambas y, en algunos casos, mostrar una apariencia limpia.

De otro lado, un **INDICADOR DE CALIDAD** es "*Aquel que por correlación implica la presencia y remoción de otros parámetros*". La turbiedad que no es más que la capacidad de un líquido de diseminar un haz luminoso, puede deberse a las partículas de arcilla proveniente de la erosión del suelo, en las que puede arrastrarse algún elemento químico como el hierro, manganeso y aluminio, entre otros de singular importancia; a la presencia de algas o al crecimiento bacteriano.

Naturaleza de la turbiedad:

La turbiedad está principalmente formada por arcillas en dispersión, en poca proporción Limos, la que puede contener (como ya se describió), otros elementos que alteran su calidad. El término *Arcilla* comprende una gran variedad de compuestos, pero en general se refiere a la tierra fina (0,002 mm de diámetro de grano o menos), a veces coloreada, que adquiere plasticidad al mezclarse con limitadas cantidades de agua. Químicamente son silicatos de aluminio, fórmulas bastantes complejas, con una estructura atómica reticular definida.

4.1.1 Criterios de la calidad del agua

El agua que se suministra debe cumplir dos condiciones:

1^o No debe ser peligrosa para la salud o la vida de los consumidores.

2^{do} El sistema debe poderse operar a un costo razonable.

Para cumplir con lo primero, el agua no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud. Esta es una condición indispensable.

Para cumplir con lo segundo, las características del agua deben ser tales, que no produzcan daño a las personas, ni a la red de distribución, ni a la industria, ni a la economía privada. Este objetivo deberá lograrse sin tener que utilizar tratamientos excepcionalmente costosos.

4.2 Remoción de Aluminio y Manganeso

4.2.1 Tratamiento de Agua para la remoción de aluminio y manganeso

El agua disponible, utilizable para los ecosistemas humanos, representan menos del 5% del total de la hidrosfera, ya que el agua de los océanos y gran parte del agua subterránea están fuertemente cargadas de sólidos disueltos, principalmente cloruro de sodio y otros elementos. El resto disponible y usable, está constituido por el agua dulce, con un contenido mucho menor, pero no menos importante, de sólidos disueltos y minerales, como el manganeso y aluminio.

El agua por alguna razón puede ser no apta para diversas actividades o agresiva para ciertas instalaciones, por los contenidos extraños que contiene. Los minerales disueltos en el agua, pueden sedimentarse o precipitarse en las plantas de tratamiento cuando aplicamos las operaciones o procesos indicados (controlado) y en componentes del sistema de abastecimiento de agua no deseados (no controlado), acompañados por el uso de reactivos químicos apropiados para tal fin.

Esta remoción puede formar incrustaciones y causar graves problemas de obstrucción en las instalaciones, traba de válvulas y accesorios, problemas de transmisión de calor y aún de ruptura del metal.

En el cuadro N° 01, se muestra las impurezas que puede tener el agua, entre ellos podemos encontrar el aluminio (Ej. formando compuesto) y Manganeseo.

CUADRO N° 01

Símbolo	Nombre	Descripción
TS	Sólidos Totales	Todas las sustancias disueltas y en suspensión en el agua excepto CO ₂ , O ₂ y otros gases.
DS	Sólidos Disueltos	Todas las sustancias solubles en el agua excepto gases.
SS	Sólidos en Suspensión	Lodos y sustancias que puedan ser filtradas.
PO ₄	Fosfatos	Fosfato Sódico.
O ₂	Oxígeno	Gas Oxígeno.
SiO ₂	Sílice	Sílice Soluble.
Al ₂ O ₃	Alúmina	Alúmina soluble.
Fe y Mn	Hierro y Manganeseo	Todas las formas de Hierro y manganeseo.
NH ₃	Amoniaco	Nitrógeno como amoniaco.
NO ₂	Nitritos	Nitrógeno como Nitritos.
NO ₃	Nitratos	Nitrógeno como Nitratos.
NaCl	Cloruros	Cloruro Sódico.
D	Dureza	Sales de Calcio y Magnesio.

Para la remoción de aluminio, hierro y manganeseo lo más utilizado es la Precipitación, por lo que resulta indispensable promoverla a nivel de planta de tratamiento utilizando los mecanismos, procedimientos y reactivos adecuados, acompañado de dispositivos para el manejo de

lodos; siempre que esté ligado al mantenimiento o acondicionamiento del pH en los rangos adecuados.

De acuerdo a los procesos que se utilizan en las plantas de tratamiento, podemos emplear para la remoción de aluminio y manganeso, los sistemas convencionales de clarificación (modificación de pH, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección) mediante el uso de dispositivos de dosificación de reactivos, reactores con tiempos de retención adecuados y gradientes óptimas, bajo las siguientes condiciones:

Normales: Cuando el contenido de aluminio y manganeso en el agua a tratar es permanente. En este caso podremos utilizar los dispositivos y reactivos normalmente utilizados en la operación de la planta de tratamiento, siempre que se acondicione el pH del agua cruda a los rangos en que la precipitación del elemento se efectúe eficientemente, para su posterior eliminación por decantación y filtración.

De Emergencia: Cuando de manera espontánea tenemos una súbita presencia de manganeso o aluminio. Se debe implementar al nivel de contingencia, la aplicación de algunos procedimientos alternativos capaces de ser puestos en operación utilizando los componentes físicos del sistema de tratamiento, como por ejemplo promover la precipitación del manganeso mediante la dosificación de permanganato de potasio. Sin embargo, se deberá tener especial cuidado en el manejo de los lodos y la vigilancia permanente de la calidad del agua, desde la captación hasta las redes de distribución.

En ambos casos, deben registrarse los resultados obtenidos y generar ajustes para el manejo posterior de casos similares o incorporarlos como operaciones rutinarias de tratamiento.

En el cuadro N° 02, se muestra las impurezas y problemas más comunes del agua, respecto del aluminio y manganeso:

CUADRO N° 02

TIPO	FÓRMULA QUÍMICA	DIFICULTADES QUE CAUSA	TRATAMIENTO
Aluminio	Al Alúmina Sustancia aluminio.	Riesgos de afectación a la salud. Interferencia con el desarrollo vegetativo para ciertas especies, mientras el aluminio se encuentre soluble en el agua (pH cercanos a 3,00)	Precipitación de hidróxido Al(OH) ₃ . Acondicionamiento de pH. coagulación, decantación y filtración.
Manganeso	Mn ⁺⁺	Fuentes de depósitos en líneas de agua, calderos; interfiere en los procesos de teñido, curtido, etc.	aireación, coagulación y filtración. Ablandamiento con cal. Intercambio Catiónico. Filtración. Agentes tensoactivos. Secuestrantes.

4.2.2 Algunos tratamientos para la remoción del manganeso

Existen varios métodos efectivos de los cuales se pueden escoger. Estos están resumidos en el cuadro N° 03. El método más apropiado depende de factores tales como la concentración de hierro y manganeso en el agua, si hay bacterias presentes y la cantidad de agua que necesita tratar.

Tratamiento asociado a una descarbonatación:

La descarbonatación con cal, que produce un pH elevado, favorece la eliminación del hierro y del

manganeso. La precipitación del carbonato ferroso es prácticamente total a pH 8,2, y la del hidróxido ferroso a pH 10,5. En presencia de un potencial Redox elevado, el hierro (II) disuelto puede precipitar en forma de Fe(OH)₃.



Para el manganeso, los valores del pH de precipitación son del orden de 9,2 para el carbonato y de 11,5 para el hidróxido, respectivamente.

Por lo tanto, una descarbonatación parcial, a pH próximo a 8.0 unidades, puede producir una desferrización completa. En ciertos casos, especialmente en aparatos de descarbonatación catalítica, se consigue, con el mismo pH, una eliminación suficiente de manganeso, sí bien, teóricamente, habría de combinarse con una descarbonatación total a pH 9,5 ó 10.0 unidades.

❖ ***Tratamiento biológico:***

El metabolismo de algunos microorganismos autótrofos se basa en la oxidación del hierro y del manganeso; en condiciones favorables, las reacciones son muy rápidas y la eliminación de estos dos elementos es completa. El nitrógeno amoniacal es un elemento esencial de la nutrición bacteriana, por lo que la presencia de amoníaco en el agua bruta favorece este tipo de tratamiento (por otra parte, generalmente se produce una nitrificación simultánea).

En principio, estos tratamientos biológicos no difieren esencialmente de la oxidación-filtración; pero, en su realización, presentan ciertas particularidades en lo que concierne al contenido de oxígeno, la velocidad de filtración y la talla efectiva de la arena.

Esta técnica, que se aplica especialmente en Holanda y en Alemania, resulta interesante, sobre todo, cuando el agua bruta contiene simultáneamente hierro, manganeso y amoníaco. **Los filtros secos** constituyen el ejemplo más conocido; asimismo, da lugar a instalaciones de **filtración doble**, cuya secuencia es: adición de un caudal muy pequeño de aire al agua bruta (en función del potencial Redox), desferrización en una primera etapa de filtración, aeración intensiva, eliminación de manganeso en una segunda etapa de filtración (los microorganismos que oxidan el manganeso sólo pueden desarrollarse cuando es muy pequeño el contenido de hierro). Pero nunca se tiene la certeza del desarrollo de los microorganismos, por lo que a veces resulta difícil controlar el funcionamiento de las instalaciones proyectadas según este principio: por lo tanto, sólo puede elegirse este tipo de procesos cuando se ha demostrado su fiabilidad, mediante ensayos previos.

En realidad, no está claramente definida la frontera entre oxidación puramente química y tratamiento biológico, por lo que el buen funcionamiento de

muchas instalaciones del primer tipo se debe al desarrollo de microorganismos.

Filtración a través de materiales especiales:

- *Intercambiadores de iones:* Niveles bajos a moderados de hierro y manganeso (una concentración combinada de hasta 5 mg/L) usualmente pueden ser removidos por un ablandador de agua de intercambio de iones. Antes de comprar uno, asegúrese que la concentración de hierro en el agua no exceda el nivel máximo de removimiento de hierro del equipo. No todos los ablandadores del agua pueden remover hierro del agua, por lo tanto se recomienda revisar las especificaciones del fabricante cuidadosamente. Las cantidades excesivas de hierro disuelto pueden tapar un ablandador. Un ablandador de intercambio de iones trabaja intercambiando el hierro en el agua no tratada con el sodio por medio del intercambio de iones. El retrolavado lava el hierro del medio suavizante (descalcificador) forzando el agua rica en sodio a regresar por medio del aparato. Este proceso agrega sodio al medio de resina mientras que el hierro es cargado hacia afuera en el agua de desecho. Debido a que el hierro reduce la capacidad del aparato para ablandar el agua, debe ser regenerado más frecuentemente. Siga las instrucciones del fabricante con relación al material adecuado para usar en una concentración particular de hierro. Algunos fabricantes sugieren agregar un químico “limpiador de camas” con cada retrolavado para impedir que se tape. Los ablandadores de agua

le agregan sodio al agua, lo que puede causar problemas de salud para las personas con dietas que restringen el sodio. En estos casos instale una unidad de osmosis inversa para proveer el agua no ablandada para cocinar o beber, o use un ablandador de agua basado en sal de potasio.

- *Materiales recubiertos de MnO_2* : se utilizan zeolitas o arenas verdes. En primer lugar, deben enriquecerse en MnO_2 (que son capaces de fijar por intercambio iónico), funcionando entonces como intercambiadores de electrones: el dióxido de manganeso oxida el hierro y el manganeso bivalentes (que precipitan y son retenidos por la masa filtrante), y se reduce a su vez en forma de sesquióxido Mn_2O_3 . El dióxido se regenera seguidamente, de forma continua o discontinua, con permanganato potásico.

Ciertos productos, tales como pirolusita, CZ, etc., pueden incluirse dentro de esta categoría. Pero estas técnicas sólo son aplicables a pequeñas instalaciones, y con dosis reducidas de hierro y manganeso, en un agua desprovista de materia orgánica, que son poco frecuentes en Europa.

Si se ha sometido al agua bruta a una aeración previa, los materiales recubiertos de MnO_2 pueden ejercer igualmente un efecto catalítico sobre la oxidación del hierro y del manganeso con oxígeno; en este caso, no se produce transformación del

dióxido de manganeso, por lo que la regeneración no es necesaria.

- *Carbón activo*: sólo se consigue la retención total del hierro y del manganeso, después de la aplicación de un oxidante potente, como el ozono o el permanganato. Este procedimiento es costoso, pero está justificado cuando es preciso eliminar también los malos sabores.

- *Productos alcalinos*: se han utilizado a veces carbonatos o dolomita calcinada: Neutralite, Akdolit, Magno-dol, etc. Estos tratamientos presentan poco interés si no es necesario neutralizar gas carbónico agresivo, aumentando al mismo tiempo la alcalinidad del agua. De todas formas, la doble función del material filtrante (desferrización y neutralización) puede crear dificultades de explotación.

❖ ***Magnesia en polvo y diatomeas:***

Este procedimiento consiste en introducir magnesia en polvo en el agua bruta, después de una aeración, y en filtración a través de diatomeas. La magnesia actuaría de forma triple:

- Adsorción del ion ferroso sobre el polvo de magnesia;
- Precipitación de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ y FeCO_3 ;
- Catálisis de la oxidación del hierro con oxígeno (fenómeno preponderante).

Esta técnica, de difícil aplicación, no se ha puesto en práctica en instalaciones importantes.

❖ ***Tratamiento de fosfato:***

Niveles bajos de hierro y manganeso disueltos (combinaciones hasta 3 mg/L) pueden ser remediados al inyectar compuestos de fosfato dentro del sistema del agua. El fosfato previene que los minerales se oxiden y por lo tanto ayuda a mantenerlos en solución. Los compuestos de fosfato deben de ser introducidos en el agua en un punto en el que el hierro todavía está disuelto para poder mantener el agua clara y prevenir manchas. La inyección debe ocurrir antes del tanque de presión y tan cerca al punto de descarga del pozo como sea posible. El tratamiento por compuestos de fosfato es relativamente barato, pero puede haber desventajas al usar este método. Los compuestos de fosfato no remueven el hierro actualmente, por lo que el agua tratada retiene un sabor metálico. El agregar mucho fosfato puede hacer que el agua se sienta resbalosa.

Los compuestos de fosfato no son estables en temperaturas altas, lo que significa que si el agua tratada es calentada (en un calentador de agua o al cocinar algo) el hierro y manganeso van a ser liberados, reaccionando con el oxígeno y precipitándose. Finalmente, el uso de productos de fosfato está prohibido en algunas áreas debido a preocupaciones ambientales.

❖ ***Filtro Oxidante:***

Niveles moderados de hierro y manganeso (una concentración combinada de hasta 15 mg/L) pueden ser tratados con un filtro oxidante. El filtro es básicamente arena verde natural de manganeso o zeolita sintética recubierta con óxido de manganeso; estas sustancias absorben el hierro disuelto y el manganeso. La zeolita sintética requiere menos agua para retrolavado y ablanda el agua a medida que remueve las impurezas. La cantidad de oxígeno disuelta en su agua (la cual puede ser determinada por equipos pequeños para pruebas de campo, compañías de tratamientos de agua o laboratorios que examinan el agua) determinará el tipo adecuado de filtro oxidante que se debe usar.

❖ ***Aireación / Filtración:***

Las concentraciones altas de hierro y manganeso pueden ser tratadas con un sistema de aireación/filtración.

En este sistema el aire es llevado hacia adentro y mezclado con la corriente de agua fluyente. El agua saturada de aire entra después en un recipiente precipitador/aireador, donde el aire se separa del agua. Después el agua fluye por un filtro de varios medios filtrantes que filtran las partículas de hierro y manganeso oxidadas, y algunos carbonatos o sulfatos. Los aireadores a presión son usados comúnmente en los sistemas residenciales de agua.

Retrolavar el filtro periódicamente es un paso de mantenimiento muy importante. La aireación no es recomendada para agua que contiene bacterias de hierro/manganeso o hierro/manganeso coloidal (complejos orgánicos) debido a que pueden tapar el aspirador y el filtro.

❖ ***Oxidación Química:***

Niveles altos de hierro y manganeso disueltos u oxidados (combinaciones combinadas de hasta 25 mg/L) pueden ser tratadas por oxidación química. Este método es particularmente de ayuda cuando el hierro es combinado con materia orgánica o cuando existen bacterias de hierro/manganeso presentes.

El sistema consiste en una bomba pequeña que coloca un químico oxidante dentro del agua mientras que todavía está en el pozo o justo antes de que entre en el tanque de almacenamiento. Esta bomba opera cuando la bomba del pozo opera. El químico oxidante puede ser cloro, permanganato de potasio, peróxido de hidrógeno. El químico debe estar en el agua por lo menos durante veinte minutos para que se lleve a cabo la oxidación, o aun por mas tiempo si el agua contiene hierro/manganeso coloidal.

Después de que las partículas sólidas se han formado, las mismas son filtradas, usualmente con un filtro de arena. El agregar sulfato de aluminio mejora la filtración al causar que se formen partículas más grandes.

Cuando se usa cloro como el agente oxidante, el cloro excesivo permanece en el agua tratada. Si el filtro de partículas está hecho de calcita, arena, antracita o silicato de aluminio, una cantidad mínima de cloro debe usarse para evitar el sabor indeseable que resulta del cloro excesivo. Un filtro de carbón activado removerá el exceso de cloro así como las pequeñas cantidades de partículas de hierro/ manganoso. El cloro oxida el hierro de una mejor manera a un pH de 6.5 a 7.5, el cloro no debe ser usado para niveles altos de manganoso debido a que el manganoso requiere de un pH más alto de 9.5 para oxidarse completamente. El permanganato de potasio es más efectivo que el cloro para oxidar el manganoso a niveles de pH mayores que 7.5. El permanganato de potasio es venenoso y es un irritante para la piel. No debe haber exceso de permanganato de potasio en el agua tratada y el químico concentrado debe ser almacenado en su recipiente original lejos de niños y animales. El uso de este químico requiere de calibración, mantenimiento y monitoreo cuidadoso.

❖ ***Elevando el pH y la filtración de las partículas:***

Si los tubos corroídos son la fuente de partículas de hierro/manganoso en el agua, elevar el pH del agua y usar un filtro de sedimento es la solución más simple para este problema.

❖ ***Tratamiento por shock (golpe) y filtración:***

El tratamiento por shock (golpe) es el método más común de matar las bacterias y el cloro es el químico usado más comúnmente en este proceso. Es

casí imposible matar todas las bacterias de hierro/manganeso en un sistema, así que esté preparado para repetir el tratamiento de clorinación por shock cuando las bacterias vuelvan a crecer. Si los tratamientos repetitivos le toman mucho tiempo, puede ser más eficiente instalar un sistema de aplicación continuo que inyecta niveles bajos de cloro líquido o que introduce gránulos de cloro automáticamente dentro del agua.

El cloro cambia rápidamente de hierro disuelto a hierro sólido que va a precipitarse. Por lo tanto, un filtro puede ser necesario para remover las partículas si se usa un sistema de clorinación continuo.

❖ ***Tratamiento multipasos:***

Si el agua tiene altos niveles de hierro y manganeso en las formas disueltas y sólidas, un tratamiento multipasos es necesario. El primer paso es la clorinación para oxidar el hierro disuelto y matar las bacterias. El agua puede ser filtrada después por medio de un aparato mecánico para remover las partículas.

Esto puede continuar con una filtración con carbón activado para remover el exceso de cloro, y finalmente, ablandar para controlar la dureza y remover cualquier mineral residual disuelto.

CUADRO N° 03

Causa	Indicación	Tratamiento
Hierro y manganeso disueltos	El agua está clara cuando es tomada pero aparecen partículas rojizas o negruzcas cuando se estanca. Manchas rojizas-cafés o negras en los accesorios de plomería o en la ropa lavada	Compuestos de fosfato (útese para < 3 mg/L) Suavizador de agua (útese para concentraciones combinadas de hierro y manganeso > 5 mg/L) Filtro oxidante - de arena verde de manganeso o zeolita (útese para concentraciones combinadas de hierro y manganeso > 15 mg/L) Aireación/filtración (útese para concentraciones combinadas de hierro y manganeso > 25 mg/L) Oxidación y filtración química (útese para concentraciones combinadas de hierro y manganeso > 10 mg/L)
Hierro o manganeso disuelto (coloidal) (complejos orgánicos de estos minerales)	El agua del grifo está rojizo o negruzca y el color se mantiene por más de 24 horas (no hay precipitación de partículas) por más de 24 horas (no hay precipitación de partículas)	Oxidación y filtración química
Hierro oxidado en el Suministro de agua	El agua del grifo contiene partículas rojizas – cafés que se asientan cuando el agua se estanca	Filtro de partículas
Corrosión de tubería y equipo	El agua del grifo contiene partículas rojizas-cafés que se asientan cuando el agua se estanca	Eleve el pH del agua y use un filtro de partículas
Bacterias de hierro o manganeso	Babas rojizas-cafés en los tanques de los inodoros, y drenajes de los lavamanos y las tinas	Tratamiento de shock y filtración

En resumen, los tratamientos de eliminación de hierro y manganeso son generalmente delicados, y al mismo problema pueden aplicarse soluciones diversas. Ante todo, es preciso hacer un planteamiento correcto del problema: se necesita tener un profundo conocimiento de las

características del agua bruta, y los ensayos previos, en instalaciones piloto, son en este caso aún más útiles que en el tratamiento de aguas de superficie.

4.3 Aluminio

4.3.1 Propiedades

Es el elemento metálico más abundante en la naturaleza, constituye el 8,1 % de la corteza terrestre; en suelos es de 0,9 a 6,5 % y en aguas naturales puede llegar hasta 400 ug/L. Presenta una densidad de 2.70 g/cm³ a 20°C (1.56 oz/in³ a 68°F). El que existe en la naturaleza consta de un solo isótopo, ²⁷₁₃Al. El aluminio cristaliza en una estructura cúbica centrada en las caras, con lados de longitud de 4.0495 angstroms. (0.40495 nanómetros). El aluminio se conoce por su alta conductividad eléctrica y térmica, lo mismo que por su gran reflectividad.

La configuración electrónica del elemento es $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$. El aluminio muestra una valencia de 3+ en todos sus compuestos, exceptuadas unas cuantas especies monovalentes y divalentes gaseosas a altas temperaturas.

El aluminio es anfótero y puede reaccionar con ácidos minerales para formar sales solubles con desprendimiento de hidrógeno.

El aluminio se presenta en forma natural combinada con micas y feldespatos y otras arcillas. Los minerales más importantes son la Bauxita y el Corundum, los cuales se utilizan como abrasivos.

Las sales de aluminio se utilizan en el tratamiento del agua en los procesos de coagulación - floculación, para reducir niveles de materia orgánica, color, turbidez y microorganismos, lo que podría dejar un residual de aluminio en el agua tratada.

La presencia de aluminio en el agua natural, es controlada por el pH y por partículas minerales finamente suspendidas. A pH menores a 4 predomina el catión aluminio Al^{+3} (mayor solubilidad), y a pH por encima del neutro predomina la forma disuelta $Al(OH)_4^-$

• Configuración Electrónica	: [Ne] - $3s^2$ - $3p^1$ (Fácilmente oxidable)
• Un estado de Oxidación	: Al^{+3}
• pH de Estabilidad del Al^{+3}	: pH ácido (menor de 4.0) pH mayor de 7 lo transforma a $Al(OH)_4^-$
• Características	: Anfótero (características ácidas y básicas)

4.3.2 Formas del Aluminio en el Agua

En muestras de Agua, el aluminio puede estar en:

- ◆ Solución: Disuelto como $Al(OH)_4^-$
- ◆ Estado Coloidal: Como Hidróxido o peptizado con materia orgánica.
- ◆ Como Partículas Suspendidas relativamente gruesas: Formas insolubles (Orgánicas e Inorgánicas), que se agrupan por atracción iónica o por diversos mecanismos de formación.

4.3.3 Efectos del aluminio sobre la salud

Efectos en el hombre

El aluminio es uno de los metales más ampliamente usados y también uno de los más frecuentemente encontrados en los compuestos de la corteza terrestre. Debido a este hecho, el aluminio es comúnmente conocido como un compuesto inocente. Pero todavía, cuando uno es expuesto a altas concentraciones, este puede causar problemas de salud. La forma soluble en agua del aluminio causa efectos perjudiciales, estas partículas son llamadas iones. Son usualmente encontradas en soluciones de aluminio combinadas con otros iones, por ejemplo cloruro de aluminio.

La toma de aluminio puede tener lugar a través de la comida, respirarlo y por contacto en la piel. La toma de concentraciones significantes de aluminio puede causar un efecto serio en la salud como:

- Daño al sistema nervioso central
- Demencia
- Pérdida de la memoria
- Apatía
- Temblores severos

El aluminio es un riesgo para ciertos ambientes de trabajo, como son las minas, donde se puede encontrar en el agua. El aluminio puede causar problemas en los riñones de los pacientes, cuando entra en el cuerpo durante el proceso de diálisis.

No se han descrito efectos patógenos agudos en la población general como consecuencia de la exposición al aluminio

Se ha propuesto la hipótesis de que el aluminio presente en el agua potable es un factor de riesgo por lo que se refiere al desarrollo o la aceleración de la enfermedad de Alzheimer y al deterioro senil de la función cognitiva. Se ha sugerido también que el polvo y los vapores de aluminio fino apisonado son quizá factores de riesgo que propician el deterioro de las funciones cognitivas y la aparición de enfermedades pulmonares en determinados trabajos.

Revisión de Literatura:

Dr. Craper Donal, señala que el aluminio es muy tóxico al cerebro, siendo asociado con el Alzheimer.

Dr. Golfer V., señala al aluminio como un raro veneno que produce Toxemia, produciendo problemas gastrointestinales, úlceras perniciosas y cáncer.

Dr. Perl D., comprobó que cuando el agua contiene altas concentraciones de aluminio prevalece el caso de Alzheimer.

4.3.4 Efectos ambientales del Aluminio

Las fases sólidas que contienen aluminio en el medio ambiente son relativamente insolubles, en particular a un pH aproximadamente neutro, de ahí las bajas concentraciones de aluminio disuelto que tienen la mayoría de las aguas naturales.

En los entornos ácidos o escasamente tamponados que reciben aportes muy acidificantes, las concentraciones de aluminio pueden aumentar hasta niveles perjudiciales tanto

para los organismos acuáticos como para las plantas terrestres. No obstante, existen grandes diferencias en la sensibilidad a este metal según la especie, la cepa y la etapa de la vida.

Los efectos del aluminio han atraído nuestra atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. Las concentraciones de aluminio parecen ser muy altas en lagos acidificados. En estos lagos los peces disminuyen, debido a las reacciones de los iones de aluminio con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas.

Elevadas concentraciones de aluminio no sólo causan efectos sobre los peces, pero también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos y sobre animales que respiran el aluminio a través del aire.

Las consecuencias para los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. Las consecuencias para los animales que respiran el aluminio a través del aire son problemas de pulmones, pérdida de peso y declinación de la actividad. Otro efecto negativo en el ambiente del aluminio es que estos iones pueden reaccionar con los fosfatos, los cuales causan que el fosfato no esté disponible para los organismos acuáticos.

Altas concentraciones de aluminio no sólo pueden ser encontrados en lagos ácidos y aire, también en aguas subterráneas y suelos ácidos. Hay fuertes indicadores de que el aluminio puede dañar las raíces de los árboles cuando estas están localizadas en las aguas subterráneas.

Niveles ambientales y exposición humana

El aluminio es uno de los principales constituyentes de varios componentes de la atmósfera, en particular del polvo procedente de suelos (tanto de fuentes naturales como de origen humano) y de partículas generadas por la combustión del carbón. En las zonas urbanas los niveles de aluminio en el polvo de la calle van de 3,7 a 11,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Los niveles de aluminio en el aire varían desde 0,5 ng/m^3 sobre la Antártica hasta más de 1000 ng/m^3 en las zonas industrializadas.

Las concentraciones de aluminio en las aguas superficiales y subterráneas son muy variables, dependiendo de factores geológicos y físico-químico. El aluminio puede estar en suspensión o disuelto. Las concentraciones de aluminio disuelto en las aguas de pH neutro suelen ser bastante bajas, entre 1,0 y 50 $\mu\text{g}/\text{litro}$. En agua más ácida se alcanzan valores de hasta 500-1000 $\mu\text{g}/\text{litro}$. En condiciones de acidez extrema provocadas por el avenamiento ácido de minas se han medido concentraciones de aluminio disuelto de hasta 90 mg/litro .

La exposición humana no ocupacional al aluminio en el medio ambiente se produce principalmente a través de la ingestión de agua y alimentos, sobre todo de estos últimos. La ingesta diaria de aluminio con los alimentos y bebidas es

en los adultos de entre 2,5 y 133 mg. Esto representa un 90%-95% de la ingesta total. El agua de bebida puede contribuir con unos 0,4 mg diariamente, según los valores de las actuales directrices internacionales, pero más probablemente se sitúa en torno a los 0,2 mg/día. La exposición pulmonar puede contribuir hasta con 0,04 mg/día. En algunas circunstancias, como la exposición ocupacional y el uso de antiácidos, los niveles de exposición pueden ser mucho mayores. No obstante, los seres humanos absorben al parecer sólo el 3% de la cantidad total de aluminio ingerida diariamente con el agua de bebida, una fuente relativamente secundaria en comparación con los alimentos.

4.3.5 Algunas preguntas más frecuentes sobre el aluminio

¿Qué les sucede al aluminio cuando entra al medio ambiente?

- Se adhiere a partículas en el aire
- Dependiendo de las características del agua, se puede disolver en lagos, arroyos y ríos.
- El agua de lluvia con características ácidas puede disolver al aluminio del suelo y rocas.
- Puede ser incorporado por algunas plantas desde el suelo.
- No parece concentrarse en la cadena alimenticia.

¿Cómo podría yo estar expuesto al aluminio?

- Al ingerir pequeñas cantidades de aluminio en los alimentos.

- Al respirar niveles mayores en forma de polvo de aluminio en el aire del trabajo.
- Al tomar agua con altos niveles de aluminio cerca de sitios de desechos, industrias que lo usan, o áreas que tienen niveles naturalmente altos de aluminio.
- Al comer sustancias que contienen altos niveles de aluminio (como antiácidos), especialmente cuando se ingieren o beben productos cítricos al mismo tiempo.
- Muy poco aluminio de los utensilios de cocina entra al cuerpo.

¿Cómo puede afectar mi salud el aluminio?

La exposición a bajos niveles de aluminio a través de los alimentos, el aire, el agua, o contacto con la piel no parece causar daño a la salud. Sin embargo, el aluminio no es una sustancia necesaria para el organismo y en grandes cantidades puede ser peligroso. Gente que está expuesta a altos niveles de aluminio en polvo en el aire puede sufrir trastornos respiratorios como tos y asma.

Algunos estudios han encontrado que gente con la enfermedad de Alzheimer tiene más aluminio que lo normal en el cerebro. No sabemos si el aluminio causa esta enfermedad o si la acumulación de aluminio ocurre en gente que ya tiene la enfermedad. Niños y adultos que recibieron altas dosis de aluminio como tratamiento para ciertos problemas de salud, contrajeron enfermedades a los huesos, lo que sugiere que el aluminio puede causar problemas al esqueleto. En ciertas personas se ha observado

irritación de la piel a raíz del uso de desodorantes que contienen cloridrato de aluminio.

¿Qué posibilidades hay de que el aluminio produzca cáncer?

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA no han clasificado al aluminio en relación a carcinogenicidad. El aluminio no ha producido cáncer en estudios en animales.

¿Cómo puede el aluminio afectar a los niños?

Niños que recibieron aluminio para tratar problemas del riñón contrajeron enfermedades de los huesos. No sabemos de otros efectos del aluminio sobre la salud de los niños. Tampoco sabemos si el aluminio afecta a los niños de manera diferente que a los adultos, o los efectos a largo plazo en adultos expuestos al aluminio cuando niños. Algunos estudios han demostrado que altos niveles de aluminio causan daño en animales antes y después de nacer porque el aluminio puede retardar el desarrollo del esqueleto y del sistema nervioso. También se ha demostrado que el aluminio reduce el peso al nacer en animales.

¿Cómo pueden las familias reducir el riesgo de exposición al aluminio?

La manera más importante como las familias pueden reducir la exposición al aluminio es conocer las fuentes del aluminio y así disminuir la exposición a estas fuentes. Debido a que el aluminio es tan común y difundido en el

medio ambiente, la exposición al aluminio no se puede evitar.

Las exposiciones a niveles bajos de aluminio, como los que ocurren en forma natural en alimentos y el agua, y las formas de aluminio presentes en el suelo y en utensilios de cocina generalmente no presentan riesgo.

El mejor método para reducir la exposición al aluminio es evitar tomar grandes cantidades de formas de aluminio solubles tales como antiácidos que contienen aluminio y aspirina amortiguada. Asegúrese de que estos productos tengan tapas a prueba de niños de manera que éstos no los ingieran accidentalmente. Algunas fórmulas con base de soya pueden contener altos niveles de aluminio, por lo tanto es buena idea que los padres consulten a su doctor cuando elijan una fórmula infantil.

¿Hay algún examen médico que demuestre que he estado expuesto al aluminio?

Hay exámenes que miden la cantidad de aluminio en la sangre, la orina y las heces. La cantidad de aluminio en la orina puede indicar si usted ha estado expuesto a cantidades de aluminio mayores que lo normal. También hay exámenes que detectan aluminio en el pelo y en las uñas. No todos estos exámenes pueden hacerse en forma rutinaria en la oficina de su doctor, pero éste puede tomar muestras y mandarlas a un laboratorio especial.

4.4 Manganese

4.4.1 Propiedades

El manganeso es un elemento que normalmente se encuentra asociado con el hierro; es el primer elemento del grupo 7B, presenta un número atómico de 25 y un peso molecular de 54,94 gr/mol

Cuando se encuentra en su forma de Mn^{+2} , es soluble y normalmente atraviesa las etapas del tratamiento de aguas. De otro lado, la presencia del manganeso en sedimentos como óxido de manganeso, incrementa los volúmenes de manejo de lodos; y en condiciones reductoras los óxidos de manganeso se reducen y estos suben a la interfase agua-sedimento, por la falta de oxigenación.

Es posible implementar estrategias para promover la precipitación, por oxidación del manganeso, podría utilizarse la adición de Permanganato de Potasio ($KMnO_4$) en situaciones de emergencia mientras se controlen los efectos colaterales que esto genera, como la presencia de un mayor volumen de lodos.

4.4.2 Formas del Manganese en el Agua

En muestras de Agua, el manganeso puede estar en:

- ◆ Solución: Óxidos de manganeso.
- ◆ Estado Coloidal: Como turbiedad e Hidróxido.
- ◆ Como Partículas Suspendidas relativamente gruesas: Formas insolubles (Orgánicas e Inorgánicas), que se agrupan por atracción iónica o por diversos mecanismos de formación.

4.4.3 Efectos del manganeso sobre la salud

El manganeso es un compuesto muy común que puede ser encontrado en todas partes en la tierra. El manganeso es uno de los tres elementos trazas tóxicos esenciales, lo cual significa que no es sólo necesario para la supervivencia de los humanos, pero que es también tóxico cuando está presente en elevadas concentraciones en los humanos.

Cuando la gente no cumple con la ración diaria recomendada su salud disminuirá. Pero cuando la toma es demasiado alta problemas de salud aparecerán.

La toma de manganeso por los humanos mayoritariamente tiene lugar a través de la comida, como son las espinacas, el té y la hierbas. Las comidas que contienen las más altas concentraciones son los granos y arroz, las semillas de soja, huevos, frutos secos, aceite de oliva, judías verdes y ostras.

Después de ser absorbido en el cuerpo humano el manganeso será transportado a través de la sangre al hígado, los riñones, el páncreas y las glándulas endocrinas. Los efectos del manganeso mayormente ocurren en el tracto respiratorio y el cerebro. Los síntomas por envenenamiento con manganeso son alucinaciones, olvidos y daños en los nervios. El manganeso puede causar parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis.

Cuando los hombres se exponen al manganeso por un largo periodo de tiempo el daño puede llegar a ser importante.

Un síndrome que es causado por el manganeso tiene los siguientes síntomas: esquizofrenia, depresión, debilidad de músculos, dolor de cabeza e insomnio.

4.4.4 Efectos ambientales del manganeso

Los compuestos del manganeso existen de forma natural en el ambiente como sólidos en suelos y pequeñas partículas en el agua. Las partículas de manganeso en el aire están presentes en las partículas de polvo. Estas usualmente se depositan en la tierra en unos pocos días.

Los humanos aumentan las concentraciones de manganeso en el aire por las actividades industriales y a través de la quema de productos fósiles. El manganeso que deriva de las fuentes humanas puede también entrar en la superficie del agua, aguas subterráneas y aguas residuales. A través de la aplicación del manganeso como pesticida el manganeso entrará en el suelo.

Para los animales el manganeso es un componente esencial sobre unas 36 enzimas que son usadas para el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas.

Con animales que comen muy poco manganeso interfiere en el crecimiento normal, la formación de huesos y en la reproducción.

Para algunos animales la dosis letal es bastante baja, lo cual significa que tienen pocas posibilidades de supervivencia incluso a pequeñas dosis de manganeso cuando este excede la dosis esencial. El manganeso puede causar disturbancias en los pulmones, hígado y vasculares, decremento de la presión sanguínea, fallos en el desarrollo de fetos de animales y daños cerebrales.

Cuando el manganeso es tomado a través de la piel este puede causar temblores y fallos en la coordinación. Finalmente, las pruebas de laboratorio con animales han mostrado que diversos envenenamientos con manganeso deberían incluso ser capaces de causar el desarrollo de tumores en animales.

En plantas los iones del manganeso son transportados hacia las hojas después de ser tomados en el suelo. Cuando muy poco manganeso puede ser absorbido desde el suelo esto causa perturbaciones en los mecanismos de las plantas. Por ejemplo perturbaciones en la división del agua en hidrógeno y oxígeno, en lo cual el manganeso juega un papel importante.

El manganeso puede causar síntomas de toxicidad y deficiencia en plantas. Cuando el pH del suelo es bajo las deficiencias de manganeso son más comunes.

Concentraciones altamente tóxicas de manganeso en suelo pueden causar inflamación de la pared celular, abrasamiento de las hojas y puntos marrones en las hojas. Las deficiencias pueden también causar estos efectos entre concentraciones tóxicas y concentraciones que causan deficiencias una pequeña área de concentraciones donde el crecimiento de la planta es óptimo puede ser detectado.

4.4.5 Algunas preguntas más frecuentes

¿Qué problemas causan el hierro y el manganeso?

El hierro y el manganeso pueden darle al agua un sabor, olor y color indeseable. El hierro causa manchas rojizas-

café en la ropa, porcelana, platos, utensilios, vasos, lavaplatos, accesorios de plomería y concreto. El manganeso causa manchas café negras en los mismos materiales. Los detergentes no remueven estas manchas. El cloro casero y los productos alcalinos (tales como el sodio y el bicarbonato) pueden intensificar las manchas.

Los depósitos de hierro y manganeso se acumulan en los tubos de cañerías, tanques de presión, calentadores de agua y equipo ablandador de agua. Estos depósitos restringen el flujo del agua y reducen la presión del agua. Más energía se requiere para bombear agua a través de tubos tapados y para calentar agua si los rodos de los calentadores están cubiertos con depósitos minerales. Esto aumenta los costos de la energía y el agua.

El agua contaminada con hierro y manganeso usualmente contiene bacterias de hierro o manganeso. Estas bacterias se alimentan de los minerales que hay en el agua. No causan problemas de salud, pero sí forman una baba rojiza-café (hierro) o café negra (manganeso) en los tanques de los inodoros y pueden tapan los sistemas de agua.

¿Cómo entran el hierro y el manganeso al agua potable?

El hierro y el manganeso son elementos comunes en la superficie de la tierra. A medida que el agua se filtra por el suelo y las piedras puede disolver estos minerales y acarrearlos hacia el agua subterránea.

Además, los tubos de hierro pueden corroerse y lixiviar (disolver) hierro dentro del abastecimiento de agua residencial.

¿Cómo se sabe si el agua contiene hierro y/o manganeso?

La apariencia y/o sabor del agua pueden indicar la presencia de hierro y manganeso. Por ejemplo, partículas rojizas-cafés (hierro) o rojizas-negras (manganeso) pueden estar visibles cuando el agua sale del grifo. Estas partículas de hierro y/o manganeso pueden provenir de tubos corroídos o del mismo abastecimiento de agua. Las partículas se forman debido a que el oxígeno en el sistema de plomería está oxidando y precipitando el hierro y el manganeso. Si el agua está clara cuando sale del grifo, pero las partículas se forman y se acumulan después de que el agua ha estado estancada por un rato, el hierro y/o manganeso están en el suministro del agua. Se disuelven en el agua y permanecen invisibles hasta que se oxidan y se precipitan.

Algunas veces el agua del grifo tiene un color rojizo.

Esto es causado por el hierro coloidal-hierro que no forma partículas lo suficientemente grandes para precipitarse. El manganeso usualmente se disuelve en agua, aunque algunos pozos poco profundos contienen manganeso coloidal que le da al agua un tinte negro.

La baba rojizo-café o negra que existe en los tanques de los inodoros o los grifos es una señal que existen bacterias de hierro o manganeso. El agua que contiene altas concentraciones de hierro y manganeso puede tener un sabor metálico indeseable.

El agua puede reaccionar con el tanino en el café, té y otras bebidas y producir un lodo negro. Usted también puede notar que el agua está manchando la ropa y otros artículos.

Mientras que estos síntomas pueden indicar que el agua contiene hierro y manganeso, necesita examinar su agua para medir cuánto contiene.

4.5 INDICE DE SATURACIÓN DE LANGELIER (ISL)

4.5.1 Historia

En la búsqueda de criterios cuantificables, medibles relativos a la estabilidad hídrica, se desarrolló en 1936 el Índice de Saturación, a partir del pH de saturación.

El Índice de Saturación de Langelier fue diseñado para las pipas de agua subterráneas usadas por los distritos municipales del agua en Francia. La industria de los productos para piscinas comenzó a usarlo en los primeros años de la década de los 60', pues no se tenía otro sistema que balanceara la calidad del agua y que sirva como indicador frente a probables incrustaciones. Desde ese entonces, se ha modificado el Índice de Langelier porque se han puesto con mayor énfasis límites y perfeccionado las condiciones que nunca fueron parte del índice original propuesto por el Dr. Langelier. En realidad, no estamos utilizando el índice de Langelier, aunque en la actualidad la industria, los sistemas de agua potable, las actividades recreativas, lo siguen denominando Índice de Saturación de Langelier.

4.5.2 Definición

El Índice de Saturación de Langelier (ISL), es un modelo del equilibrio derivado del concepto teórico de la saturación y proporciona un indicador del grado de saturación del agua con respecto al Carbonato del Calcio (CaCO_3) y está íntimamente relacionado a las incrustaciones en instalaciones, tuberías y accesorios en plantas de tratamiento y redes de distribución de agua potable, en la industria y otros usos.

El pH de saturación (**pH_s**) es aquel en el cual el agua se encuentra en equilibrio con el CaCO_3 , sin entrar en consideraciones físico-químicas, resulta de la suma de los pH parciales de la dureza cálcica, más la alcalinidad total, más una constante que depende de la temperatura del sistema.

El Índice de Saturación de Langelier, resulta ser la diferencia algebraica entre el pH medido (real) y el pH_s (calculado). Entonces, se calcula el ISL:

$$\text{ISL} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

Por lo tanto el ISL es un índice cualitativo, sólo nos indica la tendencia direccional de ***Sedimentación o Incrustación*** del carbonato de cálcico que es el mineral más sedimentable. Por lo tanto si:

ISL es Positivo (+)	:Tendencia de sedimentación CaCO_3 - <u>INCRUSTACIONES</u>
ISL es cero (0)	: Agua en equilibrio con CaCO_3
ISL es Negativo (-)	:Tendencia a disolver sedimentos existentes de CaCO_3 , a dejar el metal limpio y expuesto a la <u>CORROSIÓN</u>

En resumen, si **ISL** es:

- ❖ **Positivo**, el agua será **INCRUSTABLE**
(Sobresaturada)
- ❖ **Cero**, el agua estará en equilibrio **NO**
CORROSIVO, NI INCRUSTABLE.
- ❖ **Negativo**, el agua tendrá tendencia **CORROSIVA**
(Sub – saturada)

Matemáticamente, puede demostrarse que el **Índice de Saturación de Langelier (ISL)** aproxima el logaritmo de la base 10 del nivel de la saturación de la calcita. El nivel de saturación de Langelier se basa en el concepto de Saturación usando el pH del agua como variable principal. El ISL se puede interpretar como el cambio de pH requerido para traer el agua al punto de equilibrio.

El ISL es puramente un índice del equilibrio y se ocupa solamente de la fuerza impulsora termodinámica para la formación y el crecimiento de escala del carbonato del calcio. No proporciona ninguna indicación de cuánto carbonato de la escala o del calcio se precipitará realmente para llevar el agua al equilibrio.

Indica simplemente la fuerza impulsora para la formación y el crecimiento de escala en términos del pH como variable prioritaria. Para calcular el ISL, es necesario saber:

- La alcalinidad (mg/l como CaCO_3)
- La dureza Total y del calcio (mg/l Ca^{2+} como CaCO_3)
- Los Sólidos Disueltos Totales (mg/l TDS)
- El pH real del agua estudiada

- La temperatura del agua (°C)

Si los sólidos totales disueltos (TDS) fueran desconocidos, pero se puede determinar la conductividad, uno puede estimar los mg/l de TDS:

$$\text{TDS en mg/l} = 0,67 \times \text{Conductividad (us/cm)}$$

Conociendo que:

El pH, es la medida real del potencial de hidrógeno del agua evaluada

El pH_s es el pH en la saturación en carbonato de la calcita o del calcio y se define como:

$$\text{pH}_s = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

Donde:

$$A = (\text{Log}_{10} (\text{TDS}) - 1) / 10$$

$$B = 13.12 * \text{Log}_{10} (^\circ\text{C} + 273) + 34.55$$

$$C = \text{Log}_{10} (\text{CA}^{+2} \text{ como } \text{CaCO}_3) - 0.4$$

$$D = \text{Log}_{10} (\text{alcalinidad como } \text{CaCO}_3)$$

4.5.3 Limitaciones

El ISL no es una medida de capacidad, es una apreciación cualitativa del sistema. Dos muestras de agua de mayor y menor dureza pueden ser del mismo signo.

ISL, funciona sólo cuando el pH medido está entre 6,5 y 9,5. Es decir, de ligeramente ácido a alcalino.

Sin embargo, hay una particular controversia referente a la correlación del ISL con la corrosividad del agua. Mientras que algunos sectores de la industria y administración del agua utilizan el ISL como medida de la corrosividad de sus aguas.

5. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL AREA DE ESTUDIO

5.1 Ubicación

La zona donde se encuentra la Planta de Bellavista, se localiza al lado este de la ciudad de Huaraz, en la parte alta de la misma, y la captación de Coyllur se encuentra dentro de la Micro Cuenca del Río Auqui.

Huaraz se encuentra ubicado a $9^{\circ} 31' 46''$ de Latitud Sur y a $77^{\circ} 32' 12''$ de longitud del Meridiano de Greenwich (Atlas) y a $09^{\circ} 31' 36''$ de latitud Sur y a $77^{\circ} 31' 34''$ de Longitud del Meridiano de Greenwich.

Se encuentra aproximadamente a 3,027 m.s.n.m. y a 408.6 Km de la Ciudad de Lima, con una extensión de 834.20 Km^2

5.2 Ubicación política:

Departamento	ANCASH
Provincia	HUARAZ
Distrito	HUARAZ

5.3 Información Meteorológica

a) Temperatura:

La temperatura media fluctúa entre los 8.4°C y los 22°C, siendo el promedio de 15.18°C. En los meses de invierno la temperatura desciende hasta los 5.3°C.

b) Humedad Relativa:

La humedad varía en función de las estaciones, siendo la máxima de 80.75 y la mínima de 21, siendo la humedad relativa promedio de 48.69. La evaporación total mensual varía entre los 54.05 mm y 151.1 mm, siendo el promedio de 114.60 mm.

c) Vientos:

En lo que se refiere a la corriente de los vientos, se presenta generalmente de Sur a Norte, con una velocidad media de 16 Km/h y en casos no muy frecuentes de Nor-este a Sur-este.

d) Precipitación Pluvial:

El promedio de precipitaciones total mensual es de 71.90 mm, los cuales se presentan generalmente en Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril.

5.4 Distribución territorial de la población

La ciudad de Huaraz según los estudios de zonificación presenta un área de 3,045 hectáreas, de los cuales 454 Ha corresponden al área consolidada, 325 Ha corresponden a los consolidados en tratamiento, y 2,266 hectáreas corresponden a un área en tratamiento de expansión.

5.5 Actividad Económica

De acuerdo a la información censal de 1993, la población económicamente activa del distrito de Huaraz, fue de 14,090 habitantes de un total de 44,771 habitantes. La provincia de Huaraz, tenía una población total de 121,028 habitantes, lo que representa el 13% de la población total del departamento de Ancash. Del total de la PEA del distrito de Huaraz el 17% se dedicaban a las actividades extractivas, mientras el 11.5% se dedicaban a las actividades de transformación, y el 54.9% a las actividades de servicio.

La ciudad se encuentra dedicada principalmente a la actividad de servicios e industrias. Se encuentran ubicados un promedio de 1,508 establecimientos comerciales: 142 industrias manufactureras, 1 constructora, 879 establecimientos de reparaciones de vehículos y automotores, 249 restaurantes y hoteles, 35 empresas de transporte, almacenamientos y comunicaciones, 5 agencias bancarias, 85 actividades inmobiliarias, 10 establecimientos de enseñanza privada, 42 servicios sociales de salud, (60) otras actividades de servicios comerciales y servicios personales.

6. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

El sistema de tratamiento de la Planta de Bellavista, consta de dos plantas de tratamiento DEGREMONT; la primera construida en el año de 1964, con una capacidad de tratamiento de 60 lps, y la segunda planta construida en el año de 1994, con una capacidad de tratamiento de 120 lps.

6.1 Fuentes de Abastecimiento

La única fuente que abastece a las Plantas de Tratamiento de Bellavista es el Río Auqui, que presenta variaciones mínimas de

caudal en el transcurso del año, con capacidad de abastecimiento normal de 180 lps.

6.2 Captación

La toma de agua del Río Auqui, se realiza en la zona de Coyllur, mediante una captación lateral ubicada a la margen izquierda del río. La captación está construida con concreto, la estructura cuenta con unas barras de hierro dispuestas verticalmente que no permiten el ingreso de material grueso que pueda ser arrastrado por las aguas del río.

El agua captada pasa a un canal de derivación, el mismo que hace las veces de cámara de carga, y también esta construido de concreto, con las siguientes dimensiones interiores:

- ◆ Largo 30.00 m
- ◆ Ancho 1.00 m
- ◆ Profundidad 1.50 m

En la parte posterior del canal de derivación se encuentra ubicada una compuerta metálica la cual regula el tirante de agua sobre la tubería de conducción, controlando de esta manera la cantidad de agua captada.

6.3 Desarenador

Constituida por una unidad de forma rectangular trapezoidal de concreto armado, la cual presenta las medidas mostradas en el cuadro N° 04.

CUADRO N° 04

DESCRIPCIÓN	MEDIDA EXTERIOR	MEDIDA INTERIOR
Largo	18.00 m	16.50 m
Ancho	5.70 m	5.00 m
Profundidad a la entrada		2.26 m
Profundidad máxima (zona de descarga)		2.91 m
Profundidad en la zona de salida		2.76 m

Esta unidad recibe el agua de la captación mediante una tubería de ϕ 14" de 53.5 m de longitud.

6.4 Línea de Conducción

La línea de conducción para la Planta de Tratamiento está compuesta por tuberías de asbesto y cemento de ϕ 12" y ϕ 14", dispuestas en serie, la cual cuenta con dos cámaras rompe presión ubicadas a 400 m y 4150 m de la captación, y una caja de reunión ubicada a 4900 m de dicha estructura.

6.5 Plantas de Tratamiento

Las instalaciones de Bellavista, se encuentran constituidas por dos plantas de tratamiento de tecnología importada de la firma Degremont - Francesa. La primera de ellas con una capacidad de diseño de 60 lps (Planta de Tratamiento N° 01), y la segunda con capacidad de diseño de 120 lps (Planta de Tratamiento N° 02).

Al ingresar el agua cruda a los ambientes de este sistema, lo hace a una cámara de reunión donde se le dosifica el Hidróxido de Calcio (Cal Hidratada), empleando para ello un dosificador gravimétrico que se encuentra ubicado a un costado del cerco perimétrico, esto es en la zona Sur Oeste de la Planta.

A continuación se describen las Plantas de Tratamiento que conforman este sistema:

6.5.1 Planta de Tratamiento N° 01

Su diseño es patente DEGREMONT, tiene una capacidad de tratamiento de 60 lps y su configuración ha sido concebida básicamente para la clarificación del agua (tratamiento físico), es decir conseguir que se remuevan las partículas que se encuentran en suspensión en el agua, mediante los procesos de mezcla, floccodecantación, filtración y desinfección mediante la adición de cloro gas.

6.5.1.1 Dosificación y Mezcla

La sala de dosificación se encuentra en el segundo piso del edificio y para esta planta se emplea un dosificador gravimétrico para el sulfato de aluminio tipo B marca WALLACE & TIERNAN. La dosificación esta diseñada para que la solución del insumo ingrese directamente a la tubería que trae el agua cruda desde la cámara donde actualmente se esta dosificando la cal.

6.5.1.2 Floculación y Decantación

Para llevar a cabo estos procesos cuentan con la unidad denominada Pulsator, la cual es similar a la de la Planta de Tratamiento N° 02, y será descrita más adelante (ítem 6.5.2.2)

6.5.1.3 Filtración

En el caso de esta Planta de Tratamiento, esta constituida por 4 filtros cuya capacidad nominal es de 15 litros por segundo. Las unidades de filtración

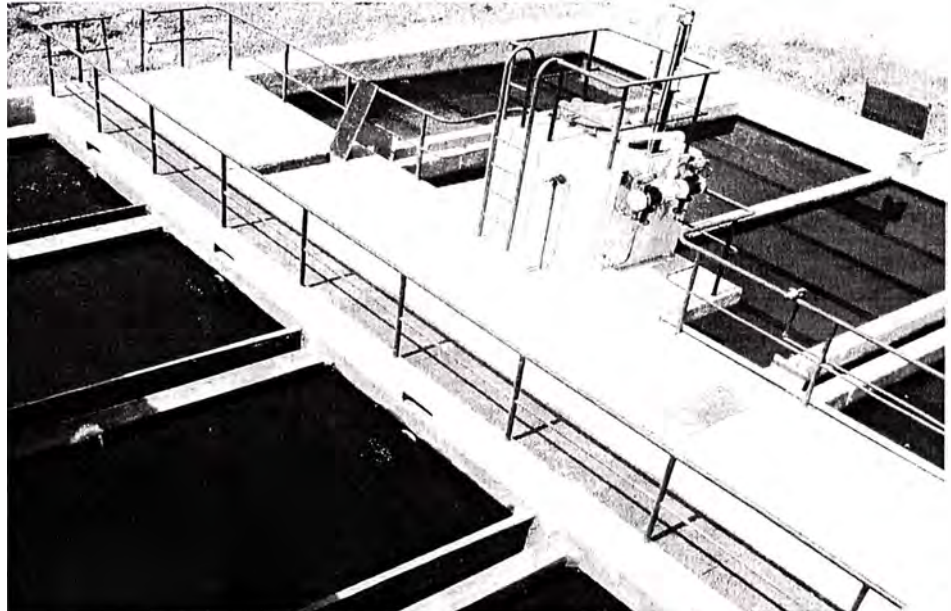
son de flujo vertical descendente de capa homogénea (AQUAZUR tipo T), unidades de forma rectangular, las que serán descritas con mayor detalle mas adelante (ítem 6.5.2.3).

6.5.1.4 Desinfección

El agua filtrada debe ser almacenada en una cisterna de 300 m³ para ser desinfectada con cloro gas, para lo cual cuenta con lo siguiente:

- ◆ 1 Balanza para dos cilindros de 68 Kg. de capacidad, marca Wallace & Tiernan.
- ◆ El Clorador de inyección al vacío, modelo S 10K sobre cilindro, marca Wallace & Tiernan.

PLANTA DE TRATAMIENTO N° 01



6.5.2 Planta de Tratamiento N° 02

Su diseño es patente DEGREMONT, tiene una capacidad de tratamiento de 120 lps y su configuración ha sido concebida básicamente para la clarificación de las aguas

(tratamiento físico), es decir conseguir que se remuevan las partículas que se encuentran en suspensión en el agua, mediante los procesos de mezcla, floccodecantación, filtración y desinfección mediante la adición de cloro gas.

6.5.2.1 Dosificación y mezcla

La sala de dosificación para esta planta también se encuentra ubicada en el segundo piso de la edificación y se encuentra equipada con dos dosificadores, uno para Arcilla (Fulasoft) antes utilizado, y otro para el Sulfato de Aluminio, que se dosifica en época de lluvias, cuando el agua cruda llega con altas turbiedades. Estos dosificadores son volumétricos, marca Wallace & Tiernan. La solución de sulfato de aluminio es conducida mediante tuberías hacia el punto de aplicación en la tubería que transporta el agua cruda, desde la cámara ubicada al ingreso del sistema, hacia la unidad de floculación y decantación.

La dosificación de Cal Hidratada, se hace en la cámara, ubicada al ingreso de la planta. No se cuenta con dosificador, esto se hace mediante unas pozas de concreto donde se prepara la solución de Cal, que luego se inyecta a la cámara y esto va hacia la unidad de floculación y decantación.

6.5.2.2 Floculación y Decantación

La planta es similar a la indicada en la planta N° 1, con la diferencia que esta planta es para un caudal de tratamiento de 120 lps.

Se efectúa en un decantador de lecho de fangos tipo **PULSATOR**, en el cual la masa de fango se mantiene en suspensión regular por introducción del agua de manera intermitente.

El decantador esta constituido por un depósito de concreto de fondo plano, provisto en su base de una serie de tubos cerrados de ϕ 6" que permiten introducir el agua cruda uniformemente por todo el fondo del decantador.

En su parte superior también esta provisto de una serie de tubos perforados, mediante los cuales se consigue recoger en forma uniforme el agua decantada, evitando cualquier irregularidad de velocidades en las diferentes partes de la unidad.

La introducción de agua cruda se hace en una campana, en cuyo interior se aspira el aire mediante un ventilador. Esta campana se encuentra en comunicación con el colector inferior del decantador.

En estas condiciones, el nivel de agua cruda aumenta progresivamente en la campana; cuando alcanza una altura entre 0.5 y 0.8 m por encima del nivel de agua del decantador, se efectúa la apertura brusca de una válvula de comunicación entre la campana y la atmósfera asegurando así la entrada a gran velocidad, en el decantador, del agua almacenada en la campana.

La válvula de comunicación con la atmósfera se acciona en función de los niveles de agua en la campana mediante contactores. La campana es también una zona de floculación.

Como el lecho de fangos tiene movimientos alternos verticales y tiende a aumentar su volumen debido a las impurezas aportadas por el agua cruda y a los reactivos floculantes, su nivel asciende de manera regular. Se reserva una cierta zona del decantador para formar las fosas de fondo inclinado en las que se vierte y concentra el exceso de fangos. Las purgas tienen lugar de forma intermitente por tuberías con válvulas.

El aparato carece de todo sistema de agitación mecánica de los fangos, que tendería a romper los flóculos ya formados.

Además, las purgas sólo evacúan los concentrados de fangos sin reducir el lecho que siempre se queda en el decantador.

6.5.2.3 Filtración

La mayoría de las partículas que estaban suspendidas en el agua son removidas al ser floculada y decantada en el clarificador Pulsator; por lo tanto el agua que llega a los filtros solo contiene trazas de flóculos, cuya cohesión a dependido de los reactivos utilizados. Con una buena decantación, los filtros se encuentran en la situación ideal que

consiste en recibir un agua de calidad constante y poco cargada. La filtración vendría a ser entonces, un tratamiento final o de acabado y de seguridad necesaria cuando el uso final es el del servicio público.

La planta N° 02 cuenta con 5 filtros de arena, de flujo descendente de capa homogénea, abiertos, de concreto de tipo AQUAZUR tipo T, es decir en donde el material filtrante tiene una granulometría uniforme en todo el espesor del lecho filtrante, tanto al constituirse este como después del lavado. Estos filtros son lavados con agua y aire simultáneamente, aclarándose inmediatamente sólo con agua, sin expandir el material filtrante.

En el cuadro N° 05 se presentan las dimensiones de los filtros.

CUADRO N° 05

Largo	7.38 m
Ancho	2.44 m
Area Superficial	18 m ²
Material Filtrante	Arena Silícea Tamaño efectivo de diseño 0.95 mm
Boquillas Degremont	1008 unidades / filtro Modelo D-20

Los filtros Aquazur tipo T se caracterizan por:

- ◆ Un lecho filtrante de granulometría homogénea, la que permanece homogénea después del lavado.

- ◆ Un lavado por retorno simultáneo de aire a fuerte caudal y agua a caudal reducido, seguido de un aclarado a caudal medio (sólo con agua), que no provoca la expansión de lecho filtrante.
- ◆ Una pequeña altura de agua por encima de la arena: 0.50 m
- ◆ Una caída geométrica reducida (2.00 m) que evita que, debido a un atascamiento excesivo o una pérdida de carga excesiva del material filtrante, se produzca una importante desoxigenación del agua en los sifones.

Según la naturaleza del agua, y su aptitud para desgasificarse relacionada al lugar geográfico donde se encuentra instalada (m.s.n.m), la velocidad máxima de filtración debe estar comprendida entre 7 a 10 m/h.

El falso fondo que soporta la arena es formado por losas de concreto provistas de boquillas de recolección del agua filtrada y a la vez difusores del aire y agua de lavado.

Cada filtro comprende solamente 3 válvulas que corresponden al agua filtrada, agua de lavado y aire de lavado.

La llegada de agua decantada se regula por una batiente que se cierra automáticamente durante el lavado, cuando el nivel de agua en el filtro sobrepasa

el nivel del agua de los vertederos ubicados a cada lado del filtro propiamente dicho.

La evacuación de agua de lavado sucia se efectúa por rebose en los canales laterales de cada filtro.

La regulación del nivel de estos filtros se hace por un sifón concéntrico colocado a la salida de cada filtro, presentando cada uno de ellos una válvula con flotador que introduce más o menos aire a la parte superior del sifón en función del nivel de agua en el filtro.

El valor del vacío en la parte superior del sifón representa el grado de atascamiento del filtro.

A la salida del sifón, el agua filtrada se vierte directamente a una cámara y luego pasa a una cisterna de 400 m³ de capacidad.

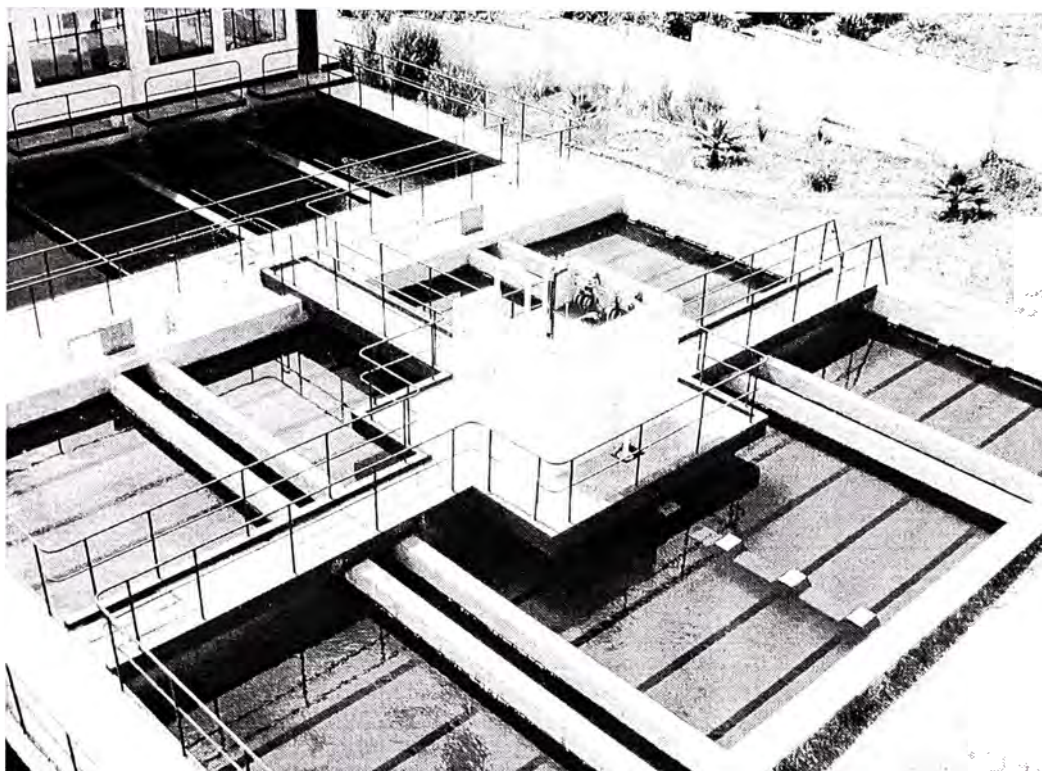
6.5.2.4 Desinfección

La adición del desinfectante se realiza dentro de la cámara de contacto, en la que el cloro reacciona con el agua; el tiempo de contacto mínimo es de 17 minutos, completándose a 2 horas en el reservorio de Pedregal de almacenamiento.

Se cuenta con:

- ◆ 1 Clorador de inyección al vacío, modelo S10K montado en cilindro, marca Wallace & Tieman y accesorios.
- ◆ 1 Balanza para 2 cilindros de 68 kg de capacidad, marca W & T.
- ◆ Cilindros para cloro gas de 68 kg.

PLANTA DE TRATAMIENTO N° 02



7. NORMAS DE CALIDAD DE AGUA VIGENTE

En el cuadro N° 06, se muestran los límites de calidad de agua vigentes en el Perú de acuerdo a la Ley General de Aguas.

D.L. No. 17752, incluyendo las modificaciones de los Artículos 81 y 82 del Reglamento de los Títulos I, II, III, según el D.S. No. 007-83-SA, publicado el 11 de marzo de 1983.

CUADRO N° 06

Parámetro	Unidad	Uso de Recurso de Agua					
		I	II	III	IV	V	VI
Límites Bacteriológicos							
Cpliformes totales (1)	NMP/100 mL	8.8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
Coliformes fecales (1)	NMP/100 mL	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000
Límites de Demanda Bioquímica de Oxígeno y de Oxígeno Disuelto							
Oxígeno disuelto	mg/L	3	3	3	3	5	4
D.B.O. (2)	mg/L	5	5	15	10	10	10
Límites de Sustancias Potencialmente Peligrosas							
Selenio	mg/L	0.01	0.01	0.05	-----	0.005	0.01
Mercurio	mg/L	0.002	0.002	0.01	-----	0.0001	0.0002
P.C.B.	mg/L	0.001	0.001	(3)	-----	0.002	0.002
Esteres Estalatos	mg/L	0.0003	0.0003	0.0003	-----	0.0003	0.0003
Cadmio	mg/L	0.01	0.01	0.05	-----	0.0002	0.004
Cromo	mg/L	0.05	0.05	1.0	-----	0.05	0.005
Niquel	mg/L	0.002	0.002	(3)	-----	0.002	(4)
Cobre	mg/L	1.0	1.0	0.5	-----	0.01	(5)
Plomo	mg/L	0.05	0.05	0.1	-----	0.01	0.03
Zinc	mg/L	5.0	5.0	25.0	-----	0.02	(4)
Cianuros (CN)	mg/L	0.2	0.2	(3)	-----	0.005	0.005
Fenoles	mg/L	0.0005	0.001	(3)	-----	0.001	0.1
Sulfúros	mg/L	0.001	0.002	(3)	-----	0.002	0.002
Arsénico	mg/L	0.1	0.1	0.2	-----	0.01	0.05
Nitratos (N)	mg/L	0.01	0.01	0.6	-----	N.A.	N.A.
Pesticidas		(6)	(6)	(6)	-----	(6)	(6)
Límites de Sustancias o Parámetros Potencialmente Perjudiciales							
M.E.H. (7)	mg/L	1.5	1.5	0.5	0.2	-----	-----
S.A.A.M (8)	mg/L	0.5	0.5	1.0	0.5	-----	-----
C.A.E (9)	mg/L	1.5	1.5	5.0	5.0	-----	-----
C.C.E. (10)	mg/L	0.3	0.3	1.0	1.0	-----	-----

Notas del Cuadro N°

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- II. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Agua de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- V. Aguas de zona de pesca de mariscos bivalvos.
- VI. Aguas de zona de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial.
- (1): Entendidos como valor máximo en 80% de 5 ó más muestras mensuales.
- (2): Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días, 20° C.
- (3): Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.
- (4): Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.002.
- (5): Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1.
- (6): Para cada uso se aplicará como límite los criterios de calidad de aguas establecidos por el Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica.
- (7): Materiales Extractable en Hexano (grasa principalmente).
8. : Sustancias activas de azul de Metileno (detergente principalmente).
1. : Extracto de columna de carbón activo por alcohol (según método de flujo lento)
2. : Extraco de columna de carbón por cloroformo (según método de flujo lento).

Existen las siguientes Normas de Calidad, consideradas las más importantes:

PERU

- ❖ Reglamento de los Requisitos Oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables R.S. Del 17.12.46

MUNDIAL

- ❖ Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones Organización Mundial de la Salud. (1995)

Finalmente podemos detallar, de conformidad a la caracterización que pudiera tener el agua respecto a las normas fisicoquímicas y bacteriológicas:

(a) Normas Fisicoquímicas del agua de consumo - Las características físico- químicas del agua influyen en:

1. La aceptabilidad del agua por parte del público consumidor
2. Los costos de operación y mantenimiento de las redes
3. La economía de algunos procesos industriales.

Cuando un agua ha sido sometida a proceso de clarificación, ciertas características como la turbiedad, pueden influir no sólo en la aceptabilidad del agua, sino también en el aspecto sanitario.

(b) Normas Químicas sobre Potabilización - Las sustancias que un agua debe contener, se puede clasificar en dos grupos:

1. Sustancias tóxicas.
2. Sustancias que pueden producir determinadas enfermedades.

Por lo tanto se recomienda realizar una vigilancia exhaustiva en cada uno de los componentes del sistema de abastecimiento de aguas.

(c) Normas Bacteriológicas - Toda agua para consumo humano debe estar exenta de microorganismos patógenos.

Por tanto, el agua debe cumplir con ciertas normas bacteriológicas para que pueda ser considerada potable. Debe también observarse que la calidad del agua que se produce en la planta no necesariamente es la misma a la que se distribuye en la red, por cuanto pueden presentarse contaminaciones en ella.

SUNASS – Superintendencia Nacional del Servicio de Saneamiento

Las EPS se rigen por los límites establecidos por el Ente Regulador que es la SUNASS, sus límites están basados en la norma nacional vigente del año 1946; y para los parámetros que no están especificados en este reglamento, se toman los valores guía que recomienda la Organización Mundial de la Salud.

En el cuadro N° 07 se muestran los límites máximos permisibles de los parámetros de calidad de agua.

CUADRO N° 07

Parámetro	Unidad	Resolución Suprema 17/12/46	OMS (Valores Guía) 1995	SUNASS
Turbiedad	UNT (1)	10 mg/L (2)	5.0 (3)	5.0
Color	UCV	20	15	20
pH	Unid.	< 10.6	-	6.5 – 8.5
Sulfatos	mg/L	250	250	250
Cloruros	mg/L	250	250	250
Aluminio	mg/L	(4)	0.2	0.2
Hierro	mg/L	0.5(Total con Mn)	0.3	0.5(Total con Mn)
Manganeso	mg/L	0.5(Total con Fe)	0.1	0.5(Total con Fe)
Cobre	mg/L	3	1	3
Fluor	mg/L	2.0	1.5 (5)	2.0
Arsénico	mg/L	0.1	0.01 (P) (6)	0.1
Plomo	mg/L	0.1	0.01	0.1
Antimonio	mg/L	-	0.005(P) (6)	0.005
Cadmio	mg/L	-	0.003	0.003
Cianuro	mg/L	-	0.07	0.07
Cromo Tot.	mg/L	-	0.05 (P) (6)	0.05
Mercurio	mg/L	-	0.001	0.001
Níquel	mg/L	-	0.02	0.02
Selenio	mg/L	0.05	0.01	0.05
Nitratos	mg/L	-	50	50

- (1) UNT = Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- (2) Medido en al escala de la sílica, en la cuál se considera la unidad estándar de turbidez, aquella producida por 1 mg/L de tierra de fuller en agua destilada.
- (3) Para que la desinfección final sea eficaz, la mediana de la turbiedad debe de ser ≤ 1 NTU; muestra única ≤ 5.0 NTU.
- (4) El agua no debe contener exceso de mineral soluble ni de las sustancias químicas que se emplean para tratarlas.
- (5) Al establecer normas nacionales se deben tener en cuenta las condiciones climáticas, la cantidad de agua consumida y la que ingresa procedente de otras fuentes.
- (6) (P) – valor provisional.

Fuente: Boletín del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento

Fuente: SUNASS.

8. PROBLEMAS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Los principales problemas en el tratamiento del agua potable que se suministra a la población de Huaraz son:

- ❖ pH ácido, fuera de los límites permisibles
- ❖ Aluminio en concentraciones superiores al límite máximo permisible
- ❖ Manganeso en concentraciones superiores al límite máximo permisible

Respecto a la calidad, los análisis efectuados en los laboratorios de las muestras de agua cruda y tratada mostraron niveles preocupantes de los metales pesados: aluminio, manganeso y hierro, acompañados por un pH bajo.

La falta de tratamiento del manganeso tiene repercusiones importantes:

- ❖ Roturas de tuberías en las redes de distribución causadas por la obstrucción de hidróxido de manganeso (precipitado negro parduzco) que sigue oxidándose y precipitando con el cloro residual.

- ❖ El manganeso altamente concentrado producen malos olores y sabores y problemas estéticos como manchas en la ropa de color marrón claro.
- ❖ En las bañeras y lavatorios aparecen manchas marrones donde el agua gotea.
- ❖ Después de un largo periodo sin consumo de agua, la primera agua que se saca es negra o rojiza.
- ❖ El sabor del agua suele ser amarga o metálica.
- ❖ Deterioro de los medidores por las incrustaciones del precipitado (Hidróxido de manganeso).
- ❖ Desde el punto de vista sanitario, uno de los riesgos de la presencia de estos metales reside en que consumen el cloro de la desinfección, quedando el agua desprotegida frente agentes patógenos.

Agua que sale de las cañerías



9. INDICE DE SASTURACION DE LANGELIER

1. CÁLCULO DEL INDICE DE LANGELIER		
PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
PH		6.72
C.E	$\mu\text{S/cm}$	150
TDS	mg/L	96
Ca ⁺²	mg/L	18.1
Ca ⁺²	mg/L CaCO ₃	45.14
*Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	20.8
A		0.10
B		2.14
C		1.25
D		1.32
Phsaturación		8.96
Tª	° C	12.5
Langelier (LSI)		-2.2

Fuentes: - BLAKE, R.T. Water treatment for HVAC and potable water systems (1980) Ed. Mc Graw - Hill
- <http://www.corrosion-doctors.org/NaturalWaters/Puckorius.htm>

El Índice de Saturación de Langelier del agua en las redes de distribución es negativo (-2.2), lo que indica que el agua es corrosiva.

10. INTERPRETACIÓN Y EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA RECOPIADA

10.1 Interpretación y Evaluación relativa a la calidad de agua

10.1.1 Evaluación de los resultados históricos reportados por la EPS CHAVIN S.A.

Para Evaluar la tendencia histórica del pH del río Auqui, se ha contado únicamente con información consolidada proporcionada por la EPS CHAVIN S.A., en el cual se consigna el pH promedio mensual de los años de 1985 – 1987 y los años de 1993 – 2004. Asimismo, se realizó un análisis de las concentraciones de aluminio y manganeso de los años de 2001 – 2004, estas concentraciones son valores máximos que se dio en cada mes del año,

Como se puede apreciar en el gráfico N° 10.1.1.1, durante el año 1985 y la mitad del año 1986 el pH se mantuvo en 6.5 unid., presentando ligera tendencia decreciente a partir del año 1987 (6.0 unid.).

No se ha contado con información del año 1988 al año 1992, sin embargo como se puede apreciar en el gráfico N° 10.1.1.2 a partir del año 1995 se marcó la tendencia ácida con un pH menor a 5.5 unid., sin reversión; confirmándose en los últimos años una tendencia del pH ácida, llegando a valores menores de 4.00 unid., durante el año 2001 en los meses de agosto y setiembre y durante el año 2004 en el mes de setiembre.

En los gráficos del N° 10.1.1.3 al N° 10.1.1.17 se desarrollan en forma anual la tendencia que presentó el pH

del río Auqui, presentando en el año 2001 un pH mínimo de 3.77 unid., en el mes de septiembre y en el mes de agosto un pH de 3.84 unid., siendo los valores mas bajos de pH reportados hasta el año 2004.

En los gráficos del N° 10.1.1.18 al N° 10.1.1.21 se desarrollan en forma anual la tendencia que presentó las concentraciones de aluminio del río Auqui, durante los años del 2001 – 2004, presentando en el año 2001 en el mes de octubre una concentración máxima de aluminio de 1.82 mg/L. En el año 2002 en el mes de junio y julio se obtuvieron concentraciones máximas de aluminio con valores de 1.10 mg/L para cada mes. Para el año 2003 en el mes de enero se obtuvo una concentración máxima de aluminio de 1.15 mg/L. Por último para el año 2004 se obtuvo una concentración máxima de aluminio de 1.25 mg/L, en el mes de setiembre.

En los gráficos del N° 10.1.1.22 al N° 10.1.1.24 se desarrollan en forma anual la tendencia que presentó las concentraciones de manganeso del río Auqui, durante los años del 2002 – 2004, no presentando valores de concentración de manganeso durante el año 2001 por no contar con información. Para el año 2002 en el mes de septiembre se obtuvo una concentración máxima de manganeso de 0.69 mg/L. Durante e laño 2003 se obtuvo una concentración máxima de manganeso de 1.60 mg/L y 1.70 mg/L para los meses de marzo y septiembre respectivamente. Durante el año 2004 se obtuvo una concentración máxima de manganeso de 1.05 en el mes de octubre.

Como podemos observar las concentraciones mas altas de aluminio y manganeso se han dado durante los meses de septiembre y octubre esencialmente, teniendo hasta el año 2004 una concentración máxima de 1.82 mg/L en el año 2001 y una concentración máxima de manganeso de 1.70 mg/L en el año 2003.

TENDENCIA HISTORICA DEL PH DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.1

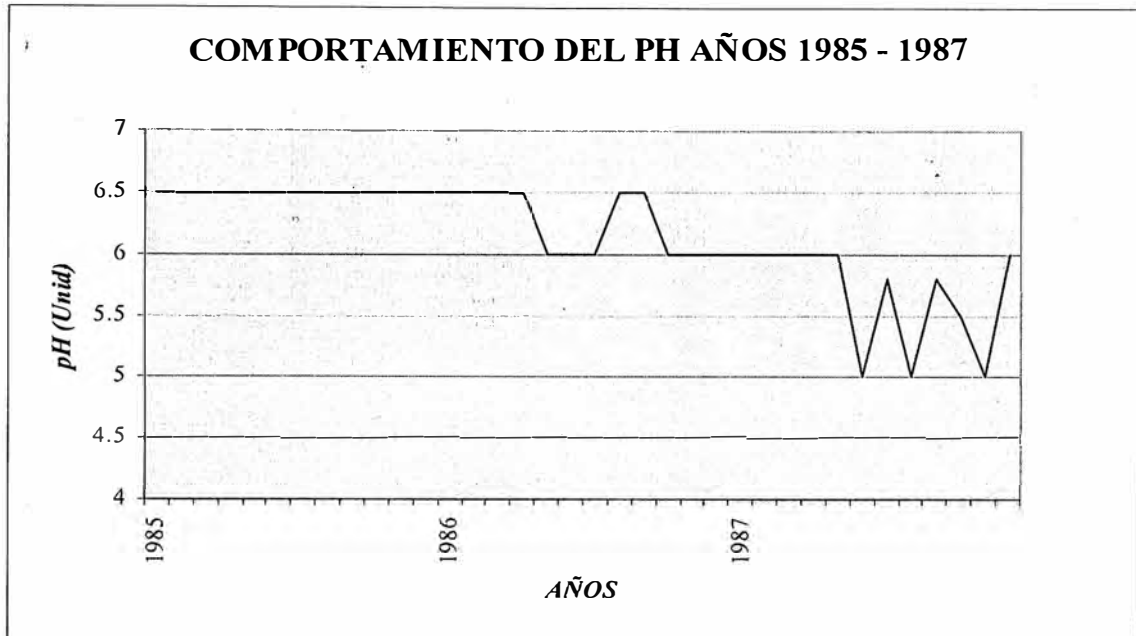
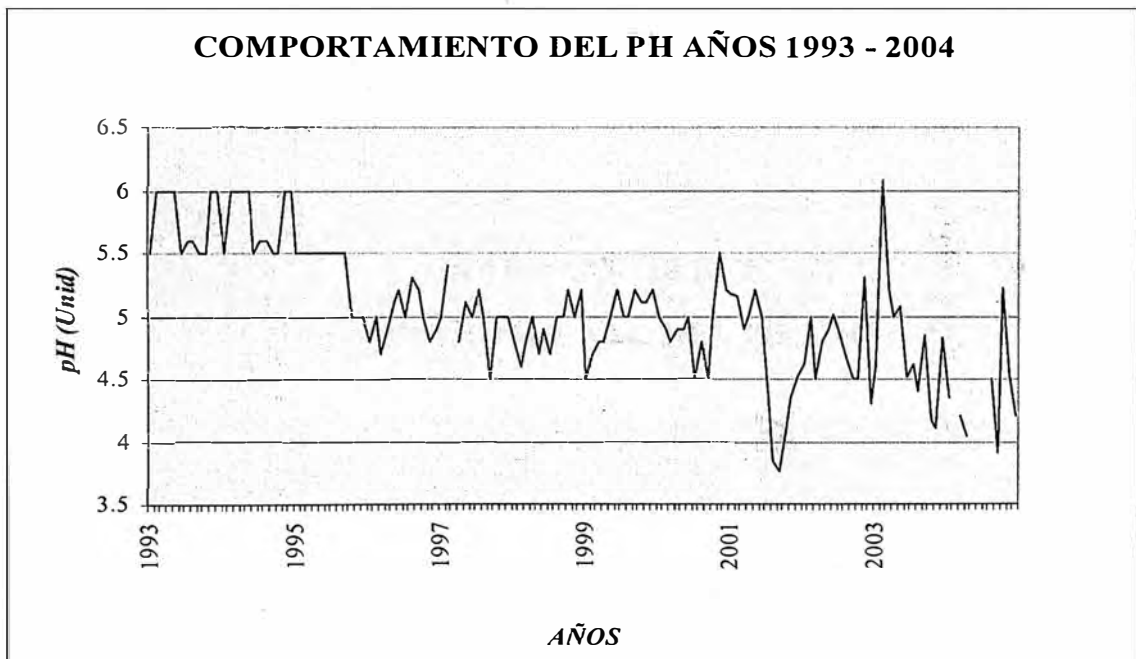


GRAFICO N° 10.1.1.2



Nota: pH promedio mensuales
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL PH DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.3

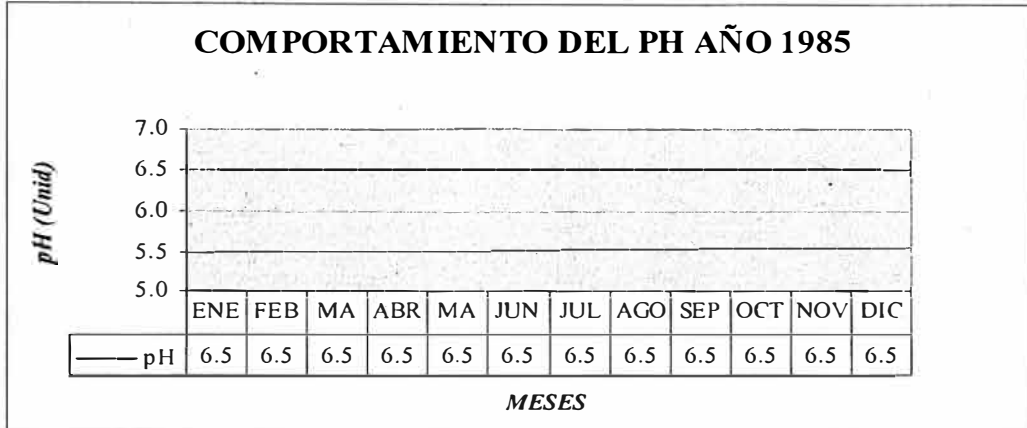


GRAFICO N° 10.1.1.4

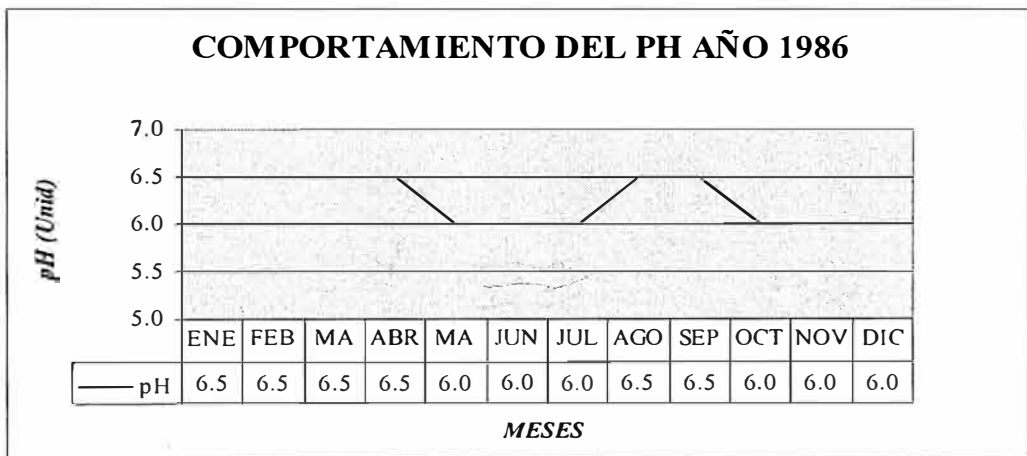
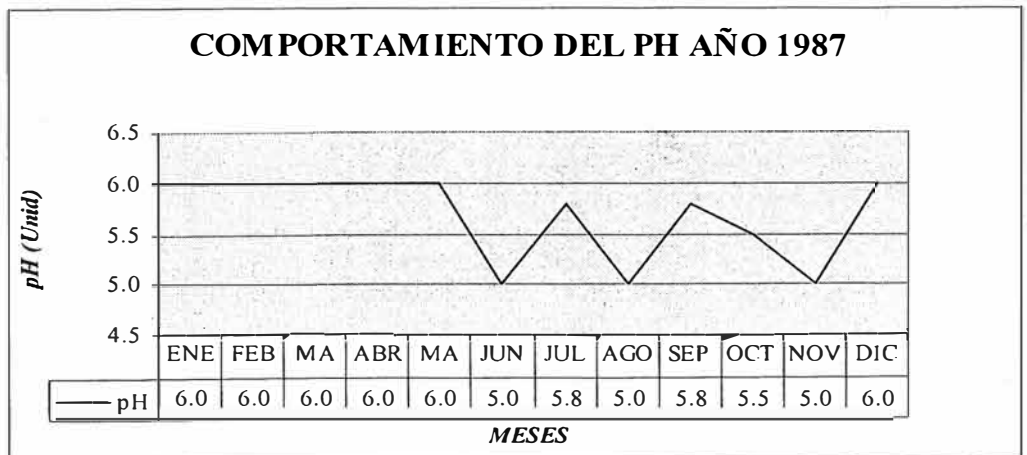


GRAFICO N° 10.1.1.5



Nota: pH promedio mensuales
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL PH DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.6

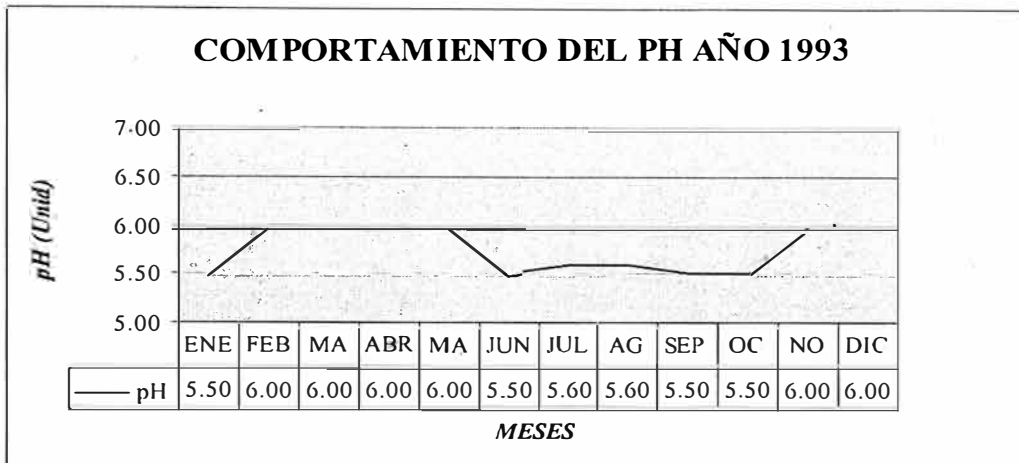


GRAFICO N° 10.1.1.7

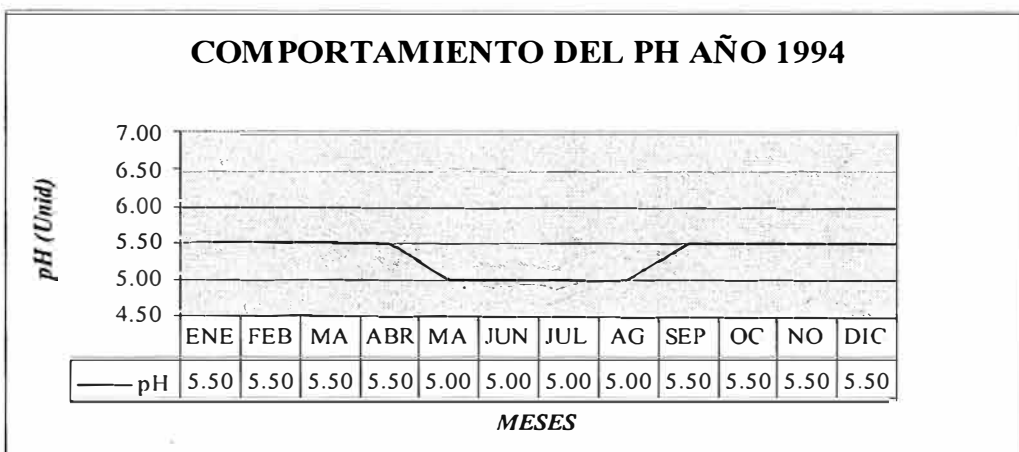
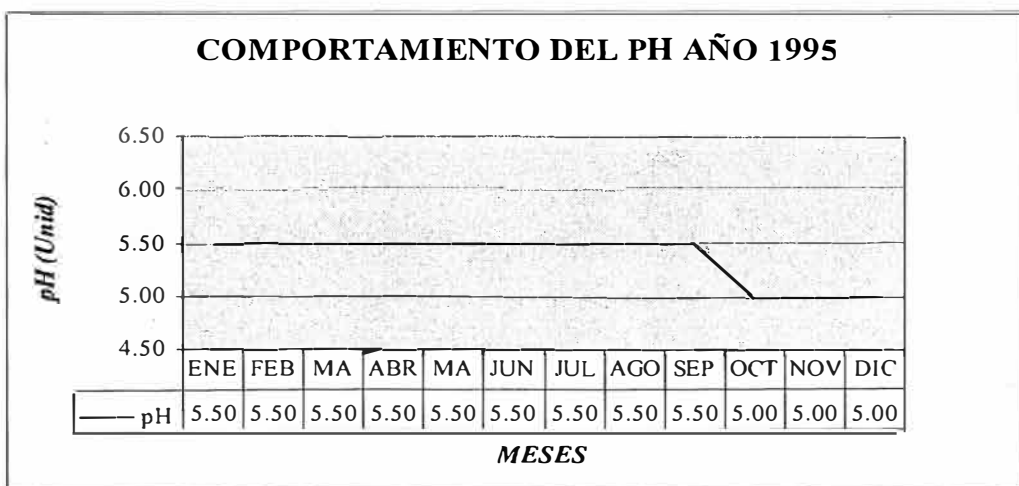


GRAFICO N° 10.1.1.8



Nota: pH promedio mensuales
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL PH DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.9

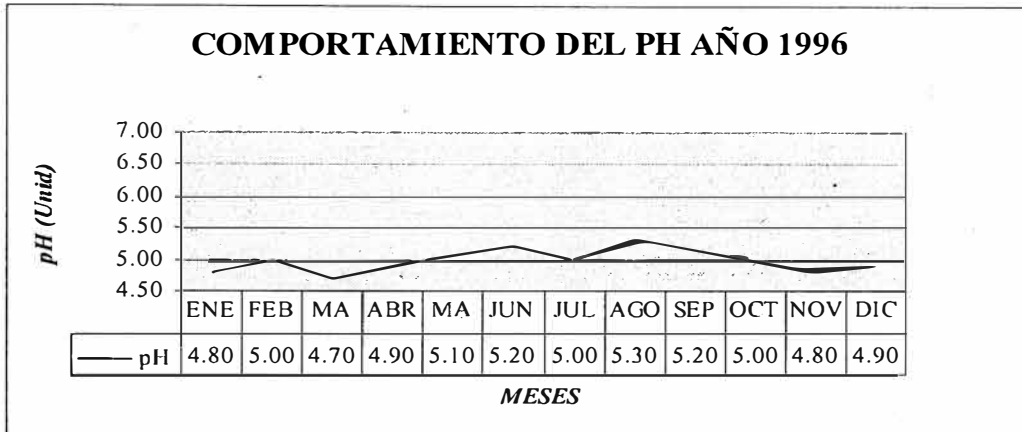


GRAFICO N° 10.1.1.10

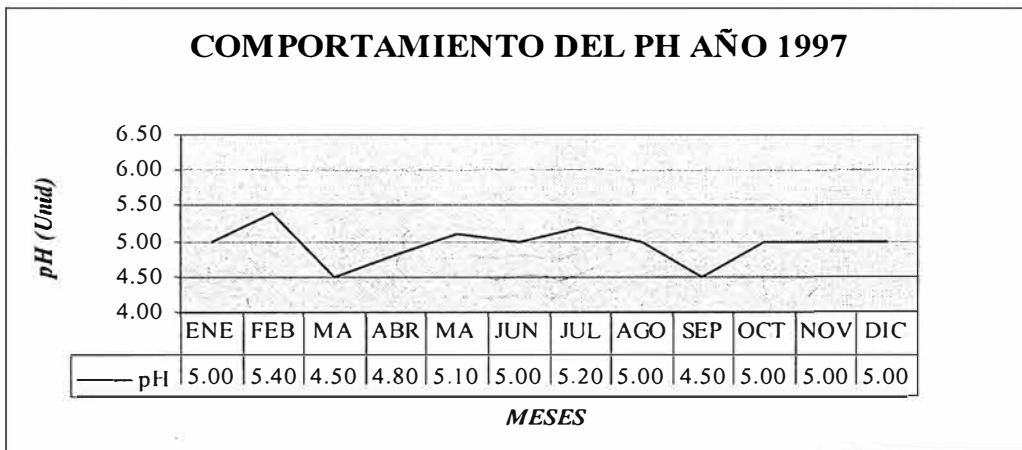
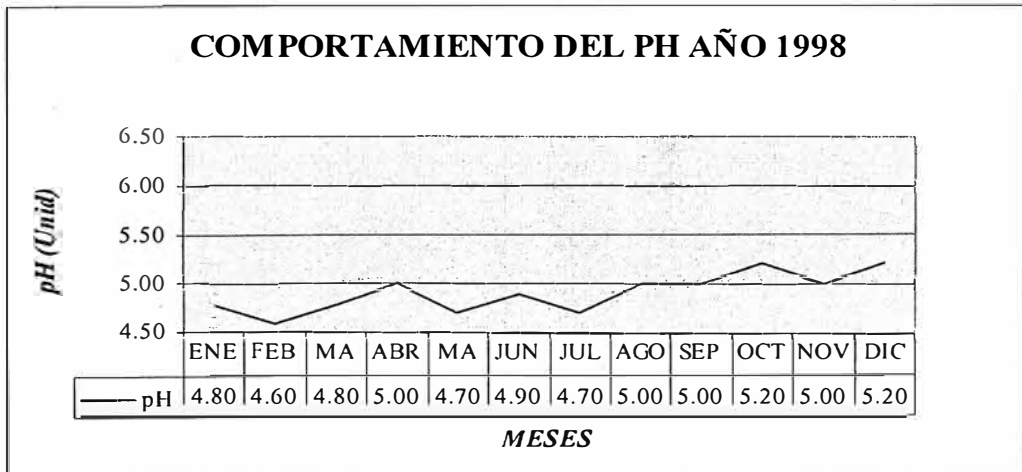


GRAFICO N° 10.1.1.11



Nota: pH promedio mensuales
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL PH DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.12

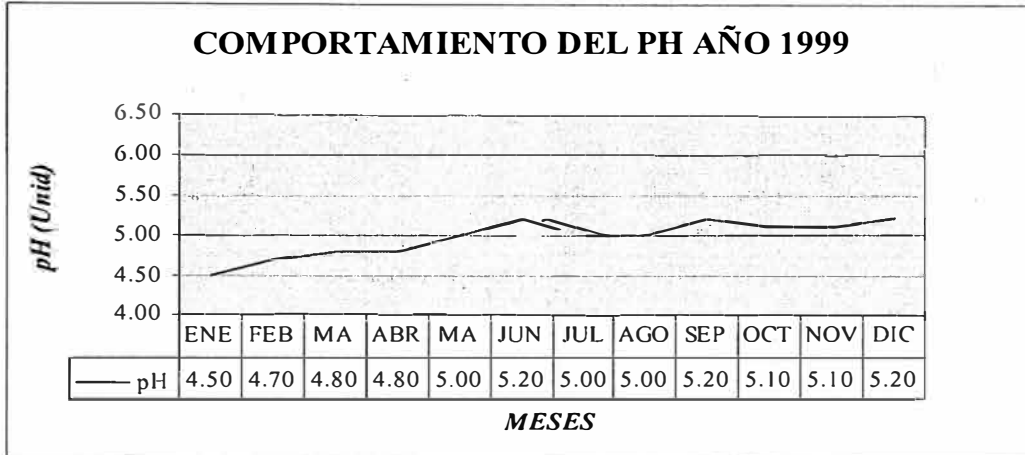


GRAFICO N° 10.1.1.13

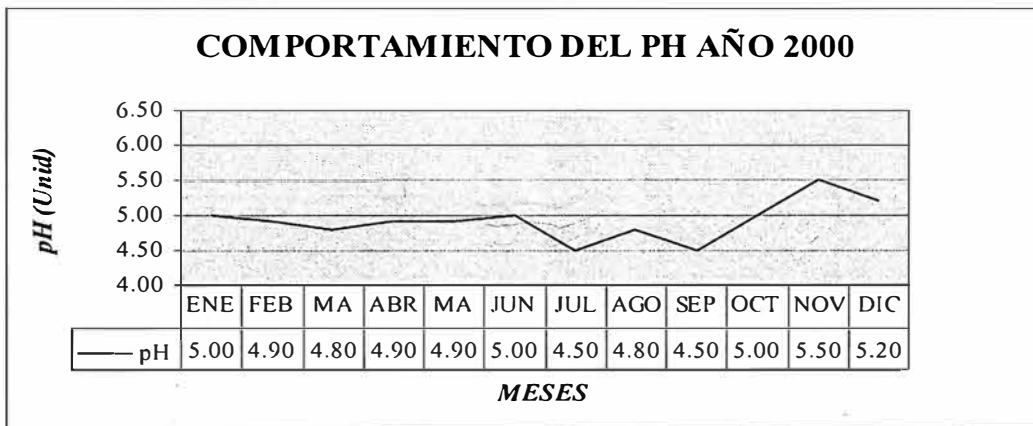
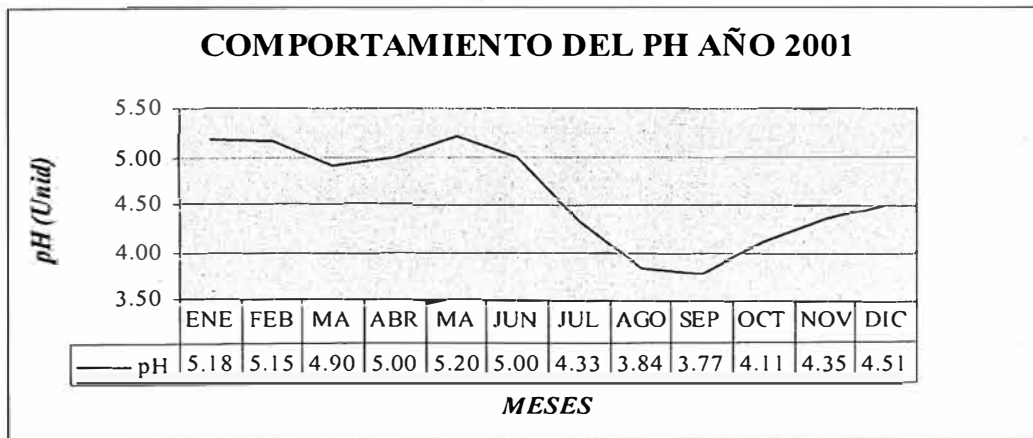


GRAFICO N° 10.1.1.14



Nota: pH promedio mensuales
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL PH DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.15

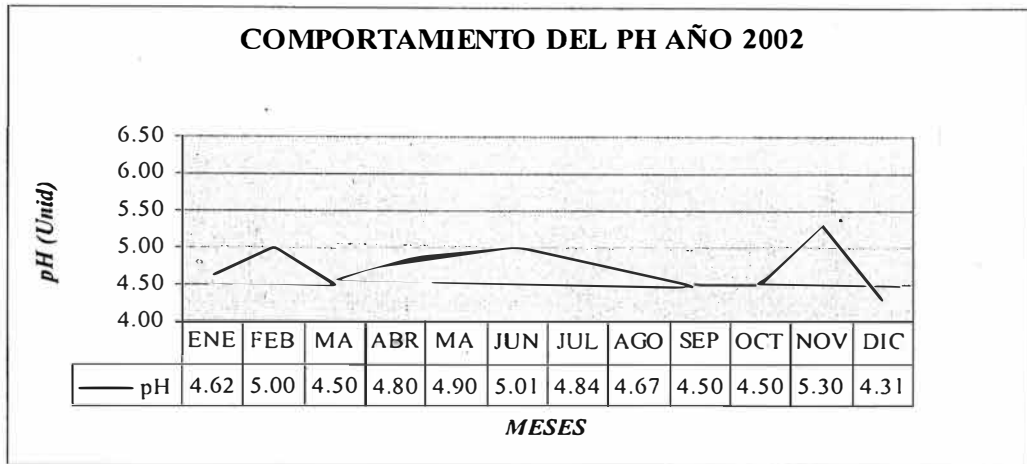


GRAFICO N° 10.1.1.16

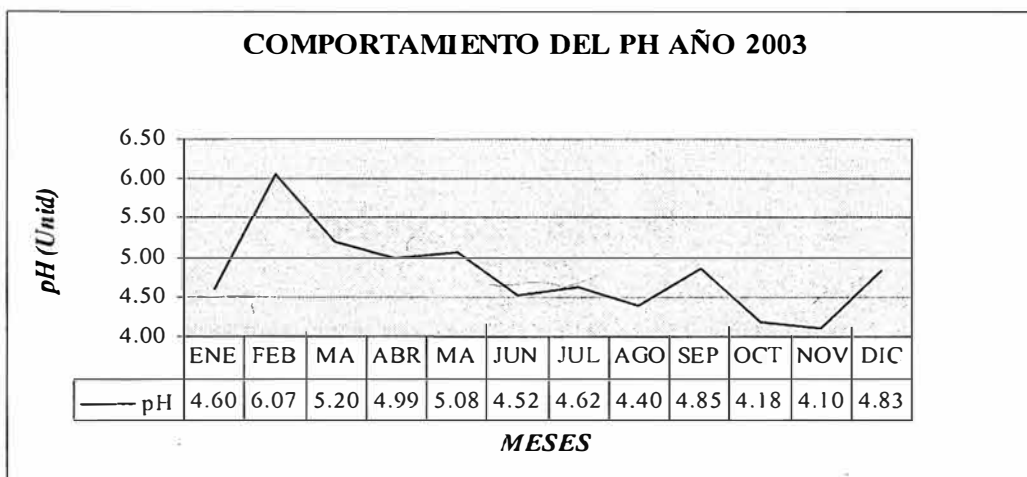
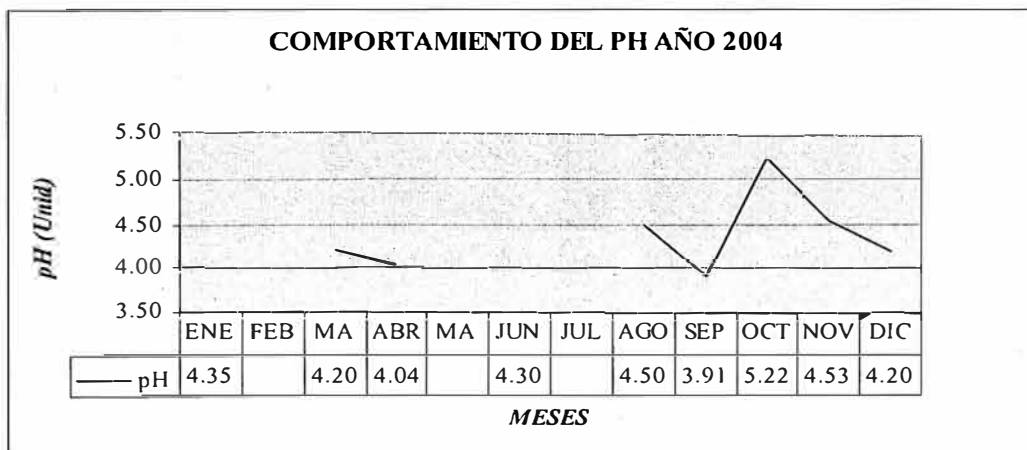


GRAFICO N° 10.1.1.17



Nota: pH promedio mensuales
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL ALUMINIO DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.18

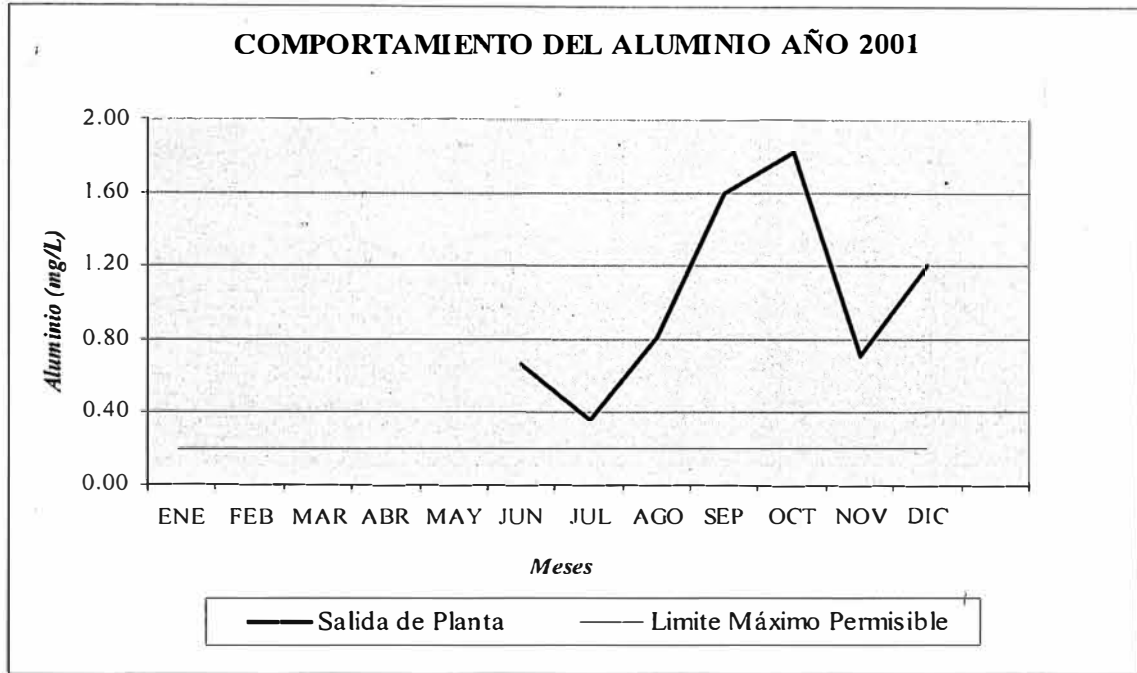
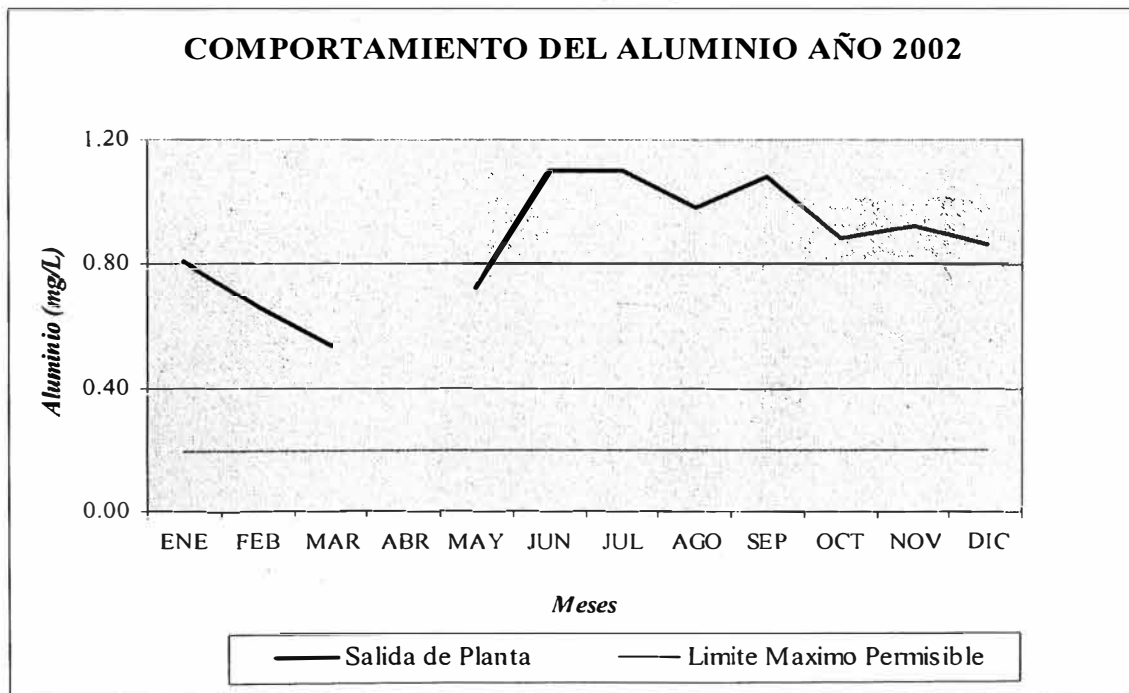


GRAFICO N° 10.1.1.19



Nota: Concentración de Aluminio máximos mensuales.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL ALUMINIO DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.20

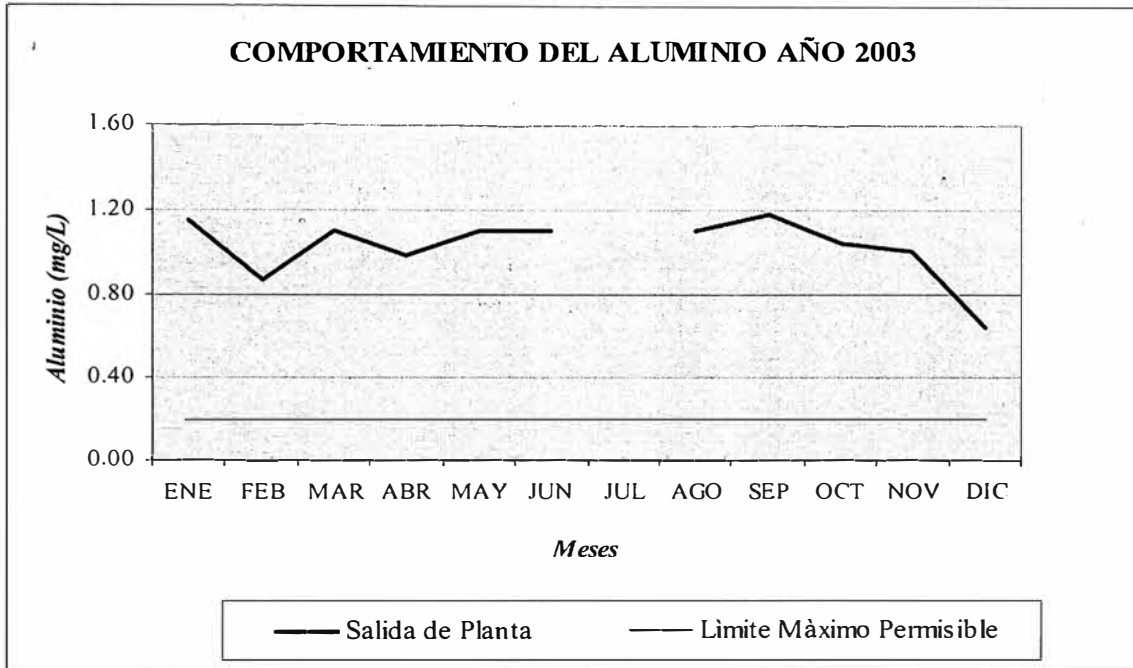
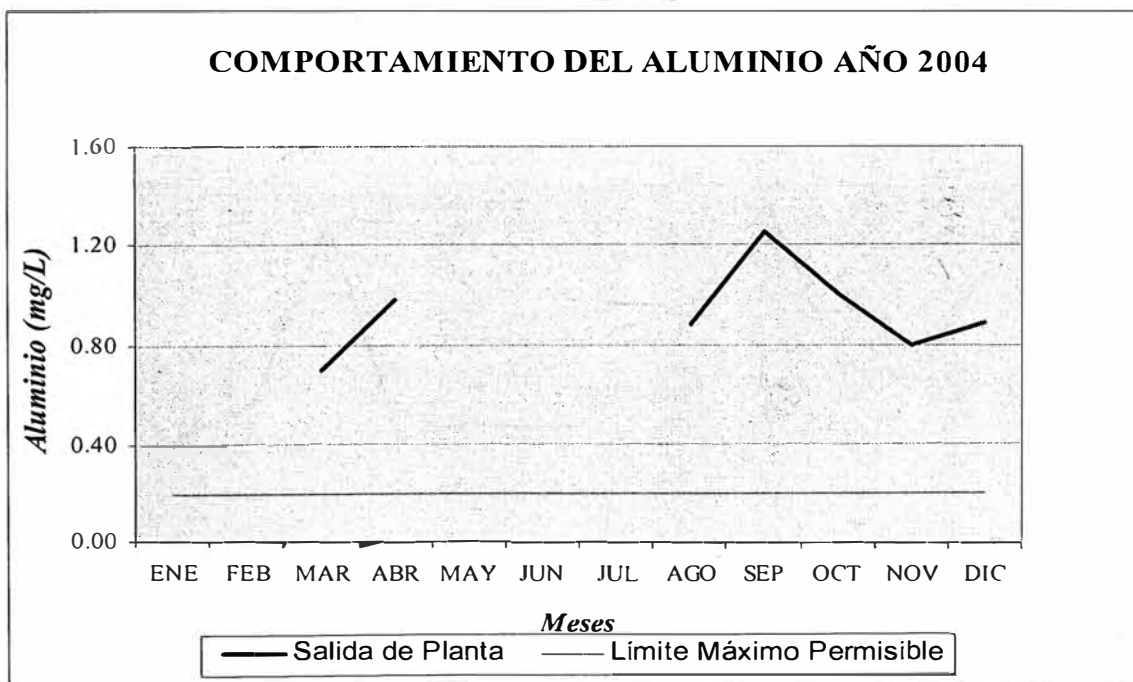


GRAFICO N° 10.1.1.21



Nota: Concentración de Aluminio máximos mensuales.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL ALUMINIO DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.22

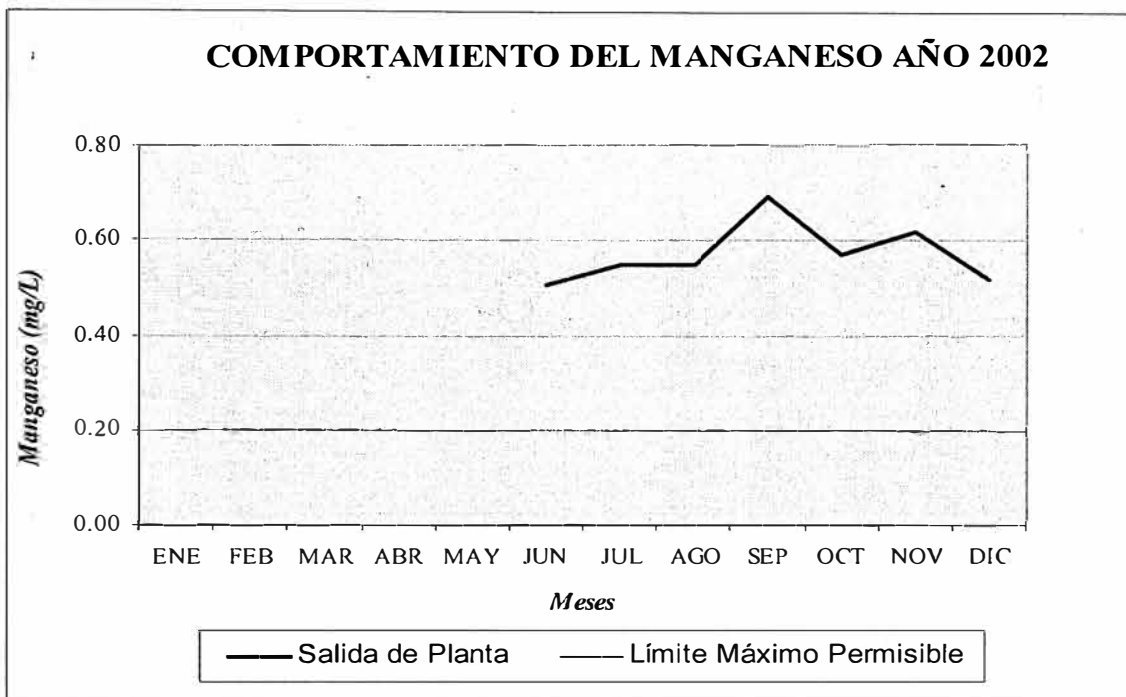
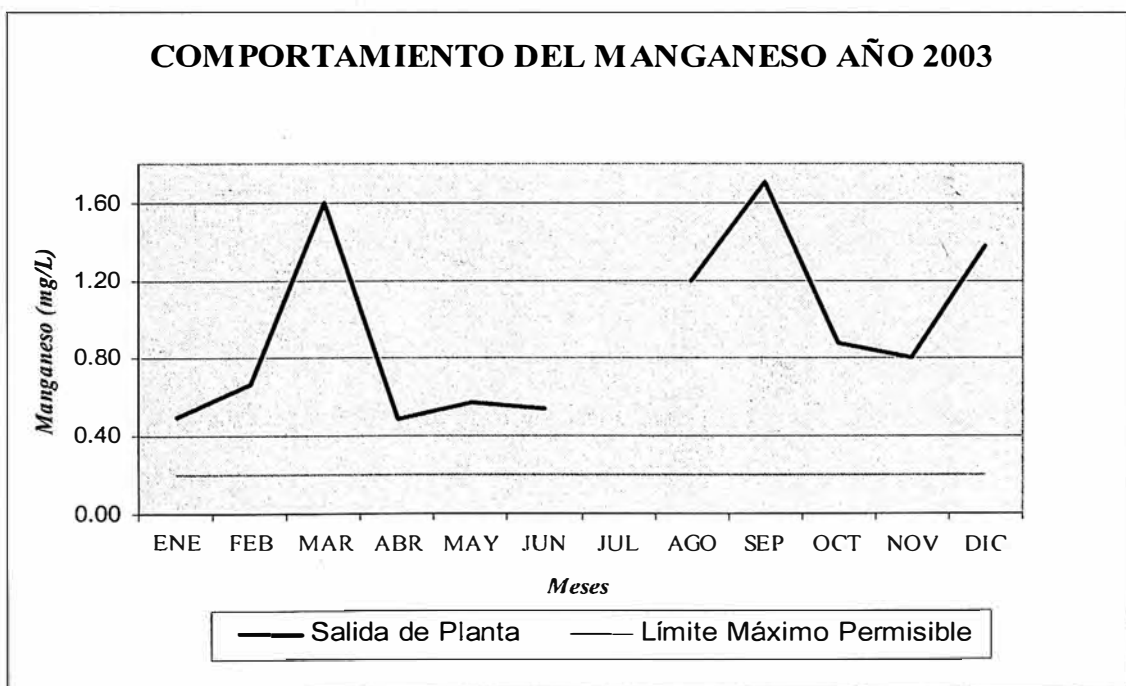


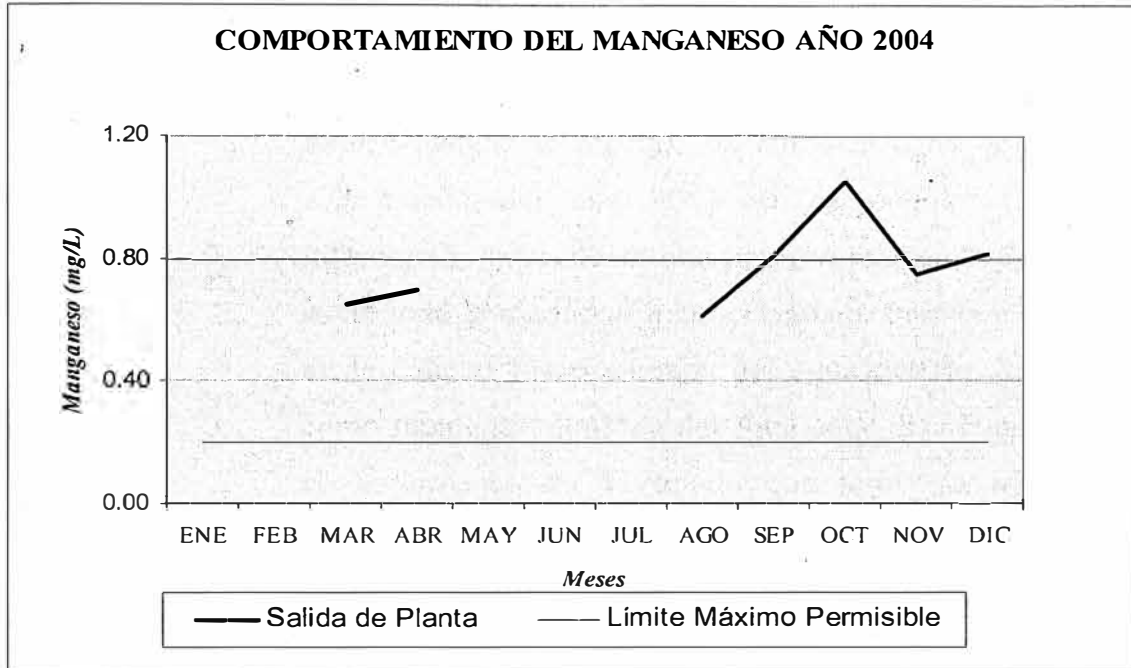
GRAFICO N° 10.1.1.23



Nota: Concentración de Manganeso máximos mensuales.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL ALUMINIO DEL RIO AUQUI

GRAFICO N° 10.1.1.24



Nota: Concentración de Manganeso máximos mensuales.

Fuente: EPS CHAVIN S.A.

10.1.2 Evaluación del Comportamiento de la Calidad Físico-Química del agua, reportados por la EPS CHAVIN S.A.

Para realizar la evaluación del comportamiento de la calidad físico-química del agua tanto cruda (entrada a planta), como tratada (salida de planta), así como el agua de la red de distribución del año 2003 se ha podido contar con información consistente que permita realizar a cabalidad y sobre todo con confiabilidad el trabajo. Para tener una idea de la calidad físico-química del agua del río Auqui tanto como fuente, así como la del agua potabilizada producto de su tratamiento, se ha tenido que tomar la información existente por el Departamento de Control de Calidad para determinar las tendencias.

Es importante señalar que los gráficos del N° 10.1.2.1 al N° 10.1.2.6, representan la información obtenida por la EPS CHAVIN S.A. Se ha trabajado con datos puntuales de aluminio y manganeso que representan los valores máximo obtenidos en cada mes. Los valores de pH, turbiedad, concentración de hierro y dureza corresponden a los valores máximos de aluminio y manganeso encontrados.

En el gráfico N° 10.1.2.1 se ha representado la información relativa a los valores de pH registrados sobre el comportamiento ácido del agua del río Auqui y su corrección en la planta de tratamiento de Bellavista, se observa que el agua cruda durante todo este año tuvo un pH entre 6.07 y 4.10, notándose que en el mes de Febrero se encontró un pH relativamente alto de 6.07 unidades y en el mes de Noviembre alcanzó el nivel mínimo de 4.10

unidades. En relación con el pH a la salida de planta se puede apreciar que en los meses de enero a junio y en el mes de agosto el agua se encontró con un pH menor a 6.5 unidades, llegando a tener agua ligeramente ácida, la cual se encontraba fuera de los límites máximos permisibles para agua potable (6.5 – 8.5 unid.). En las redes de distribución también encontramos en algunos meses agua ligeramente ácida, con valores por debajo de 6.5 unidades.

Con respecto a la turbiedad, en el gráfico N° 10.1.2.2 se aprecia que en general ésta se ha logrado remover en todo el año a los límites máximos permisibles, encontrándose valores de turbiedad a la salida de planta y en las redes de distribución valores dentro de los límites máximos permisibles para agua potable, incluso con valores menores de turbiedad de 1NTU.

Con respecto a la dureza, en el gráfico N° 10.1.2.3 se aprecia que tanto el agua cruda como el agua tratada potable presentan valores entre 40 y 70 mg/L como CaCO_3 , teniendo como resultado agua ligeramente blanda.

En el gráfico N° 10.1.2.4 tenemos la curva de hierro, donde podemos observar que en agua cruda tenemos concentraciones ligeramente altas, sobretodo en el mes de Septiembre que se obtuvo una concentración máxima de 0.79 mg/L. A la salida de planta y en las redes de distribución obtenemos el agua con la concentración de hierro dentro de los límites máximos permisibles para agua potable, llegando a la conclusión que se esta removiendo la mayor cantidad de hierro que se encuentra en el agua cruda.

En los gráficos N° 10.1.2.5 y N° 10.1.2.6, tenemos las curvas de tendencia del aluminio y manganeso, donde observamos que en este año 2003 la más alta concentración de aluminio y manganeso en agua cruda fue en el mes de septiembre, con concentraciones de 1.18 mg/L y 1.70 mg/L respectivamente. Como resultado del tratamiento que se le daba al agua cruda, se obtuvieron valores de aluminio en agua potable por debajo de los límites máximos permisibles casi en todos los meses del año, pero no se consiguió lo mismo para el manganeso, sobrepasando los límites máximos permisibles recomendados por la SUNASS.

Si bien es cierto, estos dos metales reaccionan a diferentes pH y en diferentes medios, la planta no trataba en esta oportunidad los dos metales, solo se trataba el aluminio, pero no el manganeso, y en algunos casos se trataba el manganeso y no el aluminio, como se puede observar en los gráficos ya mencionados.

10.2 Interpretación y Evaluación de Información relativa a la eficiencia de los procesos de tratamiento

10.2.1 Evaluación Anual de la Eficiencia de los procesos de tratamiento.

Para realizar esta evaluación se ha trabajado con toda la información obtenida por el Departamento de Producción de la EPS CHAVIN S.A. Se ha trabajado con los datos de concentraciones máximos de aluminio y manganeso a la salida de planta (agua tratada que va a la población).

Los gráficos del N° 10.2.1.1 al N° 10.2.1.8, nos muestran las curvas de tendencia del aluminio y manganeso contenidos en el agua tratada. Durante el año 2001 la planta de tratamiento de Bellavista solo trataba el manganeso, pero no el aluminio, encontrando valores altos de aluminio en el agua tratada. En el año 2002 las concentraciones de aluminio y manganeso estaban por encima de los límites permisibles para agua potable, a excepción del mes de abril que se encontró una concentración menor de manganeso y en el mes de noviembre y diciembre se encontró una concentración menor para el aluminio.

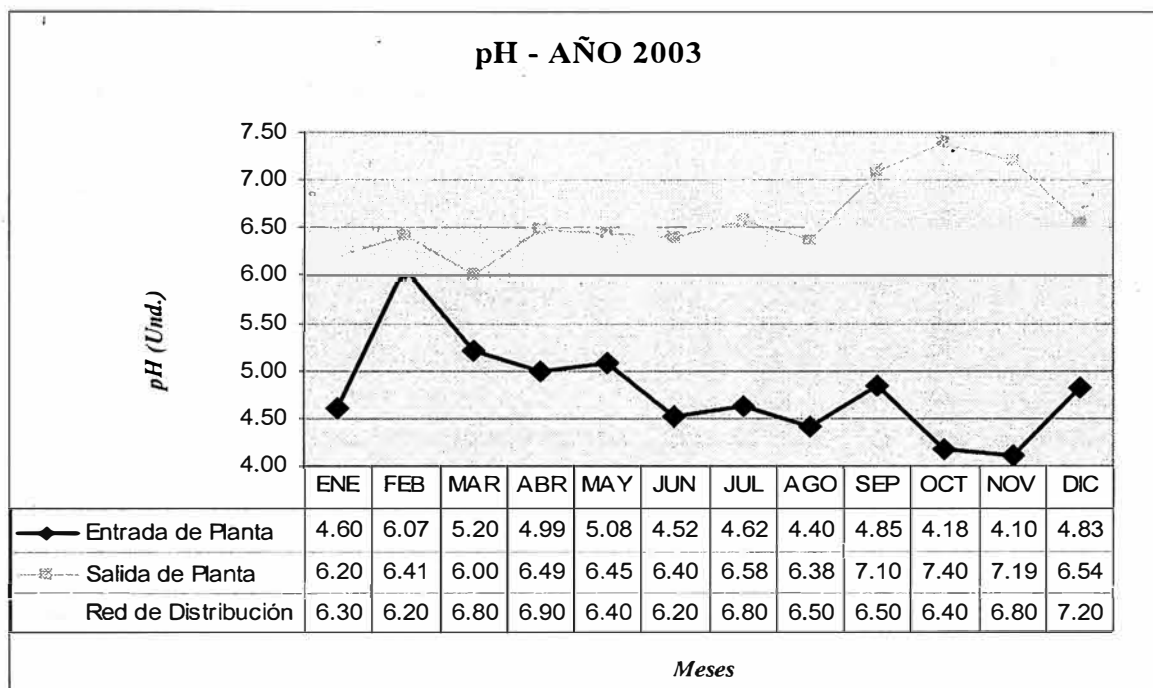
Durante el año 2003 y 2004 se trato el aluminio en la mayoría de los meses, pero no el manganeso, obteniendo altas concentraciones a la salida de planta.

Con toda esta información obtenida se puede llegar a la conclusión que se estaba proporcionando agua con concentraciones de aluminio y manganeso por encima de los límites máximos permisibles para agua potable, debido a un mal tratamiento de estos metales o a la falta de unidades de proceso, así como a una mala dosificación de insumos en la planta.

En la planta de tratamiento solo se trataba aluminio y no manganeso o al contrario solo se trataba manganeso y no aluminio, pero nunca se lograba tratar los dos metales a la vez, porque estos dos metales reaccionan a diferente pH, y la planta no estaba diseñada para tratar agua con estas características.

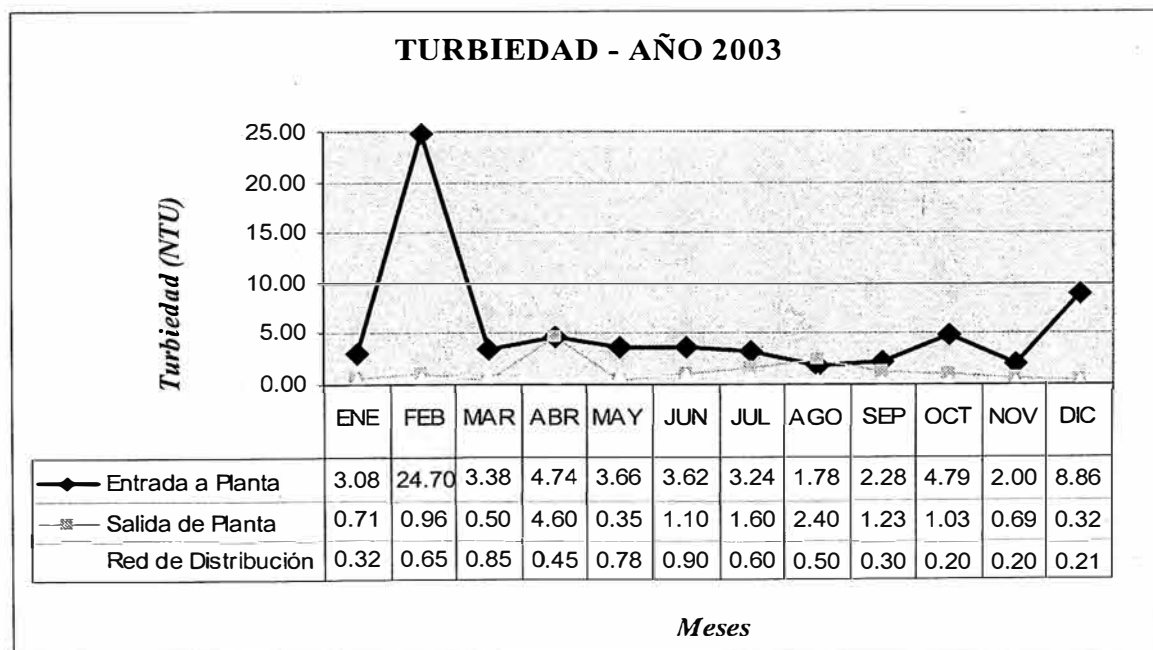
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA - 2003

GRAFICO N° 10.1.2.1



Nota: Valores de pH promedio mensual.

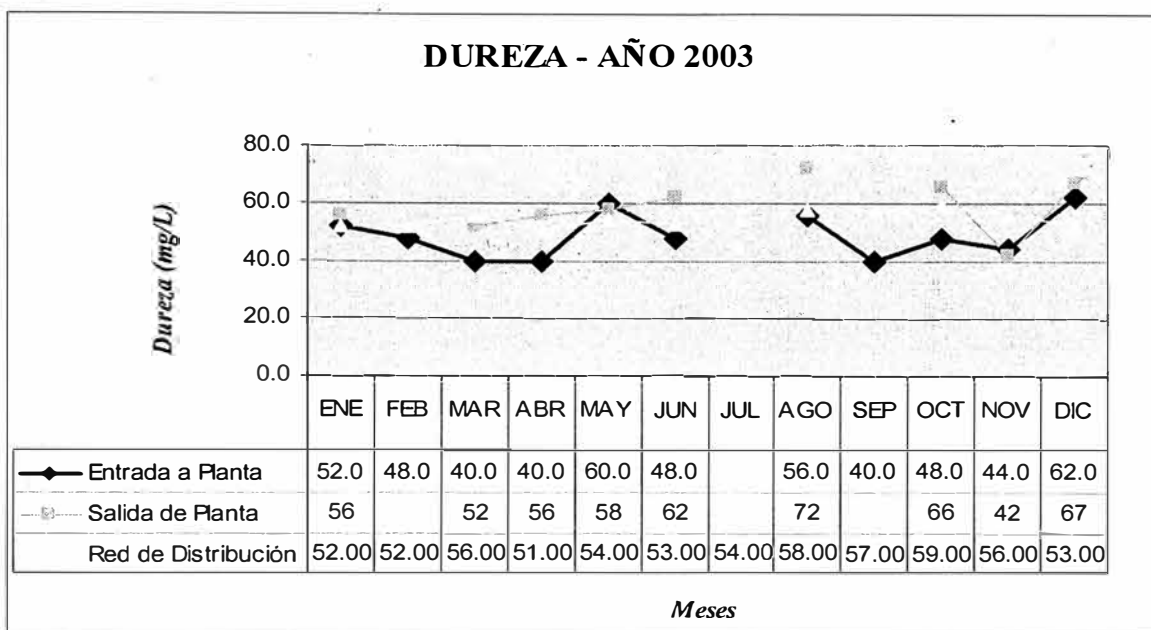
GRAFICO N° 10.1.2.2



Nota: Valores de turbiedad promedio mensual.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

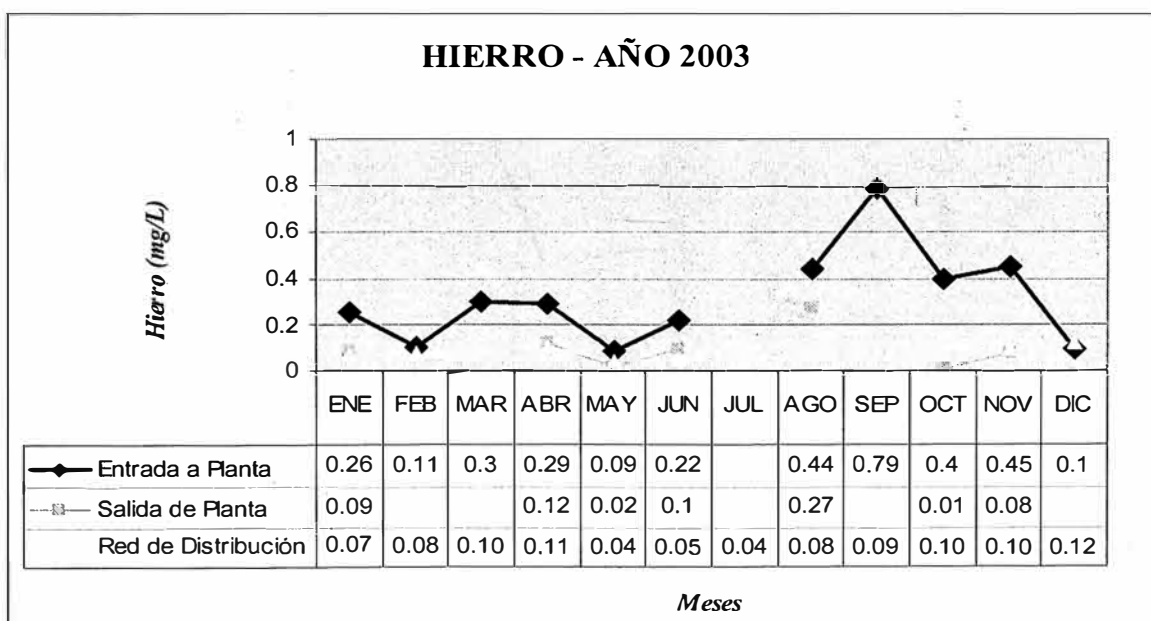
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA - 2003

GRAFICO N° 10.1.2.3



Nota: Valores de Dureza promedio mensual.

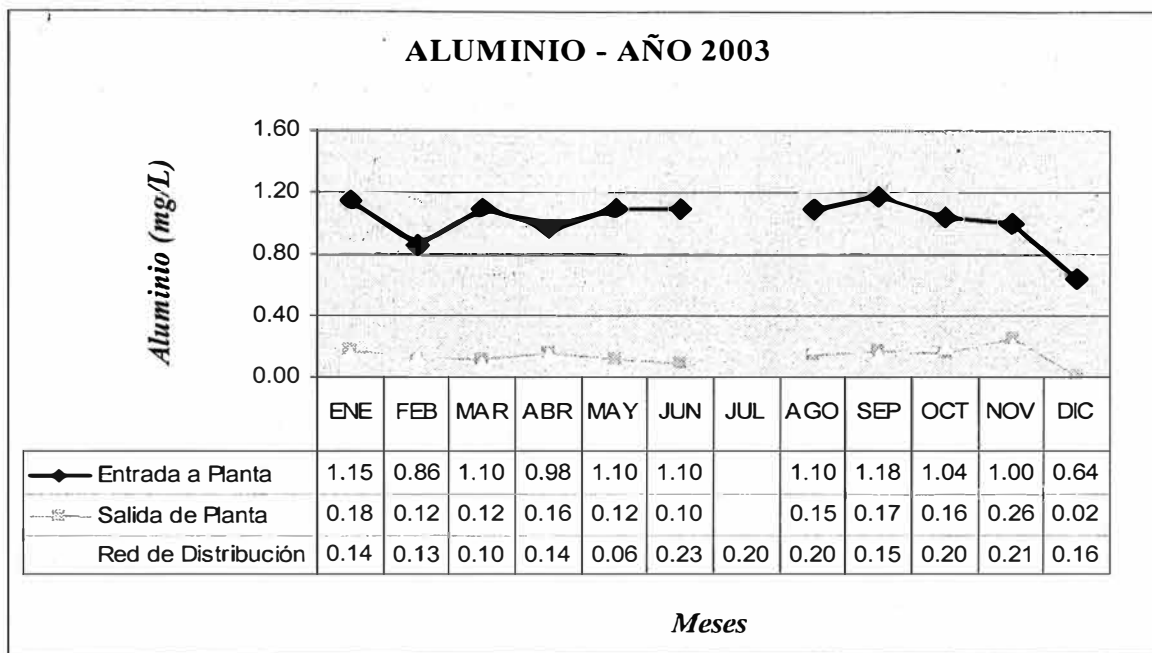
GRAFICO N° 10.1.2.4



Nota: Concentración de hierro máximo mensual.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

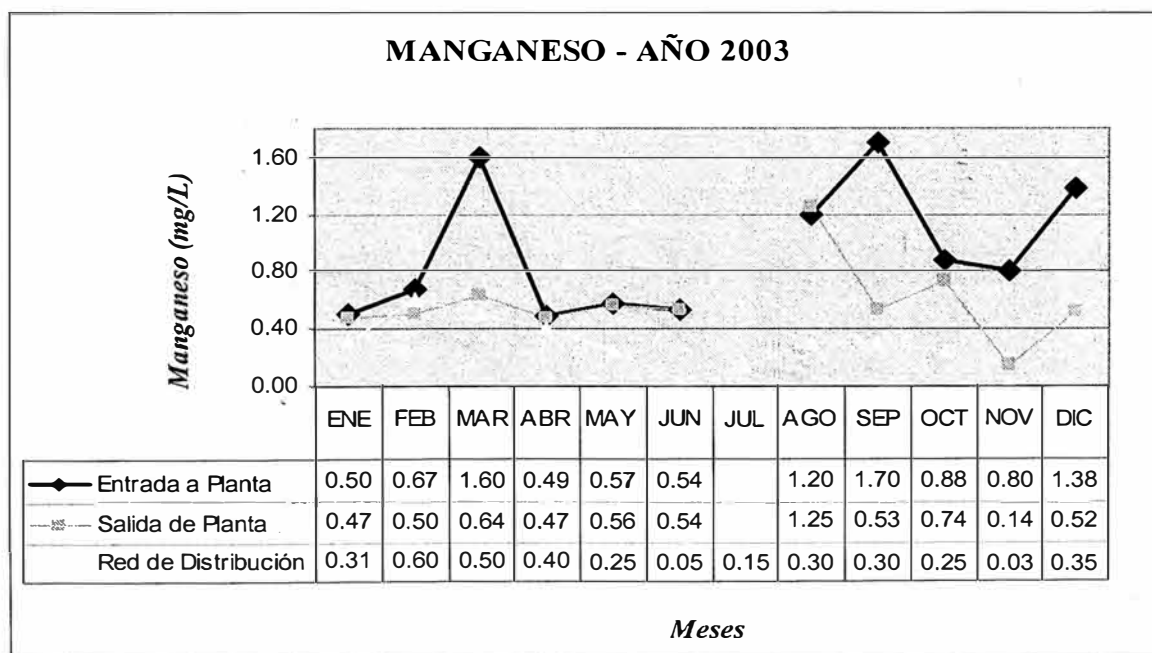
**COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA
- 2003**

GRAFICO N° 10.1.2.5



Nota: Concentración de Aluminio máximos mensual.

GRAFICO N° 10.1.2.6



Nota: Concentración de manganeso máximo mensual.

Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL ALUMINIO A LA SALIDA DE PLANTA

GRAFICO N° 10.2.1.1

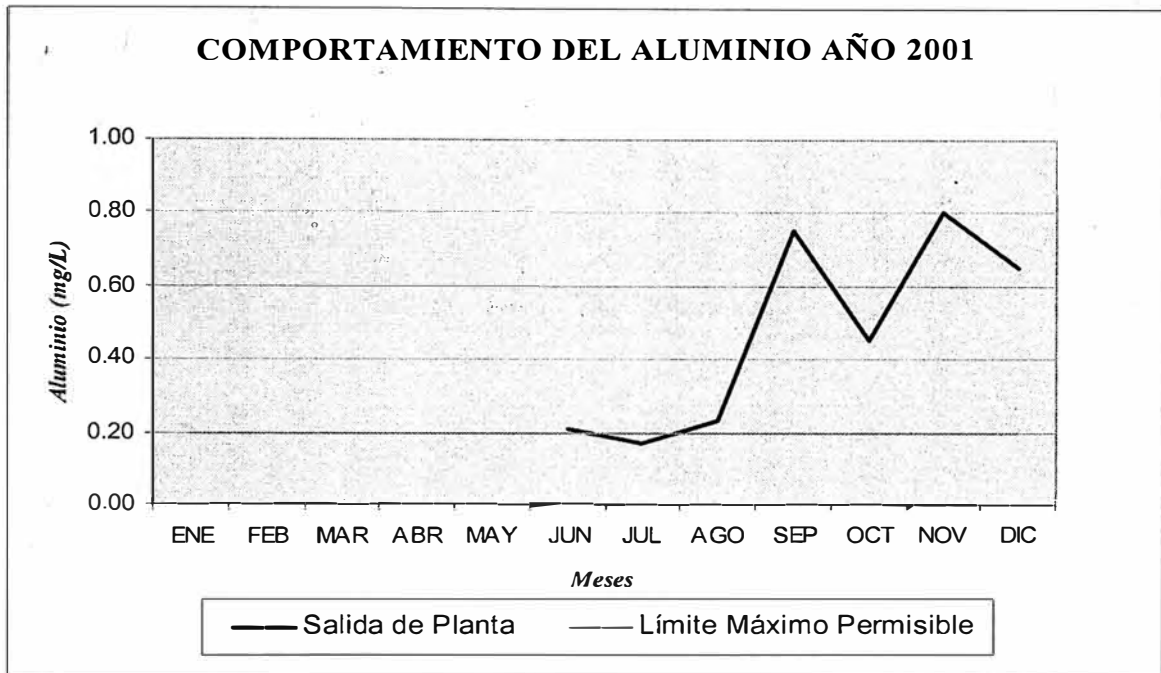
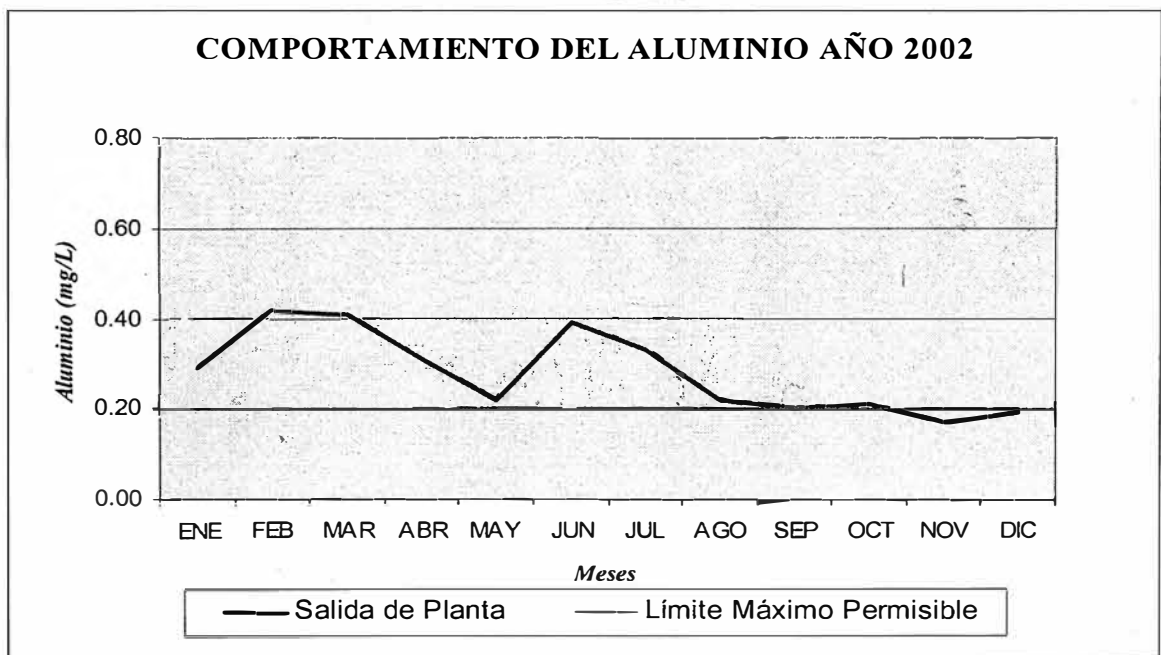


GRAFICO N° 10.2.1.2



Nota: Concentración de Aluminio máximos mensuales.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL ALUMINIO A LA SALIDA DE PLANTA

GRAFICO N° 10.2.1.3

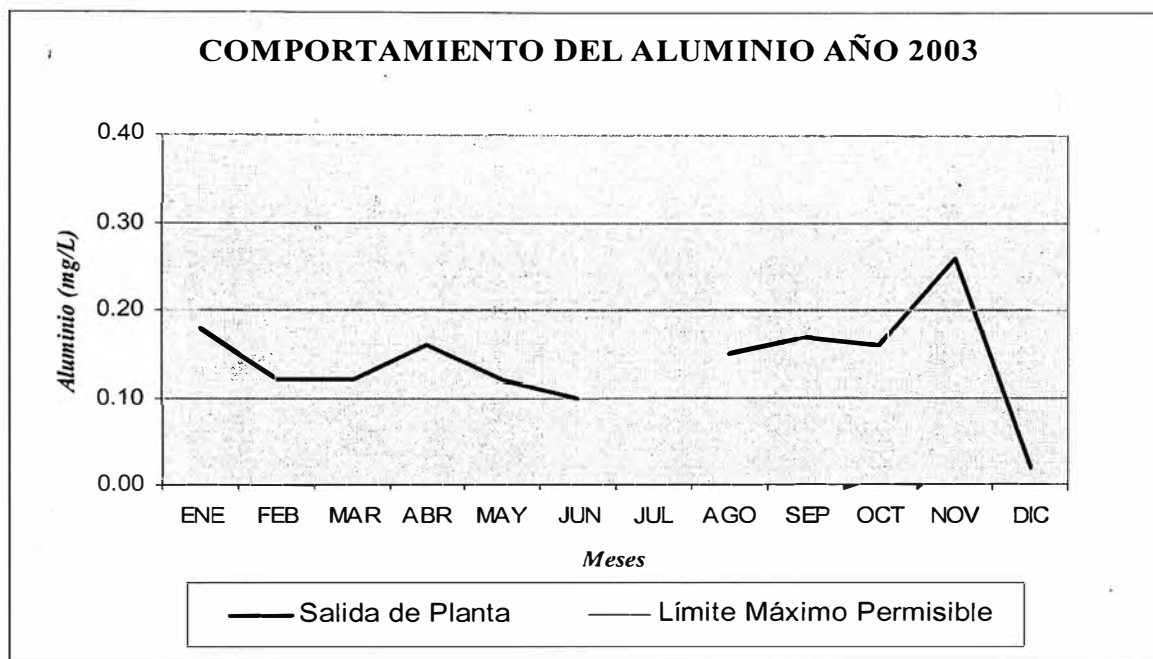
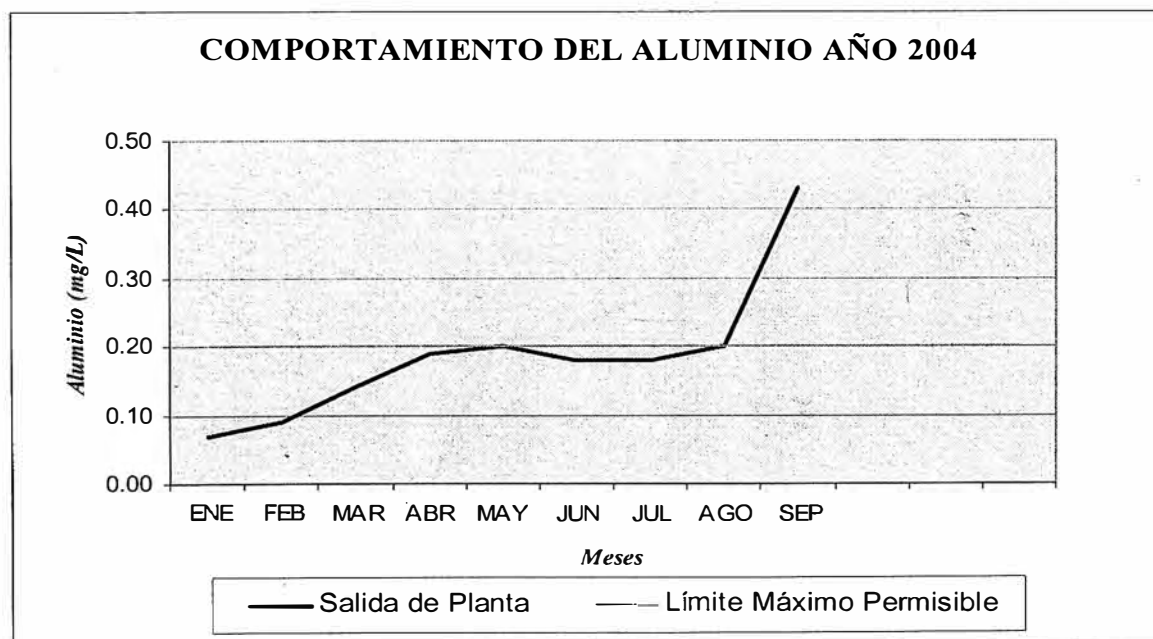


GRAFICO N° 10.2.1.4



Nota: Concentración de Aluminio máximos mensuales.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL MANGANESO A LA SALIDA DE PLANTA

GRAFICO N° 10.2.1.5

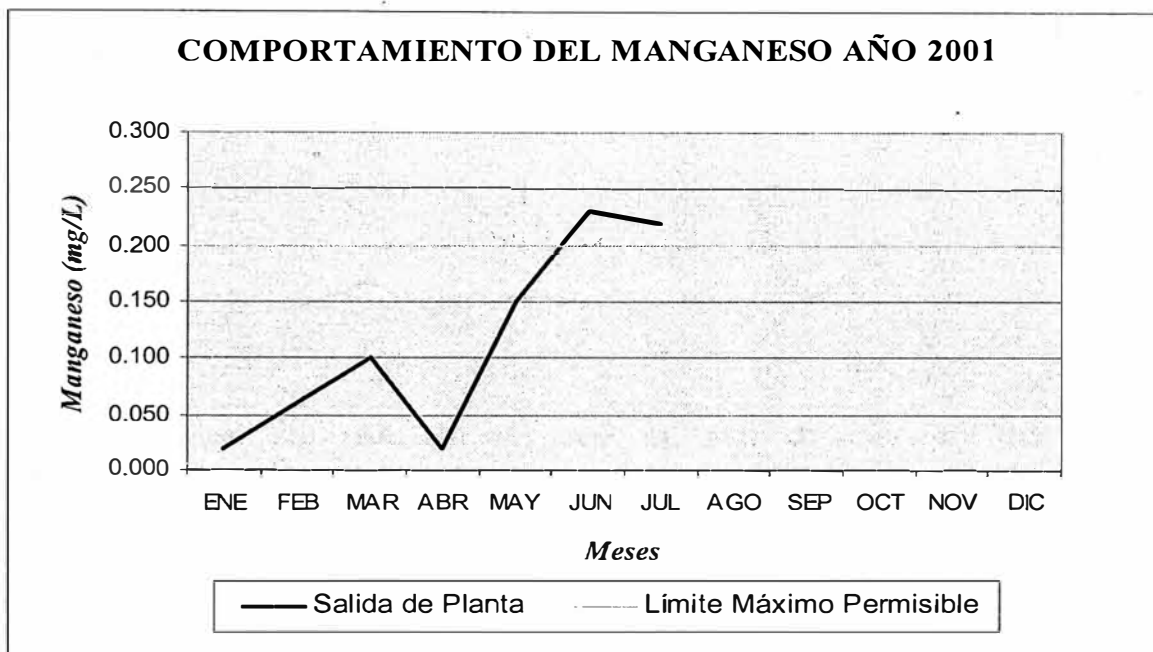
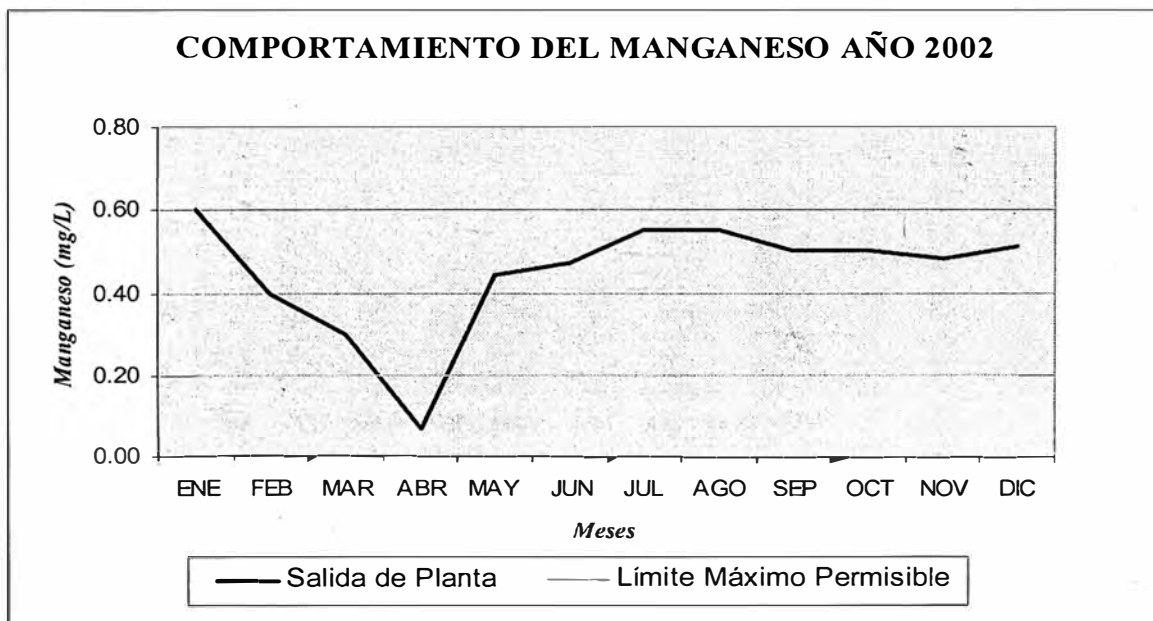


GRAFICO N° 10.2.1.6



Nota: Concentración de Manganeso máximo mensual.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

TENDENCIA HISTORICA DEL MANGANESO A LA SALIDA DE PLANTA

GRAFICO N° 10.2.1.7

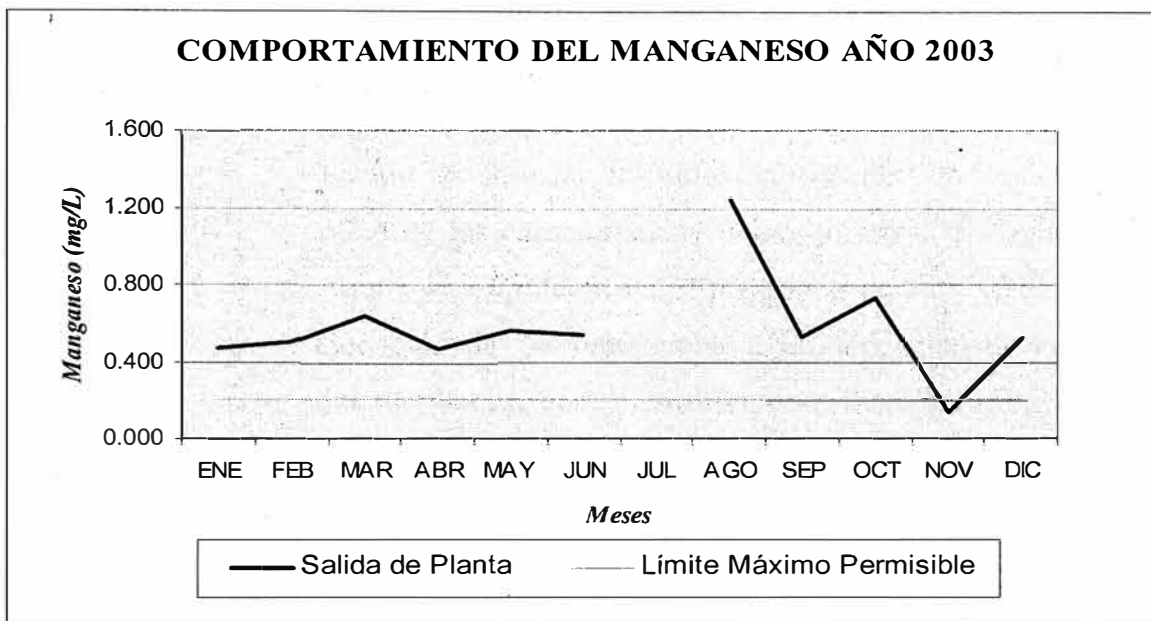
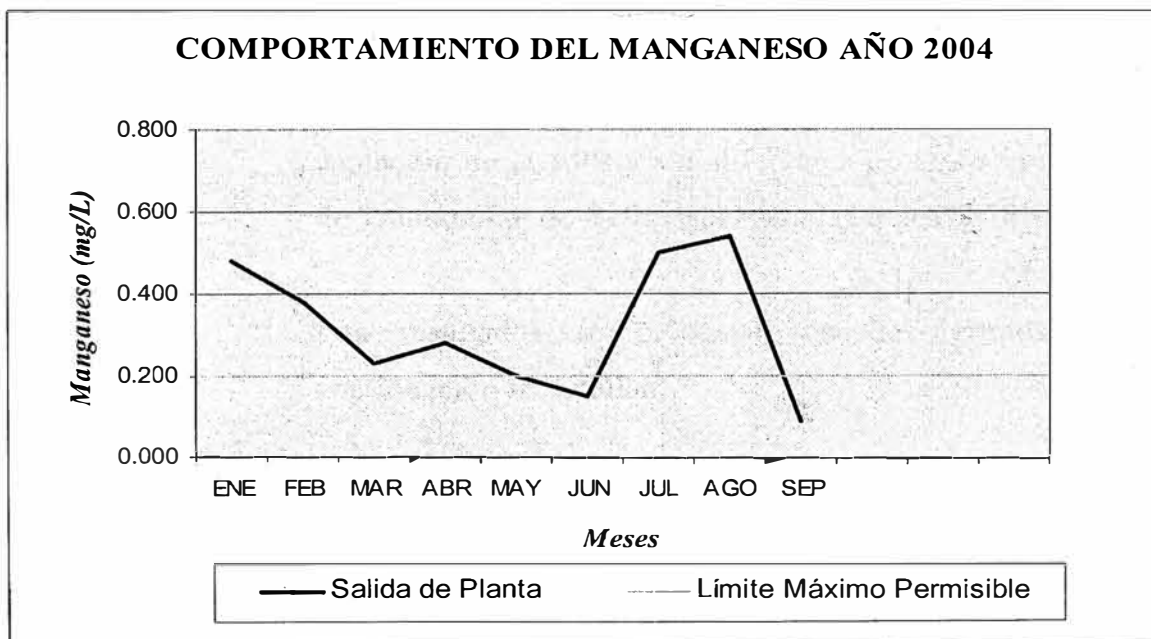


GRAFICO N° 10.2.1.8



Nota: Concentración de Manganeso máximo mensual.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

11. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA

11.1 Análisis Físico – Químico del Agua

11.1.1 Resultados de los análisis Físico-Químico del Agua

Siendo de mucha importancia obtener un conocimiento cabal de las características físico-químicas del agua del río Auqui, se estableció en el programa de actividades para la ejecución del presente trabajo, la inspección de la Cuenca del río Auqui; para cuyo efecto se llegó hasta la zona del nacimiento del río, el cual se origina de la confluencia del agua que proviene de la Laguna de Tulpacocha y del río Cayash.

A continuación se presentan los resultados de los análisis físico-químicos efectuados en los laboratorios de AQUAPRO S.R.Ltda., de las muestras tomadas tanto en diferentes puntos de la cuenca, así como también de la captación de la EPS y sus diferentes procesos en la Planta de Tratamiento de Bellavista hasta las redes de distribución.

Los resultados se presentan en dos grupos que a continuación se detallan:

- ❖ Cuenca del Río Auqui: Laguna Tulpacocha, Río Cayash, Quebrada Laguna Mina, Bocatoma Antamina y Bocatoma EPS CHAVIN S.A.
- ❖ Planta de Tratamiento: Cámara de reunión (Ingreso a Planta), Salida de Decantadores, Salida de Filtros y Red de Distribución.

11.1.2 Interpretación de análisis físico – químicos

De los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos, podemos decir lo siguiente:

- ❖ **Caracterización del río Auqui desde su nacimiento:** El río Auqui nace de la confluencia de las descargas de la Laguna de Tulpacocha y del Río Cayash, estos dos cuerpos de agua tienen en común una baja concentración de sales disueltas (Cloruros, Sulfatos y Nitratos) y la presencia no significativa de metales tóxicos y pesados. Por otro lado, el agua de la laguna Tulpacocha no presenta nivel apreciable de turbiedad, solo ligero color, sin embargo el agua del río Cayash tiene color y turbiedad apreciable, esto debido esencialmente a la mayor concentración de hierro encontrado en este río. Con respecto al manganeso, ambos presentan concentraciones apreciables similares, teniendo el río Cayash también una apreciable concentración de aluminio, siendo ligeramente más ácido. Es necesario señalar que el mayor caudal de estos cuerpos de agua proviene del río Cayash.

Al formarse el río Auqui en su recorrido recibe la descarga de la Quebrada “Minas”, el agua de esta quebrada si bien mantiene su tendencia ácida presenta concentraciones mucho menores tanto de hierro, manganeso y especialmente aluminio que los cuerpos principales de agua.

En el recorrido del río Auqui se realizó también el muestreo puntual del agua antes de la bocatoma, que ha construido en ese lugar la Compañía Minera Antamina; en ese punto el agua presentó un nivel bajo de turbiedad, con concentraciones apreciables tanto en aluminio como en manganeso; sin embargo se confirmó un nivel de hierro menor al del río Cayash.

En relación con la calidad físico-química del agua del río Auqui que es captada por la EPS CHAVIN S.A., en su bocatoma, se puede decir que ésta se presenta incolora y de olor y sabor aceptables, con un bajo nivel de turbiedad puntual, siendo agua blanda con tendencia ácida, pero con un pH ligeramente mayor. Las concentraciones de hierro y manganeso son apreciables, pero ligeramente menores que las encontradas en el punto denominado Bocatoma Antamina, mientras que la concentración de aluminio se mantiene en los dos puntos muestreados de la Cuenca del río Auqui.

Según la Ley General de Aguas del Perú, clasificación de los cursos de agua; el agua del río Auqui, no cumple las condiciones establecidas para la Clase II, esencialmente debido a su marcada tendencia ácida, teniendo asimismo considerables concentraciones de aluminio, hierro y manganeso, que superan los valores establecidos para agua potable. Según la clasificación, la Clase II, son cursos de agua que pueden ser utilizados para

abastecimientos domésticos con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, con los cuales deben de removerse los metales encontrados para que los parámetros del agua se encuentren dentro de los límites máximos permisibles para agua potable, así como su adecuación a los Valores Guías de la OMS para el agua de consumo humano.

En los gráficos N° 11.1.2.1 al N° 11.1.2.6 se presentan los valores encontrados de pH, turbiedad, manganeso, hierro y aluminio en cada punto muestreado de la cuenca del río Auqui para poder realizar las comparaciones correspondientes.

- ❖ **La eficiencia de los procesos de tratamiento de la planta de Bellavista:** El agua que ingresa a la planta de tratamiento no cumple con los parámetros establecidos para la Clase II de la Ley General de Aguas del Perú. Como puede apreciarse en los resultados que se muestran del agua a la salida de los decantadores, ésta presenta un ligero incremento del nivel de turbiedad con presencia en mayor concentración de hierro, debido esencialmente a problemas de mantenimiento, asimismo, se presenta el pH levemente mayor, notándose que el manganeso mantiene su concentración y un ligero descenso en la concentración de aluminio.

El agua a la salida de los filtros cambia su tendencia ácida a alcalina por la aplicación de la cal hidratada, habiéndose efectuado la remoción del bajo nivel de turbiedad del agua captada, manteniendo su condición blanda, incolora e inodora, también se aprecia una eficiente remoción de aluminio y hierro, sin embargo se puede apreciar un incremento de la concentración de manganeso, esto debido esencialmente a que este viene encapsulado al material filtrante produciéndose de esta forma una pérdida de su coeficiente de uniformidad.

- ❖ **La calidad del agua suministrada a la población de Huaraz abastecida de la Planta de Tratamiento de Bellavista:** Según el resultado puntual efectuado a un punto de la red de distribución ubicada en la zona final de la red, se puede decir que el agua es incolora, de sabor y olor aceptable y con bajo nivel de turbiedad manteniendo su condición de agua blanda, con características de agua neutra, bajo contenido de sales disueltas, concentraciones de hierro y manganeso dentro de los límites máximos permisibles. La concentración encontrada de aluminio es superior a los límites máximos permisibles para la calidad de agua para consumo humano, debiendo entenderse que esto se esta produciendo debido a que en la red, el aluminio se esta disolviendo, puesto que al subir el pH (por aplicación de cal) se forma el aluminio en forma de hidróxidos el cual es abatido, pero cuando en algún momento en el agua de la red baja el pH, el aluminio

se disuelve, debiendo considerarse adicionalmente la existencia de aluminio residual en la red, lo que puede estar permitiendo la formación de complejos de aluminio, las cuales tienen cinética de disolución diferentes. Por consiguiente el agua suministrada a la población de Huaraz a la fecha del muestreo cumplía los requisitos exigidos por la normatividad vigente así como los Valores Guías de la OMS para la calidad de agua para consumo humano a excepción del valor encontrado de aluminio

Debe señalarse asimismo, que el agua suministrada a la población se encuentra libre de los metales tóxicos y pesados, considerados así por ser perjudiciales para la salud de las personas, los cuales son el plomo, cadmio, arsénico y mercurio.

En los gráficos N° 11.1.2.7 al N° 11.1.2.11 se representan los resultados obtenidos en los análisis efectuados a las muestras secuenciales tomadas al ingreso de la planta de tratamiento, así como a la salida de cada uno de los procesos, incluyendo en la red de distribución en un punto específico que es abastecido por agua de la planta de tratamiento de Bellavista, se han graficado los principales parámetros: pH, turbiedad, conductividad, aluminio, manganeso y hierro, presentándose las curvas correspondientes.

Asimismo en el gráfico N° 11.1.2.13 y N° 11.1.2.14 se representa en forma cruzada la relación entre el

pH del agua cruda con la concentración de aluminio y manganeso en los cuatro puntos muestreados para evaluar la eficiencia de los procesos.

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LA CUENCA DE QUILLCAYHUANCA – 2003 (RIO AUQUI)

GRAFICO N° 11.1.2.1

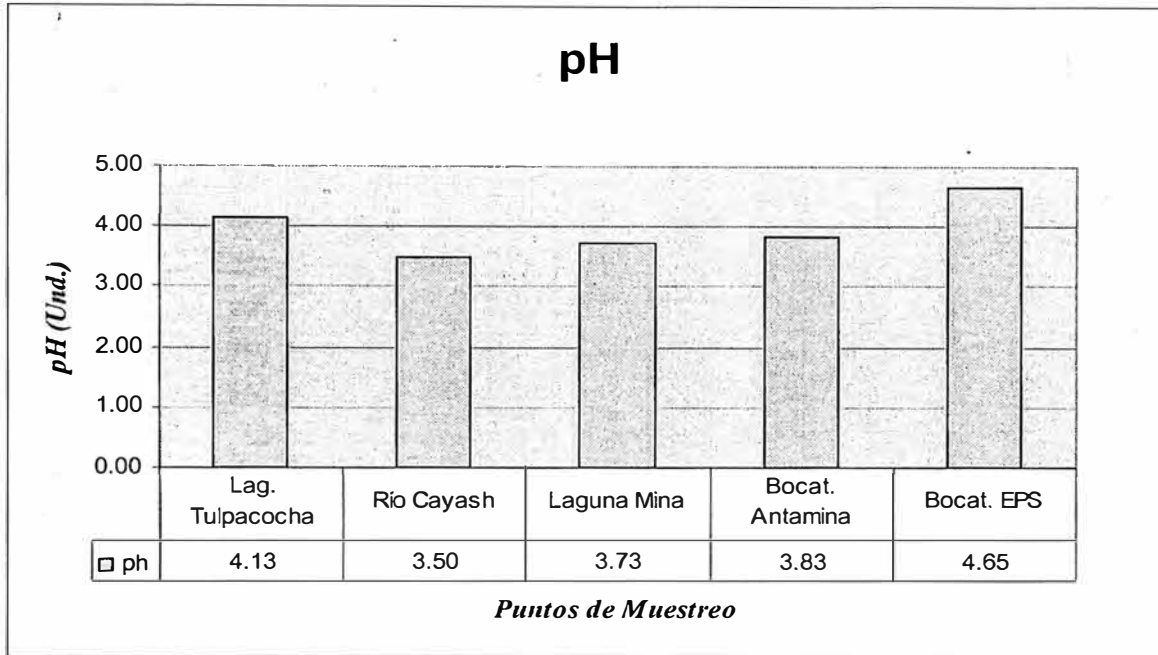
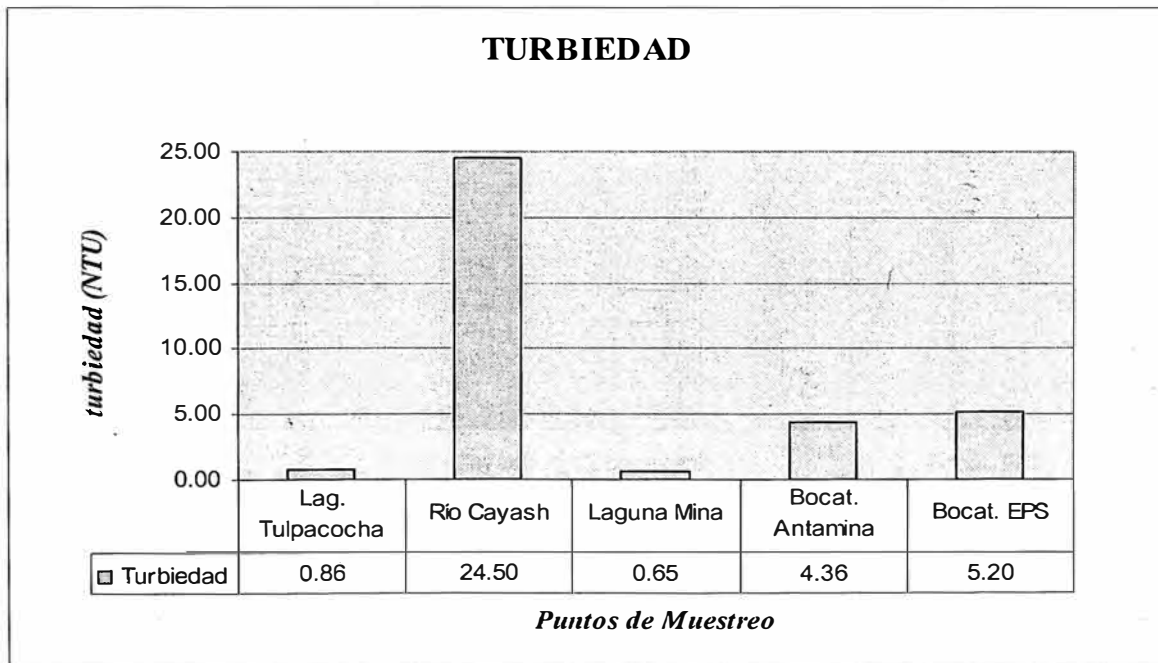


GRAFICO N° 11.1.2.2



Fuente: EPS CHAVIN S.A.

**CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LA CUENCA DE
QUILLCAYHUANCA - 2003 (RIO AUQUI)**

GRAFICO N° 11.1.2.3

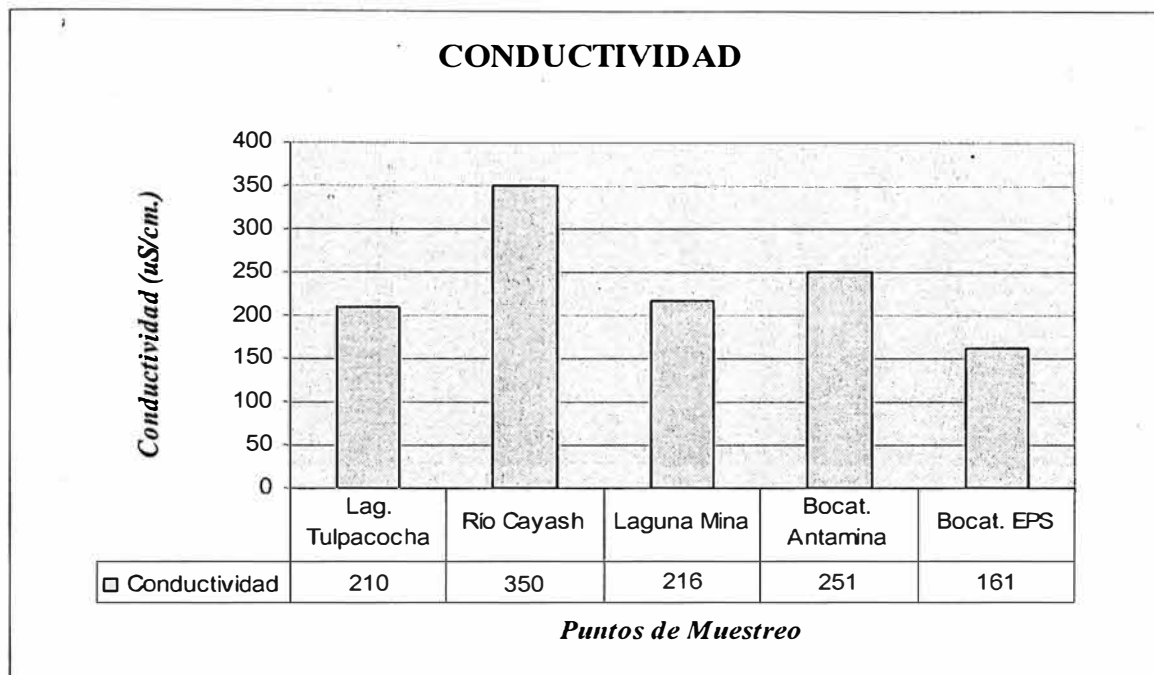
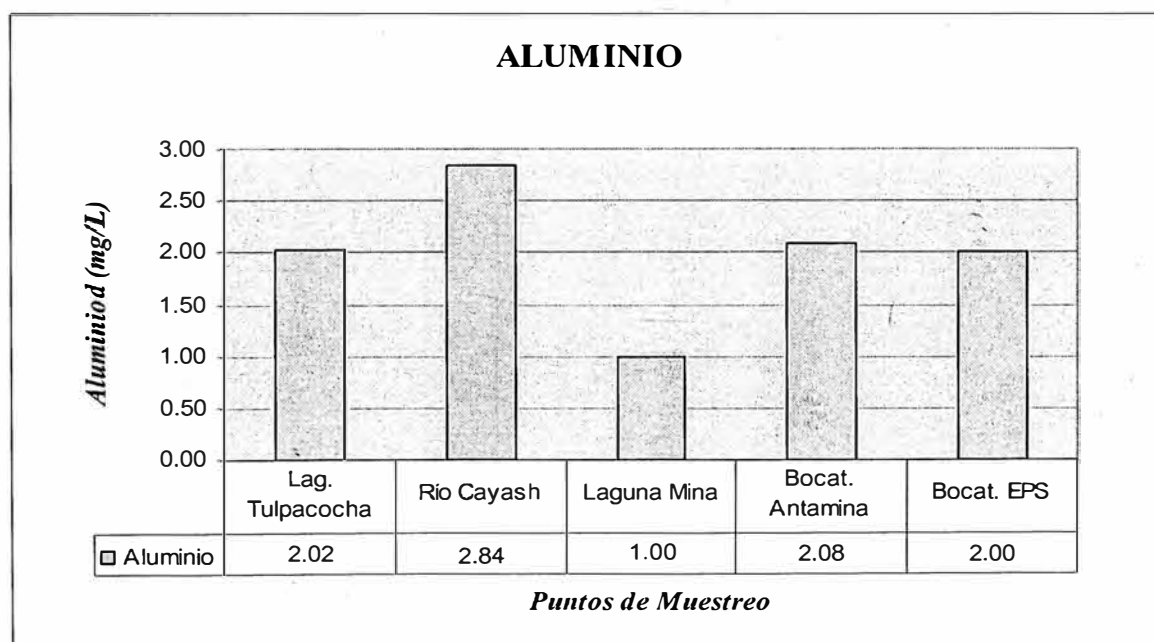


GRAFICO N° 11.1.2.4



Fuente: EPS CHAVIN S.A.

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LA CUENCA DE QUILLCAYHUANCA - 2003 (RIO AUQUI)

GRAFICO N° 11.1.2.5

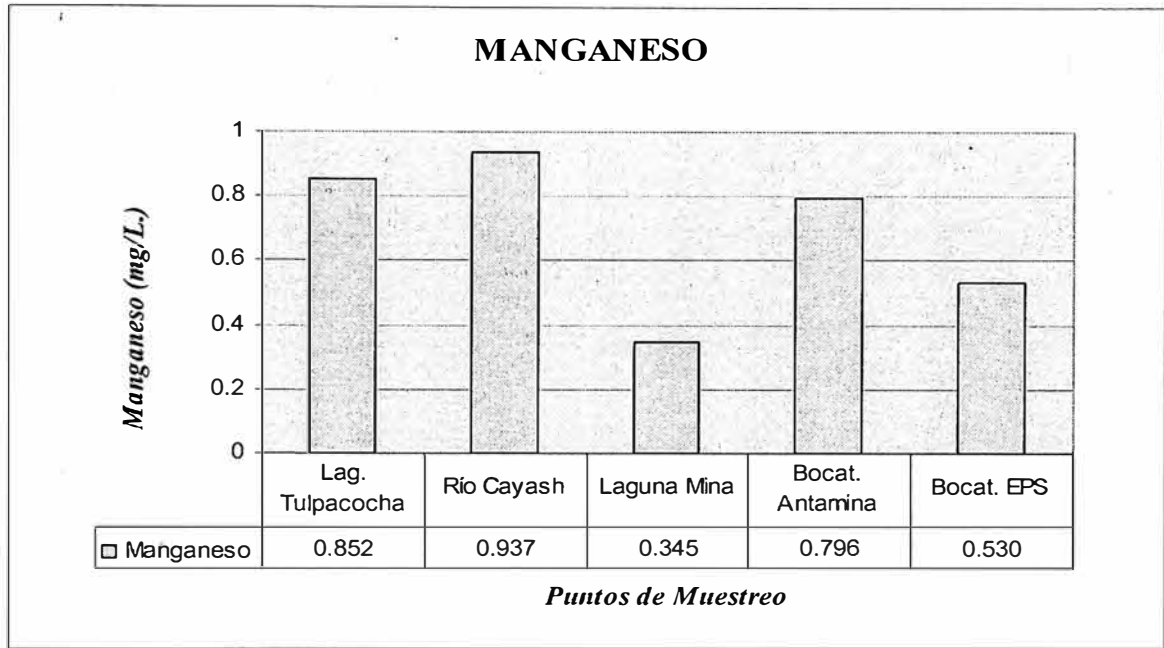
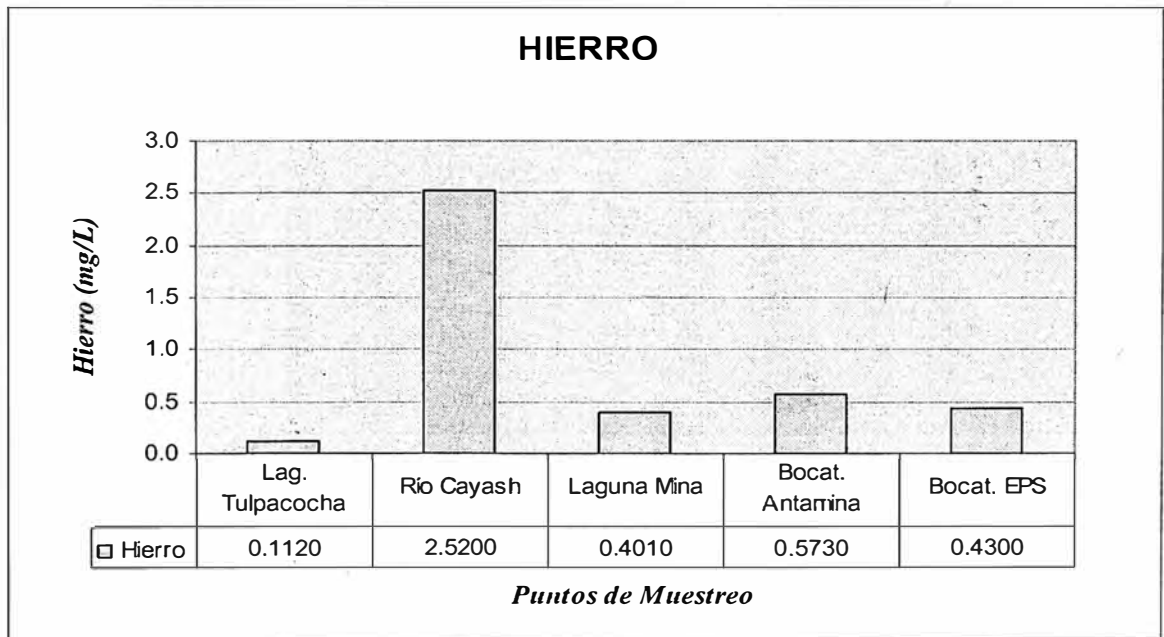


GRAFICO N° 11.1.2.6



Fuente: EPS CHAVIN S.A.

REPRESENTACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA DE BELLAVISTA - 2003

GRAFICO N° 11.1.2.7

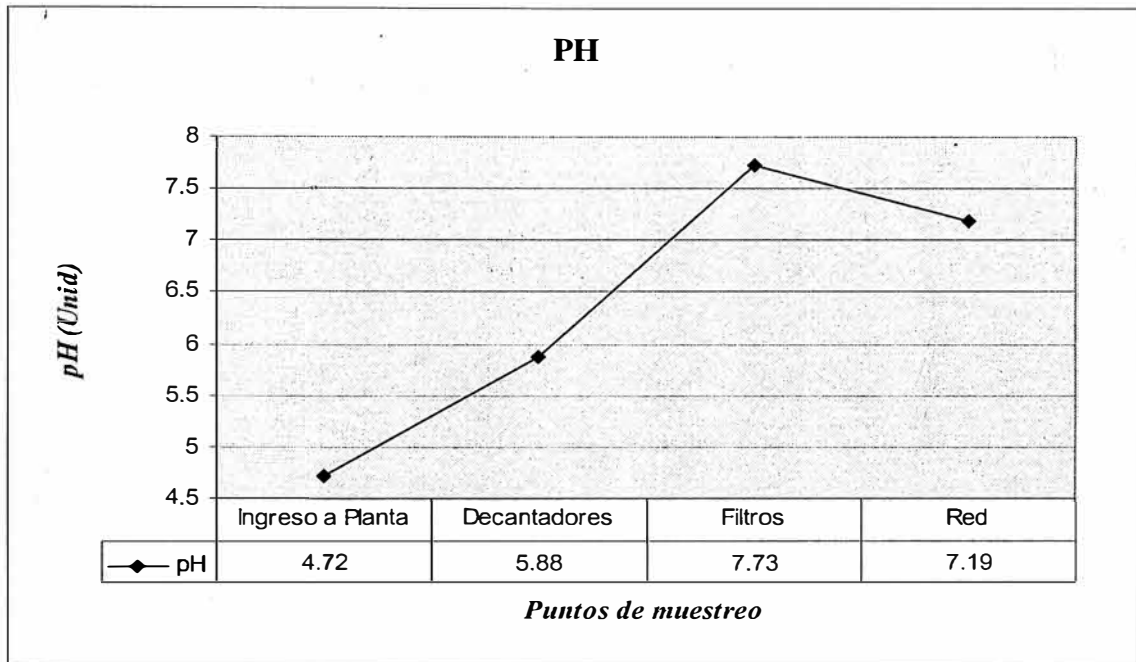
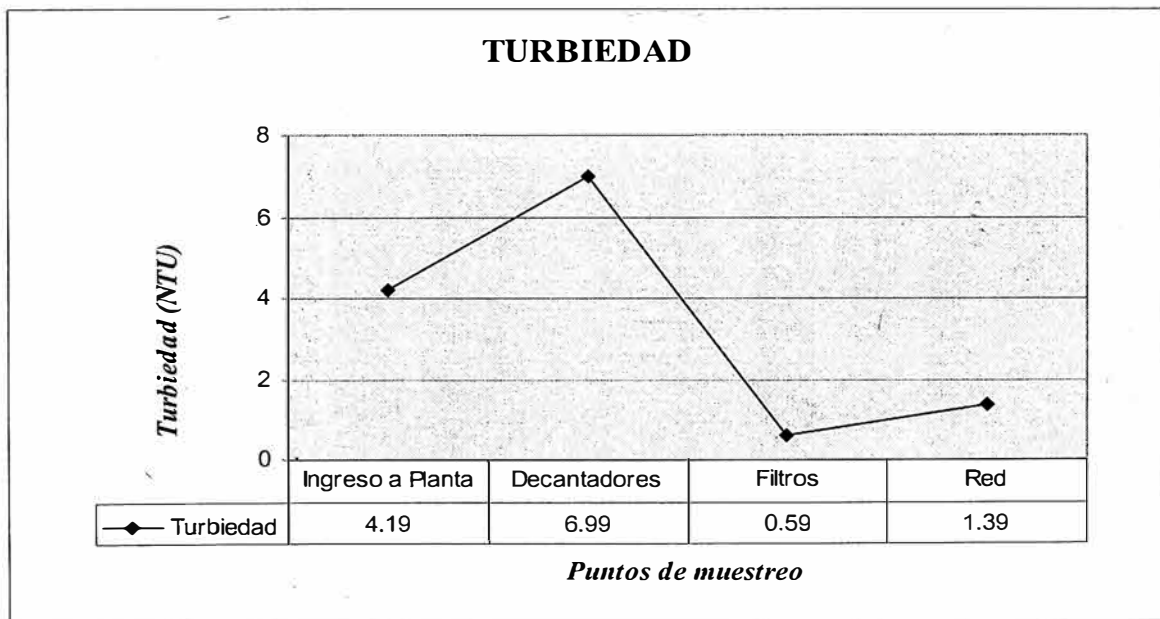


GRAFICO N° 11.1.2.8



Fuente: EPS CHAVIN S.A.

REPRESENTACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA DE BELLAVISTA - 2003

GRAFICO N° 11.1.2.9

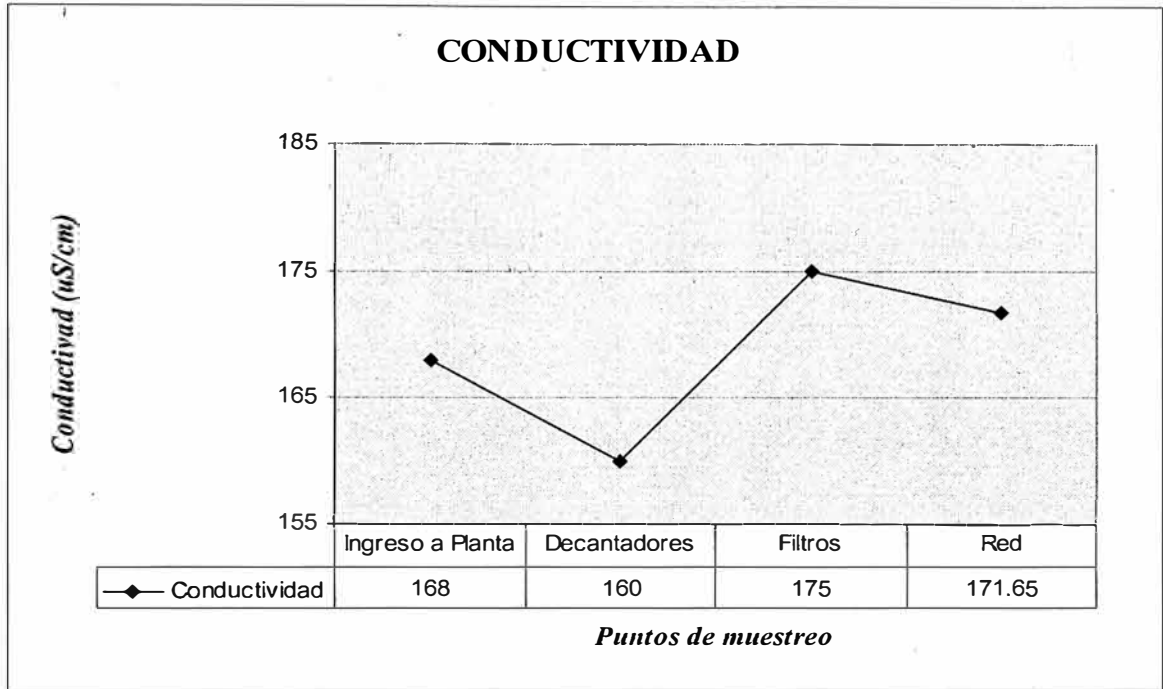
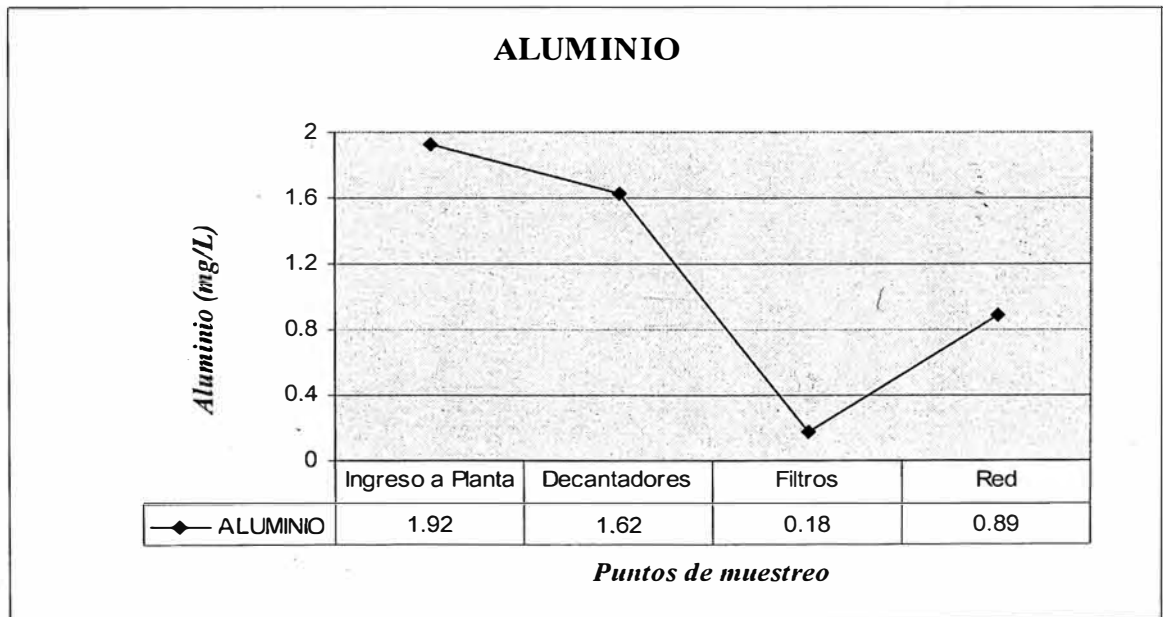


GRAFICO N° 11.1.2.10



Fuente: EPS CHAVIN S.A.

REPRESENTACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA DE BELLAVISTA – 2003

GRAFICO N° 11.1.2.11

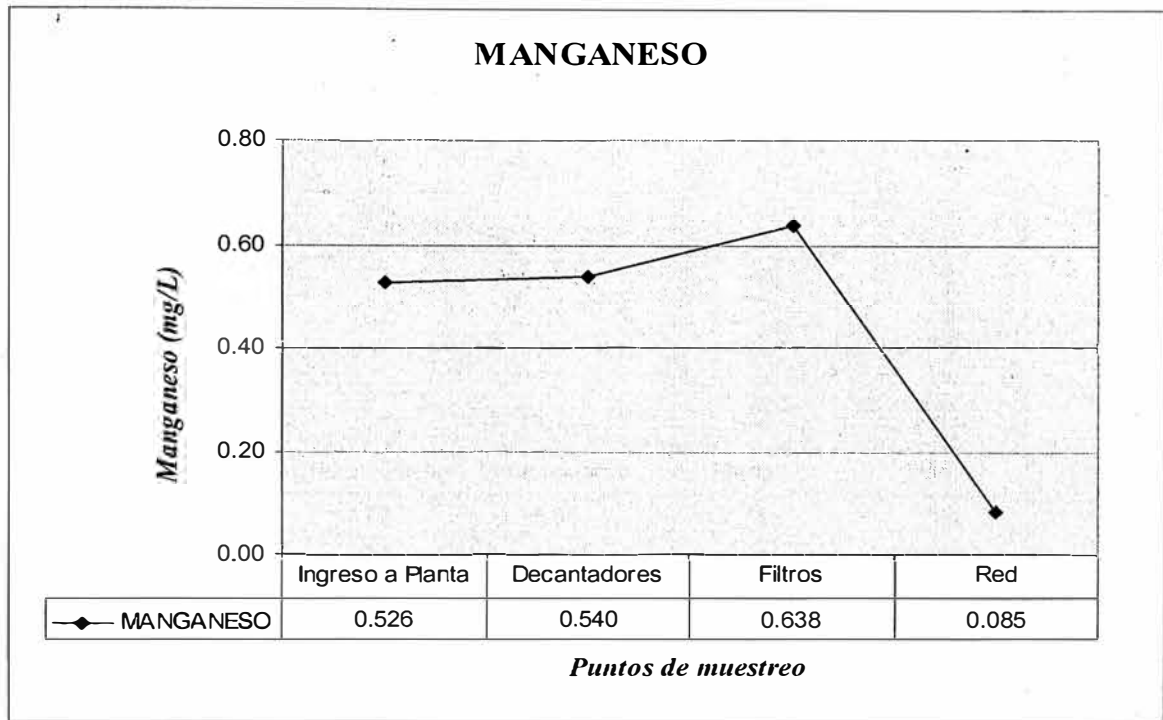
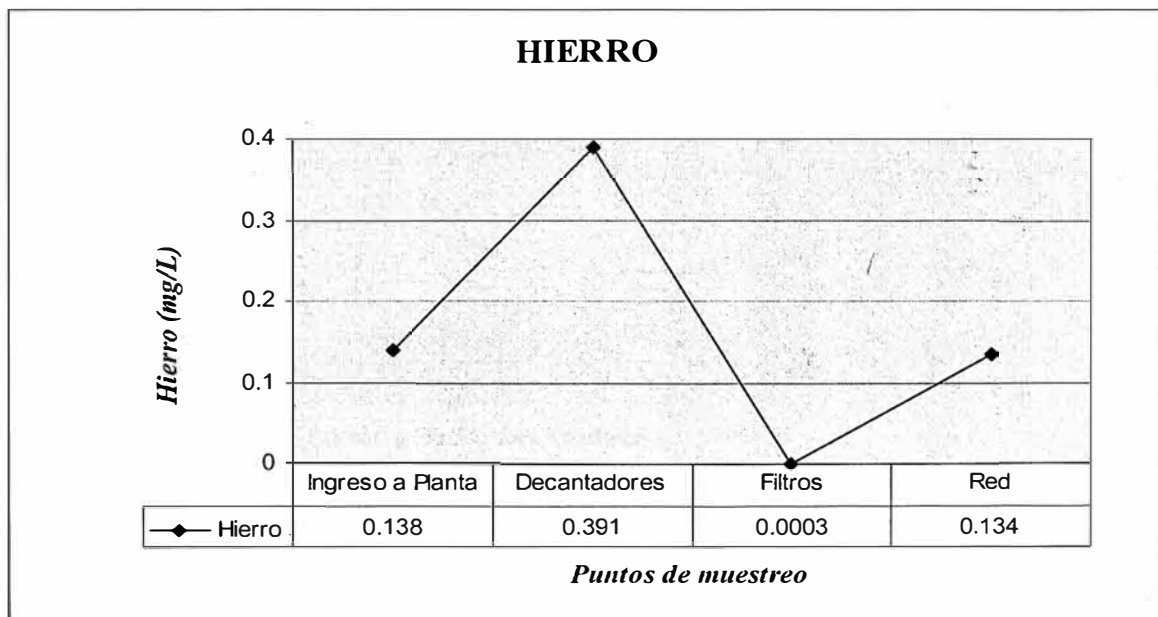


GRAFICO N° 11.1.2.12



Fuente: EPS CHAVIN S.A.

COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE ALUMINIO Y MANGANESO CON EL PH - 2003

GRAFICO N° 11.1.2.13

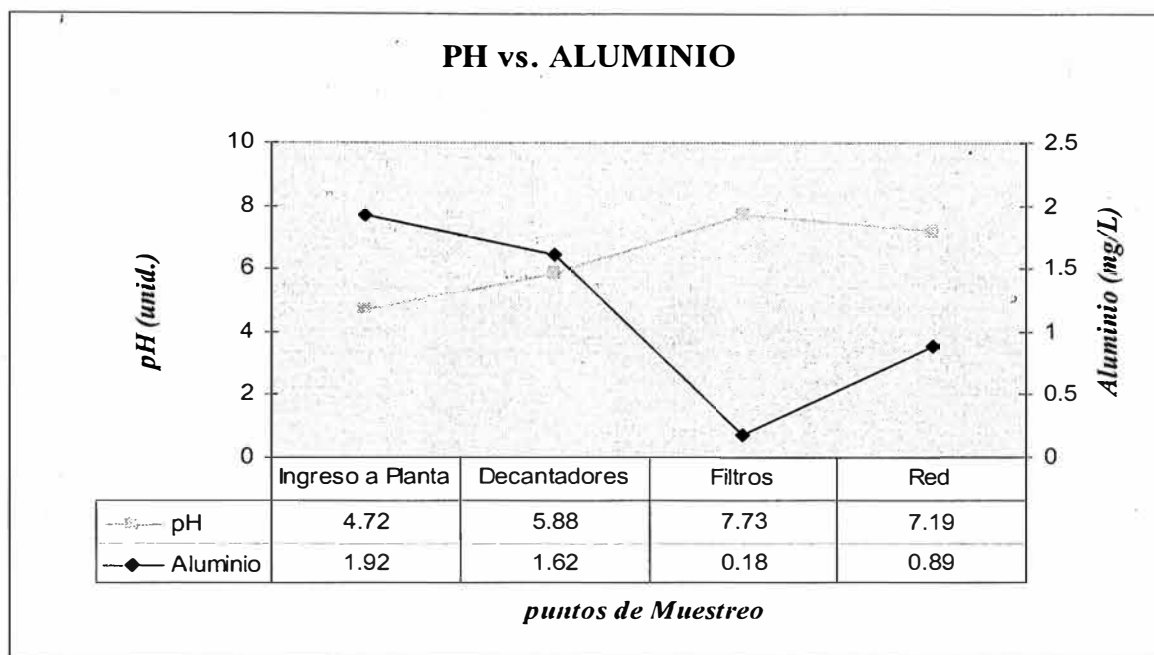
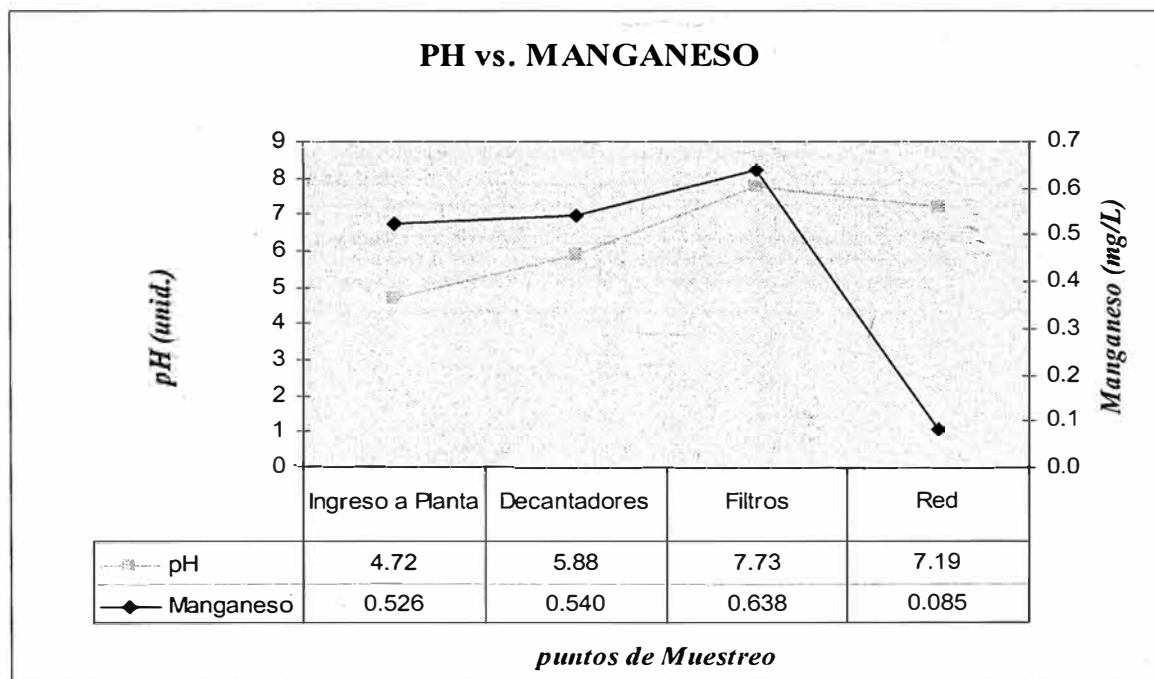


GRAFICO N° 11.1.2.14



Fuente: EPS CHAVIN S.A.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

INFORMACIÓN GENERAL				
Localidad:	Huaraz - Ancash	Huaraz - Ancash	Huaraz - Ancash	
Fuente:	Laguna Tulpacocha	rio Cayash	Laguna Mina	
Punto de Muestreo:	A 50 m. confluencia con el rio Cayash	rio Cayash con la lag. Tulpacocha	Quebrada Mina	
Muestreado por:	AQUAPRO S.R.Ltda.	AQUAPRO S.R.Ltda.	AQUAPRO S.R.Ltda.	
Fecha de Muestreo:	9/21/2003	9/21/2003	9/21/2003	
Hora de Muestreo:	1:20 p.m.	1:35 p.m.	2:20 p.m.	
Temperatura del Agua:	8 °C	9 °C	7 °C	

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

A. PARÁMETROS FÍSICOS Y ORGANOLEPTICOS						
ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Color	5	15	0.00	UC	20.0
2	Olor	Ninguno	Ferroso	Ninguno		Acceptable
3	Sabor	Ninguno				Acceptable
4	pH	4.13	3.50	3.73	Und.	6.5 - 8.5
5	Turbiedad	0.86	24.5	0.65	UNT	5.0
6	Conductividad a 20°C	210	350	216	µS/cm	1500

B. PARÁMETROS QUÍMICOS						
ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Dureza Total, CaCO ₃	74.20	90.60	56.80	mg/L	500
2	Dureza Carbonatada, CaCO ₃	0.00	0.00	0.00	mg/L	
3	Dureza No Carbonatada, CaCO ₃	74.20	90.60	56.80	mg/L	
4	Alcalinidad Total, CaCO ₃	0.00	0.00	0.00	mg/L	250
5	Calcio, Ca	56.20	73.20	45.60	mg/L	
6	Magnesio, Mg	18.00	17.40	11.20	mg/L	
7	Cloruros, Cl-	1.10	1.60	0.80	mg/L	250
8	Sulfatos, SO ₄	68.50	79.50	66.30	mg/L	250
9	Nitratos, NO ₃	1.85	2.58	2.10	mg/L	
10	Fosfatos, PO ₄	< 0,001	< 0,001	< 0,001	mg/L	
11	Hierro, Fe	0.112	2.52	0.401	mg/L	0.3
12	Manganeso, Mn	0.852	0.937	0.345	mg/L	0.2
13	Aluminio, Al	2.020	2.840	1.000	mg/L	0.2
14	Cobre, Cu	0.012	0.006	0.005	mg/L	1.0
15	Zinc, Zn	0.218	0.256	0.09	mg/L	5.0

C. METALES PESADOS Y TÓXICOS						
ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Plomo, Pb	2.10	1.50	1.80	ug/L	0.10
2	Cadmio, Cd	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.003
3	Arsénico, As	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.10
4	Mercurio, Hg	< 0.20	< 0.20	< 0.20	ug/L	0.001
5	Cromo, Cr	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.05

Método Utilizado: Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater 19 TH Edition 1995 . Instrumental. Espectrofotometría, Absorción Atómica.

INTERPRETACIÓN:

Las tres muestras presentan una marcada tendencia ácida, ligeramente coloreada con muy baja concentración de sales disueltas, tales como cloruros, sulfatos y nitratos. Con presencia de hierro en concentración apreciable, siendo el valor del manganeso considerable. Asimismo se aprecia una concentración considerable de aluminio. Las concentraciones de metales pesados y tóxicos encontradas son no significativas.

LMR: Límite Máximo Referencial

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

INFORMACIÓN GENERAL				
Localidad:	Huaraz - Ancash	Huaraz - Ancash	Huaraz - Ancash	
Fuente:	Río Auqui	Río Auqui	Río Auqui	
Punto de Muestreo:	Bocatoma Antamina	Bocatoma EPS Chavin	Camara de reunión	
Muestreado por:	AQUAPRO S.R.Ltda.	AQUAPRO S.R.Ltda.	AQUAPRO S.R.Ltda.	
Fecha de Muestreo:	9/21/2003	9/21/2003	9/21/2003	
Hora de Muestreo:	3:00 PM	6:20 p.m	8:15 p.m	
Temperatura del Agua:	9 °C	11 °C	13 °C	

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

A. PARÁMETROS FÍSICOS Y ORGANOLEPTICOS						
Ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Color	0.00	0.00	0.00	UC	20.0
2	Olor	Ninguno	Ninguno	Ninguno		Acceptable
3	Sabor					Acceptable
4	pH	3.83	4.65	4.72	Und.	6.5 - 8.5
5	Turbiedad	4.36	5.20	4.19	UNT	5.0
6	Conductividad a 20C	251	161	168	uS/cm	1500

B. PARÁMETROS QUÍMICOS						
Ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Dureza Total, CaCO ₃	72.60	51.60	53.30	mg/L	500
2	Dureza Carbonatada, CaCO ₃	0.00	4.00	4.00	mg/L	
3	Dureza No Carbonatada, CaCO ₃	72.60	47.60	49.30	mg/L	
4	Alcalinidad Total, CaCO ₃	0.00	4.00	4.00	mg/L	250
5	Calcio, Ca	54.10	42.30	43.20	mg/L	
6	Magnesio, Mg	18.50	9.30	10.10	mg/L	
7	Cloruros, Cl-	1.10	0.75	0.80	mg/L	250
8	Sulfatos, SO ₄	61.30	45.80	46.40	mg/L	250
9	Nitratos, NO ₃	2.40	1.26	1.32	mg/L	
10	Fosfatos, PO ₄	< 0.001	< 0.001	< 0.001	mg/L	
11	Hierro, Fe	0.573	0.43	0.138	mg/L	0.3
12	Manganeso, Mn	0.796	0.53	0.526	mg/L	0.2
13	Aluminio, Al	2.080	2.000	1.920	mg/L	0.2
14	Cobre, Cu	0.009	0.005	0.005	mg/L	1.0
15	Zinc, Zn	0.215	0.167	0.168	mg/L	5.0

C. METALES PESADOS Y TOXICOS						
Ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Plomo, Pb	1.90	1.60	0.50	ug/L	0.10
2	Cadmio, Cd	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.003
3	Arsénico, As	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.10
4	Mercurio, Hg	< 0.20	< 0.20	< 0.20	ug/L	0.001
5	Cromo, Cr	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.05

Método Utilizado: Standars Methods for the Examination of Water and Wastewater 19 TH Edition 1995 .
Instrumental, Espectrofotometría, Absorción Atómica.

INTERPRETACIÓN:

Las tres muestras presentan una marcada tendencia ácida, ligeramente coloreada con muy baja concentración de sales disueltas, tales como cloruros, sulfatos y nitratos. Con presencia de hierro en concentración apreciable, siendo el valor del manganeso considerable. Asimismo se aprecia una concentración considerable de aluminio. Las concentraciones de metales pesados y tóxicas encontradas son no significativas.

LMR: Límite Máximo Referencial

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

INFORMACIÓN GENERAL				
Localidad:	Huaraz - Ancash	Huaraz - Ancash	Huaraz - Ancash	
Fuente:	Río Auqui	Río Auqui	Río Auqui	
Punto de Muestreo:	Salida decantadores	Salida de los filtros	Redes	
Muestreado por:	AQUAPRO S.R.Ltda.	AQUAPRO S.R.Ltda.	AQUAPRO S.R.Ltda.	
Fecha de Muestreo:	9/21/2003	9/21/2003	9/21/2003	
Hora de Muestreo:	8:28 PM	8:39 p.m	7:48 p.m	
Temperatura del Agua:	13 °C	12 °C	13 °C	

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

A. PARÁMETROS FÍSICOS Y ORGANOLEPTICOS						
ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Color	0.00	0.00	0.00	UC	20.0
2	Olor	Ninguno	Ninguno	Ninguno		Acceptable
3	Sabor					Acceptable
4	pH	5.88	7.73	7.19	Und.	6.5 - 8.5
5	Turbiedad	6.99	0.59	1.39	UNT	5.0
6	Conductividad a 20C	160	175	171.65	uS/cm	1500

B. PARÁMETROS QUÍMICOS						
ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Dureza Total, CaCO ₃	62.30	68.00	71.20	mg/L	500
2	Dureza Carbonatada, CaCO ₃	6.00	10.00	60.70	mg/L	
3	Dureza No Carbonatada, CaCO ₃	56.30	58.00	71.20	mg/L	
4	Alcalinidad Total, CaCO ₃	6.00	10.00	10.50	mg/L	250
5	Calcio, Ca	52.40	54.20	54.10	mg/L	
6	Magnesio, Mg	9.90	13.80	17.10	mg/L	
7	Cloruros, Cl-	0.90	0.90	0.90	mg/L	250
8	Sulfatos, SO ₄	45.80	46.00	47.10	mg/L	250
9	Nitratos, NO ₃	1.31	1.31	1.24	mg/L	
10	Fosfatos, PO ₄	< 0,001	< 0,001	< 0,001	mg/L	
11	Hierro, Fe	0.391	0.0003	0.134	mg/L	0.3
12	Manganeso, Mn	0.54	0.638	0.085	mg/L	0.2
13	Aluminio, Al	1.620	0.180	0.890	mg/L	0.2
14	Cobre, Cu	0.005	0.002	0.001	mg/L	1.0
15	Zinc, Zn	0.163	0.002	0.036	mg/L	5.0

C. METALES PESADOS Y TOXICOS						
ítem	Parámetro	Valor Encontrado			Unidad	LMR
1	Plomo, Pb	1.20	1.50	1.70	ug/L	0.10
2	Cadmio, Cd	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.003
3	Arsénico, As	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.10
4	Mercurio, Hg	< 0.20	< 0.20	< 0.20	ug/L	0.001
5	Cromo, Cr	< 1.00	< 1.00	< 1.00	ug/L	0.05

Método Utilizado: Standars Methods for the Examination of Water and Wastewater 19 TH Edition 1995 .
Instrumental, Espectrofotometría, Absorción Atómica.

INTERPRETACIÓN:

Los resultados obtenidos a la salida de los decantadores confirman que el agua es incolora, de olor y sabor aceptables, apreciándose un muy ligero incremento en el nivel de turbiedad y en el pH, manteniendo su condición de agua blanda. Con presencia de hierro en valor superior al agua de ingreso, verificándose los mismos valores de manganeso y cierto descenso en la concentración de aluminio.

Los resultados obtenidos a la salida de los filtros presenta un descenso del nivel de turbiedad, un ligero incremento en la concentración de manganeso y una remoción casi total del hierro. También se aprecia un fuerte descenso del valor encontrado de aluminio. Las demás características se mantienen con relación al agua de ingreso a planta.

En la muestra del agua de red, encontramos concentraciones de hierro y manganeso dentro de los límites máximos permisibles. Siendo el valor encontrado de aluminio considerable. Las concentraciones de metales pesados y tóxicos encontradas no son significativas.

LMR: Límite Máximo Referencial

12. ENSAYOS EN EL LABORATORIO Y EN EL CAMPO

12.1 Pruebas de Jarras

12.1.1 Aspectos Prácticos

La prueba de jarras es un procedimiento en la cual podemos reproducir en el laboratorio cada una de las etapas de tratamiento que intervienen en una estación de potabilización de agua. Si bien tiene sus limitaciones, es el método más próximo para reproducir a escala de laboratorio lo que ocurre en la planta. Se utiliza para:

- ❖ Determinar parámetros de diseño.
- ❖ Para determinar parámetros de operación.
- ❖ Para efectuar la evaluación, parcial y total, del sistema de tratamiento.

El equipo está constituido por:

- ❖ Una base iluminada.
- ❖ Sistema de Paletas giratorias, motor rotatorio de velocidad variable.
- ❖ Vasos de vidrio y sus respectivos deflectores.
- ❖ Sifones para la toma de muestras

Los procedimientos que se reproducen son: Mezcla rápida, floculación, decantación.

Por lo que permitirá conocer:

- ❖ Variables químicas de coagulación (tipo y dosis coagulante, concentración y pH óptimos)
- ❖ Gradiente de Velocidad (Coagulación y Floculación)
- ❖ Períodos de Retención (Coagulación, Floculación, decantación)

- ❖ Tamaño de flóculo
- ❖ Tiempo formación de flóculo
- ❖ Tasa de decantación
- ❖ Auxiliares de coagulación, floculación y filtración.
- ❖ Remoción de ciertas impurezas que generan problemas.

Se aplica para el aluminio y manganeso, en cada una de las etapas o en general para la planta de tratamiento de agua. Por lo demás deberán determinarse parámetros adicionales necesarios de calidad de agua cruda (T_o , pH, D_o , A_o , Mn_o , Al_o) y los valores finales obtenidos después de efectuar la prueba de Jarras.

12.1.2 Pruebas de Jarras realizadas en el Laboratorio

Previo al inicio de los ensayos realizados en el laboratorio de la EPS CHAVIN S.A., se procedió a realizar las siguientes acciones:

- ❖ Calibración de los equipos para medición de pH y conductividad
- ❖ Calibración del turbidímetro digital.
- ❖ Calibración del comparador de cloro.
- ❖ Verificación de reactivos para la determinación del aluminio y manganeso residual
- ❖ Preparación de las soluciones de cal al 1%, hipoclorito de calcio al 0.1% y de sulfato de aluminio al 1%.

Luego se realizaron las siguientes pruebas preliminares:

- ❖ Prueba Preliminar N° 01: para la determinación de la dosis de cloro activo.
- ❖ Prueba Preliminar N° 02: para la determinación de la dosis de cal (pH óptimo).

- ❖ Prueba Preliminar N° 04: para la verificación de la oxidación del manganeso con cloro activo.

Después de varias corridas de pruebas de jarras, las cuales se encuentran en el anexo N° 01, se llegó a las dosis óptimas de los insumos:

- ❖ Prueba Preliminar N° 08: Ensayo de Prueba de Jarras – Para verificar el abatimiento del manganeso y aluminio, con aplicación de cal, hipoclorito de calcio y sulfato de aluminio, encontrándose las dosis óptimas.

12.1.3 Resultados de las Pruebas de Jarras

- ❖ **Prueba Preliminar de laboratorio N° 01:**
Selección de la dosis óptima de cloro activo, adicionando hipoclorito de calcio en solución al 0.1%, para la oxidación del manganeso.

Resultados:

En las jarra N° 03 y N° 04 encontramos cloro residual libre en agua sedimentada con valores de 1.9 mg/ L Y 3.10 mg/L de cloro residual, que es lo más conveniente para el tratamiento lo cual produce la oxidación del manganeso.

- ❖ **Prueba Preliminar de laboratorio N° 02:**
Selección de la dosis óptima de cal, adicionando cal hidratada en solución al 1%, para hallar el pH óptimo. Incrementando la dosis de cal.

Resultados:

En todas las jarras encontramos pH mayores a 10 unid., con dosis de soluciones de cal entre 15.0 ppm y 20.0 ppm, obteniendo un pH muy alto.



Prueba Preliminar de laboratorio N° 04:

Selección de la dosis óptima de hipoclorito de calcio y de cal, para la oxidación de manganeso por el cloro activo.

Resultados:

A partir de la jarra N° 02 observamos que hay remoción de manganeso, por la oxidación con cloro y aumento de pH por la cal, quien es la que da el medio para que se produzca la oxidación del manganeso, encontrando en la prueba de jarra N° 06 un pH de 12.18 unid., y una concentración de manganeso de 0.090 mg/L.



Prueba Preliminar de laboratorio N° 08:

Prueba Final para la selección de la dosis óptima de hipoclorito de calcio, cal y sulfato de aluminio, para el abatimiento del aluminio y manganeso, para diferentes dosis de insumos.

Resultados:

Se encontró la dosis óptima de los insumos a utilizar, siendo la prueba de jarra N° 02 la más eficiente en cuanto a los resultados obtenidos, encontrando un pH de 7.33 unid., una concentración de aluminio de 0.03 mg/L y una concentración de

manganeso de 0.114 mg/L, encontrándose todos estos parámetros dentro de los límites máximos permisibles para agua potable. Las dosis óptima de cal fueron de 18.0 ppm, de hipoclorito de calcio de 5.0 ppm y de sulfato de aluminio de 40.0 ppm

PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO N° 01

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Localidad: Bellavista
 Fuente: Río Auqui

Realizado: EPS CHAVIN S.A.
 Fecha: 23/09/03
 Hora: 09:30 a.m.

N° JARRA	AGUA CRUDA						PRE TRATAMIENTO		MEZCLA RÁPIDA: 100 rpm / 5 seg. FLOCULACIÓN: 60 rpm / 15 min. SEDIMENTACIÓN: 0 rpm / 15 min.			
	pH (Unid.)	Turbiedad (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Hierro (mg/L)	Hipoclorito de Calcio 0.1%		pH (Unid.)	Cloro Libre (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)
							Solución en ml.	Dosis (ppm)				
1	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.0	2.0	3.93	0.10		
2	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	3.0	3.0	3.93	0.90		
3	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	4.0	4.0	3.90	1.90		
4	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	5.0	5.0	3.91	3.10		
5	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	6.0	6.0	3.93	3.70		
6	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	7.0	7.0	3.93	4.60		

OBSERVACIONES:

Dosis recomendada de cloro: Entre 4.5 y 5.5 mg/L.

PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO N° 02

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Localidad: Bellavista
 Fuente: Río Auqui

Realizado: EPS CHAVIN S.A.
 Fecha: 9/23/2003
 Hora: 11:30 a.m.

N° JARRA	AGUA CRUDA						PRE TRATAMIENTO		MEZCLA RÁPIDA: 100 rpm / 5 seg. FLOCULACIÓN: 60 rpm / 15 min. SEDIMENTACIÓN: 0 rpm / 15 min.			
	pH (Unid.)	Turbiedad (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Hierro (mg/L)	Cal solución al 1%		pH (Unid.)	Cloro Libre (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)
							Solución en ml.	Dosis (ppm)				
1	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.5	15.0	10.58			
2	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.6	16.0	11.21			
3	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.7	17.0	11.97			
4	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.8	18.0	12.33			
5	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.9	19.0	13.78			
6	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.0	20.0	14.28			

OBSERVACIONES:

Dosis de Cal recomendada para alcalinizar el agua: No menor a 10mg/L.

PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO N° 04

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Localidad: Bellavista
 Fuente: Río Auqui

Realizado: EPS CHAVIN S.A.
 Fecha: 9/23/2003
 Hora: 3:15 p.m.

N° JARRA	AGUA CRUDA						PRE TRATAMIENTO				MEZCLA RÁPIDA: 100 rpm / 5 seg. FLOCULACIÓN: 60 rpm / 15 min. SEDIMENTACIÓN: 0 rpm / 15 min.			
	pH (Unid.)	Turbiedad (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Hierro (mg/L)	Cal solución al 1%		Hipoclorito de Calcio 0.1%		pH (Unid.)	Cloro Libre (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)
							Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)				
1	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.2	12.0	2.0	2.0	9.92			0.260
2	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.4	14.0	3.0	3.0	10.01			0.200
3	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.6	16.0	4.0	4.0	10.56			0.161
4	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.8	18.0	5.0	5.0	11.15			0.134
5	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.0	20.0	6.0	6.0	11.47			0.122
6	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.2	22.0	7.0	7.0	12.18			0.090

OBSERVACIONES:

Dosis recomendada para la remoción de manganeso: Cal (de 16 a 20 ppm) y Cloro (de 5.0 a 7.0 ppm)

**PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO N° 08
ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS**

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Localidad: Bellavista
 Fuente: Río Auqui

Realizado: EPS CHAVIN S.A.
 Fecha: 9/24/2003
 Hora: 3:15 p.m.

N° JARRA	AGUA CRUDA						PRE TRATAMIENTO						MEZCLA RÁPIDA: 100 rpm / 5 seg. FLOCULACIÓN: 60 rpm / 15 min. SEDIMENTACIÓN: 0 rpm / 15 min.			
	pH (Unid.)	Turbiedad (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Hierro (mg/L)	Cal solución al 1%		Hipoclorito de Calcio 0.1%		Sulfato de Aluminio al 1%		pH (Unid.)	Cloro Libre (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)
							Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)				
1	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.7	17.0	5.0	5.0	3.5	35.0	9.14	2.20	0.42	0.112
2	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.8	18.0	5.0	5.0	4.0	40.0	7.33	2.20	0.03	0.114
3	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.9	19.0	5.0	5.0	4.5	45.0	7.15	2.20	0.02	0.160
4	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.0	20.0	5.0	5.0	5.0	50.0	11.19	2.20	0.58	0.096
5	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.1	21.0	5.0	5.0	5.5	55.0	8.57	2.20	0.38	0.129
6	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.2	22.0	5.0	5.0	6.0	60.0	9.69	2.20	0.46	0.100

INDICE DE WILLCOMB

- 0: Floc coloidal, ningún signo de alutinação.
- 2: Visible: Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador poco entrenado.
- 4: Disperso: Floc bien formado, pero uniformemente distribuido, sedimenta lento o no.
- 6: Claro: Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
- 8: Bueno: Floc que se deposita fácil pero no completamente.
- 10: Excelente: Floc que se deposita todo, dejando el agua cristalina.

OBSERVACIONES:

* De la prueba de jarras realizada se puede determinar los valores optimos de dosificación de los diferentes insumos, recalcando que los valores de aluminio, manganeso y ph estan dentro de los limites máximos permisibles, establecidos por la SUNASS para ser considerada agua apta para consumo humano.

13. **TRATAMIENTO PROPUESTO PARA LA PLANTA DE BELLAVISTA**

Después de haber realizado las pruebas de Jarras en el laboratorio, se puede plantear lo siguiente:

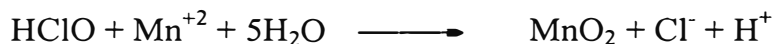
La mayor dificultad en el tratamiento está en que el aluminio y el manganeso se tratan a pH distintos. El aluminio precipita a pH bajo (6.5 – 7.0 unid) y el manganeso precipita a pH alto (9.5 – 10.0 unid). Además la precipitación del aluminio es reversible, por lo tanto si queremos eliminar los precipitados de aluminio y de manganeso, tenemos que precipitar primero el manganeso y después el aluminio. El pH en el decantador y en los filtros no tiene que ser muy altos, para evitar que el aluminio se vuelva a disolver.

Como el agua cruda tiene pH bajo (agua ácida), primero se elevara el pH para precipitar el manganeso, y después bajar el pH para precipitar el aluminio.

Tratamiento del Manganeso

El principio de eliminación del manganeso es su oxidación en MnO₂ insoluble.

Para tratar el manganeso se utiliza el procedimiento físico-químico, en la cual la oxidación del manganeso necesita un pH alto, para que la velocidad de reacción sea eficiente, se utilizara cal para subir el pH entre 9.5 – 10.0 unid. La cinética de reacción es proporcional al pH. La oxidación del manganeso se hará con cloro y la reacción es la siguiente:



Tratamiento del Aluminio

La segunda etapa de tratamiento es la precipitación del aluminio en hidróxido de aluminio. De las experiencias en el laboratorio se muestra que el aluminio precipita normalmente a un pH en el rango de 5.0 – 7.0

unid. Las pruebas de jarras nos muestran que para el agua de Bellavista el aluminio precipita a pH igual a 7.30 unid., aproximadamente.

Bajaremos el pH hasta 7.3 unid., aproximadamente después de la precipitación del manganeso, para esto utilizaremos el sulfato de aluminio. La dosis de sulfato de aluminio que se utilizará para bajar el pH es de 40 mg/L, pero esto tiene que estar ajustado en función al pH de agua a tratar.

Decantación – Filtración

Para retener los precipitados de manganeso y de aluminio necesitamos una decantación de los precipitados formados y una filtración. Estas dos estructuras hidráulicas están actualmente presentes y dimensionadas por un caudal de 60 l/s por la planta N° 01 y por un caudal de 120 l/s por la planta N° 02.

14. MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Se debe de realizar el tratamiento del agua que será destinada para el consumo humano, de acuerdo a lo que estipula la Ley General de Aguas, teniendo en cuenta las características que definen la clase a la que pertenece el cuerpo de agua.

Las aguas superficiales requieren de un tratamiento adecuado y eficiente para reducir la turbiedad y la carga bacteriana principalmente, así como el contenido de metales y otros parámetros a cantidades definidas por los estándares.

El agua e los ríos generalmente requieren de procesos de tratamiento convencional para producir agua que cumpla con las normas; pero cuando la fuente trae consigo altos contenidos de metales como el aluminio, hierro y manganeso, su tratamiento exigirá tecnologías y costos adicionales.

14.1 Actividades Realizadas para mejorar el proceso

- ❖ Se llevo a cabo la inspección de las estructuras que iban a ser utilizadas para el pre-tratamiento del agua del Río Auqui (desarenador) así como de las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Bellavista.
- ❖ Se implemento los tanques necesarios para la dilución de los insumos a aplicar, al ingreso del desarenador, utilizándose para estos efectos previo acondicionamiento de dos tanques que a continuación se detallan:
 - ❖ 1 tanque de 1200 litros para la preparación de la solución de cal al 10% de concentración.
 - ❖ 1 tanque de 600 litros para la preparación de la solución de hipoclorito de calcio al 65% de cloro activo, a una concentración de 5%.
- ❖ Por consiguiente al tanque de 1200 litros de agua se le agregó 120 kg. de cal hidratada; y al tanque de 600 litros de agua se le agregó 30 kg. de hipoclorito de calcio al 65%.
- ❖ Se llevo a cabo el mantenimiento profundo de la estructura utilizada como desarenador para ponerla en las mejores condiciones posibles para el pre-tratamiento en esta unidad.
- ❖ Se dio inicio a la prueba en planta, se realizó el acondicionamiento de un tanque de concreto de 1 m³ de capacidad, ubicado al ingreso del agua cruda a la planta de tratamiento, para la dosificación de sulfato de aluminio Tipo B.
- ❖ Se dio inicio a la prueba en planta en base a las dosis óptimas obtenidas en el laboratorio, dosificándose como pre-tratamiento al ingreso del desarenador y como tratamiento por barrido los insumos que se muestran en el cuadro N° 08:

CUADRO N° 08

Volumen del tanque (litros)	Insumo Aplicado	Dosis Aplicadas
1200	Cal Hidratada	1.73 litros/min. \approx 18 ppm
600	Hipoclorito de Calcio	3.60 litros/min. \approx 5 ppm
1000	Sulfato de Aluminio	2.88 litros/min. \approx 40 ppm

- ❖ Es necesario señalar sobre la ejecución de la prueba lo siguiente:
- Las dosis recomendada que se señalan en el cuadro anterior son producto de los resultados de los ensayos de laboratorio; sin embargo, como toda prueba en planta fue necesario en las primeras 48 horas ir ajustando las mismas teniendo en consideración que la estructura que estaba siendo utilizada (desarenador y línea de conducción) para el pre-tratamiento se encontraban originando la correspondiente mayor demanda de cloro que la obtenida en laboratorio por el estado de conservación y acumulación de sedimentos u otros en estas unidades.
 - Todos los ajustes realizados a las dosis óptimas obtenidas en el laboratorio fueron ejecutados en base a mediciones in situ al ingreso de la planta de tratamiento, así como a la salida de ésta. En estas mediciones se tenía especial cuidado con el pH de ingreso a la planta así como el cloro residual libre, de igual forma se mantuvo un monitoreo permanente de la calidad del agua tratada con énfasis en los contenidos de aluminio y manganeso.

Al término de la prueba en planta se verificó las condiciones del agua tratada, obteniéndose los resultados en el cuadro N° 09.

CUADRO N° 09

PARÁMETROS	VALOR
pH (Unid.)	7.60
Turbiedad (NTU)	2.10
Cloro Residual Libre (mg/L)	1.60
Aluminio (mg/L)	0.16
Manganeso (mg/L)	0.093

14.2 Proceso de Tratamiento en la Planta de Bellavista en la actualidad

De acuerdo a los resultados de los análisis puntuales efectuados al agua captada del Río Auqui y a la fuerte tendencia ácida que presenta a partir del año 1985 que no se ha visto revertida en los últimos años por ser originadas por cambios naturales y a las concentraciones considerables de aluminio, hierro y manganeso, se recomendó implementar los procesos de tratamiento complementarios de acuerdo a estas condiciones aprovechando la infraestructura existente del Sistema de Bellavista, para lo cual se ha requerido hacer algunas modificaciones en el nuevo proceso de tratamiento en la Planta de Bellavista.

Con la finalidad de iniciar el proceso que permita eliminar el manganeso, es necesario alcalinizar el agua a un pH cercano a 9.5 unidades, para lograr la oxidación, se requiere hacer lo siguiente:

Se utilizara la estructura del desarenador el cual deberá recibir un caudal constante de 120 l/s, considerándose este punto para la aplicación de la cal hidratada e hipoclorito de

calcio, en vista que la oxidación del manganeso con cloro, requiere un tiempo de contacto prolongado (estimado en 1 hora de acuerdo a ensayos realizados), lo cual se consigue desde esta ubicación hasta la cámara de reunión ubicada al ingreso de la planta de tratamiento de Bellavista (1h25'06''), tal como se detalla en el cuadro N° 10.

CUADRO N° 10

TRAMO	Long. L (Km.)	Diám. D (Pulg.)	Área de la Sección (m²)	Caudal Q (m³/s)	Tiempo T (seg.)
Captación Auqui- Desarenador	0.064	14	0.099	0.122	52
Desarenador				0.122	1138
Desarenador – CRP1	0.297	12	0.073	0.122	177
CRP1 – CRP2	3.746	14	0.099	0.122	3044
CRP2 – Cámara de Reunión	0.756	14	0.099	0.122	614
Cámara de Reunión – Pta. Tratamiento	0.100	14	0.099	0.122	81
Total de Tiempo en segundos					5106
Total de Tiempo (hh mm' ss'')					1h25'06''

Se instaló al ingreso del desarenador un equipo gravimétrico para la dosificación de cal hidratada, con un rango de operación de 0 a 100 y con una capacidad máxima de 20 kg/h, para permitir una dosificación adecuada de acuerdo al requerimiento de agua cruda. Este sistema de

dosificación cuenta con el mecanismo adecuado que permite mantener una concentración óptima del insumo para lograr mayor eficiencia y minimizar los errores en la dosificación.

Se instaló un equipo de cloración de inyección al vacío, con cilindros de 68 kg en la entrada a planta (cámara de reparto). Este proceso permitirá aún mas la oxidación del manganeso y adicionalmente la eliminación de las bacterias coliformes.

- ❖ En el Canal Parshall se determina el caudal de agua que ingresa al sistema de tratamiento, y se realiza la mezcla rápida del sulfato de aluminio.
- ❖ Sigue los demás procesos que son coagulación decantación y filtración.

14.3 Resultados e Interpretación de los Análisis Físico-químicos del agua

14.3.1 Resultados de los Análisis Físico-químicos año 2005 – 2006

De los resultados obtenidos de agua cruda en el mes de noviembre del año 2005 y en el mes de marzo del 2006 se puede observar que el agua del río Auqui sigue la tendencia de agua ácida, con un pH de 3.73 unid., y 4.43 unid., respectivamente, y con altas concentraciones de aluminio de 1.78 mg/L 1.47 mg/L respectivamente. Asimismo, presenta altas concentraciones de manganeso de 0.87 mg/L y 0.67 mg/L respectivamente. El agua del Río es agua totalmente blanda con un valor de dureza Total de 20 mg/L y 38 mg/L

de CaCO_3 respectivamente, también presenta alto contenido de Hierro de 0.68 mg/L y 0.44 mg/L respectivamente, parámetros que se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para agua potable, lo que permite deducir que es un agua difícil de tratar, requiriendo un proceso completo y eficiente que permita reducir estos dos metales.

En cuanto a los resultados a la salida de planta del año 2005 y 2006, se observan resultados de pH de 6.63 unid., y 6.70 unid., respectivamente. Asimismo, las concentraciones obtenidas de aluminio son de 0.11 mg/L y 0.09 mg/L respectivamente, mientras que las concentraciones de manganeso son en los dos casos < 0.05 mg/L.

En cuanto a los resultados en las redes de distribución del año 2005 y 2006, observamos un pH de 6.85 unid., y 6.72 unid., respectivamente. Asimismo, las concentraciones obtenidas de aluminio son de 0.18 mg/L y 0.07 mg/L respectivamente, mientras que las concentraciones de manganeso son de 0.05 mg/L y < 0.05 mg/L respectivamente.

Con todos estos resultados llegamos a la conclusión que se está dando un buen tratamiento al agua cruda, oxidando al manganeso y precipitándolo y removiendo el aluminio y precipitándolo en diferentes medios, encontrando los parámetros de pH, aluminio y manganeso dentro de los límites máximos permisibles para agua potable.

14.3.2 Interpretación de los Análisis Físico-químicos

Según los parámetros analizados, el agua cruda del Río Auqui es un agua ácida, con alta turbiedad y con altas concentraciones de aluminio, hierro y manganeso. Los demás parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.

Para el agua tratada y agua de la red, todos los parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para agua potable, teniendo concentraciones bajas de aluminio, manganeso y hierro.

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	HUARAZ	HUARAZ	HUARAZ	Standard Methods for the examination of water and wastewater AWWA, 1999	Límite Máximo Referencial
Distrito ,	HUARAZ	HUARAZ	HUARAZ		
Localidad	COYLLUR	HUARAZ	HUARAZ		
Punto de Muestreo	Captación Coyllur	Salida de Planta	Grifo Tacllan		
Muestreado por	Andres Castillo	Andres Castillo	Andres Castillo		
Analizado por	Andres Castillo	Andres Castillo	Andres Castillo		
Fecha,Hora/ Muestreo	12-11-05 / 7:30	12-11-05 / 9:10	12-11-05 / 9:25		
Fecha Hora / Análisis	12-11-05 / 9:45	12-11-05 / 09:45	12-11-05 / 9:45		
Cód.de la Muestra	EPS 120	EPS 121	EPS 122		
Nº	PARÁMETROS	RESULTADOS			UNIDADES
1	Olor	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Acceptable
2	Sabor	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Acceptable
3	Temperatura	11.5	11.6	11.8	°C
4	p H	3.73	6.63	6.85	
5	Turbiedad	3.82	0.30	0.86	NTU
6	Conductividad eléctrica	205.0	226.0	226	Us/cm.
7	Sólidos disueltos totales	101.0	107.0	113	mg/l.
8	Alcalinidad Total,CaCO3				mg/l.
9	Dureza Total,CaCO3	20.0	38.0	50	mg/l.
10	Calcio, como CaCO3	18.7	36.4	48.9	mg/l.
11	Magnesio, como CaCO3	1.3	1.6	1.1	mg/l.
12	Sulfatos				mg/l.
13	Cloruros	2.08	3.13	3.13	mg/l.
14	Aluminio	1.780	0.110	0.18	mg/l.
15	Manganeso	0.87	< 0.05	0.05	mg/l.
16	Fierro	0.68	0.01	0.01	mg/l.
14	Cloro residual		0.75	0.78	mg/l.
<p>INTERPRETACIÓN</p> <p>Según los parámetros analizados, agua de río con pH ácido, alta turbiedad y con concentraciones de aluminio, manganeso y fierro por encima de los límites máximos permisibles.</p> <p>Según los parámetros analizados, agua potable con todos los parámetros dentro de los límites máximos permisibles para agua potable.</p>					

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Provincia	HUARAZ	HUARAZ	HUARAZ	Standard Methods for the examination of water and wastewater AWWA, 1999	Límite Máximo Referencial	
Distrito ,	HUARAZ	HUARAZ	HUARAZ			
Localidad	COYLLUR	HUARAZ	HUARAZ			
Punto de Muestreo	Captación Coyllur	Salida de Planta	Grifo Tacllan			
Muestreado por	Andres Castillo	Andres Castillo	Andres Castillo			
Analizado por	Andres Castillo	Andres Castillo	Andres Castillo			
Fecha, Hora / Muestreo	17-03-06 / 6:00	17-03-06 / 9:30	17-03-06 / 9:00			
Fecha Hora / Análisis	17-03-06 / 10:00	17-03-06 / 10:00	17-03-06 / 10:00			
Cód. de la Muestra	EPS 089	EPS 090	EPS 091			
Nº	PARAMETROS	RESULTADOS			UNIDADES	
1	Olor	Ninguna	Ninguna	Ninguna		Aceptable
2	Sabor	Ninguna	Ninguna	Ninguna		Aceptable
3	Temperatura	12.5	12.3	12.5	°C	
4	pH	4.43	6.70	6.72		6.5 - 8.5
5	Turbiedad	31.10	0.35	0.41	NTU	5
6	Conductividad eléctrica	140.8	148.0	150.0	Us/cm.	1500
7	Sólidos disueltos totales	67.0	70.0	73.0	mg/l.	1000
8	Alcalinidad Total, CaCO ₃	20.50	21.40	20.80	mg/l.	250
9	Dureza Total, CaCO ₃	38.4	49.0	46.1	mg/l.	500
10	Calcio, como CaCO ₃	37.4	47.6	45.1	mg/l.	
11	Magnesio, como CaCO ₃	1.0	1.4	1.0	mg/l.	
12	Sulfatos				mg/l.	250
13	Cloruros	17.60	15.00	16.20	mg/l.	500
14	Aluminio	1.467	0.090	0.070	mg/l.	0.20
15	Manganeso	0.64	< 0.05	< 0.05	mg/l.	0.20
16	Hierro	0.44	0.01	0.02	mg/l.	0.30
14	Cloro residual		0.86	0.78	mg/l.	0.5 - 1.0
<p>INTERPRETACIÓN</p> <p>Según los parámetros analizados, agua de río con pH ácido, alta turbiedad y con concentraciones de aluminio, manganeso y fierro por encima de los límites máximos permisibles.</p> <p>Según los parámetros analizados, agua potable con todos los parámetros dentro de los límites máximos permisibles para agua potable.</p>						

14.4 Resultados obtenidos después de las mejoras en la planta de tratamiento de Bellavista 2005 - 2006

Después de las mejoras que se realizaron en la Planta de Tratamiento de Bellavista, estos fueron los resultados:

En el gráfico N° 14.4.1 al N° 14.4.12 observamos la tendencia de los parámetros de pH, turbiedad, aluminio, manganeso, hierro y dureza total, para los años 2005 y 2006, tanto para entrada de planta, salida de planta y redes de distribución.

En cuanto al parámetro del pH, el agua a la salida de planta y en las redes se encuentra dentro de los parámetros establecidos, obteniendo agua con valores promedio de 6.9 unidades.

En cuanto al parámetro de la turbiedad, se observa que existe un buen tratamiento, en vista que los valores de turbiedad obtenidas se encuentran dentro de los parámetros establecidos, llegando a tener turbiedades menores a 1.0 UNT.

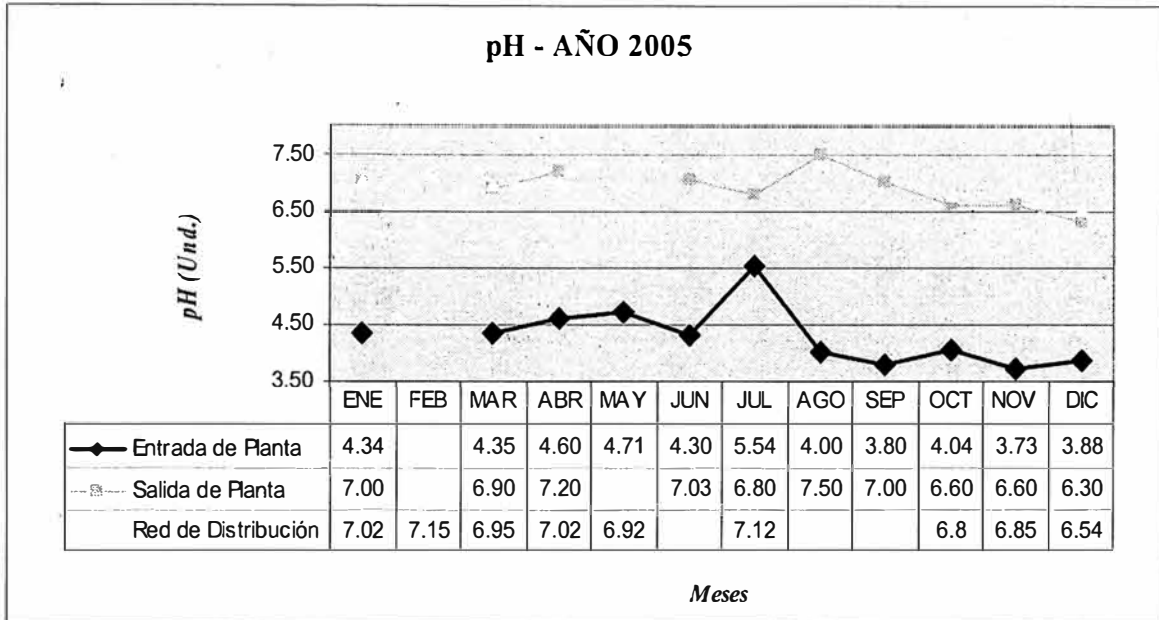
En cuanto a los parámetros de aluminio, hierro y manganeso, obtenemos resultados óptimos, entregando a la población agua sin altas concentraciones de metales, debido a la remoción de cerca del 100% de los metales existentes en el agua cruda. En el mes de marzo del 2005 se llegó a obtener como valor máximo de concentración de aluminio 0.02 mg/L, mientras que en julio del 2005 se llegó a obtener como valor máximo de concentración de manganeso 0.01mg/L.

En cuanto a la dureza, el agua que se brinda a la población es un agua moderadamente blanda.

A partir del año 2005 se ve las mejoras en el tratamiento del agua, obteniendo en todo el año 2005 y parte del 2006 (hasta el mes de abril), valores en pH y en las concentraciones de aluminio y manganeso dentro de los límites establecidos por la SUNASS.

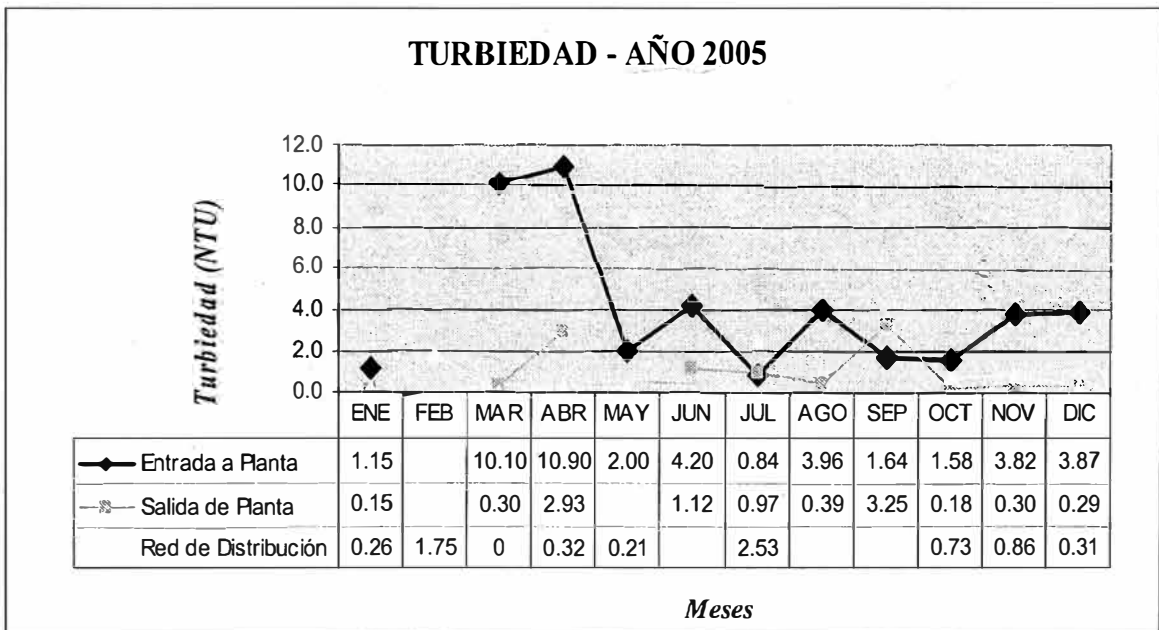
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA - 2005

GRAFICO N° 14.4.1



Nota: Valores de pH promedio mensual.

GRAFICO N° 14.4.2

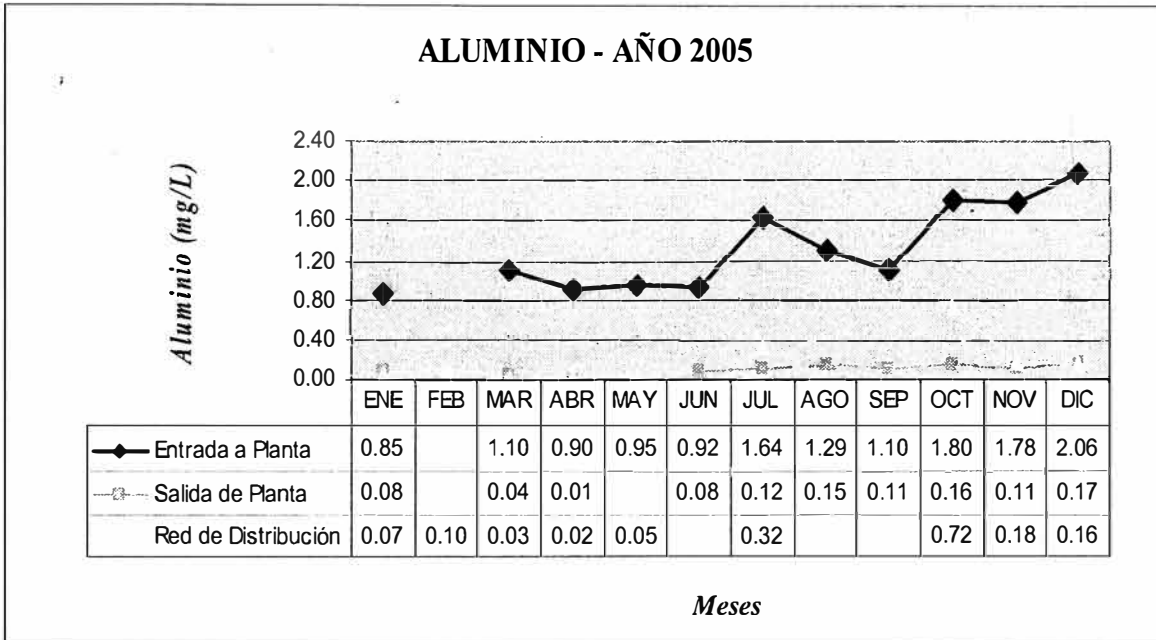


Nota: Valores de turbiedad promedio mensual.

Fuente: EPS CHAVIN S.A.

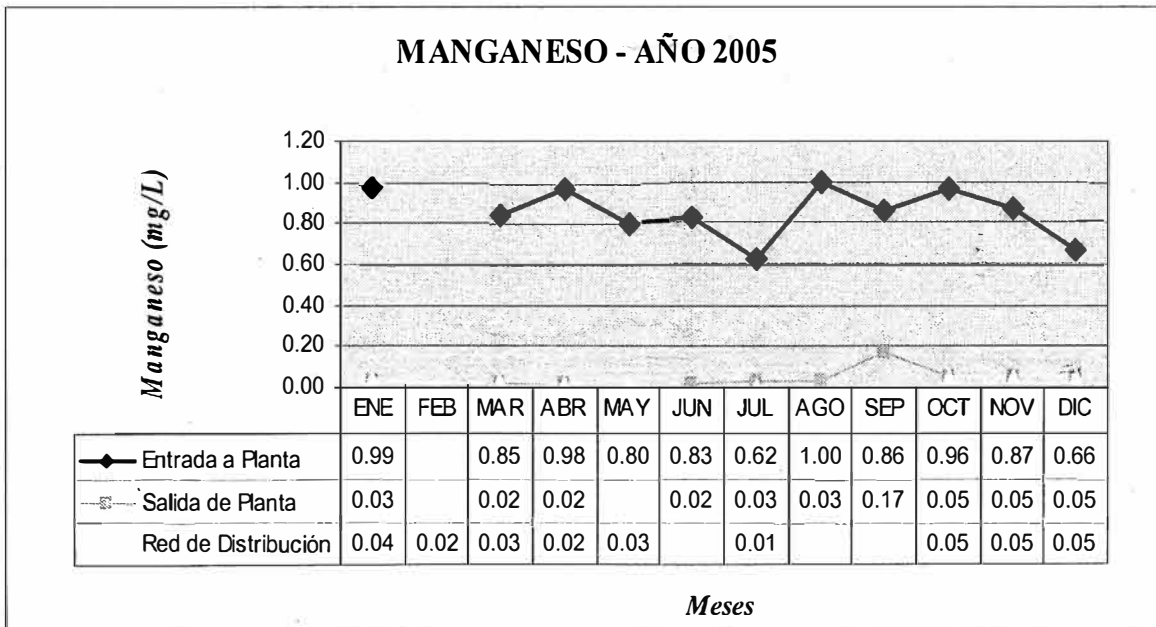
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA - 2005

GRAFICO N° 14.4.3



Nota: Concentración de Aluminio máximos mensual.

GRAFICO N° 14.4.4

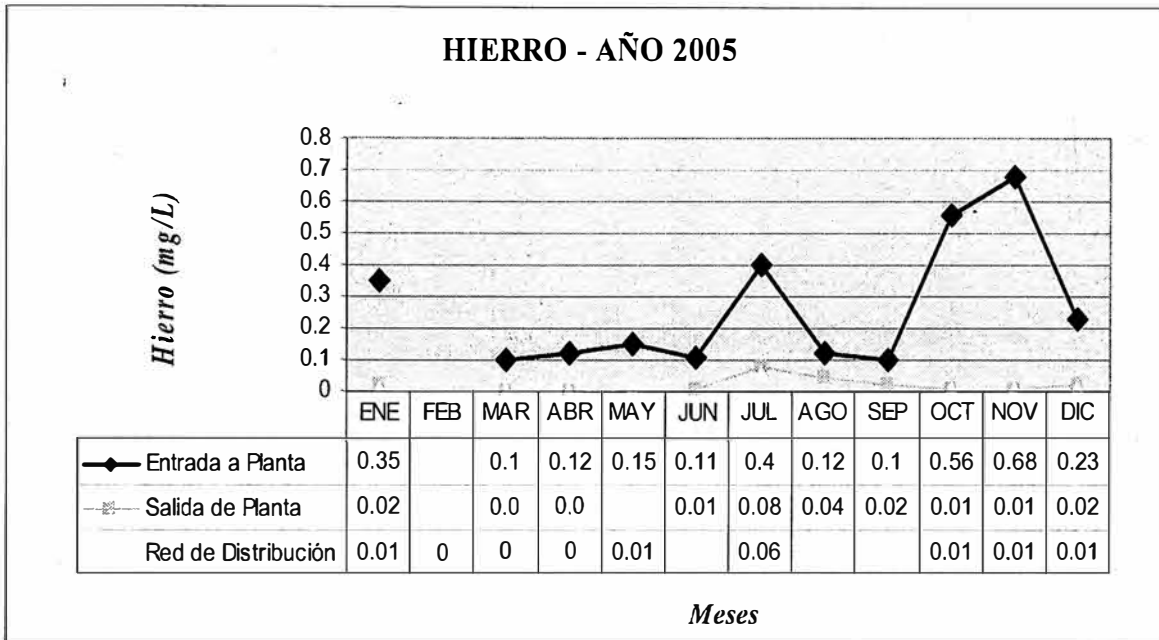


Nota: Concentración de manganeso máximo mensual.

Fuente: EPS CHAVIN S.A.

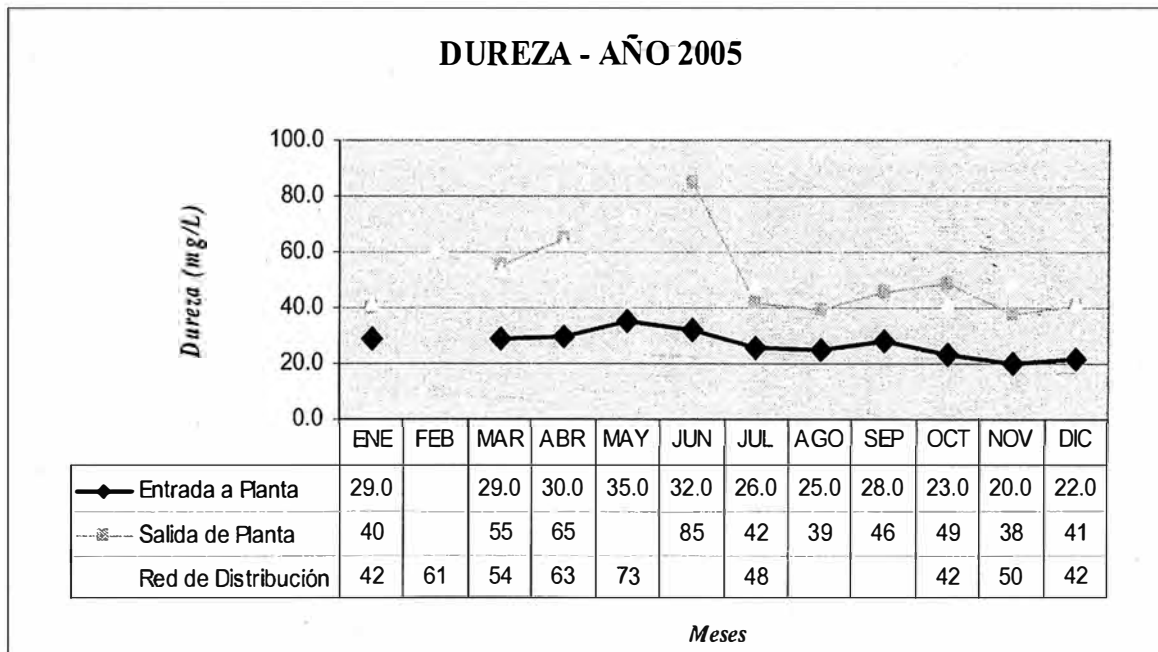
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA - 2005

GRAFICO N° 14.4.5



Nota: Valores de Dureza promedio mensual.

GRAFICO N° 14.4.6

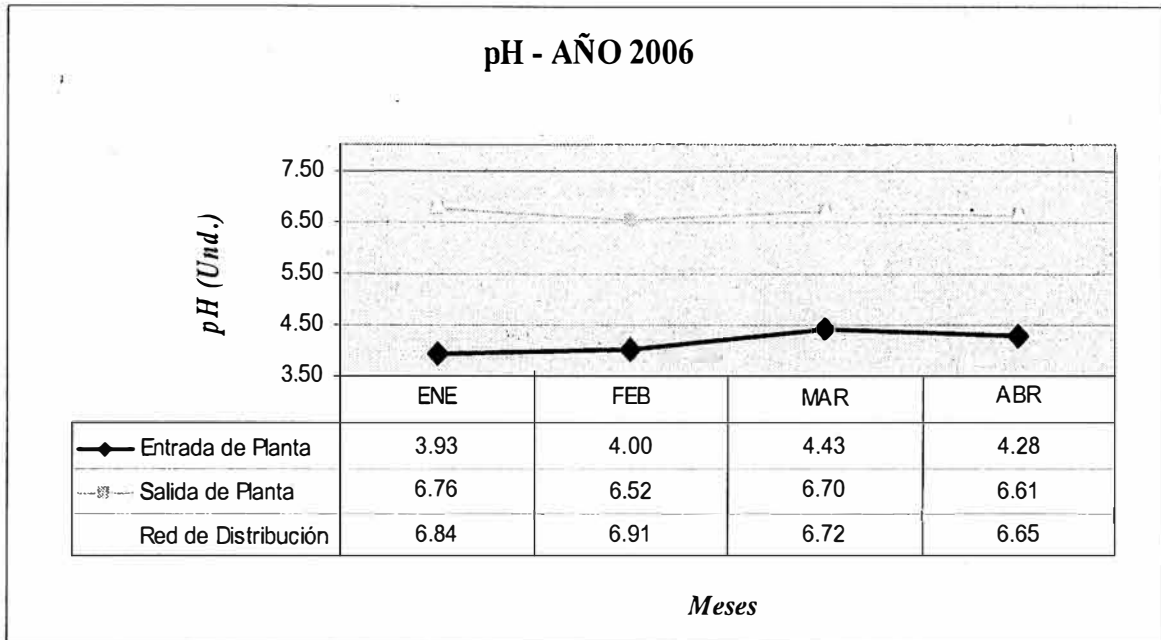


Nota: Concentración de hierro máximo mensual.

Fuente: EPS CHAVIN S.A.

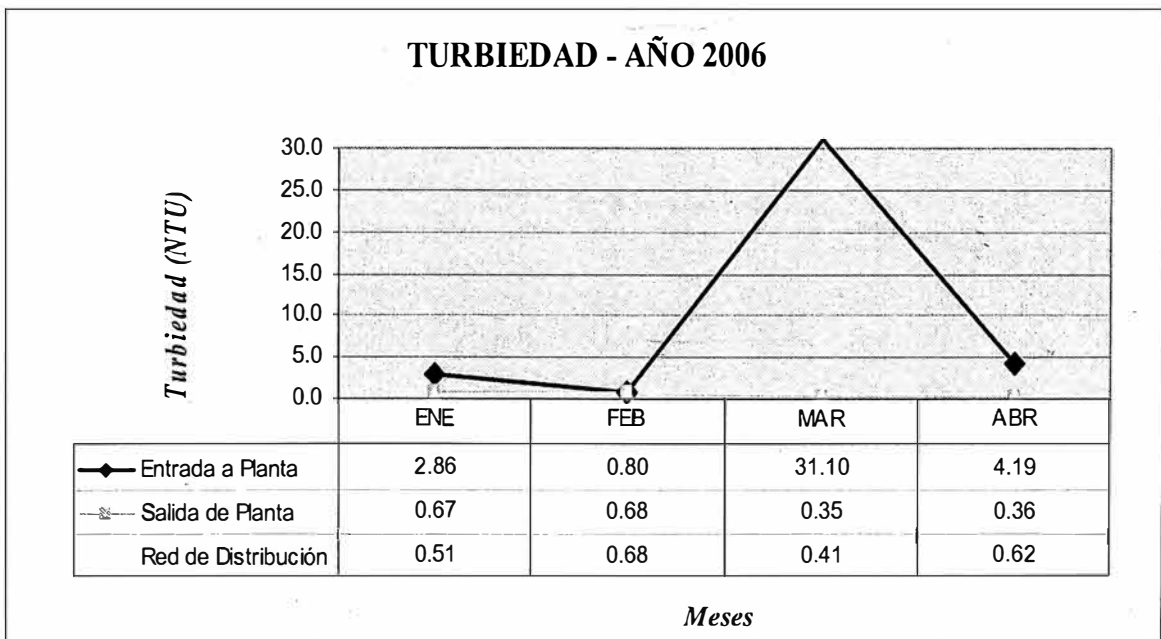
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA - 2006

GRAFICO N° 14.4.7



Nota: Valores de pH promedio mensual.

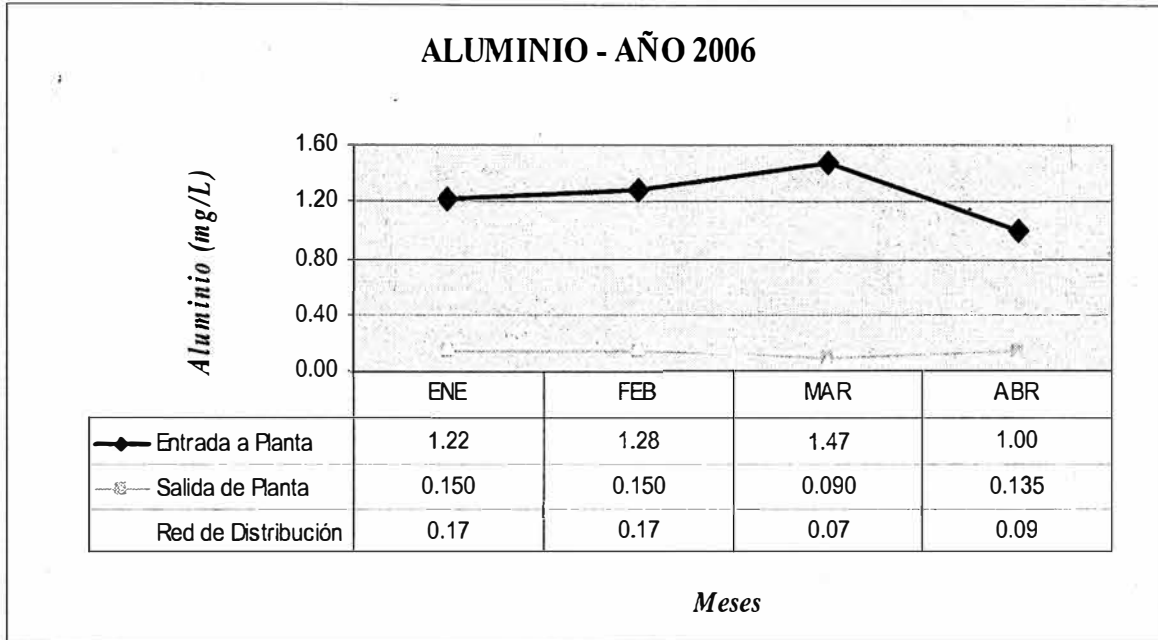
GRAFICO N° 14.4.8



Nota: Valores de turbiedad promedio mensual.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

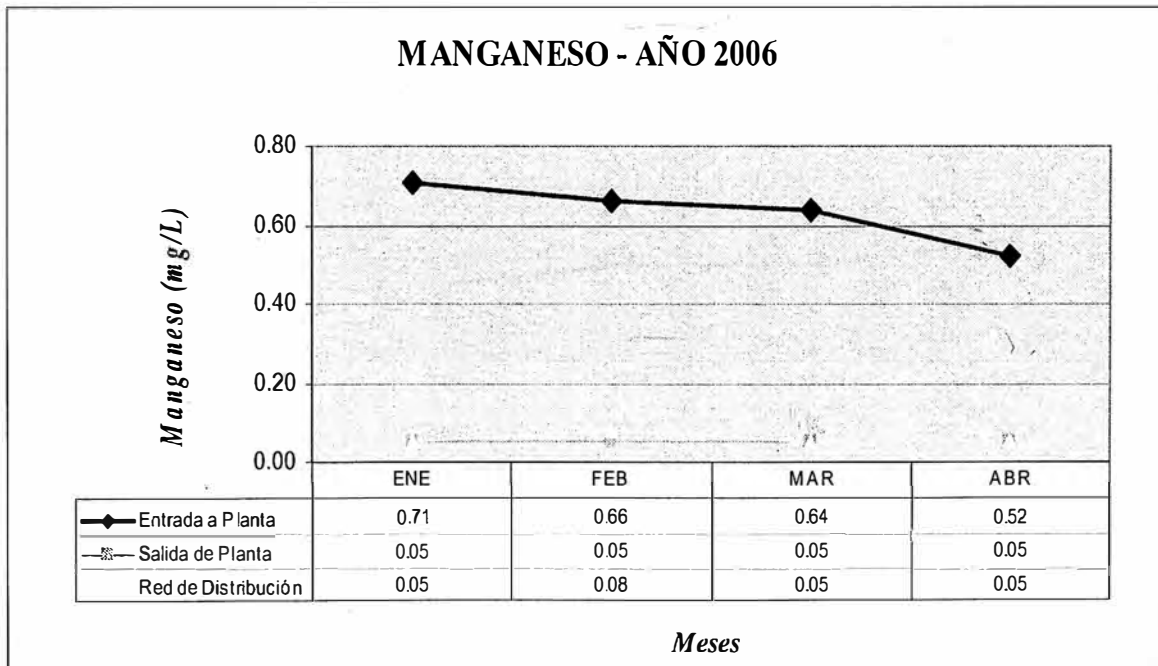
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA - 2006

GRAFICO N° 14.4.9



Nota: Concentración de Aluminio máximos mensual.

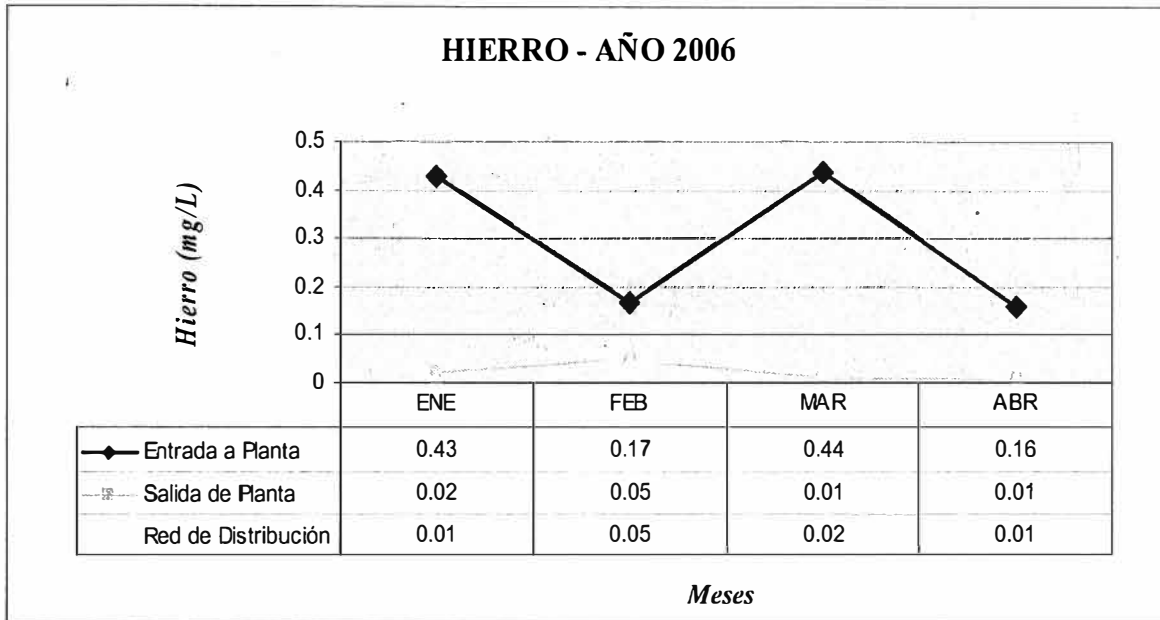
GRAFICO N° 14.4.10



Nota: Concentración de manganeso máximo mensual.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

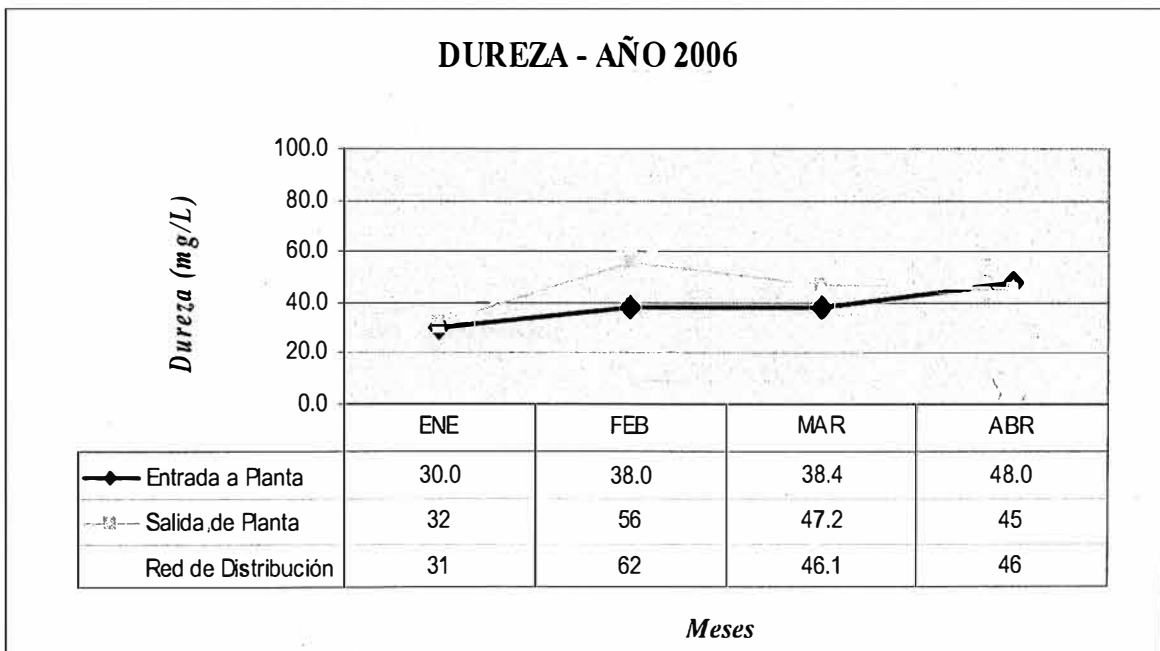
COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA - 2006

GRAFICO N° 14.4.11



Nota: Valores de Dureza promedio mensual.

GRAFICO N° 14.4.12



Nota: Concentración de hierro máximo mensual.
Fuente: EPS CHAVIN S.A.

15. ESTUDIO DE COSTOS PARA EL NUEVO PROCESO DE TRATAMIENTO.

15.1 Costos según la Prueba de Jarras

En el cuadro N° 11 se muestra el costo total promedio mensual de insumos, según la prueba de jarras realizada en el laboratorio.

CUADRO N° 11

COSTO TOTAL PROMEDIO MENSUAL

Caudal de la Planta:	120 l/s 10368000 l/d 311040 m3/mes
Dosis de Cal: 18.0 mg/l 186624000 mg/d 186.624 kg/d 5598.72 kg/mes	0.14 soles por kg 783.8 soles/mes
Dosis de Hipoclorito de Calcio al 65 %: 5.0 mg/l 51840000 mg/d 51.84 kg/d 1555.2 kg/mes	5.45 soles por kg 8 475.84 soles/mes
Dosis de Sulfato de Aluminio: 40.0 mg/l 414720000 mg/d 414.72 kg/d 12441.6 kg/mes	0.84 soles por kg 10 450.9 soles/mes
Desinfección con Cloro Gas: 2.5 mg/l 25920000 mg/d 25.92 kg/d 777.6 kg/mes	4.40 soles por kg 3 421.4 soles/mes
Costo Total por mes:	23 131.9 soles/mes

15.2 Costo real antes del nuevo tratamiento

El cuadro N° 12 nos muestra el costo real de los insumos antes del nuevo tratamiento, realizándose una evaluación respecto a los costos que se habrían realizado en el año 2003, con el tratamiento anterior.

CUADRO N° 12

COSTO REAL ANTES DEL NUEVO TRATAMIENTO

Meses	Cal (Kg)	Sulfato de Aluminio (Kg)	Hipoclorito de Calcio 65% (Kg)	Cloro Líquido (Kg)	Hipoclorito de Calcio 30% (Kg)
Enero	2490	450	0	310	0
Febrero	2032	200	0	289	0
Marzo	2407	1500	0	353	2
Abril	1440	350	0	342	0
Mayo	2280	100	0	353	0
Junio	2910	50	0	342	0
Julio	2970	0	0	353	0
Agosto	3810	0	0	353	44
Septiembre	10000	2750	0	293	796
Octubre	7350	6175	0	360	219
Noviembre	210	9000	0	347	23
Diciembre	1350	5700	0	290	3
TOTAL	39 249	26 275	0	3 985	1 087

S/. por Kg.	0.14	0.84	5.45	4.4	1.65
--------------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------

Costo por año (S/.)	5 494.86	22 071	0	17 534	1 793.5
------------------------	----------	--------	---	--------	---------

Costo promedio por mes (S/.)	457.9	1 839.2	0	1 461.2	149.4
------------------------------------	-------	---------	---	---------	-------

Costo total promedio mensual (S/.) : 3 907.78

15.3 Costo real con el nuevo tratamiento

El cuadro N° 13 nos muestra el costo real de insumos con el nuevo tratamiento, realizándose una evaluación respecto a los costos que se habrían realizado en el año 2005, con el nuevo tratamiento implantado.

CUADRO N° 13

COSTO REAL CON EL NUEVO TRATAMIENTO

Meses	Cal (Kg)	Sulfato de Alumini o (Kg)	Hipoclorito de Calcio 65% (Kg)	Cloro Líquid o (Kg)	Hipoclorito de Calcio 30% (Kg)
Enero	10430	7300	370	544	493
Febrero	9270	6200	210	544	364
Marzo	10020	7900	17	680	449
Abril	10130	6000	320	408	336
Mayo	12930	6400	200	476	409
Junio	14490	3900	160	408	429
Julio	15240	4250	292	408	407
Agosto	16090	5200	585	272	534
Septiembre	16560	6850	225	476	150
Octubre	21390	13250	240	510	431
Noviembre	14020	10000	90	510	0
Diciembre	12330	10100	280	442	0
TOTAL	162 900	87 350	2 989	5 678	4 002

S/. por Kg.	0.14	0.84	5.45	4.4	1.65
--------------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------

Costo por año (S/.)	22 806.0	73 374.0	16 290.0	24 983.2	6 603.3
------------------------	----------	----------	----------	----------	---------

Costo promedio por mes (S/.)	1 900.5	6 114.5	1 357.5	2 081.9	550.2
------------------------------------	---------	---------	---------	---------	-------

Costo total promedio mensual (S/.): 12 004.6

16. CONCLUSIONES

1. Se contó con los servicios de personal externo para realizar pruebas en tratamiento de agua para corregir el pH y la remoción de metales como el aluminio y manganeso, para lo cual se ubicó el punto óptimo de aplicación de cal con la cual se optimizó el pH.
2. El diseño del desarenador corresponde al de un pre-sedimentador diseñado para 60 l/s, sin embargo viene cumpliendo las funciones de un desarenador. En la actualidad se esta sobrecargando con un caudal a 120 l/s, que requiere la planta N° 02 produciendo rebose de agua.
3. El río Auqui se forma principalmente por la confluencia de los Ríos Cayash y del río proveniente de la laguna de Tulpacocha, sus aguas presentan gran acidez y el contenido de metales pesados como el hierro, manganeso y aluminio se encuentran en concentraciones elevadas.
4. De acuerdo al análisis de la información histórica, el agua del río Auqui presentaba hasta el año 1987 un pH mínimo promedio anual de 6.5 unidades, evidenciándose a partir del año 1995 una marcada tendencia ácida, por lo cual las características originales de la calidad de la fuente, que sirvieron de base para el diseño de ambas plantas de Bellavista han variado por causas naturales (desglaciación de los nevados).
5. De acuerdo a los resultados obtenidos de las muestras que corresponden tanto a la bocatoma de la EPS CHAVIN S.A., así como del ingreso a la planta, el agua captada del río Auqui, (ácida) no cumple la condición de Clase II de la Ley General de Aguas del Perú; clase que deben cumplir los cursos de agua para ser considerados como

fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, requiriéndose para este fin de los procesos completos de tratamiento.

6. El agua del río Auqui han presentado en el transcurso de 10 años variaciones de pH, con tendencia ácida progresiva, lo que genera en las plantas un tratamiento especial para su adecuación a rangos de PH aceptables para el tratamiento y el agua potable.
7. Los resultados de los monitoreos realizados a los afluentes del Río Auqui demostraron que los niveles de metales pesados y el pH, tienen un origen natural y no provenían de una contaminación puntual por alguna actividad minera o industrial, como se suponía. Por tanto la solución del problema radica en un buen proceso en la planta de tratamiento de Bellavista y un adecuado sistema de control de calidad.
8. La calidad del agua tratada por las plantas N 1 y N 2 de Bellavista antes de la evaluación, no cumplían con los requisitos establecidos para agua potable de acuerdo a Normas Nacionales, por la acidez del agua y la presencia de aluminio y manganeso, considerándolas física y químicamente NO APTAS para el consumo humano.
9. El análisis de las pruebas de jarras realizadas, permitieron concluir que el acondicionamiento del pH del agua cruda en la planta, se consigue aplicando cal hidratada en solución al 1% en dosis de 18.0 ppm, solución de hipoclorito de calcio al 0.1% en dosis de 5.0 ppm y una solución de sulfato de aluminio al 1% para poder remover el aluminio y manganeso, obteniendo valores de pH de 7.33 unid., concentraciones de aluminio de 0.03 mg/L y concentraciones de manganeso de 0.114 mg/L. Los resultados nos indican que el aluminio y manganeso han sido removidos del agua cruda.

10. Se incrementó personal operativo en la planta de Bellavista para realizar tanto la operación como el mantenimiento de los equipos, también se cuenta con personal técnico para el control de procesos y calidad del agua tanto en turno diurno y nocturno, incluyendo sábados y domingos.
11. Se realiza un control de monitoreo permanente y eficiente de la calidad del agua (pH, turbiedad, cloro residual y metales) en la planta de tratamiento y en las redes de distribución.
12. Existen periodos claramente marcados de niveles altos y muy bajos de turbiedades en el agua cruda, lo cual debe exigir la diferenciación sustancial en el tratamiento. En épocas de lluvia se gastará más insumos en el tratamiento como es el sulfato de aluminio y la cal.
13. El material filtrante viene perdiendo su coeficiente de uniformidad debido a la adhesión en la superficie de hierro y manganeso particulado que lo viene encapsulando, y esto determinará con el tiempo el paso de aluminio y manganeso a la cisterna de agua, lo que ocasionaría agua con metales.
14. El empleo de productos químicos: sulfato de aluminio y cal hidrata en el tratamiento físico y químico, llevado a cabo en las planta de tratamiento de Bellavista no lograban la eficiencia en el acondicionamiento del pH y la remoción de los metales, presentando para el año 2003 un consumo anual promedio en Kg., como se muestra en el cuadro N° 14.

CUADRO N° 14

Insumos	Enero-Junio 2003			Julio-Diciembre 2003		
	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.
Sulfato de Aluminio (Kg.)	1500	50	442	9000	0	3938
Cal Hidratada (Kg)	2910	1440	2260	10000	210	4282

15. La prueba en planta llevada a cabo ha sido considerada satisfactoria ya que los resultados obtenidos, confirman la eficacia del tratamiento con un control de procesos exhaustivos; por cuanto todos los valores obtenidos están enmarcados dentro de los Límites Máximos Permisibles señalados por la SUNASS, así como en los Valores Guías recomendados por la OMS para la calidad del agua de bebida.
16. El sistema de tratamiento de Bellavista que incluye las plantas de tratamiento N° 01 y N° 02 no contaba con una unidad de medición de caudal y mezcla rápida.
17. El sistema diseñado originalmente para la dosificación y aplicación de las soluciones no era el adecuado, perjudicando la eficiencia de los procesos de tratamiento.
18. La concentración de manganeso existente en el agua cruda no estaba siendo removida en los procesos de tratamiento de las Plantas de Bellavista, debido a que no se logra su oxidación y por consiguiente no pasa a su forma particulada que permitiría su sedimentación.
19. Se ha comprobado puntualmente que la precipitación del manganeso se venía produciendo en la red de distribución, debido a la esporádica sobre dosificación de cal hidratada, que permite alcalinizar el agua en valores superiores a 9.5 unidades, condición que unida al efecto oxidante del cloro y al tiempo de contacto que se tiene a la salida de planta hasta la red de distribución, facilita el pase de su forma disuelta a partículas sedimentables.
20. Debido a la precipitación del manganeso en las redes, las tuberías que forman estas, se encontraban expuestas a un potencial problema de

corrosión y/o obstrucción por la formación de depósitos de este ión metálico.

21. Los diferentes ensayos de campo efectuados, permitieron señalar en general que con algunas mejoras y/o acondicionamientos de la infraestructura existente se pueden implementar adecuadamente los procesos de tratamiento necesarios para la eficiente remoción del aluminio, manganeso y hierro en el agua cruda.
22. El costo promedio mensual para el año 2005 fue muy superior al del año 2003, debido a la implantación del nuevo proceso de tratamiento, con una diferencia de 8096.82 soles mensuales, debido a que hoy se esta utilizando mas insumos como la cal, sulfato de aluminio y cloro para la remoción de los dos metales.
23. El costo promedio mensual estimado con la prueba de jarras, salió muy por encima del costo real promedio mensual para el año 2005, con una diferencia de 11 127.3 soles mensuales, debido a que en la realidad no se gasta los insumos con las dosis óptimas encontradas en la prueba de jarras, en vista que las características del agua cruda son cambiantes en cada momento.

17. RECOMENDACIONES

1. Es necesario que la EPS CHAVIN S.A previo a implementar este tratamiento en forma definitiva en la planta de Bellavista, se deba realizar el acondicionamiento con personal idóneo, así como de las estructuras y equipamiento involucrados para obtener la mayor confiabilidad de la dosificación a aplicarse.
Asimismo en base a los resultados obtenidos, se recomienda la ejecución de otras pruebas de laboratorio adicionales con insumos garantizados del mismo tipo, pero que permita menores costos de producción.
2. La aplicación permanente y controlada de la dosificación óptima seleccionada de cal hidratada, sulfato de aluminio e hipoclorito de sodio en el tratamiento del agua, para la obtención de un adecuado pH, así como lograr una eficiente remoción del manganeso y aluminio.
3. Cambio de material filtrante de las plantas de tratamiento, por encontrarse adheridas depósitos en las cuales se encuentra elevado contenido de manganeso y hierro.
4. Operar en la Planta N° 02 con el caudal de diseño, cada vez que la Planta N° 01 se encuentre inoperativa.
5. Con la finalidad de que el desarenador funcione con una mayor eficiencia, debe regularse el caudal captado a 120 l/s, que es el requerido por la planta de tratamiento N° 02.
6. Se hace necesario la construcción de un dren lateral y posterior alrededor del cerco perimétrico del desarenador, con la finalidad de cortar el escurrimiento del nivel freático del terreno y canalizarlo al río Auqui.

7. El proceso de floccodecantación que se lleva a cabo en el pulsator debe ser objeto como mínimo de dos calibraciones diferenciadas al año. Preferentemente estas calibraciones deben ser realizadas para las épocas de avenida y de estiaje, teniendo en cuenta que en épocas de avenida el número de pulsaciones debe ser mayor que en épocas de estiaje. Asimismo, deben de realizarse mediciones para evaluar el estado en que se encuentre el manto de lodos con la finalidad de determinar la frecuencia y la duración de las purgas.
8. Debido a los mayores niveles de turbiedad que viene el agua en época de avenida, se permitirá la formación del manto de lodos. Sin embargo en las épocas de estiaje a falta de la turbiedad el tiempo de formación del manto de lodos es mas prolongado, pudiéndose minimizar dicho tiempo con el uso de arcillas activadas por algunos días, solo para permitir la formación del manto de lodos, luego de esto debe dejarse de utilizar.
9. Debido al encapsulamiento del material filtrante por la adherencia del hierro y manganeso, es muy importante que este material sea retirado para un exhaustivo lavado y posteriormente sea zarandeado para permitir la recuperación de aquel que cumpla con las especificaciones técnicas del diseño, siendo el caso que por esta acción es posible que se requiera completar el mismo con otro de similares características, esto con el fin de volver a dar a las unidades de filtración la eficiencia con que fue calculada.
10. Mantener una presión suficientemente alta en toda la red, como para evitar la succión de líquidos contaminantes y disponer de equipos de cloración de emergencia.

11. Las concentraciones de aluminio, hierro y manganeso en el agua cruda, deben ser removidas con los procesos de tratamiento hasta alcanzar los LMP para la calidad del agua de consumo humano.

18. BIBLIOGRAFIA

1. Blake, R. T. Water treatment for HVAC and potable water systems (1980) Ed. Mc Graw – Hill.

INTERNET: WEB PAGES

2. Soluciones ambientales. Disponible en:
<http://strategis.ic.gc.ca/Ces Web/ display air agriculture prob info cmf>.
3. Manganeso. Disponible en:
<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-periodica/Mn.htm>.
4. Tecnologías del Manganeso. Disponible en:
<http://www.avantel.net/~ipotarsa/tecnologias.htm#MANGANESO>
5. Tratamiento para el manganeso. Disponible en:
http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/etap/unidades/documen.alu/degremo/_pr02.htm
6. Tecnologías de tratamiento
<http://www.avantel.net/~ipotarsa/servicios.htm>
7. Aluminio. Disponible en:
<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Al.htm>
8. Todo sobre aluminio. Disponible en:
<http://www.estrucplan.com.mx/boletines/014/aluminio.asp>
9. Aluminio. Disponible en:
<http://html.rincondelvago.com/potabilizacion-de-agua-con-cloruro-ferrico-o-sulfato-de-aluminio.html>
10. Tratamientos para la remoción del manganeso. Las publicaciones de Extensión del Sistema Universitario de Texas A&M. Disponible en:
<http://tcebookstore.org>

Visite la Extensión Cooperativa de Texas en:
<http://texasextension.tamu.edu>
11. Indices de Langelier. Disponible en:
<http://www.corrosion-doctors.org/NaturalWaters/Puckorius.htm>

ANEXOS

ANEXO 01

PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO N° 03

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Localidad: Bellavista
 Fuente: Río Auqui

Realizado: EPS CHAVIN S.A.
 Fecha: 9/23/2003
 Hora: 11:30 a.m.

N° JARRA	AGUA CRUDA						PRE TRATAMIENTO		MEZCLA RÁPIDA: 100 rpm / 5 seg. FLOCULACIÓN: 60 rpm / 15 min. SEDIMENTACIÓN: 0 rpm / 15 min.			
	pH (Unid.)	Turbiedad (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Hierro (mg/L)	Cal solución al 1%		pH (Unid.)	Cloro Libre (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)
							Solución en ml.	Dosis (ppm)				
1	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.5	15.0	10.58			
2	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.6	16.0	11.21			
3	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.7	17.0	11.97			
4	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.8	18.0	12.33			
5	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.9	19.0	13.78			
6	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.0	20.0	14.28			

OBSERVACIONES:

Dosis de Cal recomendada para alcalinizar el agua: No menor a 10mg/L.

**PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO N° 05
ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS**

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Localidad: Bellavista
 Fuente: Río Auqui

Realizado: EPS CHAVIN S.A.
 Fecha: 9/23/2003
 Hora: 5:15 p.m.

N° JARRA	AGUA CRUDA						PRE TRATAMIENTO						MEZCLA RÁPIDA: 100 rpm / 5 seg. FLOCULACIÓN: 60 rpm / 15 min. SEDIMENTACIÓN: 0 rpm / 15 min.			
	pH (Unid.)	Turbiedad (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Hierro (mg/L)	Cal solución al 1%		Hipoclorito de Calcio 0.1%		Sulfato de Aluminio al 1%		pH (Unid.)	Cloro Libre (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)
							Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)				
1	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.2	12.0	2.0	2.0	3.0	30.0				
2	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.4	14.0	3.0	3.0	3.2	32.0				
3	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.6	16.0	4.0	4.0	3.4	34.0				
4	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.8	18.0	5.0	5.0	3.6	36.0	9.10	2.20	0.43	0.042
5	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.0	20.0	6.0	6.0	3.8	38.0	7.59	2.20	0.19	0.040
6	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	2.2	22.0	7.0	7.0	4.0	40.0	10.74	2.20	0.54	0.030

INDICE DE WILLCOMB

- 0: Floc coloidal, ningún signo de alutificación.
- 2: Visible: Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador poco entrenado.
- 4: Disperso: Floc bien formado, pero uniformemente distribuido, sedimenta lento o no.
- 6: Claro: Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
- 8: Bueno: Floc que se deposita fácil pero no completamente.
- 10: Excelente: Floc que se deposita todo, dejando el agua cristalina.

OBSERVACIONES:

- * Orden de aplicación de insumos: Cal, Cloro y Sulfato de Aluminio.
- * Jarras 01, 02 y 03 sin formación de floc.
- * Jarras 04, 05 y 06 (Índice de Willcomb 06).

**PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO N° 06
ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS**

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Localidad: Bellavista
 Fuente: Río Auqui

Realizado: EPS CHAVIN S.A.
 Fecha: 9/24/2003
 Hora: 9:30 a.m.

N° JARRA	AGUA CRUDA						PRE TRATAMIENTO						MEZCLA RÁPIDA: 100 rpm / 5 seg. FLOCULACIÓN: 60 rpm / 15 min. SEDIMENTACIÓN: 0 rpm / 15 min.			
	pH (Unid.)	Turbiedad (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Hierro (mg/L)	Cal solución al 1%		Hipoclorito de Calcio 0.1%		Sulfato de Aluminio al 1%		pH (Unid.)	Cloro Libre (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)
							Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)				
1	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.4	14.0	5.0	5.0	2.0	20.0				
2	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.5	15.0	5.0	5.0	2.5	25.0				
3	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.6	16.0	5.0	5.0	3.0	30.0				
4	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.7	17.0	5.0	5.0	3.5	35.0				
5	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.8	18.0	5.0	5.0	4.0	40.0			0.04	0.120
6	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.9	19.0	5.0	5.0	4.5	45.0			0.02	0.150

INDICE DE WILLCOMB

- 0: Floc coloidal, ningún signo de alutificación.
- 2: Visible: Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador poco entrenado.
- 4: Disperso: Floc bien formado, pero uniformemente distribuido, sedimenta lento o no.
- 6: Claro: Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
- 8: Bueno: Floc que se deposita fácil pero no completamente.
- 10: Excelente: Floc que se deposita todo, dejando el agua cristalina.

OBSERVACIONES:

- * No hay formación de floc en jarras 01, 02, 03 y 04 .
- * En las jarras 05 y 06 se aprecia formación de floc (Índice de Willcomb 06).

**PRUEBAS PRELIMINARES DE LABORATORIO N° 07
ENSAYO DE PRUEBA DE JARRAS**

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Localidad: Bellavista
 Fuente: Río Auqui

Realizado: EPS CHAVIN S.A.
 Fecha: 9/24/2003
 Hora: 11:40 a.m.

N° JARRA	AGUA CRUDA						PRE TRATAMIENTO						MEZCLA RÁPIDA: 100 rpm / 5 seg. FLOCULACIÓN: 60 rpm / 15 min. SEDIMENTACIÓN: 0 rpm / 15 min.			
	pH (Unid.)	Turbiedad (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Hierro (mg/L)	Cal solución al 1%		Hipoclorito de Calcio 0.1%		Sulfato de Aluminio al 1%		pH (Unid.)	Cloro Libre (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Manganeso (mg/L)
							Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)	Solución en ml.	Dosis (ppm)				
1	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.0	10.0	5.0	5.0	3.5	35.0	9.16	2.98	0.55	0.036
2	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.1	11.0	5.0	5.0	4.0	40.0	9.04	2.98	0.43	0.049
3	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.2	12.0	5.0	5.0	4.5	45.0	10.31	2.98	0.58	0.030
4	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.3	13.0	5.0	5.0	5.0	50.0	9.14	2.98	0.51	0.041
5	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.4	14.0	5.0	5.0	5.5	55.0	8.47	2.98	0.28	0.076
6	3.95	2.35	229	0.96	1.14	0.29	1.5	15.0	5.0	5.0	6.0	60.0	8.90	2.98	0.37	0.056

INDICE DE WILLCOMB

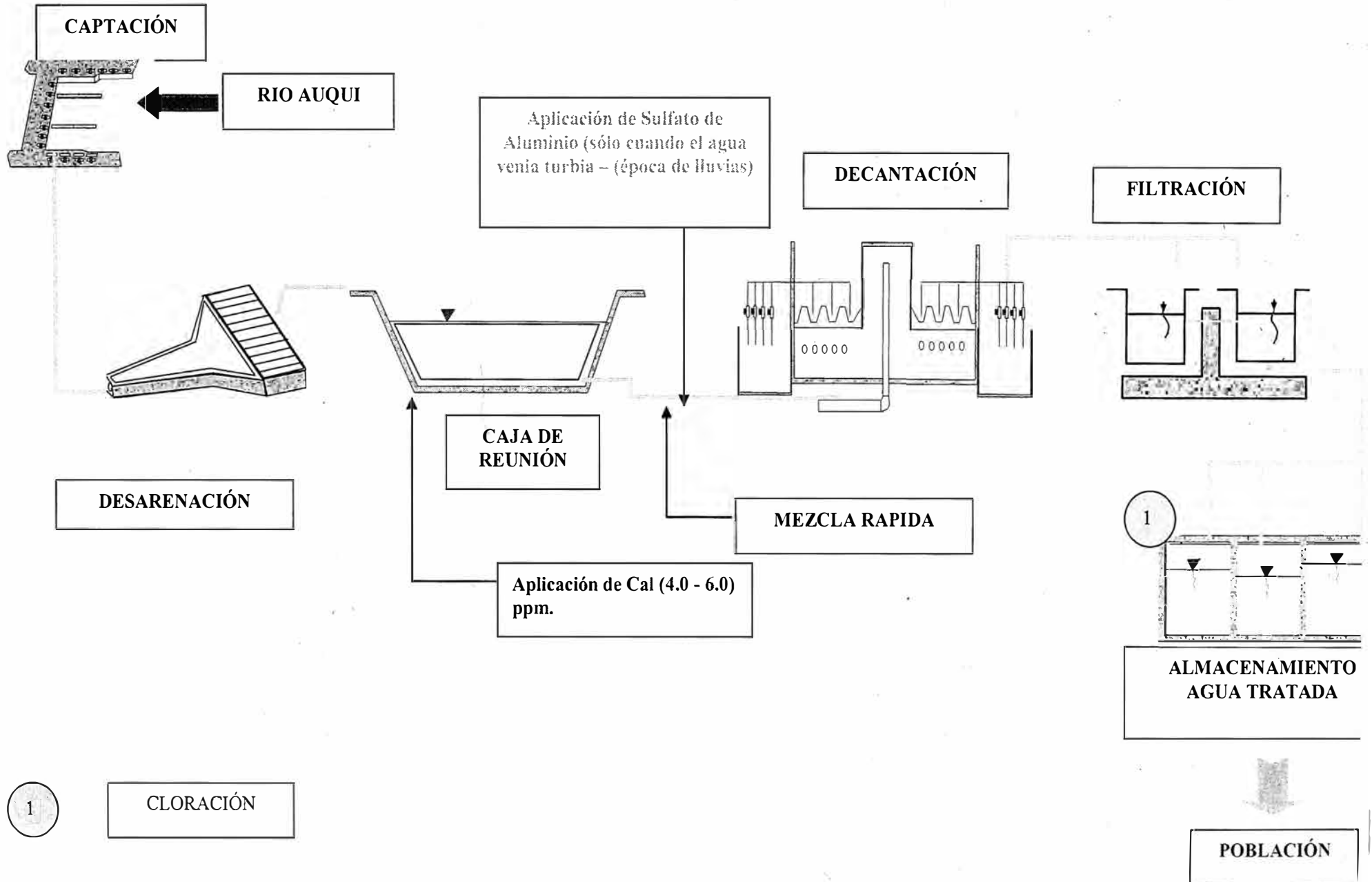
- 0: Floc coloidal, ningún signo de alutificación.
- 2: Visible: Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador poco entrenado.
- 4: Disperso: Floc bien formado, pero uniformemente distribuido, sedimenta lento o no.
- 6: Claro: Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
- 8: Bueno: Floc que se deposita fácil pero no completamente.
- 10: Excelente: Floc que se deposita todo, dejando el agua cristalina.

OBSERVACIONES:

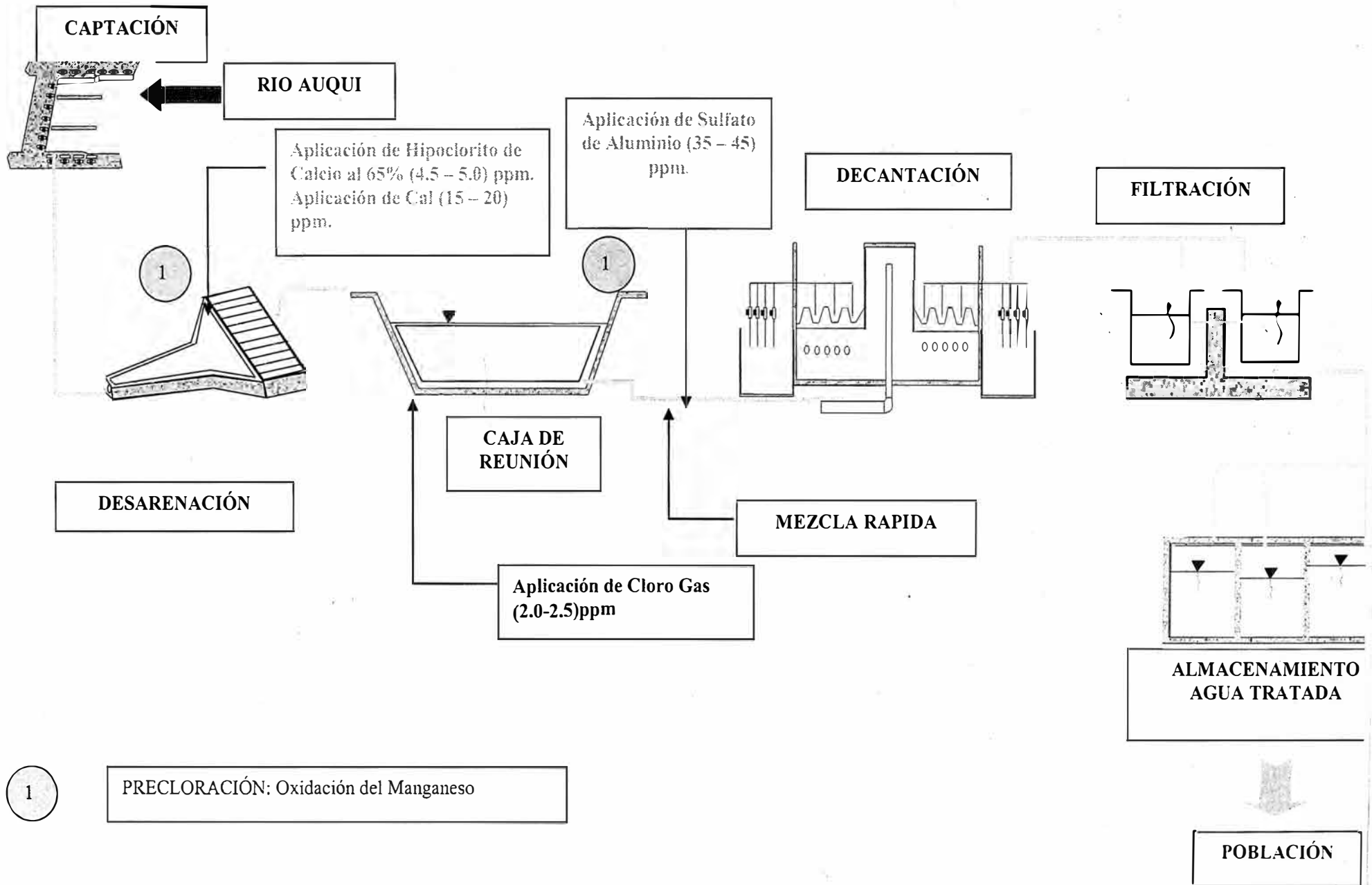
- * Los resultados de la prueba de jarras realizada arroja valores de aluminio por encima de los límites máximos permisibles establecidos por la SUNASS, para ser considerada Agua Potable para consumo humano.
- * Prueba con resultado parcial de abatimiento de manganeso.

ANEXO 02

PROCESO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLAVISTA



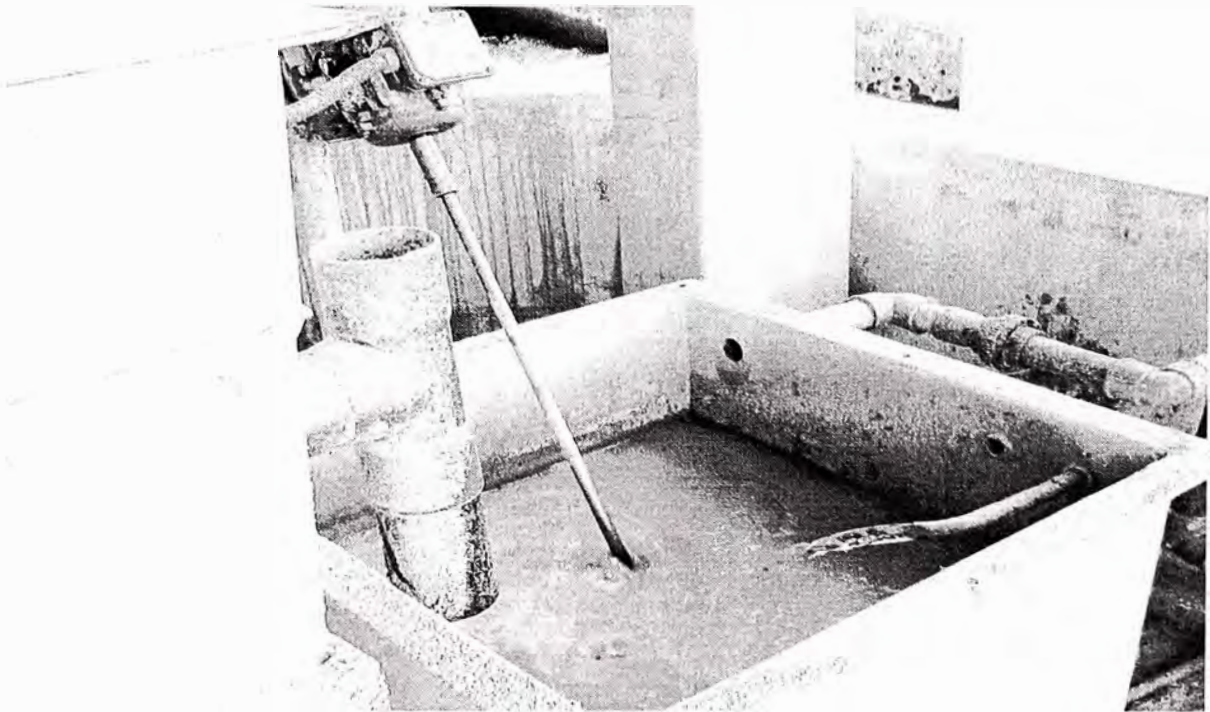
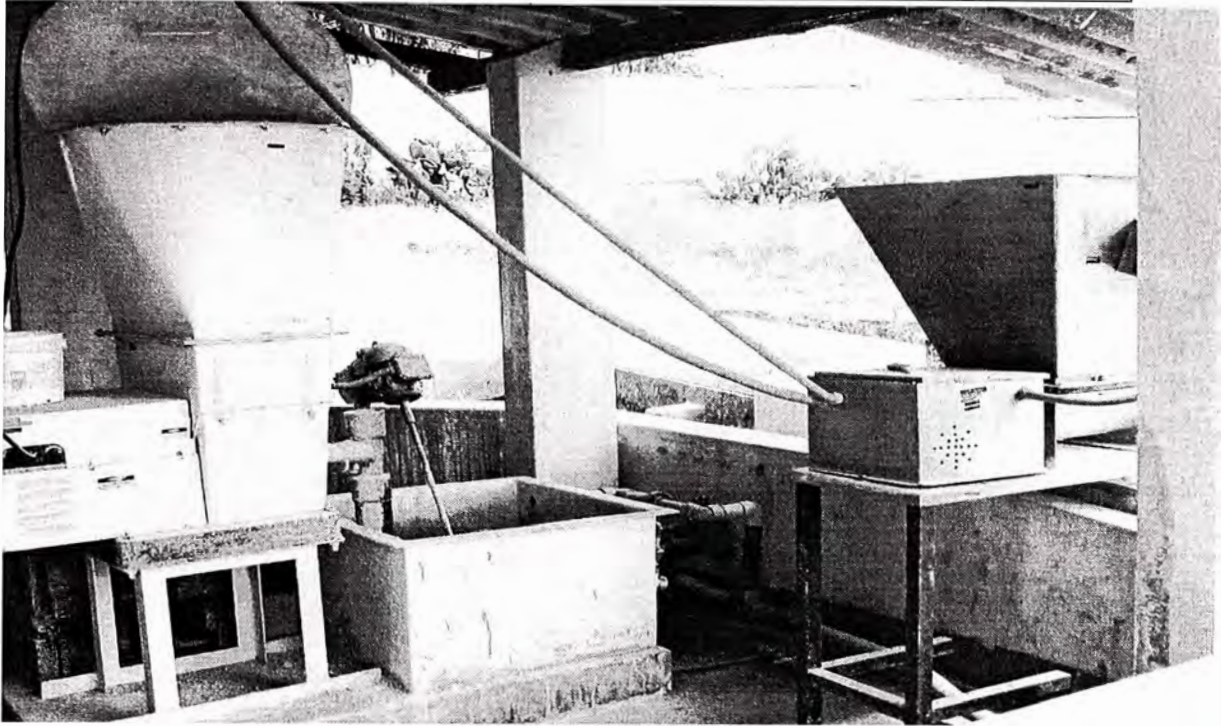
PROCESO MEJORADO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE BELLA VISTA



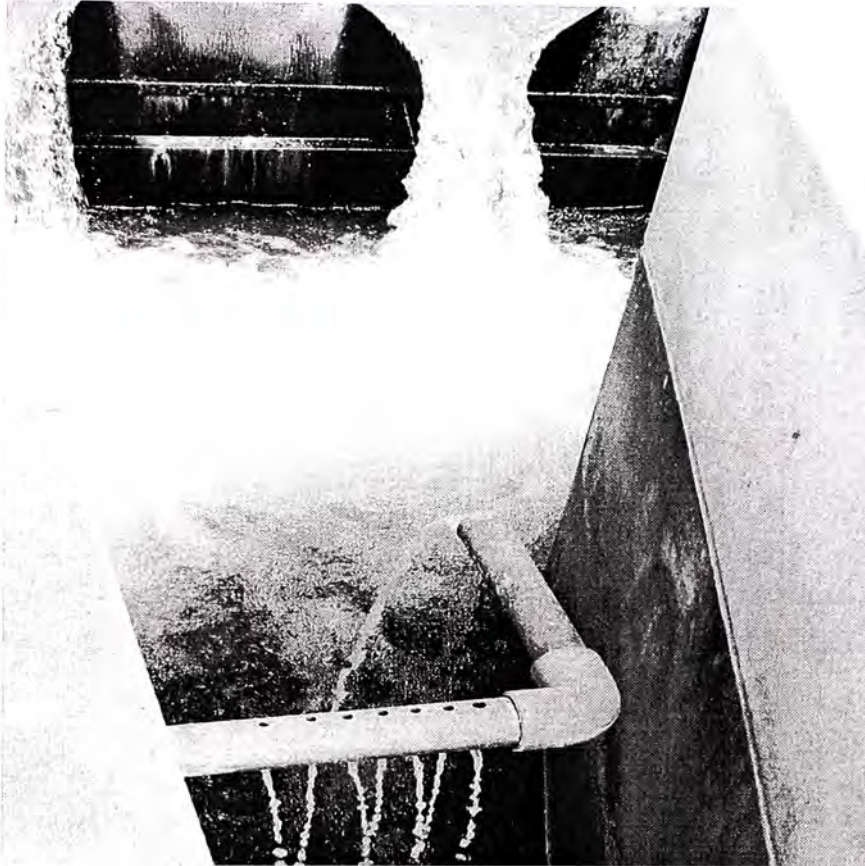


ANEXO 03

DOSIFICADOR DE SULFATO DE ALUMINIO

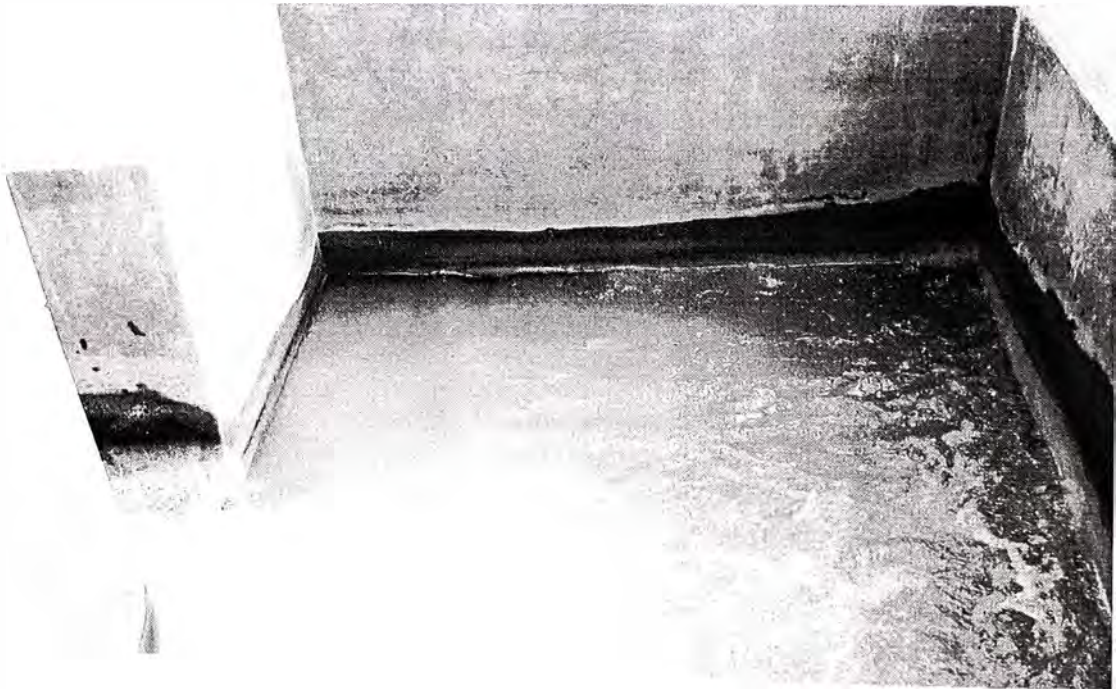


Se muestra el dosificador de Sulfato de Aluminio, el cual se encuentra al costado del Canal Parshall



DOSIFICACIÓN DE INSUMO

En el Canal Parshall se adiciona el Sulfato de Aluminio para poder precipitar el aluminio.



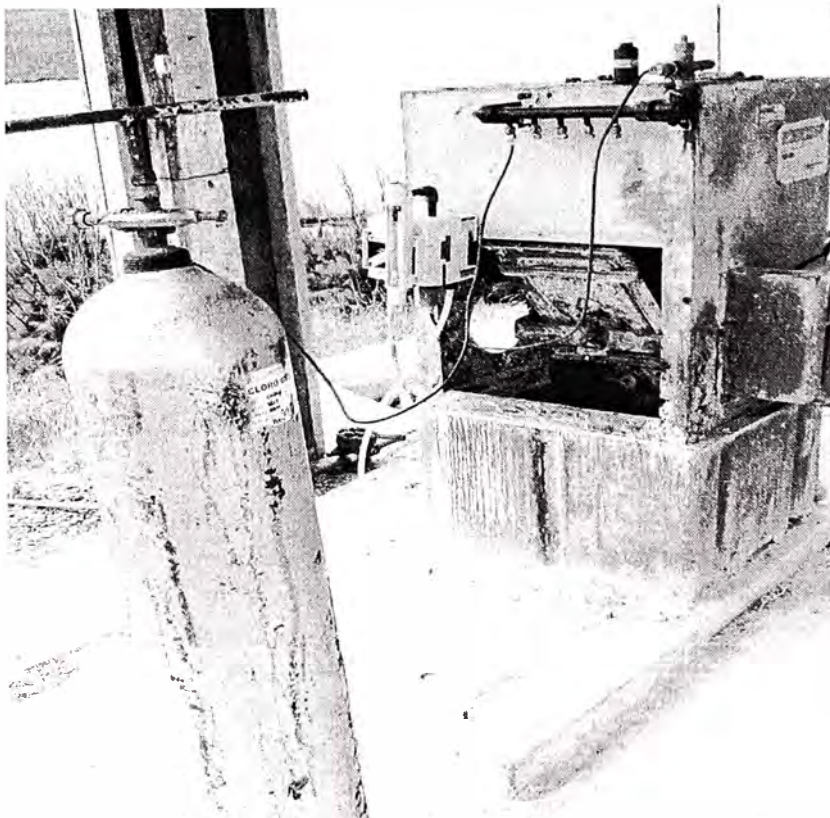
Agua a la salida del Canal Parshall luego de haber adicionado el Sulfato de Aluminio, la cual se dirige a los decantadores para la precipitación del aluminio.



Se muestran los vertederos del Canal Parshall. La Planta de Bellavista trata 120 l/s.



CAJA DE INGRESO A LA PLANTA: Aquí se dosifica el Cloro Gas para que siga precipitando el manganeso.



Instalación de Cloro Gas, la cual se inyecta al agua cruda que esta ingresando a la Planta.



CANAL
PARSHALL



Vista total del Canal Parshall y del dosificador del Sulfato de Aluminio.